



# KALOJEN IÄN JA KASVUN MÄÄRITYS

RAITANIEMI • NYBERG • TORVI



RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS



## RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Pukimäenaukio 4

PL 6, 00721 HELSINKI

Puh. 0205 7511 • Fax 0205 751 201

Internet [www.rktl.fi](http://www.rktl.fi)

Sähköposti [etunimi.sukunimi@rktl.fi](mailto:etunimi.sukunimi@rktl.fi)

# KALOJEN IÄN JA KASVUN MÄÄRITYS

*Jari Raitaniemi*

*Jari Raitaniemi, Kari Nyberg ja Irmeli Torvi*

Kirjan muusta sisällöstä poiketen  
seuraavat kappaleet ovat kirjoittaneet:

Näytteenoton suunnittelu  
*Mika Rahikainen ja Jari Raitaniemi*

Kalojen pituuskasvun arvioiminen  
*Jari Raitaniemi, Mika Rahikainen ja Kari Nyberg*

Silakka ja kilohäili (Lajikohtaisia erityispiirteitä)  
*Jari Raitaniemi, Kari Nyberg ja Raimo Parmanne*



441 017  
Painotuote

Copyright © 2000

Jari Raitaniemi, Kari Nyberg, Irmeli Torvi ja  
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Ulkoasu ja taitto: Ahoy!

Piirrokset: Taina Kytöaho

Piirroksien kalojen kuvat: W. von Wright (Skandinaviens fiskar, 1895)

Kannen kuvat: Jari Raitaniemi; Kuhan suomu ja värjätty otoliitti

ISBN 951-776-296-8

F.G. Lönnberg Oy, Helsinki 2000

# SISÄLTÖ

<b>1. Johdanto</b>	8	<b>5. Näytteenoton suunnittelu</b>	36
länmäärityksen historiaa	10	Kaupallinen saalis	37
Mihin kalojen länmäärityksiä tarvitaan?	11	Pyödykset	38
		Näytteenoton ajankohta	39
		Otanta	39
<b>2. Kalojen kasvu ja elinikä</b>	12	<i>Näytekoko</i>	39
Perimän ja ympäristön vaikutus kasvuun	13	<i>Näytekoon arviointi yksinkertaisella</i>	
Kalan koko ja ikä	14	<i>satunnaisotannalla</i>	40
		<i>Esimerkki näytemäärän arvioimisesta</i>	
<b>3. länmääritykseen</b>		<i>– tavoitteena tietynikäisten kalojen</i>	41
<b>sopivat luutumat</b>		<i>keskipituuksien vertailu</i>	43
Suomut	18	<i>Muita otantatapoja</i>	43
<i>Suomutyypit</i>	19	<i>Esimerkkejä verkkokoekalastuksissa</i>	
<i>Suomu nahan osana</i>	19	<i>käytetyistä näytteenottotavoista</i>	44
<i>län- ja kasvunmäärityksen kannalta</i>	21		
<i>keskeiset rakenteet</i>	22	<b>6. Luutumanäytteiden</b>	
Luut	25	<b>talteenotto</b>	46
Otoliiitit	28	Tarvittava välineistö ja näytteenottoa	
<i>Otoliiitin rakenne</i>	28	edeltävät toimenpiteet	47
<i>Otoliiitin kasvu ja kasvuvyöhykkeet</i>	29	Näytekalojen mittaukset ja tietojen	
		kirjaaminen	49
<b>4. Eri ikäkausien nimitykset</b>	33	Luutumat	50
Kalan syntymäpäivä	33	<i>Suomut</i>	51
Kalan ikä, eri ikäkaudet, ikäryhmä ja	33	<i>Luut</i>	54
vuosiluokka	34	- <i>Operculum (kiduskannen luu)</i>	54
		- <i>Cleithrum (hartian luskoluu)</i>	56



- <i>Metapterygoideum</i> (nielukaaren luu)	58		
- Eväruoto	58		
- Selkänikama	58		
- Muut luut			
Otoliiitit	59		
Näytteenotto pienistä kaloista	62		
Luutumanäytteiden otto laboratoriossa	62		
<b>7. Näytteiden käsittely ennen iän ja kasvun määrittystä</b>	65		
Suomunäytteet	65		
Luunäytteet	67		
Otoliittinäytteet	68		
Pahtaminen	69		
Katkaisu, hionta ja sahaus	71		
- Katkaisu pinsettien tai veitsenterän avulla	71		
- Hionta	72		
- Sahaus	73		
Histologiset värjäysmenetelmät	74		
- Värjäys ennen katkaisua	74		
- Katkaisupinnan värjäys	74		
<b>8. Luutumien tarkastelussa käytettävät laitteet</b>	76		
Mikrokortinlukulaite, diaprojektori ja preparointimikroskooppi	77		
Tietokone määrittelyn apuna	78		
<b>9. Kalojen iänmäärittäminen menetelmät</b>	80		
lältään tunnetut kalat	81		
Lammikoihin ja muihin pienvesiin istutetut kalat	81		
Merkinnät	82		
Kalakannan pituusjakauma	84		
länmääritys luutumista	85		
länmääritysmenetelmän luotettavuus	86		
Tietoa Internetistä	87		
		<b>10. länmääritys ja vuosikasvuyöhykkeiden mittaus luutumista</b>	90
		Alkutoimenpiteet ennen iän ja kasvun määrittystä	91
		Aineistoon tutustuminen	91
		länmääritys ja vuosikasvuyöhykkeiden mittaus suomusta	92
		Ensimmäisen vuosirenkään paikantaminen	92
		Myöhempien vuosirenkäiden paikantaminen	93
		Vuosikasvuyöhykkeiden mittaus suomusta takautuvaa kasvunmäärittystä varten	95
		länmääritys ja vuosikasvuyöhykkeiden mittaus luista	96
		Vuosikasvuyöhykkeiden mittaus luista takautuvaa kasvunmäärittystä varten	97
		länmääritys otoliiteista	99
		Kokonainen otoliitti	100
		Paahdetun otoliitin poikkileikkauspinta	100
		Värjätty (ja värjäämätön) otoliitin poikkileikkauspinta	101
		Ensimmäisen vuosirenkään paikantaminen otoliitista	102
		Muiden vuosirenkäiden paikantaminen ja vuosikasvuyöhykkeiden mittaus	102
		<b>11. Kalojen pituuskasvun arvioiminen</b>	104
		Pituusjakauma	105
		Ikäryhmien keskipituudet	106
		Takautuva kasvunmäärittely	106
		Laskentamallit	109
		Luu verrattuna suomuun	114
		Otoliitti kasvunmäärittelyssä	
		Aiemmin sovitettujen parametrit	115
		Leen ilmiö	116
		Kasvujen tai pituuksien vertailu	116
		Kasvuerojen toteamiseen soveltuvia tilastollisia testejä	117
		- Havaintojen autokorrelaatio	118



- Kovarianssianalyysin käyttö kasvu- tutkimuksissa	119	<i>Suomu</i>	145
<i>Kasvuerojen testaamiseen soveltuvia aineistoja ja malleja</i>	120	<i>Luut</i>	146
		<i>Otoliitit</i>	147
		Monni ja piikkimonni	148
		Made	148
		<i>Kasvuvyöhykkeiden muodostuminen</i>	
		<i>otoliittiin</i>	149
		<i>Syntymäpäivä</i>	149
		<i>Iänmääritys</i>	149
		<i>Takautuva kasvunmääritys</i>	150
<b>12. Tulosten esittämisessä huomioitavaa</b>	122	Turska	151
		Nokkakala	152
		Piikkikalat	153
		Simput	153
		Ahven	154
		<i>Suomu</i>	155
		<i>Operculum</i>	155
		<i>Otoliitti</i>	156
		Kuha	157
		Kiiski	158
		Kivinilkka	159
		Tokot	159
		Makrilli	160
		Kampela ja piikkikampela	160
<b>13. Lajikohtaisia erityispiirteitä</b>	124	<b>14. Kuvataulut</b>	212
Nahkiainen	125		
Hait ja rauskut	125		
Sampikalat	126		
Silakka ja kilohaili	126		
<i>Suomu</i>	127		
<i>Otoliitti</i>	127		
- Kokonainen otoliitti	127		
- Otoliitin värjätty poikkileikkauspinta	129		
Ankerias	129		
Hauki	132		
<i>Suomu</i>	132		
<i>Luut</i>	133		
Lohi	134		
<i>Poikasvaihe</i>	136		
<i>Merivaihe</i>	136		
<i>Lohen iän ilmoittaminen</i>	137		
Taimen	138		
Kirjolohi ja muut tyynenmerenlohret	139		
Nieriät	139		
<i>Nieriä</i>	140		
<i>Puronieriä</i>	140		
<i>Harmaanieriä</i>	140		
Harjus	140		
Siika	141	<b>Kirjallisuus</b>	214
<i>Suomu</i>	142		
<i>Operculum</i>	142	<b>Liite I</b>	226
<i>Otoliitti</i>	143		
Muikku	143	<b>Liite II</b>	227
Kuore	144		
Särkikalat	144	<b>Keskeistä termistöä</b>	228

## ESIPUHE

*C. Segerstrålen vuonna 1933 julkaistu "Über Scalimetrische Methoden zur Bestimmung des Linearen Wachstums bei Fischen" oli ensimmäisiä suomalaisten kirjoittamia kalojen iänmääritysoppaita. Kolme vuotta myöhemmin (1936) julkaistiin Järven ja Menziesin "The interpretation of the zones on scales of salmon, sea trout and brown trout". Kalalajiemme iänmääritystä laajasti käsittelevä suomenkielinen opas ilmestyi vuonna 1975. A. Elorannan "Kalojen iänmääritys" on ollut julkaisemisestaan lähtien ahkerassa käytössä näihin päiviin saakka. Oppaan ohella iänmäärittäjiemme apuna ovat olleet mm. Steinmetzin ja Müllerin (1991) sekä Lehtosen ja Nylundin (1995) suomuatlakset.*

*Iänmääritys on osa kalojen populaatiotutkimusta ja se on samalla myös perusta, jossa tehdyt virheet usein kertautuvat tutkimuksen myöhemmissä vaiheissa. Jotta virheellisten määritysten vaikutukset voitaisiin pitää mahdollisimman pieninä, iänmäärityksen luotettavuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Luotettavuutta voidaan lisätä kehittämällä ja vertailemalla jo olemassa olevia menetelmiä sekä levittämällä tietoa uusien menetelmien sekä niiden sovellutusten käyttökelpoisuudesta.*

*Kalojen iänmääritysmenetelmien kehitys on ollut nopeaa, mutta uusimmista sovelluksista on ollut saatavilla vain vähän suomenkielistä kirjallisuutta. Tämän käsikirjan tärkeintä antia ovat ajantasainen tieto kalojen iän- ja kasvunmääritysmenetelmistä sekä kuvaukset luutumanäytteiden ottotavoista, joista julkaistua tietoa on niukasti. Meillä aiemmin käyttämättömiä ja vähän käytettyjä iänmääritysmenetelmiä esitellään lajeihimme sovellettuina. Useista lajeista esitellään luutu-*





*mia valokuvin niin, että saman yksilön vuosirenkaita voidaan vertailla eri luutumissa. Iältään tunnettuja kalayksilöitä on kerätty mahdollisuuksien mukaan kuvitukseen.*

*Kirja sisältää useita suomennoksia englanninkielisistä termeistä, joille ei ole aikaisemmin ollut suomenkielisiä vastineita. Joitakin vanhoja, usein vakiintumatomaksi jääneitä termejä on nimetty uudestaan. Olemme lisäksi pyrkineet esittämään kursivoituna keskeisten iänmäärittämiseen liittyvien termien englanninkieliset vastineet, jotta siirtyminen tästä suomenkielisestä käsikirjasta englanninkieliseen aihepiiriin kirjallisuuteen olisi mahdollisimman helppoa.*

*Tekijöiden ohella kirjan kirjoittamiseen ovat osallistuneet M. Rahikainen osuuksillaan kappaleissa “Näytteenoton suunnittelu” ja “Kalojen pituuskasvun arvioiminen” sekä R. Parmanne osuudellaan silakan iänmäärittämisen lajikohtaisia erityispiirteitä käsittelevässä kappaleessa. Lisäksi kirjan valmistumiseen ovat myötävaikuttaneet lukuisat henkilöt auttamalla rahoituksen saamisessa, tarjoamalla käyttöömme luutumia kalanäytteistä, osallistumalla iänmäärittämenetelmien kehittämiseen, täydentämällä tietojamme joistakin erityisaiheista tai kommentoimalla osia käsikirjoituksesta. Kiitämme avusta Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen ja Helsingin yliopiston limnologian ja ympäristönsuojelun laitoksen henkilöstöjä sekä erityisesti seuraavia henkilöitä: B. Ardestam, E. Aro, P. Böhling, H. Dahlström, P. Doering-Arjes, J. Eklund, A. Eloranta, F. Halling, O. Heikinheimo, P. Heinimaa, J. Horppila, A. Huhmarniemi, K. Kahilainen, J. Karjalainen, A. Lappalainen, H. Lehtonen, T. Marjomäki, J. Mikkola, S. Nikonen, T. Nurmio, H. Peltonen, J.T. Pennanen, H. Pukkila, M. Rask, J. Ruuhijärvi, M. Salminen, E. Salonen, J. Sarvala, A. Saura, S. Sistonen, O. Stenman, K. Sundman, P. Suuronen, J. Tulonen, L. Urho, M. Vinni ja C. Ångström.*

*Helsingissä 10.6.2000 – Tekijät*





1

JOHDANTO

*Hauen metapterygoideum*



## länmäärityksen historiaa

Moni kalastaja on saalista käsitellessään ja kaloja peratessaan tutkiskellut suomuja tai luita ja laskenut niissä havaitsemiaan renkaita. Kalojen luutumien rengaskuvioista kiinnostui jo 1680-luvulla hollantilainen kangaskauppias Antony van Leeuwenhoek, joka oli yksi mikroskoopin kehittäjistä ja keräsi mainetta luonnontieteilijänäkin. Van Leeuwenhoek hioi itse linssejä kangaskuitujen laaduntarkkailua varten ja rakentamansa mikroskoopin avulla hän oivalsi, että renkaiden lukumäärät yksittäisen kalan suomuissa ja luissa olivat yhtä suuret. Ruotsalainen pappi ja 1700-luvun hengelle ominaisesti myös luonnontieteiden harrastaja, Hans Hederström, syvensi van Leeuwenhoekin havaintoja. Hän huomasi, että suurilla kaloilla oli luutumissaan enemmän rengaskuvioita kuin pienillä. Lisäksi Hederström (1759, julkaistu uudelleen 1959) havaitsi, että luiden ja suomujen sisimmät renkaat olivat leveämpiä kuin uloimmat.

Kalojen iänmäärityksen periaatteet opittiin 1800- ja 1900-lukujen taitteessa, mutta vasta siten kun kalojen iänmääritys sekä sen laajat mahdollisuudet oivallettiin tutkimuksessa, kalabiologia alkoi tieteenalana kehittyä nopeasti. Suomalaiset tutkijat Gottberg (1910) ja Hellevaara (1912) kuvailevat iänmäärityksen alkuvuosia ja heidän teksteissään ovat mainittuina vuosisadan vaihteen tienoilta mm. Hoffbauer, joka julkaisi suometutkimusten tuloksia, Reibisch, Jenkins ja Maier, jotka määrittivät kalojen ikä sisäkorvan otoliitista sekä Heincke, joka määrittäi kalojen iän mieluiten luista. Suomalaisille tutkijoille sekä suo-

mut, luut että otoliitit olivat tuttuja (Gottberg 1912, Hellevaara 1912). Arnold (1913) totesi Heincken havainneen, että vanhojen kalojen suomujen uloimmat renkaat ovat usein hyvin kaapeita ja vaikeita laskea, minkä vuoksi luut soveltuvat iänmääritykseen paremmin.

Jo Hederström uskoi, että renkaiden määrä luissa ilmentää ikää vain niin kauan kuin kala vielä kasvaa. Myös suomumenetelmää arvosteltiin 1900-luvun alkuvuosina (Van Oosten 1928). Kuitenkin renkaiden ja kalan iän yhteys hyväksyttiin yleisesti eikä sitä kyseenalaistettu uudelleen ennen kuin 1970-luvulla. Tällöin alettiin huomata, että renkaiden määrä suomussa tai luussa ei ehkä sittenkään aina kerro kalan ikää tarkalleen. Tietyllä tavalla käsitellyssä otoliitissa saattoi nimittäin näkyä huomattavastikin enemmän rengaskuvioita kuin luissa tai suomuissa. Sittemmin on vahvistunut, että kalat saattavat elää jopa vuosikymmeniä senkin jälkeen kun niiden pituuskasvu, samoin kuin luiden ja suomujen kasvu on hidastunut tai loppunut (mm. Power 1978, Bennet ym. 1982, Beamish & McFarlane 2000). Otoliiteista eri värjäysmenetelmin näkyviin saatavat renkaat kertovat luotettavammin kalojen todellisesta iästä, vaikka täyttä varmuutta kalavanhusten iästä ei näilläkään menetelmillä saada. Nuortenkin kalojen suomuista ja luista tehdyissä iänmäärityksissä on usein havaittu ongelmia, kun iänmäärityksen luotettavuuteen on perehdytty merkittyjen ja siten iältään tunnettu- jen kalayksilöiden avulla (mm. Raitaniemi & Heikinheimo 1998).



## Mihin kalojen iänmäärittäminen tarvitaan?

Iänmäärittämisestä saatavalle tiedolle on paljon käyttöä. Kun kalojen iänmäärittämisestä liitetään pituus- ja painotiedot ja näin saatuihin kasvatietoihin lisätään tiedot mm. sukupuolesta ja sukukypsyydestä sekä arviot kalastuksen ja luonnollisen kuolevuuden vaikutuksesta kalakantaan, voidaan arvioida kalakannan kokonaistuotanto tietyllä aikavälillä. Kasvu- ja tuotantotietoihin liitetään usein erilaisten laskennallisten mallien avulla saatua lisäinformaatiota mm. ympäristövaikutuksista tai kantojen välisistä vuorovaikutussuhteista. Tämän tutkimushaaran kohteena ovat siis kalakantojen vaihtelut eli populaatiodynaamiikka.

Tutkimustiedon perusteella kalastuksen tehokkuutta voidaan tarvittaessa muuttaa tai suunnata eri ikäryhmiin mm. säätämällä pyydysten hapan silmäkokoa. Nykyisin lähes kaikkien tärkeimpien kalastettavien kalakantojen säätely ja saalisennusteet maapallolla perustuvat säännöllisesti tehtäviin kalakanta-arvioihin, jotka puolestaan pohjautuvat osaltaan tietoihin tutkittavien kalakantojen ikäjakaumista. Kalakanta-arvioiden perusteella arvioidaan, kuinka paljon ja millä tavalla tutkimuksen kohteena olevaa kalakantaa voidaan kalastaa ilman, että kannan olemassaoloa ja tuottoa vaarannetaan.

Kalakantojen hoito edellyttää säännöllisesti hankittuja tietoja kantojen tilasta. Esimerkiksi istutettavan kalalajin kasvua tarkkailemalla voidaan välttää liialliset istutukset, joiden seurauksena kanta kehittyisi liian tiheäksi ja kitukasvui-

seksi. Kalojen istuttamisen yleistyttyä on tullut tärkeäksi tietää, onko esimerkiksi merestä pyydetty lohi peräisin kalanviljelylaitokselta vai luonnonkudusta. Tämä erottelu voidaan tehdä kohtalaisella varmuudella suomenäytteestä. Myös ihmisen aiheuttamien ympäristömuutosten (rehevöityminen, happamoituminen, vesirakentaminen ja ympäristömyrkyt) seurauksia luontaisten lajien esiintymiseen kannattaa tarkkailla, samoin kuin kalojen kasvua muuttuneissa vesistöissä, jotta mahdolliset muutokset huomattaisiin ja niihin voitaisiin tarvittaessa reagoida. Kalojen vierasainepitoisuuksien tarkkailussa on tärkeää tuntea näytekalojen koon lisäksi niiden kasvunopeus, sillä aineiden määrään kalan elimistössä vaikuttaa myös kalan ikä. Luutumien rakenteen perusteella voidaan myös erottaa toisistaan saman lajin eri kantoja; yksittäisenkin kalan historiasta jo yksi suomu voi kertoa paljon.



2

KALOJEN KASVU  
JA ELINIKÄ

*Kuoreen otoliitti*



## Perimän ja ympäristön vaikutus kasvuun

Kalat ovat vaihtolämpöisiä eläimiä ja niiden kasvutapa poikkeaa tasalämpöisten selkärankaisten kasvusta. Tasalämpöisten selkärankaisten lajituntomerkkeinä voidaan käyttää eri eläinlajeille ominaisia ruumiinosien mittoja (esim. säkäkorkeus). Sen sijaan kalan pituus saattaa kasvaa koko sen elämän ajan.

Suomen kalalajeista suurin osa kasvaa vain silloin kun veden lämpötila on kullekin lajille riittävän korkea. Yleensäkin tropiikin ulkopuolella esiintyvät kalat kasvavat kesällä nopeammin kuin talvella, mutta joillakin lajeilla asianlaita on juuri päinvastoin. Tunnetuin talvella nopean kasvun kauttaan elävistä kalalajeistamme on made. Trooppisissa oloissa kalojen luutumisiin ei kehity samanlaisia kesä- ja talvivyöhykkeitä kuin kylmissä ja lauhkeissa ilmastovyöhykkeissä, vaan renkaiden muodostuminen liittyy muihin ilmastollisiin tekijöihin, kuten kuivan kauden ja sadekauden vuorotteluun tai veden suolapitoisuuden vaihteluun. Siksi renkaita voi jollain alueella syntyä 1–2 kpl vuodessa, kun taas toisella alueella ei yhtään. Trooppisten kalojen iänmääritykset ovatkin vaikeita verrattuna vastaaviin suomalaisien lajien määrityksiin.

Ainakin periaatteessa kalat kasvavat pituutta niin kauan kuin elävät. Niiden lajikohtainen suurin koko, samoin kuin korkein elinikä, ovat kuitenkin perinnöllisesti määräytyviä ominaisuuksia. Useimmat suuret kalalajit ovat pitkäikäisempiä kuin pienet, mutta aina ei näin ole. Esi-merkiksi kilohaili, joka kasvaa enintään 18 cm:n

pituiseksi ja noin 40 gramman painoiseksi, voi elää jopa yli 20 vuotta (taulukko 1). Vastaavasti yli 40-kiloiseksi ja lähes puolitoistametriseksi kasvavan lohen on havaittu saavuttaneen Suomessa enimmillään 13 vuoden iän (Järvi 1938).

Maassamme esiintyvät kalalajit voidaan jakaa nuorina nopeasti kasvaviin ja koko elämänsä tasaisesti kasvaviin lajeihin. Nopeasti lähes täyden mittansa saavuttavien lajien ryhmään kuuluvat mm. pienikokoiset parvikalat kuten silakka, kilohaili, muikku ja kuore. Ne kasvavat suurimman osan pituudestaan kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Suhteellisen tasaisesti koko elämänsä ajan kasvavat hauki, ahven ja useimmat särkikalat. Toisaalta muikku ja silakka saattavat sopivissa oloissa jatkaa kasvuaan pitempäänkin, puoleen kiloon asti, ja ahvenen kasvu voi pysähtyä 15 cm:n tienoilla 3–4 elinvuoden jälkeen.

Kasvunopeuden ja koon vaihtelu johtuu siitä, että kalojen kasvunopeuden ja lopullisen koon määräävät paitsi perintö- myös ympäristötekijät. Kasvu on joustavaa, eli kalat kasvavat nopeasti kun ravintoa on paljon ja hitaasti kun syötävää on vähän; saattaapa kasvu kokonaan tyrehtyäkin, jos ravinto riittää vain hengissä pysymiseen ja ehkä lisääntymiseen (mm. Nyberg ym. 1993, Beamish & McFarlane 2000). Särki saattaa venähtää 3–5 vuodessa yhtä paljon kuin aikaisempien kymmenen vuoden aikana yhteensä, kun tehokkaan poistopyynnin ansiosta kalaa kohden on saatavilla entistä enemmän ravintoa. (Nyberg 1998b). Muutaman vuoden ikäinen, parikymmentin ja runsaat sata grammaa painava tammukka saattaa kasvaa puolimetriseksi ja



2–3-kiloiseksi parissa vuodessa, kun se siirretään pienestä purosta lampeen, jossa on runsaasti ravintoeläimiä.

Kasvunopeus voi normaalioloissakin vaihdella huomattavasti kalakannan sisällä. Hyvä esi-merkki on ahven, joka varsinkin monilajisissa kalayhteisöissä siirtyy usein poikasvaiheen jälkeeseen eläinplanktonin syönnistä pohjaeläin- tai kalaravintoon. Pohjaeläimiä ja eläinplanktonia syövät ahvenet ovat tyypillisesti viisivuotiaina noin 15 cm:n pituisia, kun kalansyöjien pituus saattaa olla yli 25 cm (Alm 1946, LeCren 1992). Jos pohjaeläimiä syövä ahven jossain elämänsä vaiheessa muuttaa ravintotottumuksiaan ja alkaa syödä kaloja, sen kasvu nopeutuu.

Useilla kalalajeilla naaraat kasvavat etenkin sukukypsyyden saavuttamisen jälkeen nopeammin kuin koiraat, vaikka ne ovat sukukypsiä koiraita myöhemmin. Tämä voi käytännössä näkyä pienessä järvessä, jossa kilon painoiset ja noin puolimetriset hauet ovat keskimäärin kuusivuotiaita – naaraiden keski-ikä on viisi vuotta ja koiraiden seitsemän vuotta.

Lämpötila vaikuttaa kalojen kasvuun: kylminä kesinä useimmat kalat kasvavat hitaammin kuin lämpiminä kesinä. Samoin lämpöä suosivat kalat kasvavat Pohjois-Suomessa hitaammin kuin Etelä-Suomessa. Lämpötilan vaikutukset ovat havaittavissa myös luutumissa. Lämpiminä kesänä muodostunut vuosikasvuyvyöhyke saattaa ahvenella tai lahnalla olla jopa useita kertoja leveämpi kuin edellisen kylmän kesän aikana muodostunut vyöhyke, koska kasvuyvyöhykkeiden leveydet ovat verrannollisia kalojen pituuskasvun lisäyk-

seen samana aikana.

Kalat elävät kylmissä kasvuoloissa vanhemmiksi kuin lämpimissä olosuhteissa (mm. Jonsson ym. 1991). Samaten hidaskasvuiset kylmien vesien yksilöt tulevat myöhemmin sukukypsiksi kuin nopeakasvuisemmat lajitoverit lämpimissä vesissä. Made saattaa elää pohjoisissa järvissä yli 20-vuotiaaksi, kun etelämpänä kymmeneen ikävuoteen ylttäminen voi olla harvinaista. Etelä-Suomen vesissä siika saavuttaa harvoin 20 vuoden iän, mutta Norjan kylmissä tunturivesissä se saattaa elää 40 vuotta, ja onpa arktisessa Kanadassa havaittu kotimaiselle siiallemme lähisukuisen sillisiian (*Coregonus clupeaformis* (Mitchill)) eläneen noin 60 vuotta (Power 1978).

## Kalan koko ja ikä

Vanhoista ja suurista kaloista tunnetaan lukuisia legendoja, kuten tarina lähes kuuden metrin pituisesta ja yli 250-vuotiaaksi eläneestä Heilbrunnin hauesta (Walton 1676, Seppovaara 1963). Joidenkin kalalajien yksilöiden voidaan kuitenkin perustellusti sanoa eläneen jopa ihmisen pituisen ajan. Vuonna 1932 Kaspianmereltä, Ural-joen suun tienoilta saatiin kolme kitasampea (*Huso huso* (L.)), pituudeltaan 405–438 cm. Niiden iät määritettiin välille 91–118 vuotta (Tsepkin & Sokolov 1971). Kanadan Ontariosta saatiin vuonna 1953 205 -senttinen järvisampi (*Acipenser fulvescens* (Rafinesque)), jonka iäksi laskettiin 152 vuotta (Probst & Cooper 1954).

Meillä tavattavista kalalajeista ankeriaan tie-





**Taulukko 1. Lajikohtaisia enn tysm rityksi pitk ik isten kalojemme i st (t ydet ik vuodet) Suomessa ja joitakin korkeita ik havaintoja muualta sek luutumat, joista ik on m ritetty**

Laji	Ikähavainto Suomesta (v)	Luutuma*	Pituus (cm)/ Paino (g)	Ikähavainto muualta	Luutuma*
Ahven	25 Saukkolampi	ot	20,1/96	28, Kuolan niemimaa	
Ankerias	72 + toukkavuodet, Evo	t		85 + 3 toukkav., Ruotsi	85 v. t
Harjus	15, Näätamöjoki	s			
Harmaanieriä	16, Inarijärvi	ot		54, Kanada	ot
Hauki	33, Keuruselkä		136/24000 **		
Karppi	33, Porlan kalanviljelylaitos	t		n. 50	t
Kiiski	16, Hiidenvesi	ot			
Kilohaili	22, Selkämeri	ot	13,6/13	17, Itämeri (Viro)	
Kuha	28, Tehinselkä, Päijänne	op	- /8500		
Kuore	10, Hiidenvesi	ot	21,4/58		
Lahna	> 50, Valkealammi, Taipalsaari	t	66,5/3600		
Lohi	13, Teno	s			
Made	n. 20, Utsjoen vedet	ot			
Miekkasärki	14, Saimaa	s	41 / -		
Muikku	13, Haukilahden ed. (Espoo)	ot	29,3/170	22, Norja	ot
Mutu	13, Utsjoki	ot			
Nieriä	17, Inarijärvi	ot			
Pasuri	n. 20, Hiidenvesi	cl			
Peledsiika	9, Porttipahta	s			
Ruutana	31, Gallträsk, Kauniainen	ot	31,3/653		
Salakka	8, Heposelkä; Lohjanjärvestä				
Seipi	12, Kokemäenjoki	s	- /144		
Siika	30 (rääpys), Muddusjärvi	ot	30 / -	45, Norja; 62, Kanada***	ot
Silakka	20, Valassaaret	ot	24,3/90		
Sorva	18, Tammisaari	s	30,5 / -		
Sulkava	26, Hiidenvesi	cl			
Särki	30, Villikkalanjärvi	cl	27,8 / 272		
Säyne	23–24, Enontekiö	s	- / 2600		
Taimen	12, Juutua	s		38, Norja	ot
Toutain	24–25, Kulovesi	s, m			
Turpa	24–25 Niinijoki (Loimijoki)	s	- /1750	23, Iso-Britannia	s, op
Turska	15	ot			
Vimpa	14, Vanhankaupunginlahti	s	31,5 / -		

\*Luutumat: s = suomi, ot = otolitti, op = operculum, cl = cleithrum, t = kalan historia ja ik tunnettu, m = merkityn kalan historia osittain tunnettu.

Määrittäjä tai julkaisu, jos on tiedossa (p. = pyyntivuosi): Ahven (K. Nyberg, p. 1995); ankerias, Suomi (J. Tulonen, p. 1983), Ruotsi (Hälsingborgin museo); harjus (A. Eloranta); harmaanieriä, Suomi (A.-L. Mannermaa-Keränen, p. 1998), Kanada (Power 1978); hauki (Seppovaara 1963, \*\*epävarma); kiiski (M. Vinni, p. 1999); kilohaili, Suomi (F. Halling, p. 1978), Viro (Aps 1977); kuha (K. Nyberg, p. 1995); kuore (M. Vinni, p. 1999); lahna (Seppovaara 1963, p. 1957); lohi (T.H. Järvi); made (A. Eloranta); miekkasärki (J.T. Pennanen, p. 2000); muikku (K. Nyberg, p. 2000), Norja (Sandlund ym. 1991); mutu (Mills 1988); nieriä (A.-L. Mannermaa-Keränen, p. 1981); pasuri (M. Vinni); peledsiika (M. Kotajärvi, p. 1997); ruutana (J. Raitaniemi, p. 2000); salakka (Pennanen 1985, p. 1979); seipi (J.T. Pennanen, p. 1988); siika, Suomi (K. Kahilainen, p. 1999), Norja (Saksgård & Hesthagen 1995), \*\*\*arktista Minto-jär hyvin lähellä siikaa oleva sillisiika, *Coregonus clupeaformis* (Power 1978); silakka (R. Parmann, p. 1986); sorva (J.T. Pennanen, p. 1984); sulkava (M. Vinni); särki (K. Nyberg, p. 1996); säyne (J.T. Pennanen, p. 1993); taimen, Suomi (H. Pukkila, p. 1998), Norja (Svalastog 1991); toutain (J.T. Pennanen, p. 2000); turpa, Suomi (J.T. Pennanen, p. 1995), Iso-Britannia (Mann 1976); vimpa (J.T. Pennanen, p. 1985).



detään eläneen pitkäikäisimmäksi. Evon Valkea-Mustajärvestä, joka on karu ja pieni umpijärvi, saatiin vuonna 1983 naarasankerias (taulukko 1), joka oli peräisin vuonna 1911 tehdystä istutuksesta. Istutuksen jälkeen ankerias oli siis viettänyt järvessä 72 vuotta (Tulonen 1998). Meressä vietetyt toukkavaiheet mukaan laskettuna kalayksilön ikä oli kokonaisuudessaan vielä hieman enemmän kuin tuo 72 vuotta.

Ruotsissa ja Suomessa tunnetaan tarina vieläkin vanhemmaksi eläneestä ankeriasyksilöstä, Putesta, joka eli yhteensä 88 vuotta ensin ruotsalaisessa kaivossa, sitten tutkijan akvaariossa. Se olisi voinut elää pitempäänkin, mutta lopetettiin kun hoitaja kuoli eikä työhuoneen perijä ollut selvillä akvaarion asukin historiasta. Guinnessin ennätyskirjan (Kuosmanen 1995) mukaan Putte kuoli Hälsingborgin museossa 1948. Sen ikä laskettiin lisäämällä tunnettuun 85 vuoteen arvio kolmesta toukkavuodesta. Puten tavoin ankeriaita pidettiin Etelä-Ruotsin kaivoissa ennen yleisemminkin veden puhdistajina. Vuonna 1963 Ruotsin kalastuslehdet kertoivat ankeriaasta, joka oli Skånessa, Bratenvikissa, otettu kaivosta väliaikaisesti tarkistuksen vuoksi kuiville. Varmuudella tunnetuksi iäksi väitettiin 103 vuotta. "Kalan pää on suhteettoman suuri, silmät voimakkaasti pullistuneet ja vahvoihin leukoihin on kasvanut piikkejä" (Anon. 1963). Suurien silmien ja kookkaan pään on muuallakin todettu olevan vanhojen ja hidaskasvuisten kalojen tyypillisiä tunnusmerkkejä (Paulsen 1998). Suomessakin ilmiö on havaittu ainakin ahvenella (Rask & Nyberg julkaisematon).

Meille istutetuista lajeista ankeriaan ohella myös karppi voi tulla vanhaksi. Guinnessin ennätyskirjan (Kuosmanen 1995) mukaan Porlan kalanviljelylaitoksessa oli vuonna 1984 elossa pari 33-vuotiasta emokarpia. Kolin (1983) mukaan peilikarpin on havaittu eläneen keskierooppalaisessa viljelylammikossa lähes 50-vuotiaaksi. Särkikalojen pitkäikäisyydestä kertovat myös tiedot vankeudessa eläneistä kultakaloista. Guinnessin ennätyskirja (Kuosmanen 1995) kertoo 41-vuotiaaksi eläneestä yksilöstä, ja mm. Helsingin Sanomat julkaisi vuonna 1999 Reutersin uutisen brittiläisen kodin akvaariossa 43-vuotiaana ja 12-senttisenä, hopeanväriseksi harmaantuneena kuolleesta kultakalasta.

Vanhuksia on löytynyt luonnonkaloistakin. Seppovaara (1963) esitti tarkat tiedot "varmuudella yli 50-vuotiaasta", laihasta lahnasta (pituus 66,5 cm, korkeus 23 cm ja paino 3,6 kg). Kala saatiin vuonna 1957 Taipalsaaren Valkealammesta, johon lähitalon vanhaemäntä oli kantanut Saimaasta lahnanpoikasia vuosisadan vaihteessa. Muita lahnoja lammesta ei oltu aikaisemmin saatu. Suomusta ja olkavarren luusta Seppovaara kykeni laskemaan varmuudella 42 vuotta. Myös Segerstråle (1933 ja 1950) on dokumentoinut noin 32-vuotiaat lahnat (2400 g ja 3100 g), samoin Nyberg (julkaisematon) määrittä 1993 pyydetyn, 59 cm pitkän ja 1950-grammisen Päijänteen lahnan 32-vuotiaaksi. Itse asiassa iäkkäät lahnat tai särjet ovat yleisiä rehevöityneiden vesien saaliissa, koska rehevissä järvissä särkikalakannat



ovat tiheinä ja kalastamattomina usein kääpiöityneitä. On varsin tavallista, että tiheästä kannasta pyydetty kilon painoinen lahna tai 200-grammainen särki on yli 20-vuotias (Peltonen ym. 1996). Myös ruutana elää hyvin vanhaksi.

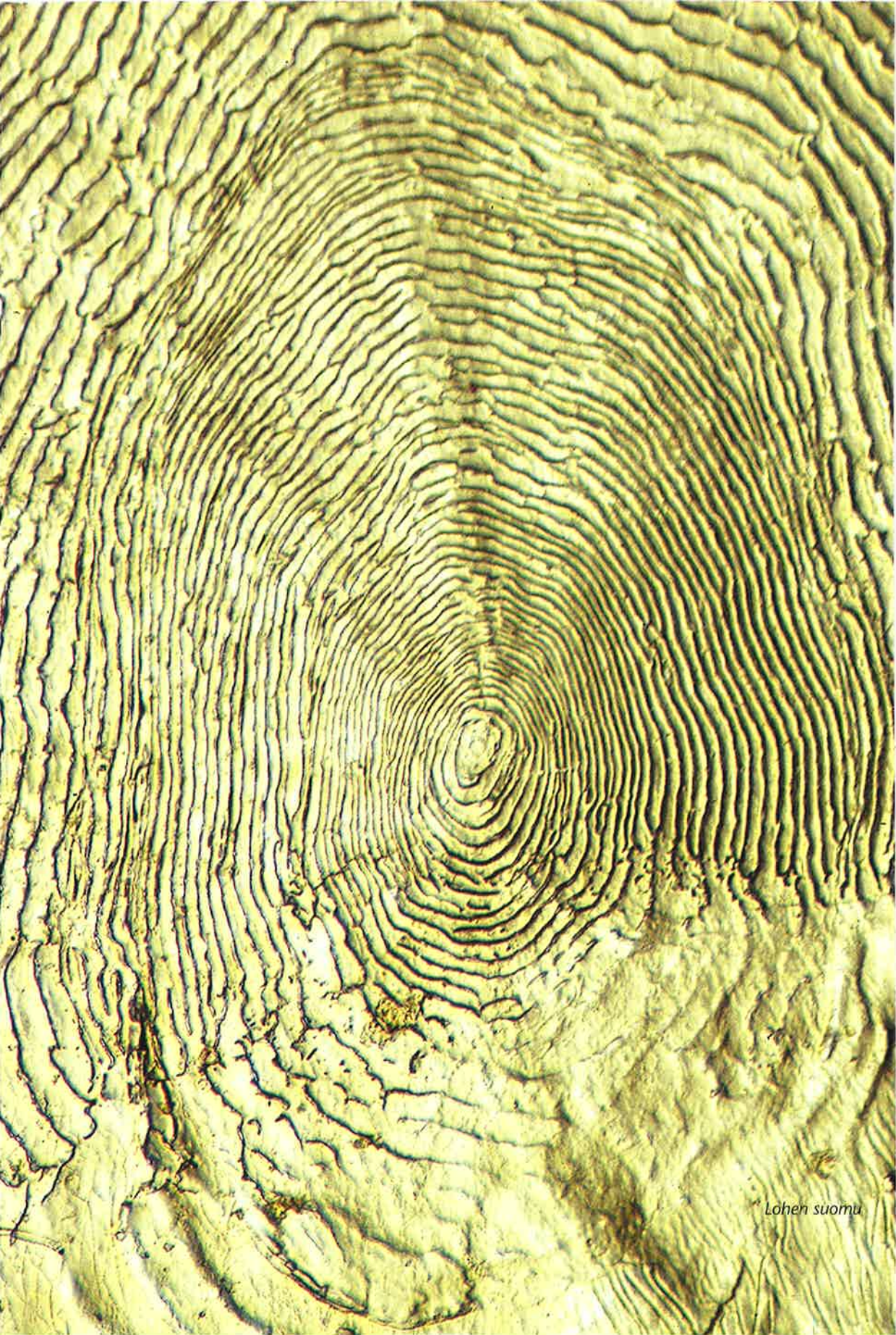
Lyhytikäisin kalalajeistamme on meressä elävä 10–15 cm:n pituinen vaskikala, joka täytettyään yhden vuoden kutee ja kuolee. Kooltaan pienemmät (4–7 cm), myös merialueella esiintyvät tokot elävät lähes kaksivuotiaiksi. Siloneula ja särmäneula sekä kolmipiikki ja kymmenpiikki elävät 3–4 -vuotiaiksi (Koli 1990).

Pitkäikäisten kalalajien enimmäisiällä ei ole kalatalouden kannalta suurtakaan merkitystä. Etenkin pienikokoisilla ulappavesien parvikaloilla yli kymmenvuotiaiden yksilöiden osuus kalakannoissa on sekä lukumäärältään että massaltaan niin pieni, että käytännön tutkimuksessa vanhat kalat yhdistetään esimerkiksi yli kymmenvuotiaiden ryhmäksi. Nykyisin lähes kaikkia Suomen kalataloudellisesti tärkeitä kalakantoja kalastetaan tehokkaasti, eivätkä kalat ehdi elää kovin vanhoiksi. Siksi hyvin iäkkäitä yksilöitä on lähinnä vähän hyödynnetyissä, usein vanhoista yksilöistä koostuvissa kannoissa. Näistä esimerkeinä mainittakoon Lapin pienten vesien siiat (Kahilainen, henkilökohtainen tiedonanto), rehevöityneiden järvien lahnat ja särjet (Horppila ym. 2000) sekä pienten metsälampien ahvenet (Nyberg ym. 1993).

Hyvin vanhoilla kaloilla ei ole suurta kalataloudellista merkitystä. Kuitenkin niiden luutumista takautuvasti määritetyt vuosittaiset kasvut saattavat olla mielenkiintoisia tutkittaessa jäl-

keenpään pyyntiveden laadussa tai kalakannassa tapahtuneita muutoksia. Esimerkiksi Nuuksion järviylängöllä sijaitsevan happamoituneen järven ahventen kasvun kiihtyminen on voitu ajoittaa 1970-luvun alkupuolelle, vaikka näyteahvenet pyydettiin vasta 1980-luvun puolivälissä, jolloin ympäristön happamoituminen oli voimakkaimmillaan (Nyberg ym. 1995). Ahventen nopea kasvu oli seurausta siitä, että happamat sateet lisäsivät veden happamuutta, mikä lähes esti kalojen lisääntymisen. Ahvenkanta harveni, ja kun syöjiä oli vähän, jäljelle jääneiden kasvu kiihtyi. Ahvenet olivat säilyttäneet luutumissaan jopa yli kahdenkymmenen vuoden ajalta merkit kasvuhistoriastaan. Tämä vahvisti muiden tutkimusten tuloksia siitä, että järvi oli happamoitunut jo 1970-luvun alkupuolella ennen kuin ongelman olemassaoloa Suomessa edes tiedostettiin.

Vanhojen kalojen iän määrittäminen on sekä teknisesti että tulkinnallisesti vaikeaa. Tätä taitoa kuitenkin tarvitaan silloinkin kun määritetään pääasiassa nuoria kaloja sisältäviä näytteitä. Esimerkiksi siian yli 5-vuotiaiden yksilöiden ikää ei aina kyetä tulkitsemaan suomujen perusteella. Silloin yleisetkin vuosiluokat voivat sekaantua keskenään. Ongelma pienenee vanhoille kaloille sopivilla näytteenotto- ja iänmääritysmenetillä.



Lohen suomi



## 3

# IÄNMÄÄRITYKSEEN SOPIVAT LUUTUMAT

## Suomut

### Suomutyypit

Kaikki nykyisin Suomessa tavattavat kalalajit, pois lukien nahkaiset, kuuluvat **luukaloihin** (*Osteichthyes*). Niiden lisäksi vesissämme on menneiden vuosikymmenten aikana tavattu satunnaisesti myös haikaloja, jotka rauskujen ohella kuuluvat **rustokaloihin** (*Chondrichthyes*).

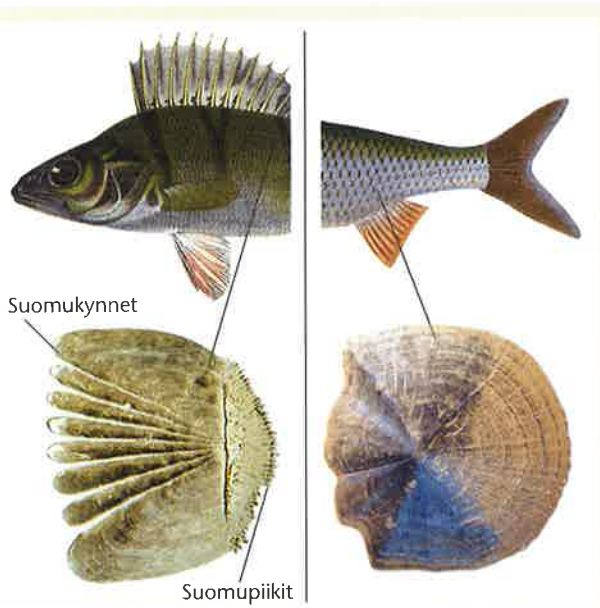
Haikalojen terävät ja kovan kiilteen peittämät hammassuomut ovat ihon myötäisesti taaksepäin vinossa, ja niitä on tiukasti kiinnittyneinä kaikkialla kalan pinnassa. Suomut eivät muodosta kalan sitkeään nahkaan yhtenäistä kerrosta. Haiden nahkaa on käytetty aikoinaan mm. veneiden pohjan hiomiseen (Eloranta 1975). Rauskujen hammassuomut eivät ole muodoltaan yhtä säännöllisiä ja hienoja kuin haikaloilla. Iänmäärityksessä haiden tai rauskujen hammassuomuja ei ole hyödynnetty; sen sijaan niiden iäkiä on määritetty kalkkiutuneista, rustoisista selkänika-

mista ja joissakin tapauksissa selkäeväruotojen kalkkiutuneista osista (mm. Abdel-Aziz 1992).

Luukaloihin kuuluvien, mutta monessa suhteessa rustokalamaisten sampikalojen pinta on pääosin suomuton. Useilla lajeilla voi olla pyrstön tyven tienoilla paitsi hammassuomuja, myös vinoneliön muotoisia kiillesuomuja, jotka ovat hammaskiilteen kaltaisen ganoiniinin peittä-

#### Maailman kaloilla tavattavat suomutyypit Helfmanin ym. (1997) mukaan:

- 1 **hammassuomut** (*placoid scales*), haiden ja rauskujen suomutyypit
- 2 **kosmoidisuomut** (*cosmoid scales*), useiden kalafossiilien, mm. muinaisten keuhkokalajien suomutyypit
- 3 **kiillesuomut** (*ganoid scales*), esimerkiksi sampikalojen suomutyypit
- 4 **varsinaiset suomut:**
  - a **pyörösuomut** (*cyloid scales*), esimerkiksi särkikalajien suomutyypit
  - b **kampasuomut** (*ctenoid scales*), esimerkiksi ahvenkalojen suomutyypit.



**Kuva 1.** Useimpia merikaloja, samoin kuin sisävesiemme ahvenkaloja, peittävät kampasuomut. Suomupiikkien vuoksi ahvenen pinta tuntuu karhealta (vas.). Suurimmalla osalla sisävesikaloista on pyörösuomut, kuten kuvan särjellä (oik.). Pyörösuomussa voi olla suomukynsiä (esim. hauki ja harjus), mutta suomupiikkejä ei ole.

miä. Kiillesuomut kiinnittyvät toisiinsa nivelillä. Merkittävimmät luutumut sampien ihon peittona ovat viisi pitkittäistä luukilpiriviä. Selän luukilpiä on kokeiltu myös iänmäärityksessä, joskin tähän tarkoitukseen sammissa on paremminkin sopivia luutumia.

Muiden luukalojen ihon suojana on useimmiten hammas- ja kiillesuomuja kehittyneemmät luulevyt eli varsinaiset suomut, jotka ovat edellisiä ohuempia ja taipuisampia ja peittävät yleensä

koko kalan pinnan päästä pyrstöevään saakka. Joillakin lajeilla ihoa peittävät karkeat luunys-termät (esim. kampela, piikkikampela, rasvakala), toisilla nahka voi olla luulevypanssarin suojaama (piikkikalat, siloneula, särmäneula) tai sileä. Suomut voivat peittää ainoastaan osan sileästä ihosta (tonnikalat) tai olla surkastuneet hyvin pieniksi (ankerias, made, suutari). Luukalojen suomujen päätyypit ovat pyörösuomut ja kampasuomut (kuva 1).

Suurimmalla osalla maassamme tavattavista kalalajeista on pyörösuomut (esim. silakka, hauki, lohi ja särki). Suomuissa olevat harjanteet, **kasvurenkaat** eli **striat** (*circulus*, *ridge*, *sclerite*), kiertävät suomun keskustaa samankes- kisesti kuten vuosirenkaat katkaistun puunrun- gon poikkileikkauspinnalla. Poikkeuksena ovat kuitenkin sillikalat, joiden suomuissa näkyy suo- mun poikittain ylittävä raitakuviointi. Ahven- kalojen (mm. ahven, kuha ja kiiski) suomuja kut- sutaan kampasuomuiksi, koska niiden suomujen pyrstönpuoleisessa osassa on pieniä **suomupiik- kejä** (*ctenii*), joiden vuoksi ahvenkalojen pinta on karhea. Tälle suomun alueelle ei muodostu kasvurenkaita (kuva 1), ja siksi ahvenkalojen iänmääritys ja kasvuvyöhykkeiden mittaukset on tehtävä ihon sisällä suomutaskussa olevista suo- mun osista. Myös pyörösuomuisilla kaloilla suo- mun takaosa on iänmäärityksessä usein epäsel- vempi kuin muut osat. Kampasuomuissa kasvu- renkaat ovat tavallisesti paljon tiheämmässä kuin pyörösuomuissa, mikä saattaa vaikeuttaa suomun tulkintaa.

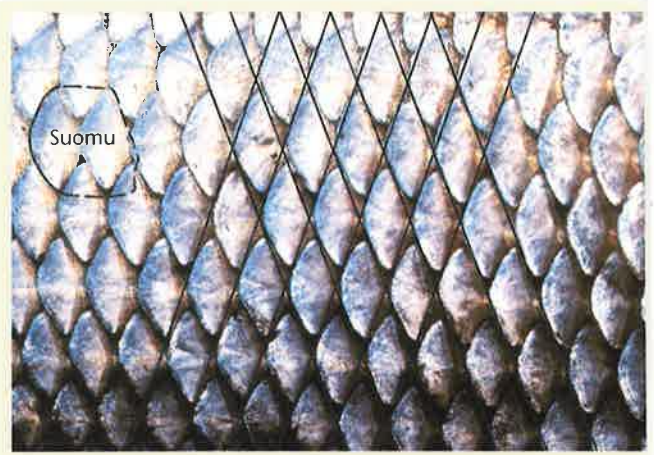


## Suomu nahan osana

Suomut ovat verinahan luutumia. Ne sijaitsevat kalan pintakerroksen alaisen verinahan sisällä siten, että niiden enemmän tai vähemmän epätasainen etureuna on syvällä ihon suomutaskussa (kuva 2). Suomun takaosa näkyy kalan pinnalla eikä ole kiinnittynyt kalaan. Suomu koostuu kahdesta kerroksesta. Sen kalanpuoleisen, kuivuuksaan koveran **kuitukerroksen** (*fibrillary plate, fibre plate*) pinta on kiiltävä ja sileä. Kasvurenkaat muodostuvat ulkopuoleiseen, karheaan ja kuivuuksaan useimmilla lajeilla kuperaan **ulko-kerrokseen** (*osseus layer*). Suomut sijaitsevat kalan pinnalla säännöllisissä pitkittäisissä, poikkittaisissa ja vinoissa riveissä lihasjaokkeiden (*myomeres*) mukaisesti (kuva 2). Suomujen lukumäärä pysyy koko kalan eliniän samana ja on, tosin hieman vaihdellen, tyypillinen jokaiselle kalalajille. Tätä hyödynnetään mm. eroteltaessa eri särkikalalajeja toisistaan (esim. säyne 56–60 kylkiviivan suomua vs. turpa 44–46 kylkiviivan suomua (Koli 1990)).

Suomupeitteen päällä on pintakerros (*epidermis*), jonka guaniinikiteet saavat kalan pinnan näyttämään kirkkaalta, ja aivan päällimmäisenä limakerros, jota orvaskeden lukuisat pienet limarauhaset uusivat jatkuvasti toiminnallaan. Limakerros pienentää kalan ja veden välistä kitkaa kalan liikkeessa. Se toimii samalla suojakilpenä paitsi taudinaiheuttajia, myös monia luonnossa normaalisti esiintyviä bakteereja ja viruksia vastaan.

Suomujen muoto ja koko vaihtelevat eri kalalajien välillä hyvin paljon. Kun esimerkiksi



Kuva 2. Suomujen keskinäinen sijainti kalan ihossa

ankeriaan suomut erottuvat vain mikroskoopilla, kookkaan karpin, ruutanan tai lahnan usean senttimetrin levyistä suomua voidaan tarkastella suurenuslasin avulla tai jopa paljain silmin. Peto-kalojen sekä kalaa syövien lintujen ja nisäkkäiden ravintokalalajistoa voidaan selvittää niiden mahasta tai jätöksistä löytyneiden suomujen tai muiden luutumien (luut ja otoliitit) avulla, vaikka syödyt kalat olisivatkin jo sulaneet muuten tunnistamattomiksi.

Vastakuoriutuneella kalanpoikasella ei ole suomuja. Suomut alkavat kehittyä, kun kalan pituus on noin 20–40 mm. Ensimmäiset suomurivit muodostuvat yleensä kylkiviivan tuntumaan (Wallin 1957, Eloranta 1982a). Suomujen kehitys alkaa siten, että ihoon syntyy paksunnoksia, jotka erilaistuvat suomuiksi. Ensimmäiset suomut sijaitsevat joillakin lajeilla pyrstönvarren läheisyydessä (mm. ahven, kiiski, kuha, hauki, sii-



ka, muikku, puronierä; Elson 1939, Pycha & Smith 1955, Franklin & Smith 1960, Priegel 1964, Eloranta 1982a, Luczynski ym. 1988), toisilla puolestaan ruumiin etuosassa (mm. sulkava, karppi, ruutana; Sifa 1983, Mavrin 1989, Laurila & Holopainen 1990). Lähisukuistenkin lajien välillä tässä voi olla eroa. Esimerkiksi särjen ensimmäiset suomut syntyvät pyrstönvarteen (Cala 1971, vrt. edellä mainitut särkikalat).

Koska suomujen lukumäärä ei lisääny kalan kasvaessa, suomujen koon täytyy kasvaa, jotta ne peittäisivät kalan joka puolelta. Kun suomu kasvaa, sen reunoille ja pinnalle verinahkaan muodostuu uutta luukudosta. Uudet suomun osat

eivät kalkkiudu kunnolla heti muodostuttuaan, vaan ne kalkkiutuvat ja kovettuvat vähitellen jälkikäteen (Lanzing & Wright 1976, Schonborner ym. 1979). Vanhoissakin suomuissa ulkoreuna on voimakkaan kasvun aikana kalkkiutumaton tai heikosti kalkkiutunut (Neave 1940). Tämä lienee syynä siihen, että uusi kasvu näkyy etenkin vanhojen kalojen suomunäytteissä (= suomun kalkkiutuneissa, kovissa osissa) usein vasta kun kasvukausi on jo melko pitkällä.

### län- ja kasvunmäärityksen kannalta keskeiset rakenteet

Suomu voidaan jakaa neljään lohkokoon, jotka rajautuvat suomussa usein havaittavissa olevien tai siihen kuviteltujen neljän kulman mukaisesti: päänpuoleinen **etuloikko** (*anterior field*), pyrstönpuoleinen **takalohko** (*posterior field*) sekä näiden välissä olevat selänpuoleinen **yläloikko** (*dorsal field*) ja vatsanpuoleinen **alalohko** (*ventral field*). Ylä- ja alalohkoa ei kuitenkaan voi nimetä vatsan tai selän suomuista, ja nimeäminen on epävarmaa myös jos emme tiedä, onko suomu peräisin kalan vasemmasta vai oikeasta kyljestä. Siksi molempia lohkoja voidaan kutsua yleisemmin **sivulohkoiksi** (*lateral fields*). Suomun etuloikon ja sivulohkojen välisiä kulmia kutsutaan **etukulmiksi** (*anterolateral corner*) ja takalohkon ja sivulohkojen välisiä kulmia **takakulmiksi** (*posterolateral corner*, kuva 3).

Takalohko on lähes sama kuin suomun **näkyvä** osa (*exposed portion*), joka näkyy kalan kyljessä. Näkyvä osa voi lajista riippuen olla pie-



**Kuva 3.** Suomun osat (särjen suomu). Kuvassa näkyvät myös särkikalojen suomuille tyypilliset säteiläisurat.

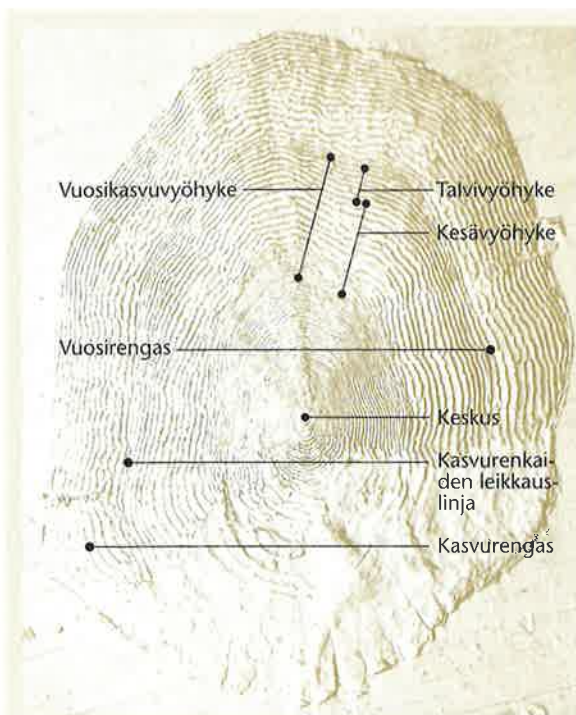




nempi tai suurempi kuin takalohko. **Peittyneet osa** (*imbedded portion*) on suomutaskussa ja muiden suomujen alla, eikä se näy kalan pinnalla (kuva 2).

Suomun kasvaessa sen **keskuksen** (*focus*) ympärille muodostuu kasvurenkaita. Kaikki vuoden aikana suomuun kertyneet kasvurenkaat muodostavat yhdessä **vuosikasvuyöhykkeen**. Vuosikasvuyöhykkeestä voidaan erottaa kasvukauden alusta seuraavan vuoden kasvukauden alkuun mennessä muodostuneet nopean ja hitaan kasvun vyöhykkeet. Nopean kasvun aikana muodostunutta vyöhykettä kutsutaan **kesävyöhykkeeksi** (kesärenkas, *summer ring*) ja hitaan kasvun aikana muodostunutta **talvivyöhykkeeksi** (talvirenkas, *winter ring*). Nopean kasvun aikana muodostuneiden kasvurenkaiden etäisyydet toisistaan ovat yleensä suuria ja hitaan kasvun aikana muodostuneiden pieniä (kuva 4).

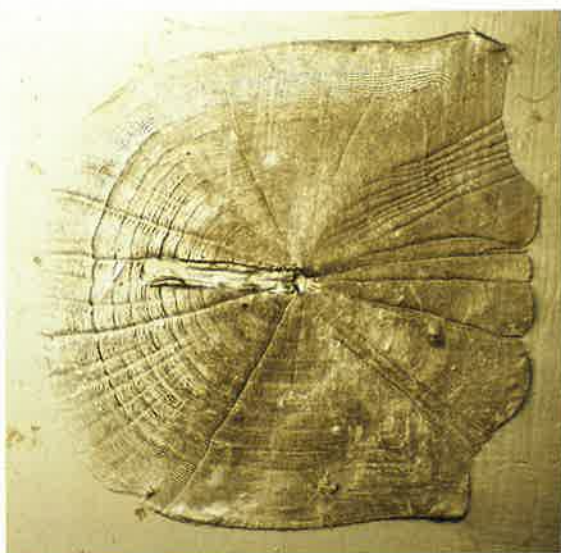
Talvivyöhyke päättyy **vuosirenkaaseen** (*annulus, annual ring*), joka on talvivyöhykkeen ja seuraavan kesävyöhykkeen rajalinja. Se on yleensä tunnistettavissa vuosikasvuyöhykkeen viimeisistä, hitaan kasvun aikana muodostuneista tiheistä kasvurenkaista ja niiden katkeamalinjoista vuosikasvuyöhykkeiden rajalla. Nopea- kasvuilla kaloilla vuosirenkaan ainoana selkeänä tunnusmerkkinä voi olla **kasvurenkaiden leikkauslinja** (*cutting over*), jossa uuden kasvukauden ensimmäinen kasvurenkas ikäänkuin leikkaa useita edellisenä vuonna syntyneitä, mutta vajaita peräkkäisiä kasvurenkaita. Tämä lienee seurausta kasvun hidastumisesta, jolloin kasvurenkaat lyhenevät (Eloranta 1975). Jos leikkaus-



**Kuva 4.** Suomun rakenne (lohen suomu).

Kasvu alkaa suomun keskuksesta. Vuosikasvuyöhyke jakautuu kesä- ja talvivyöhykkeeseen ja päättyy vuosirenkaaseen. Vuosikasvuyöhykkeessä on lukuisia kasvurenkaita. Toisinaan niistä viimeiset ikäänkuin leikkautuvat seuraavan vuosirenkaan kohdalla pitkin vuosirengasta, mistä muodostuu kasvurenkaiden leikkauslinja.

linjoja on, ne ovat useimmiten löydettävissä suomun sivulohkoista ja takakulmista (kuva 4). Joissakin tapauksissa kasvurenkaiden muodostamat tihentymät tai leikkauslinjat, ääritapauksissa jopa molemmat, saattavat puuttua. Vuosirenkaiden yhteenlaskettu lukumäärä on periaatteessa sama kuin kalan ikä vuosina.



Kuva 5. Kylkiviivan somu (särki), jossa on hermokaanava aukko.



Kuva 6. Regeneroitunut eli korvautunut somu (siika).

Kasvuhäiriö, tai hitaan kasvun vaihe kesken nopeaa kasvua, synnyttää somuun **valerenkaan** (*pseudoannulus, false ring, supernumerary ring*), tihtymän tai katkeamavyöhykkeen, joka saattaa muistuttaa vuosirengasta. Vuosirenkaat ja valerenkaat ovat rengasmuodostumia, joista on englanninkielisissä teksteissä käytetty ainakin nimityksiä *check* ja *band*. Valerenkaan erottaminen vuosirenkaasta on väliin vaikeaa. Se on kuitenkin yleensä muodoltaan todellista vuosirengasta epäsäännöllisempi. Ensimmäisen kesän aikana poikasten suomuihin ja muihin luutumisiin voi syntyä **poikasrenkaita**, jotka johtuvat kalan kasvun nopeutumisesta, hidastumisesta tai jopa pysähtymisestä tilapäisesti kasvukauden aikana. Eräs valerengastyyppi on myös **istutusrengas**, joka syntyy istutuksen yhteydessä kalan käsitteilyn seurauksena. Vaeltavien lohikalojen suomuisissa on havaittavissa **smoltivyoehyke** (*run-out band*), joka syntyy somuun ennen merivaelluksen alkua.

Joidenkin kalaryhmien, kuten särkikaloiden suomuisissa on havaittavissa selviä, somun keskuksesta tai muulta kohtaa ulkoreunaan kulkevia **säteittäisuria** (*grooves, radii*; Lagler 1947; kuva 3), joiden on esitetty toimivan eräänlaisina sarakoina. Ne helpottavat somun taipumista kalantutkimuksessa (Wallin 1957).

Jos somunäyte otetaan keskeltä kalan kylkeä, mukaan tulee helposti kylkiviivan somuja, joissa on kylkiviiva-aistin hermokaanavien aukkoja (kuva 5). Vaikka tällaiset somut ovat tavallisesti ulkoreunoiltaan selväpiirteisiä, niistä on vaikea määrittää kalan ikää tai mitata kasvuvuoy-



hykkeiden leveyksiä, koska suomun keskus ja usein myös sisimmäinen vuosirengas jäävät aukon alle.

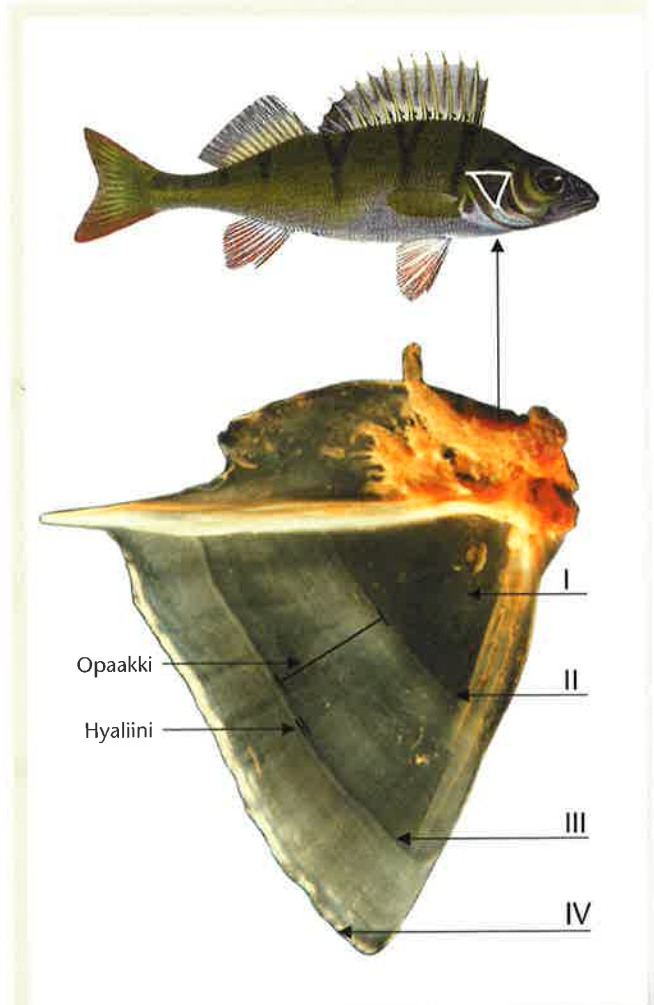
Etenkin nuoren kalan suomut irtoavat helposti. Irronneen suomun tilalle kasvaa kuitenkin nopeasti uusi samankokoinen somu. Kasvurenkaat puuttuvat uuden suomun keskiosasta alueelta, joka on muodostunut korvaamaan irronnutta suomua. Siitä ei voida enää laskea alkuperäisen suomun irtoamista edeltävän ajanjakson vuosirenkaita. Tällaisia somuja kutsutaan **regeneroituneiksi** eli **korvautuneiksi** somuiksi (*replacement scale*, kuva 6).

## Luut

Kalanpoikasen luukudos syntyy joko aiemmin muodostuneen rustokudoksen luutuessa tai ilman edeltävää rustonmuodostusta (mm. Faustino & Power 1999). Luihin muodostuu suomujen tapaan vuosikasvuvyöhykkeitä, jotka laskemalla ja joiden leveydet mittaamalla voidaan määrittää kalan ikä sekä pituus jokaisen kasvukauden päättyessä.

Luukalojen kiduskansi koostuu neljästä irrallisesta ja ohuesta luulevystä (*operculum*, *preoperculum*, *suboperculum* ja *interoperculum*), joista päällimmäistä eli **varsinaista kiduskannenluuta (*operculum*)** käytetään tavallisimmin iän ja kasvun määrittäykseen (kuva 7). Kalan ikä voidaan määrittää myös muista kiduskannen luista.

Kun kala hengittäessään aukaisee suutaan, sen kiduskannet painautuvat tiiviisti ohuen iho-



**Kuva 7.** Ahvenen operculum. Suurennettu operculum on otettu kalan vasemmasta kiduskannesta (oikeanpuoleisen operculumin sijainti merkitty ahveneen valkoisella viivalla). Määrittäykset tehdään operculumin sisäpinnalta, jossa opaakkivyöhykkeet näkyvät sameampina kuin hyaliinivyöhykkeet (operculum kuvattu tummaa taustaa vasten). Vuosirenkaat on merkitty roomalaisin numeroin. Kala on pyydetty keväällä, eikä uutta opaakkia ole ehtinyt vielä muodostua.



kerroksen peittämää **hartian lukkoluuta (cleithrum)** vasten (kuva 8). Särkikaloilla cleithrumin lapiomaisen osan ohutta luulevyä voidaan käyttää operculumin tapaan useiden lajien iän- ja kasvunmäärittäykseen (kuva 9).

Hauen **nielukaaren luu (metapterygoideum)** on yksi pään luista. Se sijaitsee silmän ja pään takaosan välisellä alueella, kiduskanteen

kiinnittyvän suhteellisen paksun lihaskerroksen alla (kuva 10). Metapterygoideumia on vaikea irrottaa hauesta ilman pään keittämistä. Myös **eväruodot** ovat usein käyttökelpoisia kalojen ikää määrittäessä. (kuva 11). Sampikalojen iänmäärittäyksessä käytetään useimmiten rintaevän paksuimmasta ruodosta tehtyä leikettä. Kun vuosirenkaiden sijainteja vertaillaan eri luissa, myös **kylkiruotojen tyviosia** ja **selkänikamia** voidaan käyttää.

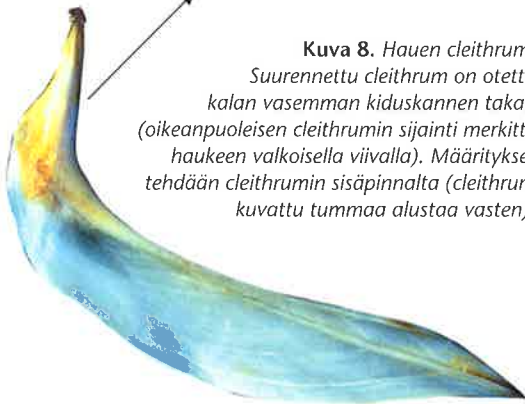
Vuosirenkaita voidaan nähdä lähes jokaisessa kalan luussa. Siksi etenkin harvoin tutkituilla kalalajeilla kannattaa ennakkoluulottomasti tutkia muidenkin luiden käyttökelpoisuutta, jos tavallisimmin käytetyt luut osoittautuvat vaikeasti tulkittaviksi iän ja kasvun määrittäessä.

Luissa on erotettavissa kaksi erilaista kasvua ilmentävää vyöhyketyyppiä: tummaa alustaa vasten valkoisena ja sameana näkyvä nopean kasvun **opaakkivyöhyke (opaque zone)** ja läpikuultavana ja tummana erottuva hitaan kasvun **hyaliinivyöhyke (hyaline, translucent zone)**. Vuosirengas sijaitsee hyaliinivyöhykkeen ja seuraavan opaakkivyöhykkeen usein teräväreunaisella rajalinjalla. Ensimmäinen vuosirengas poikkeaa kuitenkin useimmiten muista ja on hankala havaita (kuva 7). Ensimmäisen kesän kasvu voi näkyä kokonaisuudessaan läpikuultavana vyöhykkeenä, joka vuosirengaan kohdalla vaihtuu terävänä linjana hieman sameampaan vyöhykkeeseen. Joillakin lajeilla tai kannoilla ensimmäinen vuosirengas voi näkyä muita vuosirenkaita ohuempana ja himmeämpänä hyaliinivyöhykkeenä.



**Kuva 8.** Hauen cleithrum.

Suurennettu cleithrum on otettu kalan vasemman kiduskanteen takaa (oikeanpuoleisen cleithrumin sijainti merkitty haukeen valkoisella viivalla). Määrittäykset tehdään cleithrumin sisäpinnalta (cleithrum kuvattu tummaa alustaa vasten).



**Kuva 9.** Särjen cleithrum tummalle alustalle asetettuna, valmiina iänmäärittäykseen.





## Otoliitit

Syvällä kalojen päässä silmien takana ja aivojen yhteydessä sijaitsee parillinen sisäkorva eli labyrintti, joka on kalalle tärkeä tasapainon, liikkeen ja kuulohavaintojen aistimisessa. Labyrintin sisällä on kolme eri tasoissa toisiinsa nähden olevaa nesteen täyttämää kaarikäytävää sekä niihin liittyviä pussimaisia nesterakkuloita (kuva 12). Näissä rakkuloissa sijaitsevat **otoliitit** (tasapainokivet, kuulokivet, kuuloluut, *otoliths, earstones*), jotka muodostuvat kaloille jo alkioasteella. Kalan muuta kudosta painavampien otoliittien liike tai paino tuottaa kosketusärsyksen labyrintin seinämän sisäpintaan, kun kala muuttaa asentonsa, liikkuu tai kun ääniaallot kulkevat kalan läpi. Kalojen sisäkorvan kummassakin puoliosassa on kolme erilaista otoliittia, jotka ovat **sagitta**, **lapillus** ja **asteriscus**, eli yhteensä otoliitteja on kuusi kappaletta. Eri otoliittien merkitys kaloille lienee eriytynyt, mahdollisesti eri kalaryhmissä eri tavalla.

Yleisimmin iänmäärityksessä käytetään sagittaa, koska se on useimmilla lajeilla kooltaan suurin ja selväpiirteisin (kuva 13). Sagitat, joilla on tärkeä osuus kuuloaistimuksissa, sijaitsevat yleensä aivojen takaosan alla. Särkikalat ovat kalaryhmistämme ainoa, jonka iänmääritys otoliitista on suhteellisen vaikeaa ja työlästä verrattuna suomuun tai luuhun, ellei käytettävissä ole melko kallista erityisvälineistöä ja mahdollisuutta ohuiden leikkeiden sahaukseen otoliiteista. Särkikalojen sagitat ovat kooltaan hyvin pieniä, muodoltaan pitkänomaisia ja vaikeita löytää kalasta. Ruutanalla ja karpilla iänmäärityksessä

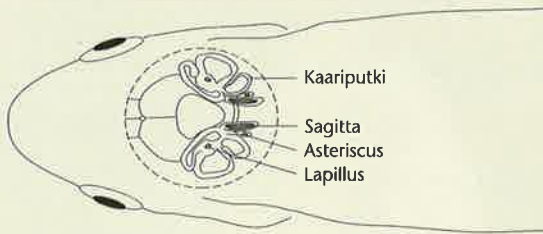


Kuva 10. Hauen metapterygoideum.

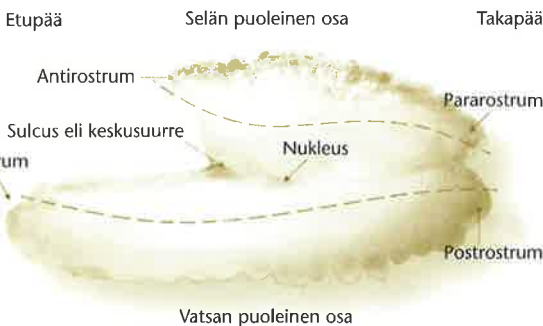
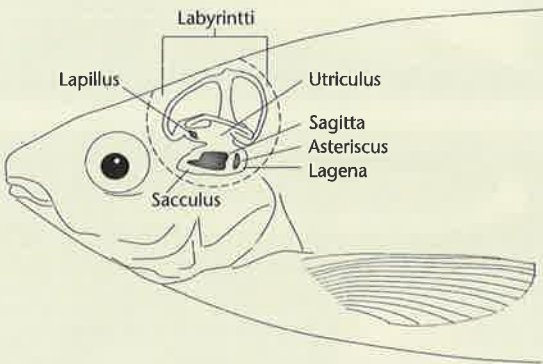


Kuva 11. Eväruoto ja eväruodon poikkileikkauspinta ruotoon merkityn sahauslinjan kohdalta (toutain).

paras otoliitti on litteähkö asteriscus, joka sijaitsee sagitan läheisyydessä (kuva 14). Muiden särkikalojen iänmäärityksessä käytetyt, hieman puolittain nyrkkiin puristetun käden muotoa muistuttavat lapillukset ovat puolestaan löydettävissä ylempää, molemmin puolin aivoja (kuva 15). Nahkiaisien (ympyräsuiset) iänmäärityksessä käytettyjä tasapainokiviä kutsutaan **statoliiteiksi**



**Kuva 12.** Kalan sisäkorva ylhäältäpäin (ylh.) ja sivultaapäin (alh.). Sisäkorvassa eli labyrintissa on parilliset kaarikäytävät ja ontelot, joissa otoliitit sijaitsevat. Sagitta sijaitsee sacculus-ontelossa, asteriscus lagenassa ja lapillus utriculus-ontelossa.



**Kuva 13.** Otoliitin (silakan sagitta) osat.

(statolith; mm. Beamish & Medland 1988), joskus myös otoliiteiksi.

### Otoliitin (sagitta) rakenne

Sagitan sisäpuolisella sivulla erottuu usein **keskusuurte** (*sulcus*), joka voi ulottua pitkittäissuunnassa sagitan päästä päähän tai erottua vain osalla otoliitin pinnasta. Keskusuurteen etuosa on nimeltään **ostium** ja takaosa **cauda**. Sagitan terävämpi, kapeampi pää on useimmiten myöskin sen etupää (*anterior end*), mutta esimerkiksi turskakaloilla leveämpi pää on edessä (Härkönen 1986). Otoliitin **keskus** eli **nukleus** (*nucleus*) sijaitsee kohdassa, josta otoliitin kasvu alunperin alkoi ja on yleensä erotettavissa sagitan ulkopuolisella sivulla. Otoliitin etummainen kärki, **rostrum**, on havaittavissa useilla kaloilla otoliitin vatsanpuoleisessa osassa (*ventral area*). Selänpuoleisessa osassa (*dorsal area*) voi myös olla etukärki, joka on nimeltään **antirostrum**. Takapäässä (*posterior end*) vatsanpuoleinen kulma on **postrostrum**, selänpuoleinen kulma **parastrostrum**.

Toisin kuin luut tai suomet, otoliitit ovat sananmukaisesti kovia kuin kivet, koska ne ovat pääosin muodostuneet kiteisestä **aragoniitista**, joka on kalsiumkarbonaatin rombinen muoto. Otoliitti saattaa joskus olla kristalloitunut, mikä johtuu otoliitin häiriintyneestä mineralisaatiosta (Eloranta 1982b). Tällöin osa esimerkiksi sagitasta muuttuu kristallimaiseksi ja muruiseksi muodostelmaksi, josta iänmäärittystä ei voi tehdä (kuva 16). Usein kuitenkin kalan ikä on tällöin-



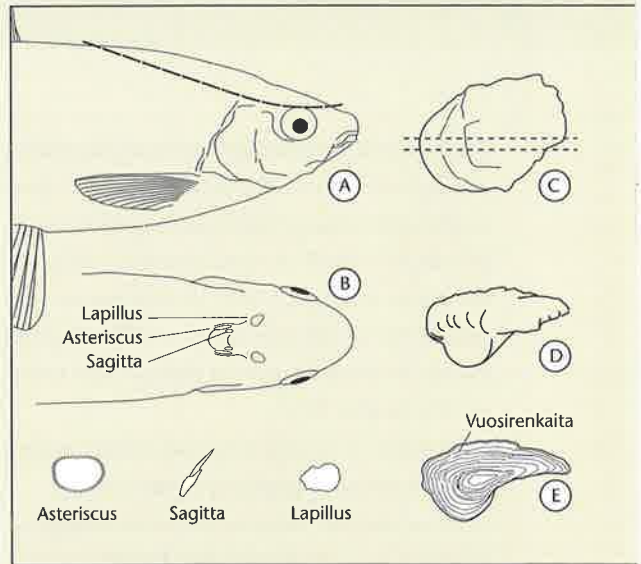
kin määritettävissä toisesta otoliitista täysin normaalisti.

### Otoliitin kasvu ja kasvuvyöhykkeet

Otoliitin kasvuun vaikuttavia tekijöitä ei tunneta hyvin. Otoliitin kerrosten paksuuntuminen ei noudata kalan pituuden kasvua, vaan kerrostumista tapahtuu periaatteessa jatkuvasti, myös silloin kun kala ei kasva. Tästä syystä otoliitti on ainoa kalan luutuma, josta vuosirenkaita laskeamalla voidaan määrittää ikä sellaisilta kaloilta, joiden kasvu on pysähtynyt jo vuosia ennen näytteenottoa. Vaikka kalan kasvunopeus vaikuttaa otoliitin kasvuun, eli otoliitin tiedetään kasvavan nopeammin nopea- kuin hidaskasvuisilla kaloilla, kalan koon (luuston, lihaksiston, sisäelinten) kasvu eli **somaattinen kasvu** tai aineenvaihdunta ei kumpikaan yksinään selitä otoliitin kasvua. Otoliitin kasvu on yhteydessä aineenvaihduntaan, mutta lisäksi se näyttäisi olevan jaettavissa kahteen osatekijään: 1) Kalan kasvusta riippumaton osatekijä, joka on seurausta kalan elintoimintojen ylläpitämisestä ja jonka seurauksena otoliitti kasvaa "koko ajan"; 2) Ravinnonsaantiin ja -kulutukseen liittyvä osatekijä, joka on suhteutettavissa kalan kasvunopeuteen (Huuskonen & Karjalainen 1998). Mosegaardin (1986) mukaan otoliitin kasvu on tulosta ravinnonsaannin ja lämpötilan yhteisvaikutuksesta. Mitä korkeammaksi lämpötila nousee, sitä nopeammin otoliitti kasvaa. Sitä vastoin kalan koon kasvu hidastuu, kun lämpötila nousee liian korkeaksi, vaikka ravintoa olisikin runsaasti saatavilla.



Kuva 14. Ruutanan asteriscus molemmilta puolilta kuvattuna.



Kuva 15. Särjellä puikkomainen sagitta ei ole kelvollinen iänmäärittäykseen. Sen sijaan käytetään lapillus-otoliittia, jonka ottamiseksi sisäkorvasta pää leikataan veitsellä auki silmien yläpuolelta (a). Aivojen molemmin puolin sijaitsevat lapillus-otoliitit (b) poimitaan päästä teräväkärkisillä pinseteillä. Lapillus eri kulmista tarkasteltuna (c ja d). Lapilluksen hionta/sahauslinja on merkitty katkoviivoin (c). Hionnan ja värjäyksen jälkeen vuosirenkaat ovat havaittavissa hiontapinnalla (e). Kuva piirretty Mosegaardin ym. (1989) mukaan.



**Kuva 16.** Kristalloitunut otoliitti on muodoltaan normaalia epäsäännöllisempi ja usein läpikuultavampi (silakka).

Takautuvan kasvunmäärityksen kannalta otoliitti on ongelmallinen, koska hitaan ja nopean kasvun vuosien erot saattavat jäädä huomaamatta tai tulla todetuiksi todellista vähäisemmiksi (esim. kuvataulut 3; 8.1, 8.2; 19.1, 19.2) ja kasvua voidaan laskea tapahtuneen myös sellaisina vuosina, joina kala ei todellisuudessa olekaan enää kasvanut (Casselmann 1990).

Otoliitissa on pääpiirteissään kahden tyyppisiä vyöhykkeitä. **Opaakkivyöhyke** (*opaque zone*) on sameaa, valkoista kalsiumkarbonaattia. Läpikuultavissa **hyaliinivyöhykkeissä** (*hyaline, translucent zone*) aragoniittikiteet lienevät pienempiä tai puuttuvat (Liew 1974). Otoliitissa on myös valkuaisainetta (usein käytetty nimitystä otoliini), jonka määristä otoliitin vyöhykkeissä on kirjallisuudessa ristiriitaisia tietoja. Ristiriitaisuudet lienevät peräisin 1950- ja 1960-luvulla otoliitin rakennetta käsitelleistä artikkeleista

(Dannevig 1956, Blacker 1969). Proteiinikerroksia syntyy otoliittiin säännöllisesti, usein vuorokausittain. Otoliitin kasvun ollessa hitaimmillaan proteiinia kasautuu erityisen paksuksi kerrokseksi (Zhang & Moksness 1992). Valkuaisaineen muodostamia kalvomaisia rakenteita saadaan värjäytymään kuumentamalla tai histologisilla menetelmillä, jolloin erityisesti aiemmin muodostuneen hyaliinivyöhykkeen ja sittemmin syntyneen opaakkivyöhykkeen rajapintaan muodostuu yleensä selvästi havaittava, muusta otoliitin aineksesta erottuva ohut viiva (proteiinikasau-ma), jota voidaan pitää vuosirenkaana.

Tummaa alustaa vasten valaistuna ja sopivassa väliaineessa (esim. vesi) hyaliinivyöhykkeet näkyvät käsittelemättömässä otoliitissa muuta otoliittia läpikuultavampina, tummina renkaina. Opaakkia on pidetty nopean kasvun kesävyöhykkeenä ja hyaliinia hitaan kasvun talvivyöhykkeenä. Pohjoisen viileissä oloissa näin näyttäisi useimmilla lajeilla olevankin. Väli-meren seudun lämpimässä ilmastossa kalojen otoliitteihin muodostuu kuitenkin myös leveitä hyaliinivyöhykkeitä, jotka näyttäisivät syntyvän erityisesti lämpiminä ajanjaksoina. Opaakki- ja hyaliinivyöhykkeiden muodostumista on selitetty mm. niin, että opaakkia syntyy, kun kala syö aktiivisesti ja sen koko kasvaa otoliittia nopeammin. Hyaliinia puolestaan syntyy, kun otoliitti kasvaa nopeammin kuin kalan koko (Mosegaard 1986).

Paitsi hyaliinivyöhykkeen ja seuraavan opaakkivyöhykkeen rajalle, vuosirengas voi erittäin hitaan tai olemattoman kasvun kyseessä ol-





lessa sijoittua kahden kapean hyaliinivyöhykkeen väliin. Jälkimmäisessä tapauksessa pelkkä otoliitin valaisu tummaa alustaa vasten ei paljasta kaikkia vuosirenkaita, vaan ne on saatava esiin otoliitin poikkileikkauspinnalle värjäyksen avulla. Made puolestaan on esimerkki lajista, jolla vuosirengas muodostuu opaakin ja hyaliinin rajalle (Eloranta 1982b).

Vuosirenkaiden ohella pienten kalojen otoliiteista tai vanhojen kalojen otoliitteihin etenkin nuorena syntyneistä osista on laskettu **vuorosirenkaita** (*daily rings*), joita on tietyillä kalakannoilla havaittu muodostuvan yksi vuorokaudessa. Myös niissä on proteiinipitoisia, värjäytyviä osia. Otoliitissa tiheässä olevien ohuiden renkaiden muodostuminen vuorokausittain ei ole lajikohtaista, vaan se liittyy kalojen kasvuoloihin. Siialla on havaittu, että Keski-Euroopassa poikasen ikä voidaan laskea luotettavasti vuorokausirenkaista, mutta Suomessa tutkituissa siioissa renkaat olivat epäselviä eivätkä kertoneet vuorokausien määrästä (Huuskonen & Karjalainen 1995). Syy tähän on se, että Keski-Euroopassa on kasvukaudella valoisaa päivällä ja pimeää yöllä, kun meillä puolestaan on kohtalaisen valoisaa ympäri vuorokauden. Keski-Euroopassa siiat eivät syö yön pimeydessä, mutta Suomessa tutkitut siiat olivat mitä ilmeisimmin syöneet epäsäännöllisemmin pitkin vuorokautta kuin keskieuropalaiset lajitoverinsa. Kokeellisten tutkimusten perusteella selkeä vuorokausirytmiravinnonotossa johtaa vuorokausirenkaiden muodostumiseen (Huuskonen 1999).

Nuoren kalan sagitta on muodoltaan ja kool-

taan lajille tunnusomainen. Esimerkiksi kaksi-vuotiaan ja noin 10 cm:n pituisen ahvenen otoliitti on riisijyvän mallinen ja lähes sen kokoinenkin (pituus noin 4 mm, leveys noin 2 mm). Vasta noin 20–25 cm:n pituisen silakan otoliitti on yhtä suuri. Nopeasti kasvavan kalan otoliitti kasvaa tasaisesti joka suuntaan, mutta hitaasti kasvavan kalan tai kasvunsa jo lopettaneen kalan otoliitti kasvaa lähinnä paksuutta. Hyvin vanhojen ja hitaasti kasvaneiden yksilöiden (ikä yli 20 vuotta) otoliitit ovat usein huomattavan paksuja, niissä voi olla silmiinpistävän syvä keskusuurre ja niiden rostrumit ovat enemmän tai vähemmän pyöristyneitä. Näin vanhojen kalojen iän tulkinta ilman otoliittien katkaisemista ja vuosirenkaiden värjäystä on vaikeaa ja altista virheille. Otoliitteja on myös punnittu, koska niiden massan on otaksuttu olevan verrannollinen kalan ikään (Pawson 1990). Samasta syystä on mitailtu myös otoliittien suurimpia pituuksia, leveyksiä, pinta-aloja tai katkaistujen pintojen säteitä (Doering & Ludvig 1990). Viime vuosina on tehty muutamia tutkimuksia otoliittien kolmiulotteisen muodon ja iän suhteista (mm. Hamrin ym. 1998).



*Otoliitin katkaiseminen preparointiveitsen avulla*



## 4

# ERI IKÄKAUSIEN NIMITYKSET

Kalojen eri ikävaiheiden nimityksistä ja määrittelyistä on olemassa suosituksia (mm. Balon 1975, Bagenal & Tesch 1978, Casselman 1987), joista iänmäärittäminen kannalta tärkeimmät ja vallitsevimmat esitellään tässä. Kuitenkin useissa laboratorioissa eri puolilla maailmaa on omia, nyt esiteltävistä poikkeavia käytäntöjä, jotka helposti aiheuttavat sekaannuksia laboratorioden välisessä kanssakäymisessä ja väliin omankin väen kanssa. Tutkijat voivat käyttää eri asioista samaa ilmaisua itse tätä huomaamatta, minkä seurauksena he ymmärtävät toistensa esittämät asiat väärin. Yleisimmät esimerkitapaukset ovat kalojen syntymäpäivän epäyhtenäinen ilmoittaminen sekä erilaisten termien (esim. ikäryhmä ja vuosiluokka) virheellinen käyttö. Epätäsmällisten tulkintojen seurauksena tutkittavat näytekalat sijoitetaan helposti väärään vuosiluokkaan, mikä saattaa vääristää esimerkiksi kalakanta-arvioiden

tuloksia. Etenkin kansainvälisissä julkaisuissa ja kanssakäymisessä on tarpeellista aina määrittellä, mitä milläkin ilmaisulla tarkoitetaan, jotta väärinkäsityksiltä vältytään.

### **Kalan syntymäpäivä**

Vaikka eri kalalajien kutuajankohdat vaihtelevat paljon, useimpien lajien poikaset kuoriutuvat keväällä tai kesän alkupuoliskolla. Etenkin useiden kevätkutuisten lajien poikasia voi kuoriutua mätimunista pitkin alkukesää. Kalojen tarkkaa kuoriutumisaikaa ei yleensä tiedetä, ja kalapoikasten pitkät ja vaihtelevat kuoriutumisjaksot ja luutumien muodostumisnopeuksien erot hankaloittavat kuoriutumisaikojen arviointia. Iän tulkinnan yhtenäistämiseksi ja vertailtavuuden parantamiseksi on tehty päätös, jonka perusteella pohjoisen pallonpuoliskon kaloilla on yhteinen



syntymäpäivä aina vuoden vaihtuessa, tammi-kuun ensimmäisenä päivänä (Hile 1950).

Suomalaiset kalalajit kasvavat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta kesällä nopeasti ja talvella hitaasti. Tunnetuin talvella kasvava kalalajimme on made, jonka iän- ja kasvunmäärittämisessä on otettava huomioon, että nopean ja hitaan kasvun vyöhykkeet muodostuvat luutumiin ensimmäistä kesää lukuun ottamatta päinvastoin kuin muilla lajeilla (ks. Made). Siksi mateen iänmäärittämisessä syntymäpäiväksi on esitetty toukokuun puoliväliä (15.5.; Eloranta 1982c). Toinen laji, jolla käytäntö usein on tavallisesta poikkeava, on lohi, jonka syntymäpäivänä on pidetty vuosirenkään syntäjäkohdan mukaan huhtikuun ensimmäistä päivää (1.4.; Shearer 1992). Joissakin maissa käytetään myös muita päivämääriä. Lohelle yleisimmin sovellettu käytäntö (1.4.) ei ilmeisestikään ole lohien kasvurytmin mukaan yhtä perusteltua kuin mateen kohdalla. Koska lohien ja mateen ikä vaihtuu kesken kalenterivuoden, tästä saattaa aiheutua epäselvyyksiä jaoteltaessa näytekaloja syntymävuotensa perusteella eri vuosiluokkiin.

## Kalan ikä, eri ikäkaudet, ikäryhmä ja vuosiluokka

Kun kalanpoikanen on kuoriutunut, esimerkiksi toukokuussa vuonna 1999, ja elää ruskuaispussin ravinnon varassa, sitä kutsutaan **vastakuoriutuneeksi poikaseksi** ja se on **ensimmäisellä kasvukaudellaan** (pienien poikasten yleisnimitys "*larva*" tarkoittaa joskus myös ruskuaispussi-

kasta, usein on käytetty myös epämääräistä ilmaisu "fry"). Poikasen ikä on nolla (0) vuotta (*young-of-the-year*, YOY), ja pituuskasvun alettua sen iäksi voidaan merkitä **0+**. Kalojen ikä ja ikäryhmät merkitään arabialaisilla numeroilla (esim. 0, 1, 2, jne.). Syntymävuotensa mukaan poikanen kuuluu **vuosiluokkaan** 1999 kuten muutkin samana vuonna syntyneet kalat. Termejä "ikäryhmä" (*age-group*; esim. 0-vuotiaat) ja "vuosiluokka" (*year class*; esim. 1999) ei pidä sekoittaa. Termiä "ikäluokka" ei tule käyttää, koska siitä ei selviä, tarkoitetaanko tietyn ikäisiä vai tietynä vuonna syntyneitä kaloja. Suomujen alkaessa kasvaa kalaa kutsutaan **esikesäiseksi** (nimitys aikuisen näköisestä nuoresta kalasta "*juvenile*"). Syksyllä sitä kutsutaan **kesänvanhaksi** tai **yksikesäiseksi**. Kalan ikä pysyy edelleen samana (0+) vuoden vaihteeseen saakka. Tällöin se täyttää kalenterin mukaan yhden vuoden ja kuuluu heti seuraavana päivänä, 1.1.2000, **yksivuotiaisiin** (*yearling*) eli **ikäryhmään 1** (*{calendar} age 1, age-group 1*). Seuraavana kesänä, kun uuden kesävyöhykkeen havaitaan alkaneen muodostua kalojen luutumiin, ikävuoden perään voidaan merkitä "+", mikä tarkoittaa sitä, että kalan luutumassa on täysien vuosien lisäksi reunalla näkyvissä uutta vuosikasvuvyöhykettä (mm. Bagenal & Tesch 1978, Casselman 1987). Esimerkkitapauksemme yksivuotiaan kalan ikä merkittäisiin siis **1+**, ja se olisi **toisella kasvukaudellaan**. Syksyllä kala olisi kaksikesäinen (ikä edelleen 1+) ja seuraavassa vuodenvaihteessa (1.1.2001) se täyttäisi kaksi vuotta (ikä 2 vuotta).



Saman periaatteen mukaan vaihtuvat vanhempienkin kalojen ikäryhmät. Esimerkiksi, kun elokuussa 1999 pyydetyn kalan luutumasta lasjetaan viisi vuosirengasta ja luutuman ulkoreunalla on havaittavissa uusi kasvuvyöhyke, kala kuuluu **viisivuotiaiden ikäryhmään**, on **kuudennella kasvukaudellaan**, ja sen ikä merkitään 5+. Kala kuuluu vuosiluokkaan 1994. Heti seuraavan vuoden alussa (2000), vaikka kalan kasvussa ei olisikaan tapahtunut mitään näkyvää muutosta, siitä tulee **kuusivuotias**. Seuraavana keväänä ennen nopean kasvun alkua luun tai otoliitin ulkoreunasta saattaa löytyä talven ja kevään aikana muodostuneen läpikuultavan kasvuvyöhykkeen ja suomissa vastaavasti kasvurenkaiden tihentymän, joita kuitenkin on usein vaikea havaita ennen kuin uutta kasvua alkaa näkyä.

Kalapopulaatiosta otetussa näytteessä vanhimmat ikäryhmät on varsin tavallista yhdistää yhdeksi ryhmäksi, koska vanhojen ikäryhmien yksittäiset osuudet otoksessa ovat yleensä hyvin pienet verrattuna nuorempiin ikäryhmiin. Näin ollen vanhojen vuosiluokkien merkitys kannan ikäjakaumassa on kalakantatutkimusten kannalta yleensä vähäinen. Usein vanhojen ikäryhmien joukko merkitään 10+ -ryhmäksi, mikä on väärä tapa, koska se viittaa 11:nneällä kasvukaudella oleviin yksilöihin. Johdonmukaisempi tapa on merkitä kasvukauden aikana pyydettyjen yli 10-vuotiaiden yhdistettyä ryhmää > 10+ -ikäryhmäksi tai > 10 -ryhmäksi. Kuitenkin, jos yli 10-vuotiaiden yksilöiden määrä kalanäytteessä on niin suuri, että ikäryhmien osuuksilla on tutkimuksen kannalta merkitystä ja iänmääritykset

voidaan tehdä luotettavasti, vanhimpien yhdistettävien ikäryhmien rajaa on syytä nostaa (esim. ikäryhmä > 15+). Vastaavasti, jos näytteessä ei ole vanhoja yksilöitä, rajaa voidaan myös laskea (esim. ikäryhmä > 7+).



*Lahnan cleithrum*



## 5

# NÄYTTEENOTON SUUNNITTELU

Ennen näytekalojen pyyntiin ryhtymistä on tärkeää kartoittaa, mitä todella halutaan tutkia, kuinka paljon näytteitä tarvitaan, kuinka paljon tutkimuksella on käytössä resursseja ja kuinka kattavana näyteenotto on mahdollista toteuttaa. Lisäksi on arvioitava, saadaanko tarvittavat näytteet pyydettyä käytössä olevalla henkilökunnalla, vai tarvitaanko tähän yhteistyötä. Jos kalakannan rakenteeseen liittyvät tutkimukset ovat osa suurempaa tutkimuskokonaisuutta, päällekkäistä näyteen hankintaa voidaan välttää ottamalla muihin tarkoituksiin tarvittavat näytteet (esim. ravinto- tai lihasnäytteet) samalla kertaa, olettaen, että sama näytteiden hankintatapa sopii eri tarkoituksiin. Tällöin välttyään myös kaksinkertaiselta mittaus- ja punnitustyöltä.

Tutkimuksen tarkoitus ratkaisee sen, miten kalakannasta otetaan näytekalat. Jos halutaan tutkia, miten istutetut kalat menestyvät, kasvavat pyyntikokoon ja jäävät pyydyksiin, näytteet ote-

taan eri tavalla kuin jos tarkoitus on tutkia tietyn kalakannan pituus- ja ikäjakaumia sekä yksilöiden kasvua. Ensin mainitussa tapauksessa pyyntivälineen tai -paikan valinnalla ei ole yhtä suurta merkitystä kuin jos esimerkiksi halutaan kerätä tutkittavasta osapopulaatiosta mahdollisimman edustava näyte. Tällöin näyteenoton satunnais-  
tamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Ellei näyteenottoa ole suunnittelu järkevästi eikä kerätty näytemateriaali ole riittävän kattava, luotettavien tutkimustuloksien tuottamista varten tehty mittava työ on voinut olla turhaa.

## Kaupallinen saalis

Kun tutkimuksiin tarvitaan otos pienikokoisen parvikalan (silakka, kilohaili ja muikku) (osa)populaatiosta, tarvittavat näytteet saadaan yksinkertaisimmillaan ostamalla kalat esimerkiksi kaupallisesta troolisaaliista. Tällöin on otettava



huomioon, että kaikki pyyntitavat valikoivat saaliin jollakin tavalla kalakannasta. Troolisaaliista puuttuvat pyydyksen silmien läpi mahtuneet pienet yksilöt. Tutkittaessa suhteellisen kookkaiksi kasvavia ja arvokkaita lajeja (esim. kuha ja siika), joita pyydetään pääasiassa verkoilla, saaliin voimakkaan valikoituneisuuden lisäksi ongelmana on se, että näytteiden ostaminen voi käydä kalliiksi. Näytteenotto voidaan järjestää silloin kaupallisen kalastuksen saaliista yhteistyössä kalastajien tai kalatukkulikkeiden kanssa.

Myyntiin menevistä kaloista voidaan yleensä ottaa pelkkä suomunäyte, sillä harvapa ostaisi kalaa, jonka pää on avattu ja kiduskannet revitty. Otoliiitti saattaa kuitenkin olla poimittavissa joistakin lajeista (esim. made) kitalaen kautta niin, että kala säilyy hyvän näköisenä. Myytävistäkin kaloista voi olla hyödyllistä ostaa osa tai muulla tavalla ottaa näytteeksi muita luutumia kuin suomu, jotta suomumäärityksen luotettavuutta päästään jollakin tavalla tarkkailemaan. Fileoitavista kaloista näytteiden saatavuus on yleensä hyvä. Takautuvaa kasvunmäärittystä silmällä pitäen näytteeksi voidaan etenkin kookkaaksi kasvavilla lajeilla tarvita myös pieniä yksilöitä, joita normaalissa ammattikalastajien saaliissa ei ole.

Näytekalat on joissain tapauksissa mahdollista saada myös esimerkiksi järven hoitokalastussaaliista, tai kalastuskunnassa saattaa olla kiinnostusta näytekalojen pyyntiin tutkimusta varten. Tiheäsilmäisellä nuotalla kerätyn suuren kalanäytemäärän pohjalta aikaansaadut tulokset saattavat olla hyvinkin todenmukaisia.

## Pyydykset

Takautuvaa kasvunmäärittystä silmällä pitäen tutkittavasta kalakannasta tai ainakin lajista tarvitaan luutumana säde – kalan pituus -suhteen selvittämiseksi otos, jossa on mahdollisimman paljon erikokoisia kaloja. Riittävä kalamäärä tähän tarkoitukseen saatetaan saada kalakantanäyttestä, johon otettujen kalojen pitäisi muodostaa edustava otos tutkittavasta kalakannasta tai sen osasta. Tämä tarkoittaa paitsi sitä, että kalakantanäytteen kalojen kasvun pitäisi olla samanlaista kuin koko tutkittavassa kalakannassa tai kalakanan osassa, myös sitä, että niin haluttaessa määritysten perusteella pitäisi olla muodostettavissa käsitys kalakanan ikärakenteesta. Siksi näytteenotto on satunnaistettava (Kurkilahti & Rask 1999).

Näytteiden hankinnassa käytetty pyyntimenetelmä voi vaikuttaa kasvunmäärityksen tulokseen. Esimerkiksi kalastusalueella sallitun pienimmän solmuvälin siikaverkoilla pyydetty näyte voi koostua suurelta osin kannan nopeakasvuisimmista yksilöistä. Tämän seurauksena koko kantaa saatetaan pitää todellista nopeakasvuisempaan. Tavoitteesta riippuu, kuinka suuri näytteen on oltava ja onko kaikkien kannan kokoluokkien oltava todellisuutta mahdollisimman hyvin vastaavina osuuksina otoksessa. Monena vuonna toistettavissa pyynneissä saaliit on pyrittävä saamaan niin vertailukelpoisiksi kuin mahdollista. Tähän päästään toistamalla pyynnit samalla menetelmällä samaan vuodenaikaan samassa paikassa tai satunnaisissa paikoissa. Riittävä toistojen määrä on tärkeä.



Edellä mainittujen troolin ja nuotan ohella yleinen, mahdollisimman vakioituun kokojakamaan pyrkivä pyyntitapa on käyttää standardoituja yleiskatsausverkkoja kuten NORDIC-verkkoja (Appelberg ym. 1995, Kurkilahti & Rask 1999), joilla päästään pyytämään kalaa myös pieniin ja vedettäville pyydyksille liian hankaliin vesiin. NORDIC-verkossa on 12 solmuväliä (5–55 mm) 2,5 metrin pituisina paneeleina, jotka ovat tietyssä, alunperin satunnaisesti valitussa järjestyksessä. Kutukannasta tai ainakin toisesta sukupuolesta kutukannassa, yleensä koiraista, voidaan saada melko edustavat näytteet kutupyyntiin viritetyllä rysällä, katiskalla tai esimerkiksi kalastamalla virtaavassa vedessä sähköän avulla nousukaloja.

## Näytteenoton ajankohta

Jotta näytekalojen pituusmittaukset tai punnitustulokset olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia muiden tutkimusten kanssa, näytekalat tulisi kerätä ennen kuin ne alkavat kasvaa tai vaihtoehdoisesti sen jälkeen, kun kasvukausi on päättynyt.

Länmääritys on helpointa keväällä pyydettyistä kaloista. Tuolloin edellisen vuoden vuosirengas on luutumissa kokonaan tai lähes kokonaan näkyvissä eikä uusi kasvu ole vielä alkanut. Myöhään syksyllä useimpien kalojen pituuskasvu on jo loppunut, mutta luutumista ei vielä välttämättä näy koko edellisen kesän kasvu. Elo-syyskuussa pyydettyjen kalojen luutumissa on usein erotettavissa saman kasvukauden kasvuyöhykettä. Sitä ei tällöin tulkita yhtä helposti

edellisen vuoden kasvuksi kuin jos kalat on pyydetty kesä–heinäkuussa, jolloin joillakin yksilöillä saattaa olla uutta kasvua näkyvissä, toisilla ei, ja erehtymisen mahdollisuus on suuri.

Mikäli näytekalat kerätään kasvukauden aikana ja niiden kasvua halutaan verrata muiden tutkimusten tuloksiin, voidaan käyttää takautuvaa kasvunmäärittystä. Kun näytteiden viimeisen ja vajaan kasvuyöhykkeen leveyttä ei huomioida vuosikasvuna, edellisten vuosien takautuvasti määritetyt pituudet ja kasvut ovat vertailukelpoisia.

## Otanta

### Näytekoko

Kaikkia pyydettyjä saman lajin kaloja ei useimmiten oteta näytteeksi, koska suuren saaliin käsittely olisi työlästä ja kallista, ja pienemmälläkin otoksella saadaan riittävän hyvä kuva saaliista. Lisäksi suurin osa saaliista edustaa usein vain pientä osaa pituusjakauman kokoluokista. Toisaalta liian pieni näytekalamäärä johtaa siihen, ettei esimerkiksi kalojen kasvunopeuksia päästäkään vertailemaan aiotulla tavalla, ts. todelliset kasvuerot eivät ole tilastollisesti todennettavissa.

Jos verrataan kahta kalakantaa ja näytekalojen määrää suurennetaan kummankin populaation kahden yksilön otoksesta kymmenen yksilön otokseen, pienin keskiarvojen välillä havaittavissa oleva ero kutistuu nopeasti. Mitä suuremmaksi otoskoko nostetaan, sitä pienemmäksi jää lisänäytteistä saatava lisähyöty. Hyvin suurella otos-



koolla biologisesti merkityksettömänkin pieni ero voidaan saada tilastollisesti merkitseväksi. Tärkeimpiä ovat selvästi havaittavat erot, jotka ovat yhdistettävissä johonkin ympäristötekijään. Kyse on keskikokoisilla kaloillamme tällöin enemmän sentti- kuin millimetrien eroista vuosikasvussa.

Näytteeseen tarvittavien yksilöiden määrä riippuu siitä, kuinka tarkkaan otoksen halutaan edustavan saalista/populaatiota. Jos kalakannassa on runsaasti hyvin erikokoisia kaloja, suuremman yksilömäärän ottaminen näytteeksi on tarpeen kuin silloin, jos kokoerot ovat pienet. Myös kasvunmäärittäminen vaikuttaa näytemäärään – jos ikäryhmien keskipituudet lasketaan ottamalla samanikäisten näytekalojen pituuksista keskiarvot, tarvittava näytemäärä on suurempi kuin jos kasvu arvioidaan luista tai suomista takautuvasti. Etukäteen on myös hyvä olla tiedossa, käsitelläänkö sukupuolet kasvunmäärittämissä erikseen vai yhdessä toisistaan erottelematta. Jos sukupuolten kasvunopeudet poikkeavat toisistaan tai sukupuolet muusta syystä käsitellään erillisinä, tarvittava näytemäärä on kaksinkertainen yhdessä käsitelyyn verrattuna.

### Näyteköön arviointi yksinkertaisella satunnaisotannalla

Otoskeskiarvon jakaumaan liittyvän “keskeisen raja-arvolauseen” perusteella otoskeskiarvoon liittyviä todennäköisyyksiä voidaan – ainakin likimääräisesti – laskea normaalijakaumaan perustuen. Raja-arvolauseen voidaan olettaa päte-

vän, kun otoskoko on yli 30 (Ranta ym. 1989, s. 94–95). Pienillä otoksilla ( $n < 30$ ) on lisäksi oletettava, että populaatio, josta otos on tarkoitettu, on likimain normaalijakautunut tarkasteltavan ominaisuuden suhteen. Vaikka kalapopulaation kunkin ikäryhmän pituusjakauma usein noudattaa normaalijakaumaa, ei tilanne aina ole tällainen. Jos ikäryhmään on esimerkiksi kohdistunut valikoivaa kuolevuutta (verkkokalastus tms.), poikkeaa pituusjakauma normaalista.

Näytekokoa arvioitaessa hahmotellaan aluksi koetilanne ja testattava hypoteesi mahdollisimman tarkasti. Tarvittavan otoskoon selvittämiseksi valitaan merkitsevyytaso ( $\alpha$ ), jolla testaus halutaan suorittaa. Seuraavaksi päätetään, kuinka suuri poikkeama nollahypoteesin mukaisesta keskiarvosta halutaan havaita. Viimeiseksi päätetään, kuinka suurella varmuudella poikkeama halutaan havaita testissä ( $1 - \beta$ ). Varmuutta kutsutaan myös testin voimakkuudeksi.

Merkitään valittua merkitsevyytasetasoa  $\alpha$ :lla, ja minimipoikkeamaa  $\delta$ :llä. Käytetään halutulle testivoimakkuudelle merkintää  $1 - \beta$ . Mitattavan ominaisuuden keskihajonta  $\sigma$  tai variaatiokerroin (CV) populaatiossa on tunnettava aikaisemmin kerätyn aineiston tai esikokeiden perusteella, tai se on arvioitava kirjallisuuden perusteella. Käytetään verrattavien käsittelyjen määrälle merkintää  $a$ . Sokal & Rohlf (1995, s. 263) ovat esittäneet tarvittavan näytemäärän arviointiin soveltu- van yhtälön:



$$n \geq 2 \left(\frac{\sigma}{\delta}\right)^2 (t_{\alpha(v)} + t_{2\beta(v)})^2, \text{ missä} \quad (5.1)$$

$n$  = tarvittava otoskoko

$\sigma$  = populaation keskihajonta tai variaatiokerroin

$\delta$  = muutos, joka halutaan havaita joko absoluuttisissa tai suhteellisissa yksiköissä

$t_{\alpha(v)}$  = I tyypin virhe eli hylkäämisvirhe = tosi nollahypoteesi hylätään

$t_{2\beta(v)}$  = II tyypin virhe

eli hyväksymisvirhe = väärä nollahypoteesi hyväksytään

$t_{\alpha(v)}$  ja  $t_{2\beta(v)}$  ovat kaksisuuntaisen t-jakauman kriittiset arvot vapausasteilla  $v = a(n - 1)$ . Jos vaihtoehdohypoteesi on 1-suuntainen, saadaan oikea merkitsevyystaso kertomalla riskitaso  $t_{\alpha}$  kahdella.

Koska näytemäärän arviointi perustuu t-jakauman käyttöön, joudutaan yhtälö ratkaisemaan iteroimalla (= laskutoimituksen toistoilla eri arvoja kokeilemalla). Täten näytemäärälle on valittava lähtöarvo, esimerkiksi 20, ja sitä vastaavat vapausasteet. Tarvittava näytemäärä vakiintuu yleensä kahdella tai kolmella iterointikierröksellä. Laskennassa on käytettävä joko paria a) keskihajonta ja absoluuttinen muutos tai b) variaatiokerroin ja suhteellinen muutos.

Useat kalakanta-aineistot, kuten yksikkösaalishavainnot, noudattavat yleensä ns. log-normaalia jakaumaa. Kun yllä kuvattua yhtälöä käytetään tarvittavan näytemäärän arvioimiseen log-normaalisti jakautuneille aineistoille, on aineistot ensin muunnettava normaaliksi. Logaritmi-muunnoksen avulla ne voidaan muuttaa lähemmäksi normaalijakaumaa. Näytemäärän laskemiseksi sekä keskihajonta ( $\sigma$ ) että havaittava ero ( $\delta$ )

on ilmaistava logaritmeinaan. Logaritmien erotus on yhtä kuin antilogaritmien osamäärän logaritmi. Jos esimerkiksi keskipituuksien luonnonlogaritmien erotus on 0,223, on keskipituus toisessa otantapopulaatiossa 1,25-kertainen ( $e^{0,223} = 1,25$ ) verrattuna toiseen otantapopulaatioon (taulukko 2).

### Esimerkki näytemäärän arvioimisesta – tavoitteena tietynikäisten kalojen keskipituuksien vertailu

Jos esimerkiksi tutkitaan ydinvoimalan lauhdevesien vaikutusta laitoksen vaikutusalueella elävään ahvenkantaan, tämä on mahdollista tehdä vertailemalla kalojen kasvunopeuden vuosittaisia muutoksia. Vaikutusmekanismeja koskevan tutkimustiedon perusteella tiedetään, että vaikutusalueen veden lämpötilan nousun seurauksena kalojen kasvu nopeutuu. Tarkkaillaan kahtena vuonna ahvenpopulaation viisivuotiaiden naaraiden keskipituutta. Verrattavien vuosien ei tarvitse olla peräkkäisiä. Koska pituuden keskiarvon odotetaan kasvavan, on vaihtoehdohypoteesi yksi-

Taulukko 2. Muuntamattomia ja muunnettuja ( $\log_e$ ) arvoja vastaavat suurenemis- ja pienenenemisprosentit.

$\delta$ (antilogaritmi)	1,05	1,1	1,25	1,5	2
$\delta$ (logaritmi)	0,049	0,095	0,223	0,405	0,693
suurenemis-%	5	10	25	50	100
pienenemis-%	5	9	20	33	50

Prosenttimuutos on erilainen arvon suurentuessa (esim.  $(1,5 - 1)/1 = 50\%$ ) tai pienentyessä (esim.  $(1 - 1,5)/1,5 = -33\%$ ).



suuntainen. Tavoitteena on, että 5 %:n riskillä ( $\alpha = 0,05$ ) havaitaan 20 mm:n muutos ( $\delta = 20,0$ ) keskipituudessa 90 %:n varmuudella ( $1 - \beta = 0,90$ , jolloin  $\beta = 0,10$ ). Viisivuotiaiden naaraiden pituuden keskihajonnaksi on aiemmin kerätyn aineiston perusteella laskettu 23,6 mm (ahvenkannoissa keskihajonta ikäryhmissä 1–5 useimmiten välillä 6–20 mm, etenkin nopeakasvuissa ahvenilla voi olla suurempikin).

Käytetään tarvittavien 5-vuotiaiden ahventen määrälle lähtöarvoa 20. Koska testissä on kaksi käsittelyä (verrattavat vuodet), vapausasteita on  $v = 2(20 - 1) = 38$ . Asetettu vaihtoehdohypoteesi on yksisuuntainen, joten kun valittu riskitaso ( $\alpha = 0,05$ ) kerrotaan kahdella, saadaan oikea t-jakauman kriittinen arvo. Tällöin yhtälöön 5.1 sijoitetaan arvot:

$$n \geq 2 \left( \frac{23,6}{20} \right)^2 (t_{0,1(38)} + t_{2(0,1)(38)})^2 \quad (5.2)$$

$$= 2 \left( \frac{23,6}{20} \right)^2 (1,725 + 1,325)^2 = 25,9$$

Seuraavalla iterointikierroksella lasketaan kriittiset arvot tuloksen  $n = 26$  perusteella, jolloin vapausasteita on  $v = 2(26 - 1)$ . Tällöin:

$$n \geq 2 \left( \frac{23,6}{20} \right)^2 (1,677 + 1,299)^2 = 24,6 \quad (5.3)$$

Jatkamalla vastaavalla tavalla vielä yksi iterointikierros, saadaan tulokseksi  $n = 24,7$ . Se on lähellä edellisen kierroksen estimaattia, ja iterointi voidaan lopettaa. Määritelmän mukaan tulos pyöristetään ylöspäin. Tarvittava näytemäärä on 25 viisivuotiasta naarasta kumpanakin vuonna.

Tarvittava kokonaisnäytemäärä on kuitenkin suurempi kuin laskettu otoskoko, sillä vain osa näytteen ahvenista on viisivuotiaita naaraita. Käytettävissä on laskennallinen tai otosyksilöiden kertymän seurantaan perustuva lähestymistapa. Jälkimmäinen menetelmä edellyttää, että ahventen iät ja sukupuolet määritetään näytteenottoon varatun ajan puitteissa. Kun riittävä otoskoko on saavutettu, voidaan näytteenotto lopettaa. Tässä vaihtoehdossa näytekalat tulee käsitellä ja niiden iät määrittää nopeasti, mikä ei aina ole mahdollista.

Laskennallinen menetelmä perustuu näytteiden ikä- ja sukupuolirakenteesta saadun tiedon hyödyntämiseen. Laskennassa otetaan huomioon otoksen epävarmuus, eikä hyväksytty oletusta, että jos esimerkiksi viisivuotiaita naaraita on ollut saaliissa 10 %, riittäisi 250 yksilön kokonaisnäytemäärä 25 kalan otoskoon saavuttamiseen. Näin laskettu näytemäärä ei välttämättä tuota haluttua otoskokoa, koska viisivuotiaiden naaraiden osuus aineistossa vaihtelee näytteenottokertojen ja vuosien välillä. Naaraiden osuuden vaihtelu johtuu lähinnä pyyntitapahtumaan liittyvästä satunnaisvaihtelusta. Sen sijaan eri ikäryhmien osuuksien vaihtelu eri vuosien näytteissä johtuu pääasiassa vuosiluokkien runsauden vaihtelusta.

Tarvittava kokonaisnäytemäärä voidaan laskea seuraavalla tavalla:

Prosenttiosuudet noudattavat binomijakaumaa. Populaation hajonta määräytyy otoskeskiarvon odotusarvon perusteella (Ranta ym. 1989, s. 100). Halutaan, että kokonaisotos sisältää vähintään 25 (k) viisivuotiasta naarasahventa



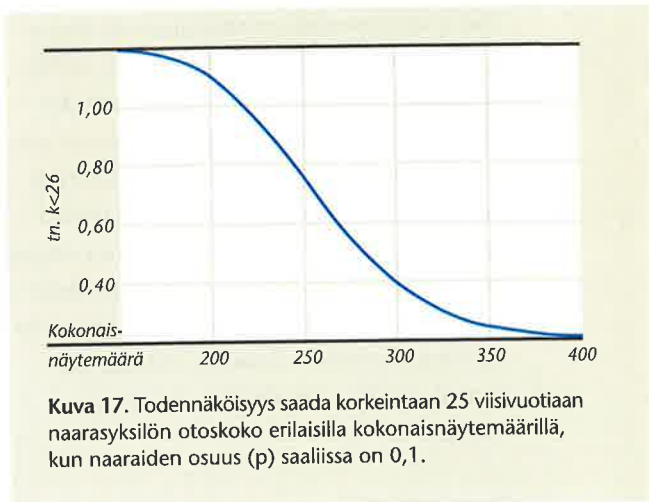
95 %:n todennäköisyydellä. Tällöin asetetaan ehdoksi:

$$BIN(n, p) < 0,05 \quad (5.4)$$

Yhtälöstä (5.4) ratkaistaan kokonaisnäytämäärä (n) siten, että asetettu ehto täyttyy. Se voidaan tehdä esimerkiksi Excel-taulukkolaskentaohjelman funktiolla “binomijakauma” (engl. versiossa “binomdist”). Laskelman mukaan tarvitaan vähintään 356 yksilön kokonaisnäytämäärä (kuva 17).

Ikäryhmän osuuden odotusarvon arviointi riittävän suuresta otoskoosta ja vähintään 3–4:stä koekalastuksesta on tärkeää. Odotusarvon luottamusvälit voidaan laskea otoskoon perusteella (Cochran 1977, s. 58–59).

Esitetty esimerkki ei kata kaikkia suunnittelutilanteita. Jos kokonaisnäytämäärän arviointiin käytettävät näytteet on kerätty samana vuonna, ei menetelmä ota huomioon vuosiluokkien runsaudenvaihtelun aiheuttamaa epävarmuutta ikäryhmän osuuden odotusarvossa. Myös tarkasteltavan ikäryhmän pituuden keskihajonta saattaa vaihdella eri vuosina. Jos hajonta on jonakin vuotena arvioitua suurempi, laskettu otoskoko ei riitä halutun eron havaitsemiseen. On olennaista, että pituuden keskihajonta on alunperin arvioitu riittävän otoskoon perusteella. Minimivaatimus on 20–30 yksilöä kussakin otoksessa, kun keskipituus on normaalijakautunut. Jos jakauma poikkeaa normaalisesta, miniminä pidetään 30–50 yksilöä.



## Muita otantatapoja

Edellisen esimerkin näytekalamäärä pienenee, jos otanta tehdään **koosta riippuvin todennäköisyyksin**. Ahvenia otetaan näytteeksi vain niistä kokoluokista, joissa tiedetään voivan olla 5-vuotiaita yksilöitä. Tällöin runsaslukuisimmat 0- ja 1-vuotiaat sekä ainakin osa 2-vuotiaista jäävät pienen kokonsa vuoksi pois esimerkin ahvennäytteestä, mikäli kyseessä on vaikka tyypillinen suomalaisen järven tuhatveljeskanta. **Ositetussa satunnaisotannassa** populaatio jaetaan ositeisiin, joissa kussakin sovelletaan satunnaisotantaa. Näin on syytä tehdä, jos voimme esimerkiksi olettaa, että ulappa-ahvenet kasvavat eri nopeudella kuin rantavyöhykkeen ahvenet samassa järvessä. Tällöin kummastakin ympäristöstä otetaan omat otantansa ja ne käsitellään vertailuissa erillisinä. **Systemaattinen otanta** ei ole satunnaista, vaan siinä otetaan näytteeksi esimerkiksi joka



viides sähkökalastuksessa haaviin saatu taimen. Arvioitaessa kalojen kasvua kaupallisen saaliin perusteella näytteenotto voidaan tehdä **ryväsotannalla**. Ryväs (*cluster*) viittaa kahden tai useamman perusjoukon alkion muodostamaan ryhmään. Ryväsotannan perusyksikkö voi olla esimerkiksi isorysästä saatu siikasaalis, joka otetaan kokonaan näytteeksi (yksiasteinen ryväsotanta) tai josta sopivaksi katsotulla otannalla poimitaan otos (kaksiasteinen ryväsotanta, Pahkinen & Lehtonen 1989, s. 76, Horppila & Peltonen 1992).

## Esimerkkejä verkkokoekalastuksissa käytetyistä näytteenottotavoista

Seuraavaksi esitetään tapoja ottaa yleiskatsausverkkosaaliista kalanäyte yksilökohtaisia mittauksia ja mm. iänmäärittäviä sekä takautuvaa kasvunlaskentaa varten.

1) **Satunnaisotos saaliista**. Verkkosaaliista otetaan pituuden ja painon mittausta, sukupuolen määrittäystä, iänmäärittäystä ym. varten etukäteen päätetty määrä eri lajien kaloja. Satunnaisotos voidaan ottaa esimerkiksi kauhaisemalla näytekalat astiasta tai kaatamalla verkkosaalis pöydälle, jossa siitä viivoittimen tai laudan avulla rajataan osa näytekaloiksi. Oletuksena on, että otokseen tulee erikokoisia kaloja samassa suhteessa kuin niitä on saaliissa. Näytemäärän tulee olla niin suuri, että sen voidaan olettaa likimain vastaavan pituusjakaumaltaan saaliin pituusjakamaa. Riskinä mm. kauhaisussa on, että otoksesta

ei sittenkään tule satunnainen, vaan “umpimähkään” otetut kalat ovat kuitenkin valikoituja saaliista, esimerkiksi keskimäärin suurempia kuin koko saaliin kalat. Tällöin koeverkkosaaliin poikkeama koko kalakannasta (koeverkkosaaliissa on yleensä enemmän isoja kaloja kuin kalakannassa, Appelberg ym. 1995, Kurkilahti & Rask 1999) ja kalanäyteotoksen poikkeama verkkosaaliista summautuvat keskenään, ts. aiheuttavat kumuloituvan virheen.

### 2) **Tietty määrä näytekaloja/pituusluokka.**

Kaikkien saaliiksi saatujen kalojen pituus mitataan 1 cm:n tai 0,5 cm:n tarkkuudella (pienikoiset lajit tarkemmin), jolloin saadaan pituusjakaumat koko saaliista lajeittain. Lajikohtaisten mittausten yhteydessä jokaisesta sentin tai puolen sentin pituusluokasta otetaan erikseen tietty määrä, yleensä 5–10, satunnaisesti valittua yksilöä näytekalaotokseen. Näytekalaotokseen pyritään saamaan vähintään 50 yksilöä, kun sukupuolia ei kasvun laskennassa eritellä. Jos saaliissa on runsaasti erikokoisia kaloja, näytekalaotokseen on syytä ottaa enemmän yksilöitä kuin jos kokoluokkia on vähän. Mikäli kasvunopeus määritetään ilman takautuvaa kasvunmäärittäystä ikäryhmien keskipituuksista, näytekalaotoksen pitää niinkään olla selvästi suurempi kuin em. vähimmäismäärä, jotta eri ikäryhmistä saadaan riittävästi yksilöitä määrittäykseen. Näytekaloista mitataan pituus 1 mm:n tarkkuudella ja ne punnitaan. Niistä tehdään muut tarpeelliset määritykset (esim. sukupuoli ja sukukypsyyssaste) ja otetaan luutumattomiksi iänmäärittäykseen sekä muut tarvittavat näytteet. Oletuksena on, että kun näytekaloista



on määritetty ikä, niiden ja saaliin pituusjakauksen perusteella voidaan arvioida ikäryhmien osuuksia koko saaliissa (ikä-pituusavain, Rahikainen 1999a).

3) **Samassa suhteessa eri pituusluokkiin kuuluvia kaloja kuin saaliissa.** Kaikkien saaliiksi saatujen kalojen pituus mitataan sentin tai puolen sentin tarkkuudella kuten edellisessäkin menetelmässä. Erona edelliseen on, että kunkin lajin näytekalaotokseen otetaan satunnaisotannalla kutakin pituusluokkaa olevia yksilöitä samassa suhteessa kuin niitä on koko saaliin pituusjakaumassa. Ruotsissa (Sötvattenslaboratoriet) otokseen on otettu noin sata yksilöä (sukupuolet yhdessä käsiteltynä, takautuva kasvunmääritys). Menetelmän etuna on, että eri ikäryhmien osuuksia saaliissa ei enää tarvitse erikseen arvioida, ja että ne sekä suurten ikäryhmien kasvutiedot ovat tarkempia kuin edellisessä menetelmässä. Haittana on, että saaliissa heikosti edustetut pituusluokat eivät useinkaan mahdu mukaan otokseen. Tällöin isot ja vanhat kalat voivat jäädä määrittämättä, vaikka niistä saatavalla tiedolla saattaisi olla erityistä arvoa esimerkiksi ympäristönmuutosten seurannassa.

4) **Samassa suhteessa eri pituusluokkiin kuuluvia kaloja kuin saaliissa + isot yksilöt.** Menetelmä on muuten sama kuin edellisessä kohdassa, mutta etenkin kaikki isot yksilöt otetaan talteen. Pituusjakauman mukaisen otoksen ulkopuolisia isoja yksilöitä voidaan käyttää takautuvassa kasvunmäärityksessä, mutta ne eivät ole mukana populaation ikäjakaumaa arvioidaessa.



*Mateen suboperculum*





## 6

# LUUTUMANÄYTTEIDEN TALTEENOTTO

### Tarvittava välineistö ja näytteenottoa edeltävät toimenpiteet

Luutumanäytteiden ottoon tarvittava välineistö on koottava sen mukaan, otetaanko näytteet kentällä vai laboratoriossa. Jotta näytteenotto tapahtuisi riipeästi ja kontrolloidusti, tarvitaan hyvin tehdyt esivalmistelut. Koska seuraavaksi esitettävien välineiden ja tarvikkeiden määrä on varsin suuri, niistä kannattaa tehdä laboratoriossa kaikkien näytteitä ottavien henkilöiden nähtäville listat erikseen kenttäolosuhteita ja laboratoriotyökentelyä varten (liite 1).

Pyynnin jälkeen näytekalat on poistettava pyydyksestä mahdollisimman nopeasti ja tapettava heti niille turhaa kärsimystä tuottamatta. Joissain tapauksissa pyydytyt kalat vapautetaan sen jälkeen, kun niistä on ensin otettu suomenäyte ja ne on mahdollisesti merkitty (merkintämenetelmistä ks. Friman ym. 1999). Tällöin kalat tavallisesti nukutetaan ennen niille tehtäviä toimenpi-

teitä. Jotkut merkintämenetelmät edellyttävät koe-eläintoimikunnan lupaa.

Pyyntitapa vaikuttaa siihen, millaisia astioita kalojen säilyttämiseen tarvitaan. Jos esimerkiksi nuotta- tai troolisaaliista otetaan muikkunäyte, useimmiten jo yksi ämpäri tai saavi riittää. Toisaalta yleiskatsausverkoilla (mm. NORDIC-verkot; 12 silmäkokoa/verkko) tehtävissä koekalastuksissa tarvittavien astioiden määrä saattaa nousta jopa moneen kymmeneen kappaleeseen (esim. 5 verkkoa \* 12 silmäkokoa/verkko = 60 astiaa). Astiaina voidaan käyttää mm. ämpäreitä, vateja tai muovisia Dyno-laatikoita, jotka ovat kevyitä ja joita voi latioa pieneen tilaan päällekkäin suuren määrän. Astiat merkitään pyyntivälinekohtaisesti ennen kuin niihin ryhdytään laittamaan kaloja. Merkitseminen on käytännöllisintä tehdä liimaamalla astioiden kylkiin maalariinteippalat, joihin on veteenliukenemattomalla tussilla kirjoitettu pyydyksen tärkeimmät tiedot (esim. "2/43" = verkko no 2, solmuväli 43 mm).



Yhden verkon astiat (12 kpl) riittävät, jos niihin kerätyt kalat pussitetaan kunkin verkon tyhjentämisen jälkeen muovipusseihin, joihin on veteen liukenemattomalla tussilla merkitty verkon numero ja verkkopaneelin solmuväli.

Aikaisemmin kalanäytteiden säilöntään käytettiin erilaisia säilöntäliuoksia (esim. etanoli ja formaliini). Säilöntäliuosten käyttöä kannattaa välttää, koska monet niistä ovat paitsi terveydelle haitallisia, myös epämiellyttäviä käsitellä. Nykyisen kehittyneen kylmäteknikan ansiosta maastossa otetut kalanäytteet voidaan useimmiten säilyttää käsittelykelpoisina riittävän kauan. Työskentelyä helpottaa, jos näytekalat saadaan säilytetyksi lämpimänäkin kesäpäivänä suhteelli-

sen tuoreina tai pakkasella sulina. Tässä kevyt styrox-kylmälaukku kylmäpatruunoineen on hyvä apuväline. Kesällä kylmälaukku kannattaa täyttää ennen lähtöä jäämurskeella tai -paloilla. Verkoissa irrottamista odottavat kalat voidaan jäittää, jolloin ne eivät pilaannu yhtä nopeasti kuin ilman jäättämistä. Lisäksi kalojen käsittelyvyys paranee, kun ne eivät hajoa käsiin. Kalojen jäähdytys on tärkeää etenkin, jos tutkitaan kalojen iän ja kasvun lisäksi mahojen sisältöjä, otetaan raskasmetallinäytteitä niiden lihaksesta ja elimistä tai kalat käytetään näytteenoton jälkeen ravinnoksi.

Jos näytekalat käsitellään jo kentällä, niiden käsittelypaikka kannattaa valita huolella. Koontaitettava tukeva retkipöytä tuoleineen on työskentelymukavuutensa vuoksi suositeltava vaihtoehto näytteiden käsittelyyn maastossa, koska se ei vie paljon tilaa kulkuneuvossa. Tuulisissa ja sateisissa olosuhteissa työskentely on epämurkavaa ja altistaa näytteenoton virheille sekä epätarkkuuksille. Siksi työskentelypaikkana voidaan käyttää esimerkiksi kulkuneuvon (paketti- tai maastoauto, katettu vene) tavarankuljetustilaa. Auton ylösnostettu takaluukku on hyvä työskentelykatos. Maastossa näytteidenkäsittelypaikka on hyvä perustaa tuulensuojaiseen kohtaan. Luontainen alusta (mm. tasainen kallio) on myös hyvä käsittelypaikka etenkin, jos se peitetään vedenpitävästä ja helposti puhdistettavasta materiaalista tehdyllä matolla (esim. lattiamaton pala tai jätessäkki). Sateelta voidaan suojautua mm. tuetun kevytpeitteen, kumiveneen tai tuuhean puuston alla.



**Kuva 18.** Pakettiauton takaosaa voidaan sadesäällä käyttää näytteiden käsittelyssä suojaisana työtilana.

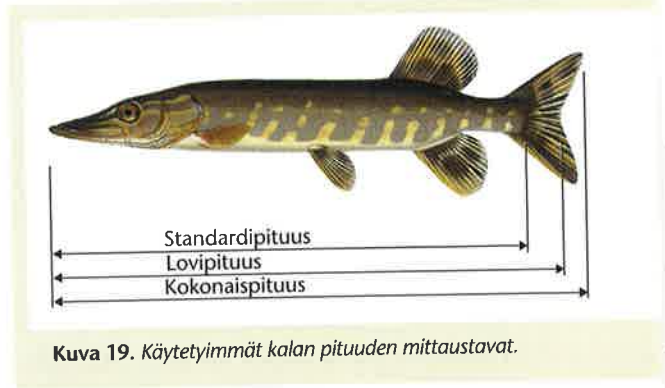


Näytteiden käsittely on helppoa tasaisen alustalevyn päällä. Jos kalat käsitellään autossa tai veneessä, muovisella jätessäkillä päällystetty, kooltaan n. 40 x 80 cm oleva puu- tai muovilevy on riittävän suuri, koska sen päälle mahtuvat sekä mittalauta, vaaka että riittävän paljon käsiteltäviä kaloja (kuva 18). Työskentelyn päätyttyä käsitellyt kalat, näytteiden puhdistukseen käytetyt paperinpalat ja muut roskat voidaan kerätä käytetyn pussin sisään.

## Näytekalojen mittaukset ja tietojen kirjaaminen

Kunkin kalalajin kokonaissaaliin punnituksen jälkeen kalojen pituudet mitataan. Jos pyydettyjen kalojen määrä on suuri, kalojen joukosta kannattaa samalla ottaa erillisen tarpeellinen määrä iänmäärittämiseen käytettäviä yksilöitä, jotka laiteetaan kylmälaukkuun. Kalojen mittauksessa saattaa kulua niin paljon aikaa, että kalat ehtivät ilman jäädytystä pehmentyä ja pilaantua (tai jäättyä pakkasella) ennen iänmäärittämiseen tarvittavan luutuman talteenottoa. Jos kaloja ei käsitellä maastossa, ne voidaan pakata pusseihin (esim. muoviset erikokoiset salpapussit), joihin on etukäteen merkitty tarpeelliset tiedot (mm. kalalaji, kokoluokka, pyydys, pyyntipäivä, pyyntivesi). Pusseissa kalat on helppo pakastaa, kun on saavuttu takaisin laboratorioon.

Kalalajista riippuen suuren yksilömäärän pituusmittauksiin tarvitaan 30–60 cm:n pituinen helposti puhdistettava (muovinen tai muovilla päällystetty) mittalauta, johon on merkitty as-



Kuva 19. Käytetyimmät kalan pituuden mittaustavat.

teikko yhden millimetrin jakovälillä. Tätä kookkaampia kaloja on aineistossa yleensä niin vähän, että niiden pituuden mittaus voidaan tehdä erikseen tavallisella rullamittalla. Pienikokoisten kalalajien pituusmittauksia varten voidaan rakentaa pienempiä mittalautoja, joilla kalojen pituudet on tarvittaessa mahdollista määrittää vieläkin tarkemmin. Asteikon alkupään ja toisen pitkän sivun reunaan kiinnitetyt listat ja laudan kourumainen muoto helpottavat useimmiten mitattavan kalan asettelua laudalle.

Vaikka kalojen pituuden mittaustapa vaihtelee eri maissa, **kokonaispituus** (total length) kuonon kärjestä yhteen puristetun pyrstöevän uloimpaan kärkeen saakka on yleisin tapa ilmoittaa kalan pituus (Ricker 1979). Pohjois-Amerikassa on melko yleisesti käytetty **lovipituutta** (fork length) kuonon kärjestä pyrstöevän loveen (kuva 19). Lovipituus on käytännöllinen myös, jos mitattavien kalojen pyrstöevissä on yleisesti vaurioita (esim. evärutto). Tarvittaessa voidaan mitata kalan pituus kuonon kärjestä suompeit-



teen tai nahan loppumiskohtaan. Pyrstöevä jää tällöin mittauksesta pois, ja kyse on **standardipituudesta** (standard length). Samaa mittaus-tapaa on käytettävä koko tutkimuksen ajan ja käytetystä menetelmästä on mainittava kalastus-pöytäkirjassa.

Näytekalat on kätevinä punnita kenttäolo-suhteissa paristokäyttöisellä vaa'alla, joka on mahdollista taarata. Myös herkkää jousivaakaa voidaan käyttää. Tällaisilla vaa'oilta esimerkiksi verkon silmäkoko- ja lajikohtaiset yhteispainot on helppo määrittää punnitsemalla taarattu näy-teiden keräysämpäri kaloihin. Myös pitkiä ja kookkaita kaloja voidaan punnita taarattun alus-tan (esim. tarjotin tai ämpäri) päällä siten, että ne pysyvät paikoillaan eivätkä luiskahda pois vaa'an päältä. Kalan painon tulee kohdistua ta-saisesti vaa'alle, jotta punnituksesta tulisi luotet-tava. Tavallisesti riittävä vaa'an jakoväli on 1 g ja punnituskapasiteetti 2–5 kg. Isommat kalat voi-daan punnita paloitetuina tai myöhemmin muu-alla kokonaisina. Pienikokoisten kalalajien pun-nitukseen voidaan käyttää myös pienemmällä jakovälillä varustettuja vaa'koja. Herkät, paljon elektroniikkaa sisältävät vaa'at saattavat altistua maastossa kosteudelle, joten jousivaaka kannat-taa ottaa varmuuden vuoksi mukaan näytteen-ottomatkalle.

Ennen luutumien ottoa koekalastuspöytäkir-jaan merkitään pyyntiveden nimi sekä kirjain-lyhenne (esim. Kivijärvi = KJ) ja maantieteelli-nen sijainti, pyyntipäivämäärä, tiedot pyynti-välineestä sekä pyyntiaika ja -syvyys. Mukaan liitetään kartta, johon pyydysten paikat merki-

tään. Lisäksi tehdään havaintoja ympäristöstä (mm. veden ja ilman lämpötila sekä vallitseva säätyyppi pyynnin aikana) ja mainitaan mahdol-liset epätavalliset ilmiöt (esim. itse havaitut tai aikaisemmin haastatteluissa esille tulleet kala-kuolemat), joilla saattaa olla vaikutusta tutkitta-van vesistön kalastoon. Kalan yksilötiedot (taval-lisimmin pituus, paino, näytenumero, sukupuoli ja sukukypsyyssaste sekä tarvittaessa muita tieto-ja, esim. ruumiinontelon rasvan määrä) kirjoite-taan näytepussiin (= paperinen suomupussi, ylei-sesti käytetään 70 x 100 mm:n apteekkipusseja), koekalastuspöytäkirjaan tai yhä yleisemmin suo-raan tietokoneeseen. Kannettavassa tietokoneessa on hyvä olla erillinen näppäimistö, jolla nume-roita voi naputella nopeasti. Olemassa on myös elektronisia mittalautoja, jotka rekisteröivät ka-lan tiedot suoraan tiedostoon.

## Luutumet

Mitä huolellisemmin näytteenotto on tehty, sitä vähemmällä työmäärällä selvittää iänmääri-tyksessä. Jos luutumänäytteitä ei ole mahdollista ottaa asianmukaisesti suunnitellussa ajassa maas-tossa, siihen ei kannata ryhtyä. Kiireellä tehdyssä näytteenotossa virheiden määrä kasvaa ja näyt-teiden puhdistus jää puutteelliseksi. Kokemuksen perusteella ainoastaan eri lajien suomut, pienten ahventen (pituus noin 10–25 cm) operculumit sekä pienten haukien (pituus noin 10–40 cm) cleithrumit irrotetaan ja puhdistetaan maastossa. Edellä mainitut luut voidaan puhdistaa keittä-mättä. Otoliittinäytteiden ottaminen ja puhdistus-



minen on suositeltavinta tehdä laboratoriossa tai laboratorio-olosuhteita vastaavassa tilassa.

Koska näytteiden hankinnan ja käsittelyn tekevät usein eri henkilöt kuin niiden jatkokäsittelyn tai iän ja kasvun määritykset, vuorovaikutteisten palautteiden antaminen henkilöiden välillä on tärkeää. Jos kalojen iänmäärittäjä tarvitsee jotain muuta kuin tavallisesti käytössä olevaa luutumaa määritysten luotettavuuden lisäämiseksi, tämä täytyy ottaa huomioon paitsi näytteenotossa myös näytteenottajien koulutuksessa.

Luutumänäytteenotto käy kenttäolosuhteissa sujuvimmin, kun siihen osallistuvat henkilöt (työpari) sopivat etukäteen työnjaosta. Toinen näytteenottaja käsittelee kalat – mittaa ja punnitsee yksilöt sekä asettaa ne tämän jälkeen alustalevylle jonoon odottamaan jatkokäsittelyä aina samanpuoleinen kylki alaspäin. Mittausten jälkeen hän ottaa kaloista tarvittavat näytteet kalojen alkuperäisessä järjestyksessä. Suomenäytteet ja luut otetaan vaivattomimmin alustalevyä vasten olleelta ja kosteana säilyneeltä puolelta. Kun yksi työvaihe yksilöstä on tehty, se palautetaan paikalleen käsittelyjonossa, mutta eri asentoon kuin aikaisemmin, jolloin nähdään, minkä kalan kohdalla työ kulloinkin on menossa. Kirjanpitäjänä toimiva tallentaa mittaustiedot, numeroi valmiiksi näytepussin, ottaa vastaan pussiin laitettavat näytteet ja huolehtii näytepussin säilytyksestä. Näytekaloja ei kannata pitää käsittelyalustalla pitkään, etteivät ne kuivu ja pilaannu kesällä tai jäädy talvella. Ennen näytteiden irrotusta kalasta tarkastetaan kalastuspöytäkirjan merkinnöistä, että pöytäkirjan tiedot täsmäävät näytekalojen

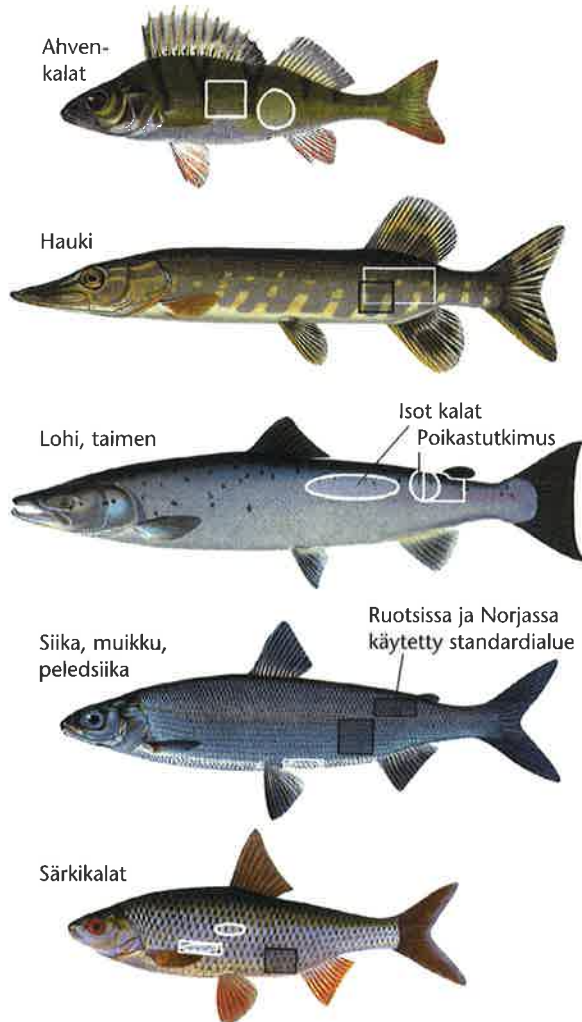
käsittelyjonon kanssa. Jos jonkin näytekalon tiedot ovat esimerkiksi jääneet merkitsemättä, siitä tehdään merkintä pöytäkirjaan tai korjataan havaittu virhe. Kalojen järjestyksen muuttumista tai muuta sekaannusta työskentelyn aikana voidaan ehkäistä, jos muutaman kalan välein valikoidaan käsittelyalustalle jonoon peräkkäin keskimääräistä pienempi ja isompi yksilö. Tällöin kalojen järjestyksestä on helppo seurata pöytäkirjan avulla.

Kalalajista, näytteenottokohteesta ja -ajankohdasta sekä näytteenottajasta riippuen kaksi henkilöä käsittelee keskimäärin 30–60 kalaa/tunti (kaikki valmistelutoimenpiteet mukaan lukien). Käsiteltävät määrät saattavat olla huomattavasti suurempia, mutta olosuhteiden täytyy tällöin olla yhtä hyvät kuin laboratoriossa.

## Suomut

Suurimmalla osalla kalojen iästä tutkivista laboratorioista on omat lajikohtaiset ohjeet suomunäytteiden ottoa varten. Yksi lähtökohta on käyttää kalaan ensimmäisinä muodostuneita suomuja, jotta mahdollisimman suuri osa kalan kasvusta olisi luettavissa suomuista. Iänmäärityksen kannalta on helpointa, jos suomujen kasvuvyöhykkeet ovat mahdollisimman selkeästi havaittavissa. Tässä asiassa määrittäjien henkilökohtaiset mieltymykset vaihtelevat. Joka tapauksessa on tärkeää, että iän- ja kasvunmäärityksessä käytettävät suomut ovat muodostuneet kalan ensimmäisen kasvukauden aikana.

Suomunäytteenotto on tehtävä huolellisesti, koska näyte on iän- ja kasvunmäärityksen kan-



**Kuva 20.** Standardisuomujen näytteenottoaikoja tärkeimmillä kalaheimoilla tai -lajeilla. Riistan- ja kalantutkimuksessa käytetyt kohdat on merkitty valkoisella soikiolla, Elorannan (1975) ilmoittamat kohdat valkoisella nelikulmiolla ja muut yleis- tai standardialueet mustalla nelikulmiolla.

nalta käyttökelpoton, jos siitä ei löydy yhtään vahingoittumatonta suomua. Suomunäyte on suositeltavinta ottaa sellaiselta alueelta, josta suomut eivät helposti irtoa edes kalaa verkosta irrotettaessa. Tällaisia kohtia ovat vatsaevien välinen alue ja peräevän kohta tai sen etupuoli kylkiviivan molemmilla puolilla. Näillä alueilla sijaitsevatkin useimmin käytetyt ns. **standardi-** eli **vakiosuomujen** näytteenottokohdat (kuva 20). Sen sijaan näytteeksi ei kannata ottaa kylkiviivan kohdalla sijaitsevia suomuja, joissa on iänmääritystä haittaavia hermokanavien päiden reikiä. Iänmääritystä voivat hankaloittaa myös regeneroituneet suomut. Etenkin lohikalajien ohuet suomut vahingoittuvat helposti, olivatpa ne sitten kookkaita tai pieniä. Kalan aikaisemmin vahingoittunutta kohtaa on usein mahdotonta nähdä paljain silmin ja iänmäärityksen kannalta suomunäyte saatetaan ottaa väärästä paikasta. Lajeilla, joilla regeneroituneet suomut ovat yleisiä (esim. taimen ja kiiski), yhdenkin iänmääritykseen kelpoisen suomun löytäminen näytteen muiden suomujen joukosta on joskus vaikeaa. Näiden lajien yksilöiden käyttökelpoisten suomujen määrää voidaan lisätä ottamalla näyte kalan molemmista kyljistä. Paksusuomuisillakin lajeilla (ahven- ja särkikalat sekä hauki) saattaa olla runsaasti regeneroituneita suomuja.

Suomunäytteenottoon käytetään useimmiten erilaisia pinsettejä tai veitsiä. Hienokärkiset pinsetit sopivat pienten kalojen suomujen ottoon, koska suomut voidaan irrottaa hellävaraisesti jopa pehmenneestä kalasta. Samoin, jos kookkaammista tai myyntiin tarkoitetuista kaloista



halutaan ottaa suomunäyte ilman, että kalan iholle ja suojaavalle limakerrokselle aiheutetaan suuria näkyviä vaurioita, pinsettien avulla on mahdollista vetää yksitellen suomuja kalan kyljestä. Puukko on perinteinen suomunäytteenottoväline, mutta tavallinen ruokailuveitsi on kätevämpi, koska se on kyllin jäykkä kookkaankin kalan suomujen irrottamiseen ja toisaalta niin tylsä, ettei se helposti riko kalan tai näytteenottajan käden ihoa. Jäätynneen kalan kyljestä suomunäytteenotto on vaikeaa millaisella apuvälineellä hyvänsä. Terävää puukkoa käytettäessä näytteenottajan usein kohmeiset sormet ovat vaarassa vahingoittua tai suomut saattavat repeytyä, jolloin niiden tulkitseminen vaikeutuu.

Ennen näytteenottoa kalan pinnalta pyyhittään irtonaiset, mahdolliset muiden yksilöiden suomut pois. Suomuja suojaava lima pyyhkäistään kevyesti pois näytteenottokohdasta esimerkiksi veitsen terällä, pyrstöstä päähän päin. Näin poistetaan suomujen päällä olevat orvaskeden osat, jotka muuten tarttuisivat suomun pintaan ja saattaisivat vaikeuttaa kasvuvyöhykkeiden tulkintaa. Tämän jälkeen suomut irrotetaan halutusta kohdasta yhtenä levynä ja laitetaan veitsenterän ja veitsikäden peukalon avulla toisen näytteenottajan valmiiksi aukaisemaan suomupussiin. On tärkeää, että saman lajin yksilöistä otetaan suomunäyte aina samasta, ennalta päätetystä kohdasta, koska lämmäarityksessä ja kasvuvyöhykkeiden mittauksessa käytettävien suomujen on oltava vertailukelpoisia eri yksilöiden välillä. Näytesuomuja kannattaa kuitenkin ottaa runsaasti (20–30 kpl/näytekalalajista ja suomujen koosta

riippuen), jotta niiden joukossa olisi vähintään yksi tai mielellään useampi määrittämiseen kelpaava somu. Pieniä suomuja on helppo irrottaa halutulta näytteenottoalueelta enemmän kuin kookkaita. Kun suomut kuivuvat paperipussissa yhtenä levynä, ne eivät käpristy. Lisäksi pienen kalan yhtenä levynä otettu suomunäyte löytyy helposti pussin pohjalta, kun sitä myöhemmin ryhdytään käsittelemään. Vaihtoehtoisesti kalasta irrotetut suomut voidaan puhdistaa ja kuivata hankaamalla niitä yksitellen peukalon ja etusormen välissä. Suomunäytettä ei pidä laittaa muovipussiin, missä suomut eivät kuivu, vaan mädäntyvät ja hajoavat käyttökelvottomiksi. Näytteen vastaanottaja voi puhdistaa veitsenterästä kaikki suomut puristamalla suomupussilla terää samalla kun näytteenottaja vetää terän pussista, jolloin veitsellä voidaan ottaa välittömästi uusi näyte. Näytteiden oton välillä täytyy varmistaa, että terässä ja peukalossa ei ole kiinni enää edellisen näytekalan suomuja (etenkin jos suomut ovat pieniä). Tämän voi tehdä helpoimmin pyyhkäisemällä terä ja peukalo jokaisen näytteenoton jälkeen talouspaperiin.

Mikäli tietoja kirjataan kalastuspöytäkirjaan, suomupussin merkinnöiksi riittävät näytenumero, kalalaji, pyyntiveden nimen kirjainlyhenne ja pyyntipäivämäärä (vuotta ei pidä unohtaa!). Merkinnät voidaan tehdä suomupussiin paitsi veteen liukenemattomalla lyijykynällä myös leimasimella, jossa on irrotettavat kirjainpalat (kuva 21). Näytepussien kostumisen ja tekstin liukenemisen varalta on suositeltavaa käyttää veteen liukenemätöntä mustetta. Suomunäytepussit voidaan ni-



puttaa maastossa kevyesti teipillä tai löysähköllä kuminauhalla. Kentällä näytteet säilytetään ilmassa paperipussissa, ja viimeistään laboratorioon palattaessa niput puretaan ilmastavasti laatikoihin, joissa ne saavat kuivua ennen jatkokäsittelyä. Vuosien varastoinnin yhteydessä eri näyteerien suomupussit saattavat sekaantua keskenään. Kukin suomupussi on tällöin voitava palauttaa omaan näyte-eräänsä pussissa olevien merkintöjen perusteella.

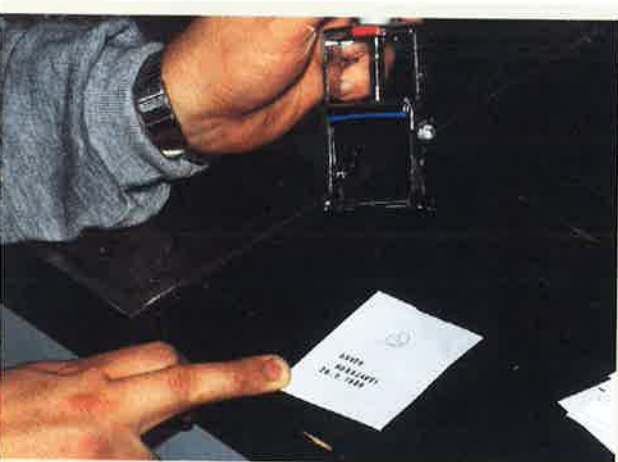
## Luut

Luunäytteenotossa useamman kuin kahden näytteenottajan käyttö on perusteltua siihen liittyvien lukuisten työvaiheiden vuoksi. Näytteet irrotetaan kaloista joko käsin (esim. ahvenen

operculum, hauen cleithrum) tai jonkun irrotukseen soveltuvan työvälineen (veitsi, puukko, pinsetit, sakset tai pihdit) avulla. Mikäli luita ei puhdisteta maastossa, ne laitetaan numeroituihin muovipusseihin (näytteiden nesteistä kostuvat paperipussit hajoavat helposti) tai teipattuihin alumiinifoliokääreisiin, jotka käsitellään pian laboratoriossa tai pakastetaan myöhemmin tapahtuvaa puhdistusta varten. Kalasta irrotetut luunäytteet kiehautetaan esimerkiksi retkikeittimen vesikattilassa ja jäädytetään. Tämän jälkeen kypsynyt liha poistetaan luun ympäriltä, luu huuhdellaan puhtaassa vedessä, kuivataan talouspaperilla ja laitetaan suomupussiin. Näytekalan voi myös keittää kokonaisena, tai sen pään voi kastaa kiehuvaan veteen, jolloin tarvittavat luunäytteet voidaan ottaa helposti ja puhdistaa. Pusseja ei saa niputtaa kuminauhoilla, koska luut kuivuessaan saattavat vääntyä ja murtua. On hyvä käyttää kannellista pahvilaatikkoa, jonka sisältä kuivuvien luiden kosteus pääsee haihtumaan ulos. Mateen ohuet suboperculumit kuivataan kuitenkin niputetuissa paperipusseissa, jotta luut kuivuisivat mahdollisimman suorina yhdessä tasossa eivätkä vääntyisi.

### *Operculum (kiduskannen luu)*

Rutiininäytteenotossa ahven on ainoa suomalainen kalalaji, jonka operculumia on laajasti käytetty iän- ja kasvunmäärityksessä. Kuitenkin tutkimukset ovat osoittaneet, että operculum on ainakin joillakin kannoilla käyttökelpoinen myös siian (Raitaniemi 1997) ja kuhan (Nyberg 1998a) iän- ja kasvunmäärityksissä, joissa on yleisesti



**Kuva 21.** Leimasimen avulla suomupussiin saadaan helposti suurin osa tarvittavasta tekstistä (esim. kalalaji, pyyntivesi, pyydytys ja päivämäärä).





käytetty suomua. Operculumin käyttö on ollut viime vuosiin saakka varsin vähäistä mm. siksi, että sen irrottaminen ehjänä vaatii oikean tekniikan opettelua. Usein on helpompaa leikata irti koko kiduskansi ja kiehauttaa se, jotta luu saadaan irtoamaan kokonaisena.

Ahvenen operculum otetaan ensisijaisesti pään vasemmalta puolelta tai molemmilta puolilta. Tätä menetelmää voi käyttää myös muiden lajien pienten ja pehmenneiden tai pakastettujen yksilöiden operculumien irrottamisessa. Operculum voidaan irrottaa helposti peukalon kynnen avulla, jos luuta peittävä iohkerros ei ole kuivunut. Jos otetaan vasen operculum, näyteahvenet laitetaan käsittelyalustalle vasen kylki alaspäin kuivumisen estämiseksi. Lisäksi alustalle voidaan kaataa ohut vesikerros tai ahvenet voidaan peittää kostutetuilla pyyhkeillä. Ahvenesta otetaan paljain käsin tukeva ote ja kalaa pitävän käden peukalon kynsi työnnetään operculumin piikin alle. Kun peukaloa työnnetään eteen päin operculumin tyveen saakka, operculumia ympäröivä nahka venyy, irtoaa luun päältä takaosasta alkaen ja repeää lopulta luun sivulta. Tämän jälkeen irronnut nahka voidaan kuoria vapaan käden peukalon kynnellä operculumin etureunan tasalle. Operculum irrotetaan kääntämällä se kohtisuoraan kalaa vasten ja kiertämällä varovasti kunnes se irtoaa (kuva 22). Kookkailta ahvenilta, samoin kuin muilta kookkailta kaloilta, kiduskansi on käytännöllisintä leikata irti veitsellä, puukolla, saksilla tai kalapihdeillä ja kiehauttaa. Kiduskannen irrotus on tehtävä huolellisesti ja varovasti, ettei operculumia vahingoiteta. Pienten



Kuva 22. Operculumin irrottaminen ahvenesta.

kalojen ja kohtalaisen kokoisten siikojenkin kiduskannet voidaan irrottaa myös pinseteillä tai käsin. Kookkaan ahvenen kiduskanta ympäröi paksu nahka. Jos näytteenottaja irrottaa operculumit useammista isoista ahvenista ilman apuvälineitä kuten pikkuaahvenista, kalaa pitävän käden peukalonkynnen alle kertyy helposti suomuja, jotka voivat aiheuttaa tulehduksen.

Kun operculumin irrotus onnistuu hyvin, luuhun ei jää kuin korkeintaan hieman lihasta ja orvaskeden osia, jotka pyyhitään pois. On tärkeää puhdistaa tarkasti etenkin operculumin tyvi ja ulkoreuna, koska ensimmäiseksi ja viimeiseksi muodostuneet vuosirenkaat saattavat muuten jäädä niitä peittävän kudoksen alle. Operculumiin viimeksi muodostunut, ei vielä täydellisesti kovettunut opaakkivyöhyke repeää kovakouraisessa käsittelyssä helposti kokonaan, mikä vaikeuttaa luun kokonaissäteen mittausta. Tämä voidaan välttää kiehauttamalla luu ennen puhdistusta.



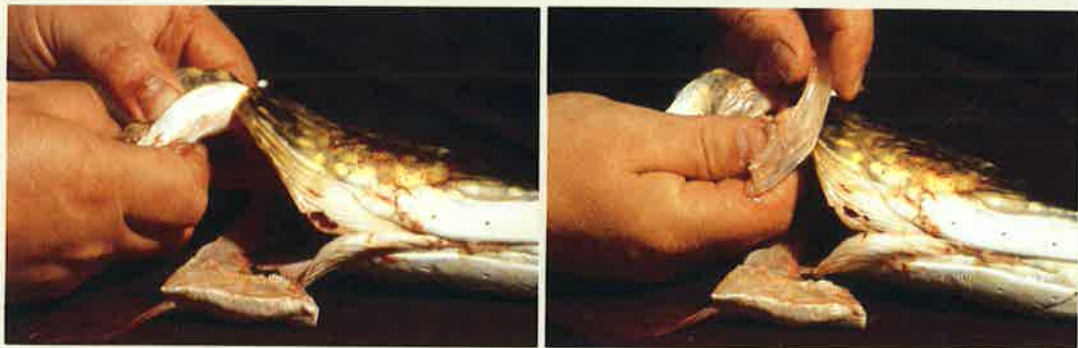
Kuivuneiden orvaskeden osien ja kellastuneen rasvan poistaminen operculumista jälkikäteen on erittäin hidasta ja toimenpide saattaa lisäksi vahingoittaa luuta. Kuivuneet likaiset operculumit puhdistetaan keittämällä. Jos huonosti puhdistettuja näytteitä on säilytetty kuivina niin kauan, että ne ovat muuttuneet keltaisen ruskeiksi väriltään, niitä täytyy liottaa mieluiten kuumassa vedessä noin vuorokausi ennen keittämistä. Kuivunut kudus irtoaa liotetuista operculumeista tavallisesti 5–10 minuutin keittämisen jälkeen. Joissain tapauksissa keittäminen on tehtävä uudelleen. Liian pitkän keittämisen seurauksena luut kuitenkin vääntyvät, pahimassa tapauksessa jopa käyttökelvottomiksi. Operculumin tyveen kertynyttä kovettumatonta rasvaa voidaan poistaa pehmeäksi muhennetulla tikulla (esim. tulitikku). Tähän tarkoitukseen ei pidä käyttää metallisia pinsettejä tai vastaavia työkaluja, jotka saattavat naarmuttaa operculumia. Mikäli näytteeksi otettuja operculumeja ei

ehditä puhdistaa kunnolla, ne kannattaa säilyttää suomupusseineen ilmapussa laatikossa pakastettuina.

### *Cleithrum (hartian lukkoluu)*

Cleithrum on mahdollista irrottaa puhtaana ilman apuvälineitä ainoastaan pienestä hauesta, ellei kala ole pehmentynyt lämpimissä olosuhteissa tai ellei sitä ole pidetty pakastettuna ja sulatettu. Cleithrumin saa näin irti kookkaastakin hauesta, mutta sen puhdistus ilman keittämistä on aikaa vievää eikä lopputulos useinkaan ole hyvä. Hauen iänmäärittämissä ja kasvumittauksissa ei tule tehdä käyttämällä likaista cleithrumia, koska ensimmäistä vuosirengasta on usein vaikea löytää jopa puhdistetusta luusta.

Eräs tapa irrottaa hauen cleithrum on muunneltu versio ahvenen operculumin otosta. Kalaa pitävän käden peukalon kynsi työnnetään cleithrumin alle koko luun leveydeltä, jolloin luun päällä oleva kalvo irtoaa ja cleithrumin



Kuva 23. Hauen cleithrumin irrottaminen.



ulkopuoleinen sivu irrotetaan luun leveän alapään kärkeen saakka niin pitkälle kuin mahdollista. Cleithrumin päällä oleva nahka irrotetaan työntämällä vapaan käden etusormi ja peukalo cleithrumin leveän pään ympärille niin, että nahka jää etusormen ulkopuolelle. Tämän jälkeen cleithrumia vedetään ulospäin, jolloin sitä peittävä nahka irtoaa, mutta jää kalaan kiinni (kuva 23). Irrotettu cleithrum puhdistetaan ja kuivataan. Jos luuhun kiinnittynyttä kudosta ei saada pois pyyhkimällä, luu upotetaan kiehuvaan veteen ja pyyhkitään puhtaaksi.

Cleithrumia käytetään hauen lisäksi lahnan, säynävän, särjen ja useiden muiden lähisukuisten särkikalajien iänmäärittämisessä. Yleensä cleithrumit jätetään kiinni fileoituun ruotoon tai perattuun kalaan, joten niitä voidaan tarvittaessa kerätä myös kaupallisesta saaliista mittausten ja perkauksen jälkeen. Haukeen verrattuna särkikalajien cleithrumit ovat muodoltaan niin monitahoisia, että niitä ei voi puhdistaa riittävän hyvin

ilman keittämistä. Yksinkertaisin tapa ottaa särkikalasta cleithrumit näytteeksi on katkaista pää irti siten, että rintaevät jäävät päähän kiinni. Tällöin kalasta voidaan laboratoriossa ottaa talteen myös sisäkorvan lapillus-otoliitit. Cleithrumit voidaan irrottaa myös rintaevien kanssa yhtenä palana (kuva 24). Näytekalan kummallekin puolelle tehdään kylkiruotoihin saakka ulottuvat viillot, jotka alkavat silmän yläreunan tasalta ja jotka leikkaavat toisensa vatsan keskilinjan kohdalla. Tämän jälkeen katkaistaan kidusten ja pään liittymäkohta sekä irrotetaan veitsellä kidukset cleithrumien edestä. Kun rintaevien yhteydessä olevasta ja kalasta irti leikatusta palasta otetaan kiinni tukevasti ja vetäistään, se irtoaa varsin helposti. Pienikokoisen ja varsinkin hie-man pehmenneen isonkin särkikalalan cleithrum voidaan irrottaa myös ilman apuvälineitä työntämällä peukalo rintaevän takaa kalan sisään ja liu'uttamalla peukaloa niskaan päin niin, että cleithrum irtoaa. Lopuksi kierretään luu irti



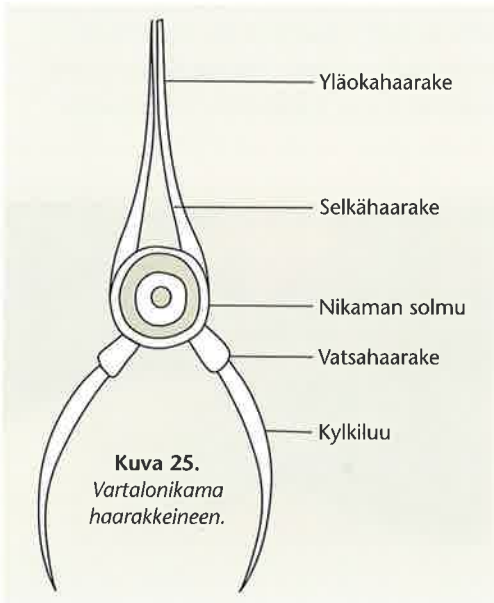
Kuva 24. Särkikalalan cleithrumin irrottaminen.



evineen. Näytteenottomenetelmä on käyttökelpoinen etenkin maastossa, koska sen voi tehdä nopeasti ja koska hauraat cleithrumit kestävät puhdistamattomina näytepussissa paremmin käsittelyä kuin keitettynä.

### *Metapterygoideum (nielukaaren luu)*

Metapterygoideumia käytetään ainoastaan hauen iän- ja kasvunmäärityksissä. Nykyisin, kun hauen ikä määritetään useimmiten cleithrumista tai suomusta, metapterygoideumin käyttö on vähäistä. Kuitenkin joissakin tapauksissa haukien iät ovat määritettävissä helpommin metapterygoideumista. Hauen metapterygoideumit sijaitsevat silmien ja kiduskansien välisellä alueella (kuva 10). Ne muodostavat osan pääkallon luuraken-



teesta, minkä vuoksi niiden irrotus muista luista ei onnistu ilman pään keittämistä. Ennen kuin metapterygoideumit voidaan irrottaa, niitä peittävä keitetty iho ja lihasmassa on poistettava. Jos halutaan ottaa näytteeksi metapterygoideumit, samalla vaivalla kannattaa ottaa keitetystä päästä myös muita luita (esim. operculum).

### *Eväruoto*

Eväruotonäyte on helppo ottaa, koska koko evä voidaan irrottaa kalasta kokonaisuudessaan. Varsinaiset eväruodot eivät saa tässä vahingoittua. Määrityksissä käyttökelpoisimpia ovat paksut eväruodot, joita on yleensä selkävessä tai rintaväissä. Eväruotoja ovat käyttäneet mm. Mills & Beamish (1980) ja Shirvell (1981). Halutut ruodot irrotetaan evästä ja puhdistetaan niitä peittävästä kudoksesta ja limasta kiehuuttamalla. Evä voidaan myös laittaa pieneen muovipussiin ja siirtää kylmiöön odottamaan laboratorioissa tehtävää jatkokäsittelyä.

### *Selkänikama*

Selkänikamia on helppo irrottaa selkärangasta, jonka päältä on ensin poistettu toinen tai molemmat fileet. Nikamia voidaan ottaa selkärangasta irti joko muutaman nikaman pituinen pätkä tai yksitellen. Selkäranka katkaistaan nikaman vaaleaa keskikohtaa paksumpana näkyvän kapean ja tumman nikamasolmun kohdalta, josta nikama haarakkeineen (kuva 25) irtoaa veitsenterällä kevyesti painamalla. Selkänikamissa ja niiden haarakkeissa kiinni oleva lihaskudos on poistettava keittämällä, minkä jälkeen nikaman selkä-



jänteen ontelo pitää vielä puhdistaa nikaman si-  
säpuolelta niin, että nikaman läpi näkee selvästi.

### **Muut luut**

Edellä esitettyjen ohella kalojen iän- ja kasvun-  
määrittämisessä voidaan käyttää useita muita luuta.  
Yleisimmin käytettyjen luutumien suosio perus-  
tuu niiden vuosirenkaiden selkeään luettavuuteen  
ja helpohkoon näytteenottoon. Jos luuhun muo-  
dostuneet kasvuvyöhykkeet ovat selvästi luetta-  
vissa kasvukeskuksesta ulkoreunaan saakka, luu  
on käyttökelpoinen iän ja kasvun määrittämiseen.  
Mm. ahvenen iänmäärittämiseen on mahdollista  
käyttää yläleuanluuta (maxillare; Eloranta 1975)  
ja kampelan iänmäärittämiseen pyrstön tyvessä sel-  
kärangan jatkeena sijaitsevia hypuraalisia lisäk-  
keitä (A. Lappalainen, henk.koht. tiedonanto).  
Mateen suboperculumissa voidaan myös nähdä  
vuosirenkaita.

### **Otoliitit**

Koska otoliitit sijaitsevat syvällä kalan pään si-  
sällä (kuva 26), niiden esiin ottaminen ei ole yhtä  
helppoa ja nopeaa kuin suomujen irrottaminen.  
Useimmiten molemmat sagitat löytyvät kalan  
päästä lähes yhtä nopeasti kuin vain toinen. Mo-  
lemmat onkin syytä ottaa talteen, sillä toisinaan  
kaloilla on kristalloituneita otoliitteja, joista ikää  
ei voi määrittää, ja otoliiteista voidaan selvittää  
muutakin kuin pelkästään kalan ikä. Otoliitin eri  
kerrosten strontium – kalsium -suhteista voidaan  
esimerkiksi nähdä, onko kala liikkunut makeasta  
suolaiseen veteen tai päinvastoin (Kafemann ym.

2000). Otoliitteja voidaan lisäksi käsitellä rin-  
nakkaisella menetelmällä iänmäärittämistä varten,  
mikä epävarmoissa tapauksissa lisää määrittämisen  
luotettavuutta. Pienet ja melko hauraat otoliitit  
myös häviävät tai rikkoontuvat helposti, mikä on  
hyvä peruste toisenkin otoliitin ottamiselle.

Jos kalan ikä määritetään otoliitista, koko  
kalaa ei ole välttämätöntä ottaa mukaan kentältä,  
vaikka näin on helpointa ja suositeltavinta tehdä  
pienikokoisten lajien (esim. silakka ja muikku)  
kohdalla. Kun käsiteltäviä kaloja on paljon tai  
kun otoliitin otto niistä on olosuhteiden vuoksi  
mahdotonta, yksilötietojen tallentamisen ja kalan  
käsittelemisen (esim. fileoinnin) jälkeen näytteeksi  
voidaan ottaa pelkkä pää, joka laitetaan koodat-  
tuun pussiin. Pää on tarvittaessa helppo vääntää  
irti kookkaankin kalan selkärangasta, jonka ym-  
päriältä fileet on poistettu. Tämä on usein ainoa  
tapa saada näytteitä kaupallisista saalislajeista,  
joista ei ole mielekasta ostaa suuria yksilömääriä  
ja joilta ei voi ottaa suomunäytettä (esim. turska  
ja made). Jos otoliitteja on paljon ja niitä voidaan  
tutkia puhdistuksen jälkeen käsittelemättöminä  
(pienikokoiset silakat ja kilohailit), ne voidaan  
säilyttää tätä varten valmistetuissa läpinäkyvissä  
muovilevyissä (kuva 27). Otoliitit kiinnitetään le-  
vyn numeroituihin kuoppiin täyttämällä kuopat  
läpinäkyvällä ja kovaksi kuivuvalla venelakalla,  
ksyleeniin liuotetulla kanadabalsamilla tai valu-  
muovilla.

Yksinkertainen ja nopea tapa ottaa otoliitit  
on tehdä pitkittäinen, pään läpi ulottuva viilto  
mahapuoli alustaa vasten asetetun kalan pääkop-  
pan terävällä veitsellä tai puukolla alkaen pään



ja ruumiin liittymäkohdasta silmien ylemmän puoliskon kautta sierainten kohdalle (kuva 28). Suurille kaloille tehdään kaksi viiltoa, jotka aloitetaan työntämällä veitsi läpi kummankin silmän yläreunasta. Viillot tehdään sekä eteenpäin sierainten kohdalle että taaksepäin pään ja ruumiin liittymäkohdalle samaa linjaa pitkin kuin pienille kaloille. Viilto voidaan tehdä pienikokoisille kaloille (noin 2 cm:n matkalta) myös esimerkiksi käyräkärkisillä saksilla. Kun viilletty pala poistetaan tai siirretään sivuun, kalan aivot paljastuvat. Menetelmä sopii myös kampelalle.

Särkikalojen lapillukset ovat noukittavissa teräväkärkisillä pinseteillä aivojen sivuilla sijaitsevista onteloistaan. Aivoja ei poisteta, koska lapillukset tulevat muussa tapauksessa ulos pääkopasta aivojen mukana ja häviävät helposti. Sagittoja otettaessa aivojen poisto on vaikeaa, jos viilto ei ole riittävän syvä. Kun aivot on poistettu, sagitat näkyvät aivojen alapuolisissa onteloissaan, jotka muodostavat keskenään V-muotoisen kulman. Pääkopon onteloon tihkuvaa neste saattaa vaikeuttaa otoliittien löytämistä, jota voidaan helpottaa kuivaamalla ontelo esimerkiksi kuivalla talouspaperilla, pumpulipui-kolla tai ruiskuttamalla onteloon vettä. Kun otoliitit näkyvät selvästi, ne voidaan poistaa helposti teräväkärkisillä pinseteillä. Otoliitit voidaan ottaa pinseteillä myös suoraan aivojen läpi, mutta tämä menetelmä vaatii kokemusta. Näin otetut otoliitit likaantuvat vedettäessä aivomassan läpi ja ne on puhdistettava esimerkiksi kierittelemällä niitä kämmenselkämkyksellä tai paperin päällä. Pienten ja vanhojen kiiskien sekä

kuoreiden otoliitit ovat usein niin kookkaat, että ne kuultavat pään läpi sisimmän kiduskaaren alta kiduskantta nostettaessa ja ne voidaan kaivaa suoraan päästä kidusaukon kautta.

Otoliitit voidaan ottaa myös siten, että mahapuoli alustaa vasten asetetun kalan pää halkaistaan pystysuunnassa kalan suuntaisesti, silmien takaa pään kiinnityskohdan edestä kuononkärkeen saakka. Kun molemmat pään puoliskot vedetään irti toisistaan, otoliitit voidaan kaivaa leikkauspintojen kautta onteloistaan. Tämä menetelmä soveltuu osittain sulaneiden päiden käsittelyyn, kun sisäkorvan onteloiden neste on vielä jäässä eikä otoliitteja voi poistaa muulla tavalla. Otoliitit löytyvät tällöin jäätyneen nesterakkulan sisältä.

Hyvin limaisten kalojen (esim. made) irrotetusta päästä on vaikea ottaa sagitta-otoliitteja edellä mainituilla menetelmillä etenkin, jos cleithrumeja ei ole jätetty päähän kiinni. Päästä on tuolloin vaikea saada riittävän tukevaa otetta. Tällaisissa tapauksissa otoliitit voidaan ottaa pään sisäpuolen kautta. Jos pää on katkaistu niin läheltä niskaa, että cleithrumit ovat jääneet vartaaloon eivätkä päähän, katkaisulinja ulottuu liian lähelle sisäkorvan onteloita, joissa otoliitit sijaitsevat. Tällöin otoliitit saattavat huomaamatta pudota leikkauslinjan viillon kautta ja hävitä. Kidukset irrotetaan tarttumalla niihin tukevalla otteella ja nykäisemällä ne irti, jolloin niiden yläpuolen kiinnityskohdan takaa paljastuu kalan pituussuunnassa oleva pääkopon pohjan harjanne. Leikkaamalla harjanteesta pois pään pituussuuntainen suikale onteloissa sijaitsevat otoliitit



saadaan näkyville. Tämän jälkeen otoliitit voidaan poimia teräväkärkisillä pinseteillä (kuva 29). Vastaavasti otoliitit voidaan ottaa tekemällä poikittainen viilto harjanteen poikki ja taivuttamalla kalan päätä ja vartaloa viillon kohdalta niin, että otoliitit tulevat näkyville. Usein otoliitit näkyvät pääkopan ohuen luun läpi (esim. kuore ja kiiski), jolloin ne on helppo paikantaa.

Otoliittia ympäröivä kalvo poistetaan ennen kuin otoliitin pinta ehtii kuivua. Puhdistetut ja kuivatut otoliitit laitetaan paperipussiin tai muoviputkiloon. Vaihtoehtona kuivana säilyttämiseksi otoliitit voidaan puhdistuksen jälkeen laittaa pieneen, tiiviillä korkilla varustettuun putkeen (etanolinkestävä) ja peittää laimealla etanoliliuoksella (10–20 % tilavuusprosenttia). Laimean etanoliliuoksen ei ole havaittu liuottavan otoliitteja. Etanoliliuokseen säilöttyjen otoliittien pinta ei kuivu ja muutu läpinäkyväksi. Useiden kalalajien (esim. made ja siika) nuorten yksilöiden näin säilöttyjä, läpikuultavia otoliitteja voidaan tarkastella sellaisenaan ilman erillisiä käsittelyjä. Formaldehydi liuottaa otoliitteja, joten sitä ei kannata käyttää (Tesch 1968). Myös neutraloidun formaliinin (pitoisuus 4%) on havaittu liuottavan otoliitteja (Eloranta 1982b).

Jos otoliittia ympäröivää kalvoa ei poisteta ja se ehtii kuivua ennen kuin otoliitti laitetaan puhdistamattomana suomupussiin, sen myöhempi puhdistaminen on vaivalloista. Tällä on merkitystä, jos otoliittia halutaan tarkastella kokonaisuena. Vähemmällä työmäärällä päästään, kun iänmääritys tehdään otoliitin poikkileikkauksesta. Kuitenkin otoliitin päältä on tässäkin tapa-



**Kuva 26.** Siian sagitat näkyvät onteloissaan, kun aivot on poistettu niiden päältä. Toinen otoliitti on kuvassa jo poistettu ja näkyy pinseteissä.



**Kuva 27.** Silakan otoliitteja venelakalla täytetyissä, numeroiduissa muovilevyn (otoliittilevy) koloissa.



**Kuva 28.** Siian pään avaaminen pitkittäisellä viillolla otoliittien irrottamista varten.



Kuva 29. Mateen otoliittien poisto päästä alakautta.

uksessa syytä poistaa suurimmat kudospalat. Kun hyvin pienistä kaloista otetaan otoliitteja, ne voi laittaa puhdistuksen ja kuivauksen jälkeen joko pieniin läpinäkyviin muovisiin salpapusseihin (koko 40 x 80 mm) tai pieniin korkilla varustettuihin putkiin. Salpapusit ja putket voi laittaa varsinaisten suomupussien sisälle ja niitä säilytetään kuten suomunäytteitä.

## Näytteenotto pienistä kaloista

Pienikokoisten kalojen suuri käsittelyherkkyys ja niiden iänmääritykseen soveltuvien luutumien pieni koko asettavat rajoituksia näytteenotolle. Pienikokoisiksi kasvavista lajeista esimerkiksi piikkikaloilla ja kivisimpulla ei ole iänmääritykseen soveltuvia suomuja, ja niiden hauraat luut murtuvat helposti. Iänmääritys tehdään useimmiten otoliitista, joka kestää mekaanista käsittelyä paremmin kuin muut luumat. Otoliitit ovat pie-

net. Esimerkiksi 60 mm pituisen kymmenpiikin sagittoja (halkaisija alle 0,5 mm) ei näe selvästi paljaalla silmällä. Ne on etsittävä kalan päästä mikroskoopin alla hyvissä valaistusolosuhteissa. Silmien yläpuolelle tehdään viilto, jonka kautta aivokudos poistetaan ensin varovasti erittäin hienokärkisillä pinseteillä. Varotoimenpiteistä huolimatta otoliitit saattavat hävitä pään kudosten sekaan. Kun otoliitit on saatu esille, niitä ympäröivä kalvo poistetaan kahden neulan avulla. Jos määritys aiotaan tehdä kokonaisesta otoliitista, se säilyy parhaiten esimerkiksi objektilasilla kirkkaan lakkapisaran sisällä (myös Crystalbond ja useat liimat sopivia). Otoliitin kohta objektilasista voidaan vielä ympäröidä huopakynällä, mikä helpottaa pienen otoliitin löytämistä.

## Luutumanäytteenotto laboratoriossa

Työpäivän aikana käsiteltävien kalojen määrä voidaan arvioida muutaman päivän työskentelyn jälkeen. Edellisen työpäivän päätteeksi voidaan ottaa sulamaan sopiva määrä näytekaloja, jotka ehditään käsitellä seuraavan päivän työajan puitteissa. Jos näytekaloja on otettu sulamaan liian paljon, ne voidaan pakastaa uudelleen, ja jos ne käsitellään arvioitua nopeammin, lisänäytteitä voidaan sulattaa sopiva määrä. Säilytyspusseihin pakatut ja pakastetut kokonaiset kalat sulavat kylmähuoneessa (+4°C) pehmeiksi kalojen ja pussin koosta riippuen 1–2 vuorokaudessa. Yön aikana ne sulavat sen verran, että siirrettäessä huoneenlämpöön kalat voidaan irrottaa toisis-





taan. Tämän jälkeen kalat pehmenevät 1–2 tunnin kuluessa. Ennen otoliittien ottoa näytekalat tai niiden päät on sulatettava kunnolla, jotta otoliitit irtoaisivat onteloistaan. Pakastuksessa jäätyneet otoliitteja ympäröivä neste sulaa viimeiseksi, kun kala jo muuten on sulanut. Jos sulamista halutaan nopeuttaa, näytteet voi laittaa joko kylmään tai kädenlämpöiseen veteen. Kuumaa vettä käyttäminen ei ole suositeltavaa, koska äkilliset, suuret lämpötilan muutokset saattavat vahingoittaa pakastetun kalan pintakerroksen luutumia (etenkin suomuja). Niin ikään siitä on haittaa, jos näytekalosta otetaan myös mahal ravinnonkäyttötutkimuksiin tai lihas- ja elinnäytteitä.

Laboratoriossa on mahdollista käyttää näytteiden käsittelyä helpottavia laitteita ja välineitä, joita ei voi ottaa mukaan maastoon. Sähkökäyttöinen keittolevy ja etenkin mikroaaltouuni ovat luunäytteiden puhdistuksessa tarpeellisia ja niitä voidaan käyttää tehokkaammin kuin retkikeitintä kenttäolosuhteissa. Keittolevyllä kiehuva vesikattila voidaan pitää sopivan lämpöisenä tarvittaessa koko työskentelyn ajan, jos haihtuvaa vesimäärää täydennetään ajoittain. Mikroaaltouunilla voidaan kypsentää nopeasti suuri määrä luunäytteitä. Näytteet laitetaan lasista tai muovista tehtyihin putkiin tai pulloihin, jotka täytetään vedellä niin, että näytteet peittyvät kokonaan. Näytepullot sijoitetaan mieluummin väliseinillä varustettuun laatikkoon (ei metalliseen), joka mahtuu kokonaisuudessaan mikroaaltouunin sisälle. Pahvisista laatikoista otetaan pois mahdolliset metalliset niitit ja laatikon kulmat teipataan

kiinni. Näytteitä kypsennetään täydellä teholla noin kahden minuutin jaksoissa uunin tehosta riippuen. Uunia kannattaa valvoa koko ajan ja varoa, että vesi ei ala kiehua pulloissa. Muussa tapauksessa näytteet saattavat purskahtaa ulos pulloista ja niiden alkuperäistä järjestystä on vaikea kontrolloida. Jos vettä ei lisätä pulloihin tai vettä on liian vähän, luita peittävät kudokset kuivuvat, jolloin luiden puhdistus on vaikeaa. Luut saattavat myös vaalentua niin, ettei vuosirenkaiden erottaminen toisistaan enää onnistu. Pienikokoisellakin mikroaaltouunilla voidaan keittää samanaikaisesti jopa 80 luuta (kuva 30). Keitettyjen luunäytteiden puhdistus on helppoa vesihanasta hiljalleen valuvan vesivanan alla.



Kuva 30. Luunäytteiden keittäminen mikroaaltouunissa.



*Otoliitin katkaiseminen kämmentä vasten*



## 7

# NÄYTTEIDEN KÄSITTELY ENNEN IÄN JA KASVUN MÄÄRITYSTÄ

## Suomunäytteet

Jos suomunäyte on otettu kalan kyljestä niin, että suomut ovat yhtenä levynä, etenkin ohutsuomisten lajien suomut eivät ole päässeet kuivuesaan käpristymään yhtä helposti kuin irtonaiset suomut. Kun suomujen päältä on poistettu niitä peittävä lima ennen näytteenottoa, erillistä puhdistusta ei yleensä tarvita. Suomujen väleissä tai niissä muuten mahdollisesti kiinni oleva kuivunut lima- ja guaniininauha irtoaa helposti hienokärkisten pinsettien avulla. Suomut irrotetaan yksitellen levystä ja niitä voidaan tutkia käsittelemättöminä mikrokortinlukulaitteen tai mikroskoopin avulla. Suomut voidaan esimerkiksi teipata kahden peitinasin väliin tai laittaa lasilliseen diakehykseen, missä ne eivät käperry ja missä niitä voidaan tarkasteltaessa liikuttaa helposti eri asennoissa mikroskoopin kuvakentässä.

Suomuista prässätään nykyisin lähes poik-

keuksetta jäljenteet läpinäkyvälle muovilevyille, koska etenkin vanhojen kalojen tiheässä olevat kasvurenkaat erottuvat jäljenteessä selvemmin ja vuosirenkaat ovat paremmin laskettavissa kuin suomussa. Suomujäljenteiden tekoon ei kuitenkaan kannata ryhtyä heti näytteenoton jälkeen, koska kosteista ja vielä pehmeistä suomuista ei voi tehdä jäljennöstä ja ne saattavat murskaantua prässätessä. Kuivuttuaan ja kovettuttuaan suomut kestävät prässäystä paremmin. Kuivumisajan pituuteen (riittävä aika 2–7 vuorokautta) vaikuttavat suomujen koko (paksuus) sekä kuivumisolosuhteet. Polykarbonaattimuovi soveltuu parhaiten suomujäljenteiden tekoon. Vaikka polykarbonaatti on varsin kovaa kuten moni muu vastaava muovityyppi (esim. polyvinyylikloridi- tai pleksimuovi), sen pinta on suhteellisen pehmeä (naarmuuntuu helposti) ja siksi suomujen rengaskuviointi kopioituu polykarbonaattimuoviin hy-



**Kuva 31.** Suomut asetetaan ohuelle muovilevyllä ja peitetään peltisellä peitinlevyllä (a), minkä jälkeen ne prässäetään suomupuristimen eli suomuprässin avulla (b).

vin. Suomujäljenteet tehdään tavallisesti yhden mm:n paksuiselle levynpalalle, mutta pienten ohutsuomusten kalojen (esim. alle 10 cm:n pituiset muikut) suomut voidaan jäljentää myös 0,5 mm:n levyllä. Pienten (esim. muikku) tai ohutsuomusten kalojen (esim. lohi) suomut murskaantuvat helposti, joten puristusvoimaa ei tarvita paljon. Suurten, paksusuomusten kalalajien (esim. yli 40 cm:n pituisten lahnojen tai kuhien) suomujäljenteet voidaan tehdä jopa paksummalle levyllä (1,5–2,0 mm). Mitä paksumpaa muovilevyä käytetään, sitä enemmän voimaa suomujäljenteiden prässääminen vaatii. Kookkaiden lahnojen, ruutanoiden tai karppiin paksuista suomuista saattaa olla vaikea tehdä ohuelle muoville suomun keskeltä reunaan saakka ulottuvaa tasalaatuista jäljennettä, koska tällöin joko levy käpristyy tai suomut halkeavat. Levyn käpristymistä voidaan vähentää prässäämällä kookkaasta suomusta leikattu puolikas tai sektorimainen viipale, jossa suomun keskus on mukana.

Suomujäljenteet prässäetään tätä tarkoitusta varten tehdyllä suomuprässillä (kuva 31). Näytekalan suomuja asetetaan muovipalan (pituus 4–7 cm, leveys 1–2 cm) päälle 5–10 kpl suomujen koosta riippuen. Suomujäljenteiden tutkiminen helpottuu, jos suomut asetetaan muovipalan päälle samansuuntaisesti vierekkäin. Suomujen siirtely on helpointa teräväkärkisillä pinseteillä. On tärkeää laittaa suomun karhea, mattapintainen ja useimmiten kupera ulkopuoli muovipalaa vasten, koska juuri tälle puolelle muodostuvat kasvuvyöhykkeet renkaineen. Suomun sileästä sisäpuolesta tehdystä jäljenteestä niitä ei voida nähdä.



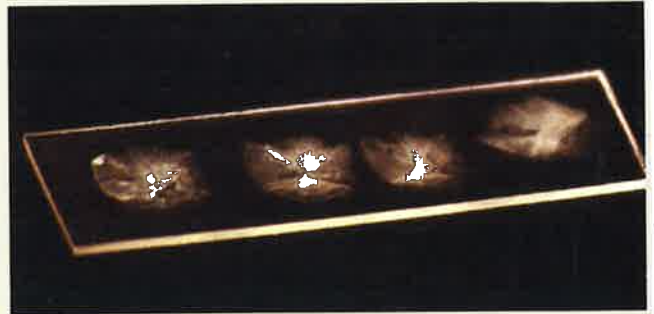
Regeneroituneita ja kylkiviivan kohdalta otettuja suomuja kannattaa välttää, koska niistä on vaikea määrittää kalan ikää luotettavasti. Kylkiviivan suomut oppii tunnistamaan niiden ulkonäön perusteella. Suomujen päälle laitetaan hieman muovipalaa kookkaampi ohuesta pellistä tehty peitinlevy, ja molemmat levyt, joiden välissä suomut ovat, mankeloidaan suomuprässin läpi (kuva 32). Kelvollisen suomujäljenteen tekeminen vaatii harjoitusta.

Suomuprässin kummankin telan päissä on säätöruuvit, joiden avulla puristusvoimaa voidaan säätää. Joskus säätö saattaa viedä paljon aikaa, mutta laadukkaan lopputuloksen vuoksi se kannattaa ja kerran tehty säätö soveltuu samankokoisille suomuille. Kun muovilevy ei käpristy, ja suomut jäljentyvät levyille koko pinta-alaltaan eivätkä halkeile, puristusvoima on sopiva. Ennen kuin suomujäljenteiden tekeminen oppii, jäljenteiden onnistuminen on syytä tarkastaa jokaisen prässäyksen jälkeen joko mikrokortinlukulaitteella tai mikroskoopilla. Tämä on erityisen tärkeää, jos yksi henkilö tekee jäljenteet ja toinen iänmääritykset eikä iänmäärittäjällä ole käytössään prässäykseen soveltuvaa välineistöä.

Prässäyksen jälkeen suomut on laitettava takaisin suomupussiin mahdollista myöhempää tarvetta varten (esim. DNA-tutkimukset).

## Luunäytteet

Iän ja kasvun määritykset voidaan tavallisesti tehdä luunäytteistä ilman esivalmisteluja, kun luut on puhdistettu kunnolla ja ne ovat kuivuneet



Kuva 32. Valmis muovilevyllä puristettu suomujäljenne.

muutaman vuorokauden ajan. Märkä luu on läpi-kuultava eivätkä siinä olevat hyaliinivyöhykkeet erotu selvästi. Kuivan luun pinnalta voidaan laskea ainakin osa vuosirenkaista suurennuslasin avulla. Luun kuivumista voidaan nopeuttaa esimerkiksi puhaltamalla sen pinnalle kuumaa ilmaa. Etenkään ohutta ja leveää luuta (esim. operculum) ei saa lämmittää liian kuumissa olosuhteissa (esim. lämpökaappi tai bunsenlamppu), koska luu voi liian nopeasti kuivuessaan käyristyä. Lisäksi luut halkeavat ja murtuvat helposti. Huoneenlämmössä hitaasti kuivuneet luut säilyvät parhaiten ehjinä esimerkiksi paperisissa suomupusseissa. Pusseja on käsiteltävä varoen, etteivät luut rikkoonnu.

Mikäli luiden pinnalla olevat kudossäänteet peittävät alleen kasvuyöhykkeitä, luut on puhdistettava (ks. Luutumanäytteiden talteenotto, Luut). Luiden paahtaminen ei lisää kasvuyöhykkeiden havaittavuutta (vrt. otoliitit). Kookkailla ja vanhoilla kaloilla useiden luiden, kuten cleithrumin tyviosan (kasvukeskusta lähel-



lä oleva osa) luukerros on usein niin paksu, että ensimmäisen vuosirenkaan paikantaminen saattaa olla vaikeaa. Luukudosta voi yrittää ohentaa, mutta kovan luun ohentaminen on hidasta, eikä ensimmäinen vuosirengas välttämättä löydy ohentamisen jälkeen aiempaa helpommin, voipa näyte mennä pilallekin. Siksi vuosirengasta kannattaa ohentamisen sijaan etsiä muuttamalla luun asentoa mikroskoopin näkökentässä tai valon tulokulmaa luuhun nähden. Joissain tapauksissa luuta kannattaa valaista myös läpi alta päin. Isojen haukien operculumin (joskus myös metapterygoideumin) kasvukeskuksen päälle muodostuu usein huokoista ja pehmeää luukudosta, jonka saattaa onnistua poistamaan varsinaisen luun päältä esimerkiksi preparointiveitsellä tai hyvin pienellä ja terävällä taltalla. Kuitenkin on suositeltavampaa etsiä ensimmäistä vuosirengasta ilman, että käytetään luuta vahingoittavaa terävää työkalua. Huonoimmassa tapauksessa vuosirengasta ei löydetä tällaisen käsittelyn jälkeen enää millään menetelmällä.

Eväruodot ovat paksuimmillaan evän tyven läheisyydessä. Eväruodon tyviosan poikkileikkauspinnassa ensimmäinen vuosirengas, ts. ensimmäisenä kasvukautena syntynyt ruoto, on nähtävissä. Ruoto sahataan poikki hienolla sahalla tai laikalla kohdasta, jossa ruodon tyven leventymä on loppunut ja tasapaksu ruoto alkaa. Muunlainen ruodon katkaiseminen rikkoo helposti luun rakenteen. Katkaistun ruodon kärki voidaan leikata pois niin, että noin 1–2 cm:n mittainen pätkä ruotoa jää käytettäväksi varsinaisessa määrityksessä.

Kuiva ruodon pätkä asetetaan pystyyn petri-maljan pohjalle kiinnitettyyn sinitarran tms. palaan ja tutkittavaan poikkileikkauspintaan laitetaan 1,2-propanidiolia, glyserolia tai öljyä. Poikkileikkauspintaa tutkitaan preparointimikroskoopissa sivuvalossa. Jotta vuosirenkaat saataisiin näkyviin, valaistuksen säätäminen on olennaisen tärkeää. Helpoimmin onnistutaan, jos ruodon alustan korkeutta pystytään säätämään portaattomasti ilman, että sivuvalon korkeus muuttuu. Kun ruodon poikkileikkauspinta osuu oikeaan kohtaan suhteessa sivuvaloon, vuosirenkaat tulevat näkyviin (P. Doering-Arjes, henk. koht. tiedonanto). Usean yksilön peräkkäin asetetut eväruodot, joiden tyvet ovat suorassa rivissä, voidaan myös valaa juoksevan liima-aineen sisälle (alustana esim. ohut muovilevy). Liiman kovetuttua ruodot sisältävästä palasta sahataan leike, josta määritetään kalojen iät (Kaminski ym. 1990).

Kuivatun ja puhdistetun selkänikaman sileän sisäpinnan kasvuvyöhykkeet voidaan useimmiten laskea mikroskoopin ja valolähteen avulla sellaisenaan. Nikama voidaan myös halkaista hienolla sahalla tai laikalla keskeltä kalan pituuden suuntaisesti, jolloin ensimmäisten vuosikasvuyöhykkeiden havaitseminen helpottuu (Eloranta 1975).

## Otoliittinäytteet

Jos kalojen kasvu on nopeaa ja otoliittien vuosikasvuyöhykkeiden muodostuminen tasaista, puhdistettuja otoliitteja voidaan tutkia sellaisenaan mikroskoopilla (esim. silakka, kilohaili,



made, kampela, muikku ja kuore). Heikon ja/tai epätasaisen kasvun aikana muodostuneet vuosirenkaat jäävät kuitenkin helposti huomaamatta. Etenkin viimeiset vuosirenkaat ovat usein hyvin lähekkäin ja ne voivat olla runsaslukuisia. Käsittelemättömässä otoliitissa lähekkäisten vuosirenkaiden vyöhyke näkyy usein otoliitin reunan lähellä olevana hyaliinivyöhykkeenä, joka voi olla edellistä selvää vuosikasvuvyöhykettä leveämpi ja jossa saattaa olla erotettavissa juovikuutta. Myös jo hidastuneen kasvun ja uudelleen alkaneen nopean kasvun rajakohdassa saattaa olla vuosirenkaita, jotka eivät ole havaittavissa suomuista, luista tai käsittelemättömistä otoliiteista.

Otoliitti voidaan myös katkaista, halkaista tai hioa niin, että katkaisupinta tai hiottu pinta kulkee otoliitin keskuksen läpi, jolloin kalan elinvuosina muodostuneet otoliitin kerrokset ovat näkyvissä. Käsien tehtyä katkaisua tai hiontaa on syrjäyttämässä ohuiden leikkeiden sahaus otoliiteista. Menetelmä on nopea ja tuo lisää mahdollisuuksia otoliitteja hyödyntäviin tutkimuksiin. Otoliitin keskustan lävistävältä poikkileikkauspinnalta voidaan laskea vuosirenkaat luotetavammin ja helpommin kuin kokonaisesta otoliitista. Nopean kasvun aikaiset vuosirenkaat saattavat sopivassa sivuvalossa näkyä käsittelemättömälläkin katkaisupinnalla, mutta toisaalta osa niistä voi jäädä havaitsematta, kuten hitaan tai olemattoman kasvun vuodetkin. Renkaat saadaan näkyviin, kun otoliittia käsitellään niin, että hyaliinikerrosten ja opaakkikerrosten proteiinipitoiset rajapinnat eli lähinnä vuosirenkaat vär-

jäytyvät muuta otoliittia tummemmiksi. Menetelmänä käytetään paahtamista ja kasvavassa määrin erilaisia histologisia värjäyksiä.

### **Paahtaminen**

Paahtaminen on ollut usean vuosikymmenen ajan yleisimpiä otoliittien värjäysmenetelmiä. Paahtetussa otoliitissa hyaliinikerrokset, ja erityisesti hyaliinikerrosten ja opaakkikerrosten rajapinnat, näkyvät muuta otoliittia tummempina (Christensen 1964). Näin saadaan näkyville nekin vuosirenkaat, jotka eivät näkyisi värjäämättömässä otoliitissa. Otoliitti voidaan paahtaa heti näytteenoton jälkeen, yleensä kuitenkin ennen katkaisua tai hiontaa. Paahtamisen seurauksena otoliitin pintakerros tummuu, minkä jälkeen otoliitista sellaisenaan ei enää voi nähdä kuultavia hyaliinikerroksia. Jotta vuosirenkaat voitaisiin laskea, otoliitti on katkaistava. Useiden valamerikalalajien iänmäärityksissä käytetään menetelmää, jossa otoliitti katkaistaan tai hiotaan ensin ja paahtetaan vasta sen jälkeen.

Käytännöllinen tapa paahtaa otoliitti on piittää sitä metallisen lusikanvarren (spaatteli) tai preparointiveitsen terän päällä ja kuumentaa lusikanvartta tai terää nokeamattomalla liekillä (kuva 33). Tällöin otoliitti ruskistuu kuuman metallin päällä tasaisemmin kuin suoraan liekissä, eikä varsinkaan otoliitin herkimmin mustuva reuna pala yhtä helposti. Paahtamiseen soveltuu sprii- tai kaasubunsenlamppu tai sähkölevy. Kynttilänliekin tai muun vastaavan liekin käyttö nokeaa paahtettavan otoliitin mustaksi, jolloin



sen jatkokäsittely on hankalaa. Otoliiattia paahdetaan liekin yläpuolella (etäisyys liekistä noin 2–5 cm), kunnes se muuttuu tumman ruskeaksi (noin 10–15 sekuntia). Tämän jälkeen otoliitti pudotetaan veteen, jottei se paahduisi liikaa ja jotta se jäähtyisi nopeasti. Paahdettaessa kannattaa ottaa huomioon, että otoliittien rakenne heikkenee sitä enemmän mitä tummemmaksi ne paahduvat.

Etenkin nuorten ja nopeakasvuisten kalojen otoliitit palavat helposti tuhkaiksi, koska ne eivät ole yhtä kovia ja kiinteitä kuin suurien ja hidaskasvuisten yksilöiden otoliitit. Paahdaminen on lopeuttava viimeistään, kun otoliitti on tasaisen tummanruskea, ja ehdottomasti ennen kuin se alkaa harmaantua eli tuhkaantua reunoiltaan. Jos otoliitti ehtii tuhkaantua harmaaksi, se on hauras ja hajoaa helposti murusiksi. Liikaa palanut pintaosa voi myös estää viimeisen tai viimeisten vuosirenkaiden havaitsemisen.

Ei ole samantekevää, miten päin otoliitti on asetettu lusikanvarren tai veitsen terän päälle paahdettavaksi. Iältään tunnettujen siikojen otoliitteista (sagitta) on havaittu, että kun niiden otoliitteja paahdetaan kupera puoli ja sulcus ylöspäin, nopeakasvuistenkin siian uloin vuosirengas voi jäädä havaitsematta. Vaikka paahdettujen otoliittien poikkileikkauksissa sisimmät vuosirenkaat näkyvät selvästi, uloin vuosirengas ei aina tummu kunnolla, vaikka sen ulkopuolella olisi vielä opaakkia. Heikosti värjäytyvä alue sijaitsee litteän otoliitin reunolla, jossa nopeakasvuisten yksilöiden uloin vuosirengas on parhaiten erotettavissa. Heikon havaittavuuden vuoksi yksi vuosi saattaa jäädä huomaamatta tai vaihtoehtoisesti heikko merkki otoliitin reunan lähellä voidaan tulkita vuosirenkaaksi, vaikka kyse olisi-kin valerenkaasta. Kun otoliitti paahdetaan kupera puoli ja keskusuurre alaspäin, nopeakasvuisten siian uloin vuosirengas tulee näkyviin kuten muutkin vuosirenkaat. Sen sijaan viimeisinä vuosinaan hitaasti kasvaneen tai kasvunsa lopettaneen kalan viimeiset vuosirenkaat, jotka ovat normaalisti havaittavissa otoliitin kuperalla pinnalla, voivat paahdettaessa palaa niin, että ne eivät enää ole erotettavissa. Näillä yksilöillä otoliitin reuna-alueiden havaitseminen ei puolestaan ole niin tärkeää, koska kalojen ikä ei muutenkaan ole niistä laskettavissa. Nopeakasvuisten yksilöiden otoliitti tulisi siis paahdtaa kupera puoli ja keskusuurre alaspäin ja hidaskasvuisten vastavasti ylöspäin asetettuna. Otoliiitin litteän muodon voi olettaa kertovan kalan nopeasta kasvusta, paksun muodon hitaasta kasvusta.



**Kuva 33.** Otoliiitti voidaan paahdtaa preparointiveitsen terän tai lusikanvarren päällä.





## Katkaisu, hionta ja sahaus

### *Katkaisu pinsettien tai veitsenterän avulla*

Paahdetut otoliitit katkaistaan mahdollisimman keskeltä otoliitin keskusta (nukleus), jonka sijainti selviää parhaiten preparointimikroskoopin avulla. Otoliitin keskus sijaitsee melko keskellä otoliittia. Katkaisu tehdään poikittaissuuntaisesti esimerkiksi painamalla otoliittia hienokärkisen pinsetin kärjellä kämmentä vasten (kuva 34). Vanhojen kalojen otoliitit ovat kovempia ja ne katkaistaan esimerkiksi painamalla niitä terävän veitsen terällä muovisen petrimaljan pohjaa vasten, kunnes ne katkeavat (kuva 35). Tällöin malja kannattaa peittää vapaan käden kämmenellä, jotteivät otoliitit puolikkaat lennä ympäristöön. Yleensä paahdettu otoliitti katkeaa siitä kohdasta, mistä sitä painetaan. Joidenkin lajien (esim. kuha ja ahven) paahtamaton otoliitti voidaan katkaista myös kaksien pinsettien avulla. Pinseteillä tartutaan otoliittiin katkaisukohdan molemmiin puoliin ja otoliitti taitetaan poikki.

Jos paahdetussa otoliitissa tavallisesti tummana näkyvää suhteellisen suurta nukleusta ei havaita kummassakaan puoliskossa, katkaisulinja ei ole kulkenut keskikohdan kautta. Tällaisessa tapauksessa nukleuksen sisältävää suurempaa puoliskoa voidaan hioa, kunnes otoliitin keski-kohta saadaan näkyville. Joidenkin nopeakasvuisten kalalajien nuorten yksilöiden (esim. siika) otoliittien katkaisu nukleuksen kohdalta on vaikeaa, koska paahtamisen seurauksena haurastuneet otoliitit lohkeavat helposti väärästä kohdasta, väärällä tavalla pituusakselinsa suuntaises-



**Kuva 34.** Otoliitin katkaiseminen kämmentä vasten.

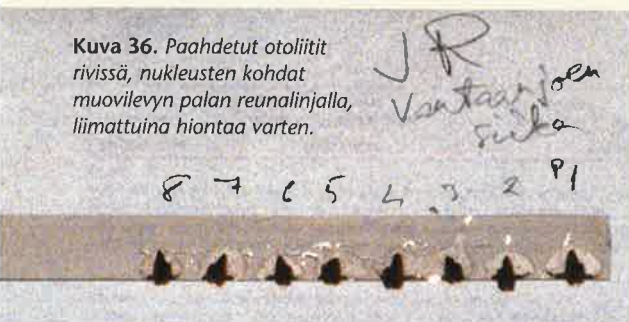


**Kuva 35.** Otoliitin katkaiseminen preparointiveitsen avulla kovaa alustaa vasten.

ti tai hajoavat pieniksi kappaleiksi. Murusiksi hajonnutta otoliittia on usein mahdotonta käyttää iänmääritykseen. Jos molemmat otoliitit on otettu näytteeksi, jäljelle jäänyttä otoliittia on varmuuden vuoksi paahtettava vähemmän aikaa kuin edellistä, ettei se murene.



**Kuva 36.** Paahdetut otoliitit rivissä, nukleusten kohdat muovilevyn palan reunalinjalla, liimattuina hiontaa varten.



**Kuva 37.** Otoliittien hionnassa tarvittava vesihiomapaperi voidaan kiinnittää kovalle alustalle, eri hiontakarkeudet lähekkäin, helpottamaan hiontaa.



**Kuva 38.** Crystalbond-vahan sulattaminen otoliitin jäykistämiseksi ja kiinnittämiseksi objektilasiin.

### Hionta

Paahattomien tai paahdetun ja paahattamisen yhteydessä enemmän tai vähemmän haurastuneen otoliitin voi jäykistää hiontaa varten kaksikomponenttiliimalla (Super Epoxy, Araldit tai vastaava), hartsilla tai vastaavalla. Otoliitti liimataan ensin paperiliimaukion avulla paikalleen suorareunaiseen muovilevyyn (esim. polykarbonaatti) siten, että otoliitin keskikohta on levyn reunan kohdalla ja toinen pää reunan ulkopuolella. Useita otoliitteja käsiteltäessä riviin aseteltavien otoliittien nukleusten tulee osua samalle linjalle (kuva 36). Otoliittien sijoittaminen kohdalleen muovilevyyn onnistuu parhaiten preparointimikroskoopin tai siihen kytketyn videojärjestelmän avulla. Esiliimauksen ansiosta otoliitti ei liiku paikaltaan, kun se peitetään aluslevyn kohdalta kokonaan jäykistäväksi tarkoitettuun liimaan. Epoksiliimaa tai vastaavia jäykistysaineita käytettäessä on muistettava, että ne ovat **myrkyllisiä** ja aiheuttavat allergiaa – ihokosketusta liiman kanssa tulee välttää pitämällä suojakäsineitä, ja tuuletuksesta on huolehdittava. Liimauksen teko vetokaapissa on suositeltavaa.

Kun liima on täysin kovettunutta, mieluiten seuraavana päivänä, paahdettu otoliitti voidaan katkaista saksien kärjillä 0,5–1 mm:n päästä nukleuksesta, ja se hiotaan lähelle nukleuksen keskikohtaa joko karkealla vesihiomapaperilla (karkeus alle 600) tai hienolla viilalla. Paahattomien otoliittien hiotaan alusta alkaen, koska se voi saksia käytettäessä rikkoutua väärästä kohdasta. Karkean hionnan jälkeen hiontapinta viimeistellään hienolla vesihiomapaperilla (karkeus 1200;



kuva 37). Hionnan karheus häviää, kun otoliittia tarkastellaan vedellä peitettyinä. Jos otoliitteja on liimattu levyn reunaan riviin esimerkiksi kymmenen kappaletta, kaikki tulevat hiotuksi samalla kertaa, edellyttäen että nukleukset ovat samalla hiontalinjalla. Karkea hionta voidaan tehdä vielä nopeammin hienoteräisellä laikalla tai puuviilalla.

Liimojen sijasta voidaan käyttää myös muita aineita, jotka soveltuvat otoliitin jäykistämiseen hiontaa varten. Tällainen on sulatettava, kirkas vaha, *Crystalbond™ 509* (Mounting wax 408150), jota on käytetty mm. Ruotsissa Sötvattenslaboratorietissa ja jota markkinoi yhdysvaltalainen Buehler (Suomessa toimittaja Knorrning OY AB, Karvaamokuja 6, PL 20, 00381 Helsinki, sähköpostiosoite knorrning@co.inet.fi, yhden 100 g:n pötkön hinta tammi-kuussa 2000 noin 450 mk + ALV). Myös Crystalbondin kanssa tuuletus tai tuulikaapin käyttö on suositeltavaa, joskaan sitä ei pidetä yhtä myrkyllisenä kuin em. liimoja. Crystalbondia on käytetty mm. särkikalojen lapillus-otoliittien hionnassa (C. Ångström, henk.koht. tiedonanto). Kuuman ilman avulla pehmenneen Crystalbondtangon (halkaisija 20 mm) palasta muotoillaan ensin ohut puikko (paksuus noin 5–10 mm). Puikosta sulatetaan bunsenlampun liekissä pisaroita, joilla otoliitti kiinnitetään objektilasin pintaan (kuva 38). Crystalbond on jäykisteaineena erinomainen ja hankalanmuotoisetkin otoliitit voidaan kiinnittää alustaan ja hioa sen avulla halutulla tavalla.

### Sahaus

Euroopassa yleistymässä oleva menetelmä ohuen leikkeen sahaus otoliitista. Sahausmenetelmien kehittyminen on mahdollistanut mm. otoliitteihin perustuvien, halpojen massamerkin-tämenetelmien (lämpötilamerkinnot, kemialliset värjäykset) käytön suurilla kalamäärillä.

Otoliittileikkeitä tehdään sahoilla, joissa kahden ohuen ja lähekkäin olevan terän etäisyys on säädettävissä tarvittavan leikkeen mukaiseksi. Tarpeen vaatiessa leike värjätään iänmäärittystä varten. Tarkoitukseen sopivat sahat ovat melko kalliita (esim. Accutom-5/-50 (Struers A/S), noin 60 000 FIM eli 10 000 EUR) ja soveltuvat parhaiten suurien otoliittimäärien sahaukseen. Muu sahan lisäksi tarvittava välineistö maksaa suunnilleen 60 000 mk, eli kaikki tarvittava välineistö maksaa yhteensä noin 120 000 mk (vuoden 1999 hinta). Lisäksi sahan käyttämiseen tarvitaan tila, jossa on sahaan kytkettävissä oleva vesipiste ja otoliittien valussa tarvittava vetokaappi. Etenkin jos otoliiteista tehdään tuhansia tai kymmeniä tuhansia määrityksiä vuodessa tai otoliitit ovat pieniä tai hankalan muotoisia, otoliittisahan hankinta voi olla kannattava vaihtoehto. Sahaukset voidaan myös teetää laboratorioissa, jossa on tähän sopiva välineistö.

Ennen kuin otoliitista voidaan sahata leike, otoliitti valetaan kovan muovimassan sisään. Tarkoitukseen on käytetty ainakin polyesterimuovia ja metyyylimetakrylaattimuovia. Myös epoksi-muovi saattaa olla käyttökelpoista. Muovimassoista haihtuu myrkyllisiä aineita, ja käsittelyt on tehtävä vetokaapissa. Bedfordin (1983) esittele-



mässä menetelmässä alumiinimuottiin valetaan ensin ohut kerros mustaksi värjättyä polyesterimassaa, johon otoliitit asetellaan riveihin niin, että nukleusten keskikohdat ovat kussakin rivissä samalla linjalla. Asettelua helpottaa videokamera, jonka avulla otoliitit saadaan näkyviin kuvaruudulle suurennettuna. Kun otoliitit ovat paikallaan, päälle valetaan uusi kerros massaa niin, että otoliitit peittyvät kokonaan ja polyesterilevyn paksuudeksi tulee noin 12 mm. Noin vuorokauden kuluttua, kun polyesterimuovi on kovettunut, muovilevystä sahataan otoliittien nukleuskohdat lävistäviä linjoja pitkin 0,25–0,6 mm:n paksuisia leikkeitä. Sekä leikkeet että erityisesti isojen otoliittien paksuihin muovipaloihin jääneet puolikkaat ovat käyttökelpoisia iänmäärityksessä.

### Histologiset värjäysmenetelmät

Paahtamisen rinnalle on kehitetty värjäysmenetelmiä, joilla otoliitin vuosirenkaat saadaan esiin kuten paahtamisessakin, mutta parhaimmillaan vielä selvempinä (Bouain & Siau 1988). Värjäyksen etuna on myös se, että suuri määrä otoliitteja saadaan määrityskelpoisiksi kerrallaan. Merikaloiilla tehtyjen värjäyskokeilujen perusteella on havaittu, että tietty yksittäinen värjäysmenetelmä ei sovi kaikille kalalajeille, mutta kahdesta eri periaatteella toimivasta menetelmästä jompikumpi sopii useimmille. Otoliitin valkuaisaineipitoisuuden ja valkuaisaineiden sijoittumisen otoliitissa on arveltu vaikuttavan havaittuihin eroihin (Richter & McDermott 1990). Merikaloiilla tehdyt vertailut viittaavat siihen, että histo-

logiset värjäykset vaikuttavat samalla tavalla kuin paahtaminen, ts. samat renkaat tulevat esiin molemmissa. Vuosirenkaiden ja valerenkaiden ominaisuudet voivat vaihdella värjäystavasta riippuen, joten kokemus tietystä värjäysmenetelmästä lisää määritysten luotettavuutta. Vuosirenkaat saadaan ainakin joillakin lajeilla tyydyttävästi esiin myös lyhyellä suolahappokäsittelyllä.

Värjäysmenetelmien sopivuudesta on kalalajeillamme vähän kokemuksia, mutta tehtyjen kokeilujen alustavien tulosten mukaan useilla lajeilla värjäystulos on erinomainen (ks. Lajikoh-taisia erityispiirteitä). Toistaiseksi ei ole tietoa siitä, voiko tietty värjäysmenetelmä olla jonkin sisävesikalakannan yksilöillä hyvä ja toisella saman lajin kannalla kelvoton.

### *Värjäys ennen katkaisua*

Otoliitit upotetaan väriaineliuokseen sopivaksi ajaksi (esim. pakasterasia tai kyvetti), jolloin väriaine imeytyy otoliitin sisään ja värjää hyaliinikerrokset opaakkikerroksia tummemmiksi. Aniliininsinisen ja toluidiininsinisen (molemmissa 1 %:nen liuos) on havaittu värjäävän menestyksellisesti ainakin punakampelan ja joidenkin turskakalojen otoliitteja. Kun otoliitti värjäyksen jälkeen katkaistaan, vuosirenkaat näkyvät värjäytyneinä (Richter & McDermott 1990).

### *Katkaisupinnan värjäys*

Sahatun tai hiotun otoliitin poikki- tai pitkittäispinnan värjäys voi perustua siihen, että valkuaisaineipitoisten vuosirenkaiden ympäriltä syövytetään kalkkia happokäsittelyllä tai siihen, että



proteiini poistetaan entsyymikäsitteilyllä. Happokäsittelyssä valkuaisainekasaumat erottuvat kalsiumkarbonaatista, ja väriaine värjää ne syöpynttä opaakkipintaa voimakkaammin selvästi näkyviksi.

Englannissa käytetään merikaloiden otoliittien värjäyksessä menetelmää, jossa happo ja väriaine ovat samassa liuoksessa. Otoliitteja värjätään 10–20 minuuttia liuoksessa, jossa on neutraalipunaa (1 %:nen liuos, paino-%) ja etikka-happoa (0,5 %:nen liuos, tilavuus-%; lisää happo veteen, ei päinvastoin!). Neutraalipunan on havaittu värjäävän hyvin mm. piikkikampelan, silokampelan ja kielikampelan otoliittien vuosirenkaita, toisaalta esimerkiksi turskakaloilla tulokset ovat olleet heikkoja (Richter & McDermott 1990). Menetelmä sopii useimmille kaloille – yleensä 10–15 minuuttia värjäysliuoksessa riittää vuosirenkaiden värjäytymiseen. Joilakin lajeilla 10 minuuttia lienee parempi värjäysaika kuin 15 minuuttia, toisilla päinvastoin. Otoliitin koko voi myös vaikuttaa värjäytymisaikaan. Kovin erikokoisia otoliitteja ei kannata laittaa samaan värjäyserään, sillä pienimmät saattavat syöpyä liikaa ja kookkaimmat liian vähän. Kun otoliitit on nostettu pois väriaineesta, ylimääräinen väri huuhdellaan varoen vedellä pois. Värjäytyminen on samantapaista kuin paahdetussa otoliitissa, mutta painottuu vielä selvemmin proteiinipitoisiin hyaliini- ja opaakkikerrosten rajakohtiin (ks. kuvataulut). Sopivassa sivuvalossa neutraalipunavärjätty otoliitin poikkeileikkauspinta näyttää usein siltä kuin vuosirenkaat erottuisivat siinä matalina portaina, mikä nä-

kyy etenkin vanhoissa kaloissa.

Menetelmässä, jossa otoliitteja liotetaan suhteellisen kauan (12–14 tuntia) fuksiinihappossa (2–3 %:nen liuos lienee sopiva), niitä värjätään hapotuksen jälkeen 1–3 minuuttia 5 %:sessa amidomustassa (*Amido-Schwartz*). Lopuksi otoliitit kuivataan paperilla. Vuosirenkaat näkyvät tummansinisinä vaaleanpunaisella pohjalla (Bouain & Siau 1988).

Kelvollinen värjäysmenetelmä voi olla myös otoliittien liottaminen proteinaasi K-puskurissa (*proteinase K-buffer*), joka kuluttaa valkuaisaineet pois ja jättää kalsiumkarbonaatin jäljelle. Tällä värjäystavalla sekä vuosirenkaat että vuorokausirenkaat on saatu muutamalla kokeillulla kalalajilla esiin (Shiao ym. 1999).

Hiottu otoliitti voidaan myös syövyttää eli etsata laimeassa suolahapossa (HCl), esimerkiksi 0,05 M (= 0,41 ml 37-%:sta suolahappoa 100 ml:aan tislattua vettä; lisää happo veteen, ei päinvastoin!), jossa sitä pidetään noin minuutin ajan (Mosegaard ym. 1989). Väkevämpääkin HCl-liuosta, kuten 1 %:sta (0,33 M; 2,7 ml 37-%:sta HCl/100 ml tislattua vettä) on käytetty etsauksessa. Proteiinipitoiset vuosirenkaat tulevat esiin kalkin syöpyessä ympäriltä ja näkyvät mikroskoopissa hieman ympäristöönsä tummempina (Mosegaard ym. 1989). Elektronimikroskooppitutkimusta varten hiontapinta voidaan etsata EDTA:lla (0,1 M liuos, jonka happamuus on säädetty NaOH:lla pH 7,0:ään) ja päällystää ohuella kultakerroksella (Huuskonen & Karjalainen 1995).



Särjen kylkiviivan suomu



## 8

# LUUTUMIEN TARKASTELUSSA KÄYTETTÄVÄT LAITTEET

## Mikrokortinlukulaite, diaprojektori ja preparointimikroskooppi

Uusiin luunäytteisiin tutustuttaessa niitä voidaan tarkastella erilaisten suurennuslasien avulla.

Nuorten ja nopeakasvuisten kalojen iänmääritys onnistuu jopa tällaisilla menetelmillä, mutta vanhojen kalojen kaikkia vuosirenkaita ei havaita ilman parempaa välineistöä. Kasvunopeudesta kuitenkin voidaan tehdä karkeita arvioita ja päätellä, tarvitaanko iänmääritystä varten joku toinen rinnakkainen luutuma, kuten otoliitti.

Suomujäljenteitä, sekä ohuita ja läpikuultavia suomuja, tutkitaan yleisimmin mikrokortinlukulaitteella (kuva 39). Tutkittava näyte asetetaan laitteessa olevien, ulos vedettävien lasilevyjen väliin ja työnnetään takaisin laitteen sisälle. Tuolloin suomun kuva heijastuu ylösalaisin näyttöruudulle. Kuten luettaessa mikrokorttia (mihin laitteita aiemmin pääasiassa käytettiin), jäljenteitä voidaan liikuttaa ruudulla ja tutkia yksitellen. Näyttöruudun kuvaa voidaan tarkentaa portaattomasti, mutta sen kokoa voidaan muuttaa

ainoastaan vaihtamalla laitteen linssin polttoväliä. Suurennus vaihtelee eri laitteilla. Pienten kalojen suomuja katsottaessa tyypillinen suurennus on 38,5-kertainen (linssin polttoväli 17 mm). Kookkaiden kalojen suomuilla 23-kertainen suurennus (linssin polttoväli 29 mm) on riittävä lukuun ottamatta kaikkein suurimpia suomuja (karppi, muut kookkaat särkikalat kuten lahna, säynävä tai iso ruutana). Ison kalan suomuja tarkasteltaessa on hyödyllistä käyttää useampia suurennuksia tai jotain seuraavaksi esiteltävistä laitteista.

Suomuja voidaan tutkia myös heijastamalla niiden kuvia valkokankaalle tai vaalealle seinälle. Tämä voidaan tehdä vaivattomimmin tavallisen diaprojektorin avulla. Projektorilla heijastetaan joko lasitetun kehyksen sisään laitettuja suomuja tai ohuelle muoville prässätty jäljenne, joka myös on lasitetun kehyksen sisällä. Lasitomaan kehykseen asetettu muovijäljenne saattaa sulaa laitteen sisälle, jos sitä tutkitaan pitkään. Menetelmän etu on, että heijastetun kuvan koko



on säädettävissä halutun suuruiseksi, mikäli projektorissa on kuvan koon säätömahdollisuus.

Preparointimikroskooppi soveltuu paitsi suomujen tai niiden jäljenteiden myös luiden ja otoliittien tutkimiseen (kuva 40). Varsinkin, jos suomut ovat niin kookkaita, etteivät ne mahdu mikrokortinlukulaitteen kuvaruudulle, mikroskoopin käyttö on perusteltua. Kookkaat ja pak-

sut suomut käyristyvät helposti ja voivat muutenkin olla vaikeaselkoisia. Siksi niistä kannattaa tehdä jäljenne, jota tutkitaan suomun asemesta. Tämä on erityisen tärkeää, kun mitataan suomun kasvuvyöhykkeiden leveyksiä mikroskoopin okulaarin mitta-asteikon avulla. Vuosirenkaiden sijainnit voidaan mitata luista myös erikseen esimerkiksi viivottimen tai työntömitan avulla. Näyte valaistetaan mikroskooppiin kiinnitetyllä valolähteellä tai erillisellä kylmävalolaitteella, jonka pitkät ja taipuisat valokärjet on helppo suunnata haluttuun kohtaan.

Kookkaiden otoliittien vuosirenkaiden laskeamisessa sopiva binokulaarisuurennus on vähintään 16-kertainen ja pienten otoliittien vähintään 32-kertainen. Jos tutkitaan vanhojen ja hidaskasvuisten kalojen otoliittien poikkileikkauspintoja, tarvittava suurennus voi olla yli 100-kertainen. Otoliitista sahattuja, ohuimmillaan noin 0,3 mm:n paksuisia leikkeitä voidaan tarkastella myös tutkimusmikroskoopissa. Vuorokausirenkaiden tarkastelussa suurennus voi olla 250–1000-kertainen (Huuskonen & Karjalainen 1995). Tutkittaessa suurta erottelukykää vaativia näytteitä varteenotettava vaihtoehto on elektroni-mikroskooppi.

## Tietokone määrittelyn apuna

Joihinkin mikroskooppeihin on mahdollista liittää järjestelmäkamera, jolla näytteet voidaan valokuvata. Videokameran avulla näytteen kuva on siirrettävissä myös videolaitteelle. Kun video kytketään videomonitoriin tai videokortilla va-



**Kuva 39.** Suomun tarkastelua mikrokortinlukulaitteen avulla.



**Kuva 40.** Iänmääritys tehdään usein preparointimikroskoopin avulla





rustettuun tietokoneeseen, näytettä voidaan tutkia samaan tapaan kuin mikrokortinlukulaitteella, mutta näytteen koko kuvaruudulla, kuvan laatu ja valaistus ovat lisäksi muunneltavissa. Yksinkertaisimmilla tietokoneohjelmilla kuvaruudulla näkyvästä luutumasta voidaan esimerkiksi hiiren avulla merkitä vuosirenkaiden paikat, jolloin kasvuvyöhykkeiden leveydet tallentuvat tietokoneeseen. Samantapaiseen toimintoon on saatavissa myös mikrokortinlukulaitteeseen sopivaa tekniikkaa (esim. Mitutoyo Scandinavia AB, Släntvägen 6, 19427 Upplands Väsby, Sverige, puh. 46 8 594 109 50).

Ilman em. tekniikkaakin vuosirenkaiden sijainnit voidaan nopeasti näppäillä tietokoneelle sitä mukaa kun mittaus edistyy. Taulukkolaskentaohjelmaan (esim. Microsoft Excel) tehdyn mallin avulla tietokoneen näytölle saadaan haluttaessa arvio kalan pituudesta juuri koneelle naputellun vuosirenkaiden syntytietokoneella. Tietokoneen ohjelmoitavuuden ja sovellusten ansiosta tutkimusaineiston käsittelymahdollisuudet ovat lähes rajoittomat.

Uusia, mikrotietokoneiden kehityksen mahdollistamia sovelluksia ovat ns. hahmontunnistusohjelmistot, jotka analysoivat videokuvaa. Suomalainen SUOMU (versiot I ja II) (J. Kuusela, Riistan- ja kalantutkimus) on kehitetty erityisesti lohen iänmäärittämiseen suomusta. Ohjelma erottaa kuvan kontrastit, ja se voidaan panna merkittävään suomukuvasta valitulle linjalle ehdotuksensa kasvurenkaiden sijainneista. Määrittäjä päättää, mitkä ehdotukset hän hyväksyy tai lisää kasvurenkaiden, joita ohjelma ei ole merkinnyt. Oh-

jelma laskee kasvurenkaiden määrät halutuilta alueilta. Määrittäjä merkitsee vuosirenkaiden sijainnit ja ohjelma liittää tiedot aiemmin syötettyihin kyseisen kalan esitietoihin (koko, pyyntipäivä, ym.). Kalan koko vuosirenkaiden syntytietokoneella, vuosikasvuvyöhykkeiden leveydet ja kasvurenkaiden määrä kunakin vuotena ovat helposti laskettavissa. Näitä tietoja voidaan käyttää hyväksi iänmäärittämisessä ja selvitetessä sitä, oliko kyseinen kala peräisin viljelylaitokselta vai luonnonkudusta. SUOMUsta on olemassa DOS-versio, ja Windows-versio on kehitteillä.

Pitkälle kehitelty, mutta vielä vuonna 2000 keskeneräinen, on Windows-käyttöjärjestelmässä toimiva, ranskalainen Visilog 5 -ohjelmalla tehty TNPC Development Kit. Ohjelmalla voidaan muunnella kuvan kontrastia ja valoisuutta, ja kaikki kuvat ovat tallennettavissa tiedostoiksi. Ohjelma ehdottaa haluttaessa esimerkiksi ahvenen operculumista vuosirenkaiden paikkoja, jotka voidaan hyväksyä, hylätä tai joiden tilalle voidaan valita muita. Ohjelma piirtää käyrän, jolta näkyvät operculumin valonläpäisevyyden vaihtelut, ts. opaakki- ja hyaliinivyöhykkeiden ulko-reunojen etäisyydet mittauslinjan alkukohtasta. Käyrä voi helpottaa vuosirenkaiden ja valerenkaiden erottamista toisistaan. Vuosirenkaiden keskinäiset etäisyydet voidaan mitata yhdeltä linjalta tai koneen tekemien toistojen avulla kokonaiselta luutuman sektorilta. Valittujen vuosirenkaiden sijainnit tallentuvat tietokoneelle, ja mittaustulokset voidaan muuttaa pituustiedoiksi tietokoneohjelman avulla (esim. Microsoft Excel).



*Silakan otoliitti*



## 9

# KALOJEN IÄNMÄÄRITYSMENETELMÄT

Iänmäärittäminen voidaan jakaa suoriin ja epäsuoriin menetelmiin. Suorissa menetelmissä kalan ikä voidaan osoittaa varmuudella, epäsuorissa ikää ei tunneta, vaan se arvioidaan. Iältään tunnettuja kaloja voidaan käyttää apuna epäsuorien iänmäärittämenetelmien luotettavuuden lisäämisessä. Epäsuoria iänmäärittämenetelmiä käytettäessä usean rinnakkaisen menetelmän käyttö parantaa iänmäärittäksen luotettavuutta.

## Iältään tunnetut kalat

Ainoa tapa tietää varmuudella kalan ikä on tuntea kyseisen kalayksilön historia kuoriutumisesta lähtien. Iältään tunnettuja ovat esimerkiksi poikasina kyseiselle lajille uuteen ympäristöön istutetut kalat, jos samaa lajia ei ole istutettu samaan veteen muina vuosina eivätkä istutetut kalat ole alkaneet lisääntyä luontaisesti. Kalat on voitu

myös merkitä ennen istutusta, jolloin muut istutuserät tai luontainen lisääntyminen eivät estä niiden tunnistamista. Kalat, jotka on pyydetty luonnonvesistä, merkitty ja vapautettu uudelleen, ovat iältään osittain tunnettuja.

## Lammikoihin ja muihin pienvesiin istutetut kalat

Mikäli kalaparvi on mahdollista eristää omaksi ryhmäkseen altaaseen (kalanviljelylaitokset) tai lampeen, luutumien vuosirenkaiden muodostumista yksilöissä voidaan tutkia luotettavasti. Kun tavoitteena on soveltaa lammikossa kasvaneiden kalojen luutumista saatua tietoa suoraan vuosirenkaiden muodostumiseen luonnonvesissä, lammikot, joissa kaloja joudutaan ruokkimaan, eivät ole soveliaita. Luutumien vuosirenkaat eivät välttämättä muodostu em. ympäristöissä sa-



malla tavalla, eivätkä ne silloin ole vertailukelpoisia. Toisaalta lammikossa tai altaassa on mahdollista tehdä kokeita, joissa voidaan selvittää ruoan saannin, lämpötilan ja sisätiloissa valoisuudenkin vaihteluiden vaikutusta luutumien renkaiden muodostumiseen.

Jos voidaan olla varmoja siitä, että järvessä tai lammessa ei istutettavien kalojen lisäksi ole muita tutkittavan lajin yksilöitä, eikä niitä pääse sinne muualtakaan, olosuhteet ovat ihanteelliset kalojen iän ja kasvun pitkäaikaistakin seurantaan varten. Vaikka istutettavat kalat olisivat samanikäisiä, ne kannattaa merkitä. Muutama vuosi ensimmäisen lisääntymisen jälkeen uudet vuosiluokat sekoittuvat vanhempien joukkoon, ja niitä saattaa olla vaikea erottaa toisistaan. Kun luonnonvesiin istutetaan niissä aikaisemmin esiintymättömiä kalalajeja, istutuksiin tarvitaan erillinen työvoima- ja elinkeinokeskuksen (TE-keskus) kalatalousyksikön lupa.

## Merkinnät

- Kalojen merkinnät (*marking, tagging*) voidaan luokitella sen perusteella, millaista merkintätapaa käytetään. Jos kalaan kiinnitetään selkähahkon lävistävillä metallilangoilla muovinen yksilökoodin sisältävä ns. Carlin-merkki tai muu yksilökohtaisella koodilla varustettu merkki, on kyse yksilöllisestä merkinnästä. Kun merkityt kalat voidaan jälkepäin tunnistaa vain osana merkintäerää, kyse on ryhmämerkinnästä tai massamerkinnästä (Hyvärinen & Leinonen 1999). Ryhmämerkinnässä merkittävien kalojen

määrä on ehkä pienempi kuin massamerkinnässä, mutta käsitteiden ero ei ole kovin selvä. Ryhmä- tai massamerkinnästä on kyse mm. silloin, kun kalan evä tai evän osa (rasvaevä, rintaevä, vatsaevä) leikataan pois tai ihon pintaliman alle ruiskutetaan ultraviolettivalossa näkyviä värihiukkasia. Kalan ihoon voidaan tatuoida mustamerkki tai polttaa kuumatatuointi. Kuonumerkki on pieni metallilangan pala, joka "ammutaan" kalan nenärustoon. Merkissä on koodi, joka kertoo mihin istutuserään kala kuuluu. Myös yksilömerkeiksi sopivia kuonumerkkejä on olemassa. Radioaktiivisessa liuoksessa vastakuoriutuneille poikasille aikaansaatu leimaus on mitattavissa poikasista muutaman kuukauden ajan. Tällöin poikasista tiedetään tarkka kuoriutumisaika, ja menetelmää voidaan soveltaa selvittäessä esimerkiksi vuorokausirenkaiden käyttökelpoisuutta luonnossa kasvaneiden kalanpoikasten iänmäärityksessä tai lämpötilanmuutoskäsitteilyillä tehtyjen merkkien havaittavuutta jonkin aikaa luonnossa kasvaneiden poikasten otoliitteissa.

Otoliittia hyödynnetään useissa massamerkintämenetelmissä. Kalanpoikasten otoliitteihin voidaan synnyttää elinikäinen merkki nopealla ja lyhytaikaisella lämpötilan muutoksella, mikä yleensä tarkoittaa veden viilentämistä muutaman asteen verran, esimerkiksi neljäksi tunniksi kuudella asteella (*thermal marking*). Jos kylmäkäsitely toistetaan kalanviljelylaitoksella useampia kertoja vaihtelevin välein, kalojen otoliitteihin syntyy koodi, josta kyseiseen poikaseraan kuuluneet kalat ovat loppuikänsä tunnistettavissa otoliitin perusteella (mm. Nagiec ym. 1998). Merk-



kien syntymistä voidaan edistää ruokinnan muutoksilla. Tällä menetelmällä voidaan aikaansaada enemmän erilaisia koodeja kuin mihin massamerkinnoissa on tarvetta. Merkkien luettavuutta ajatellen kalanpoikasia saattaa olla syytä ruokkia vain tiettyinä vuorokaudenaikoina ja/tai pitää niitä puolet vuorokaudesta pimeässä ajanjaksona jona lämpötilakäsittelyjä tehdään, jotta otoliitteihin muodostuisi merkintäajanjaksona selvät vuorokausirenkaat. Courtney ym. (2000) käyttivät 400-kertaista suurennosta lämpötilamerkkien tulkinnassa tyynenmerenlohien otoliiteista. Ruokinta- ja lämpötilamuutosten avulla myös suomuihin on saatu tihentymiä: punakurkkulohen (*Oncorhynchus clarki* (Richardson)) poikasten suomuihin aikaansaadut tihentymät auttoivat myöhemmin erottamaan käsitellyt yksilöt käsittelemättömistä (Bigelow & White 1996).

Otoliittien vuorokausi- ja vuosirenkaita hyödyntävien menetelmien käyttö on nopeaa, jos käytössä on tehokas otoliittien käsittelyyn sopiva välineistö (esim. otoliittisaha) ja kunkin lajin otoliittien renkaiden näkyvyyttä helpottavat oikeat värjäysaineet.

Tehokas otoliittia hyödyntävä massamerkinntämenetelmä on kalojen uittaminen värjäysliuoksessa, esimerkiksi alitsariini- tai oksitetrasykliiniliuoksessa (OTC). Väri imeytyy liuoksesta kalan elimistöön, ja jää luutumiin värjäysajankohdasta vastaavaan kohtaan. Merkki on mahdollista nähdä merkkiaineen havainnointiin sopivan menetelmän avulla otoliitissa värjäytyneenä raitana kalan loppuiän ajan (Beamish & McFarlane 1998, Makkonen 1999). Ympäristöolot vaikutta-

vat kuitenkin värjäystulokseen. Alit-sariinia käytettäessä on kylvetsvedessä oltava runsaasti kalsiumia, koska kalan otoliitteihin ei imeydy riittävästi väriainetta vähän kalsiumia sisältävästä merkintäliuoksesta (R. Eckmann & P. Czerkies, henk.koht. tiedonanto). Tetrasykliini saattaa puolestaan, syystä tai toisesta, aiheuttaa kuolevuutta istutetuissa poikasissa, kun vesi on hapanta (R. Hudd, henk.koht. tiedonanto). Kookkaita luonnonkaloja on merkitty väriaineella injektoimalla väriaine kalaan. Tämän jälkeen kala on vapautettu, ja uudelleen kiinni saadun kalan otoliitissa väri on ollut havaittavissa merkintäajankohtaa vastaavassa paikassa. Lämpötilamerkit ja värjäys ovat myös yhdistettävissä, jolloin esimerkiksi tetrasykliinimerkistä havaitaan merkityt kalat ja lämpötilamerkistä tunnistetaan istutuserä.

Merkintää ei voida aina pitää ikä- ja kasvutietojen saannin kannalta samanarvoisena kuin merkitsemättömän saaliskalan luotettavaa iänmäärittystä. Merkin pitää olla yksiselitteisesti tunnistettavissa, merkintä ei saa vaikuttaa kalan kasvuun, lisätä kalojen kuolevuutta, vaikeuttaa niiden liikkumista tai aiheuttaa niille tulehduksia, jotka vaikuttaisivat niiden terveyteen tai käyttäytymiseen. Carlin-merkki saattaa hidastaa kalan kasvua. Lisäksi se vaikuttaa kalojen pyydystettävyyteen, koska merkitty kala takertuu pyyntiverkkojen silmiin helpommin kuin merkitsemätön yksilö. Siksi näin merkityistä kaloista saatuja kasvutietoja ei pidä oikopäätä yleistää koskemaan merkitsemättömiä saman kannan yksilöitä. Carlin-merkillä on kuitenkin etunsa – saaliiksi saadun kalan kasvutietoja voidaan ver-



rata istutusajankohdan tietoihin samasta yksilöstä, ja kalastajat kykenevät tunnistamaan merkityn kalan ja palauttamaan siitä keskeiset tiedot suomunäytteineen tutkimuslaitokselle. Useimpien ryhmä- ja massamerkkien ei ole havaittu vaikuttavan kalojen kasvuun tai kuntoon. Ryhmämerkkien etuna on myös yksilömerkkejä nopeampi ja halvempi merkintä, mutta toisaalta kaloja on merkittävä paljon. Koska kuka hyvänsä henkilö ei tunnista merkittyä kalaa, tunnistamiseen tarvitaan koulutettu henkilökunta ja tarkoitukseen sopiva välineistö.

Poikasina merkittyjen ja luontoon istutettujen, ts. iältään tunnettujen, kalojen luutumien vuosirenkaiden tarkastelu voi olla avain luotettavaan iänmäärittelyyn. Merkittyjen kalojen luutumien toimivat malleina, joiden perusteella saman tai samantapaisesti kasvavan kalakannan

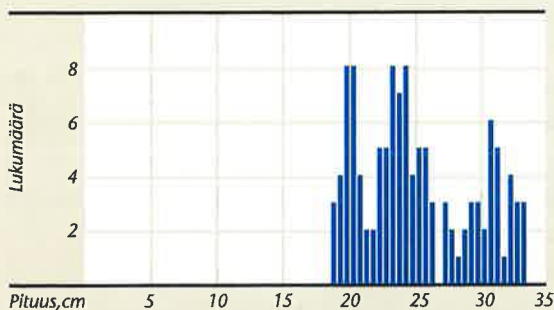
merkitsemättömien yksilöiden luutumista opitaan tunnistamaan vuosirenkaat ja valerenkaat.

Iältään osittain tunnettujen kalojen vuosirenkaiden paikantamista helpottavat tiedot kalan vapautus- ja takaisinpyyntipäivistä. Iältään tuntemattomia kaloja yksilöllisesti merkittäessä on syytä ottaa muutama somu näytteeksi ennen vapauttamista, jolloin voidaan päätellä, mikä kohta palautetun kalan suomussa vastaa merkinnän ajankohtaa. Hyvä tulos saadaan myös ryhmämerkinnällä, jos kalat merkitään luutumiin imeytyvällä ja niissä pysyvällä värjäysliuoksella.

Lajeilla, joilla luutumien renkaita on vaikea havaita tai ne ovat liian epäselviä tulkittavaksi (esim. ankerias), merkintä voi olla ainoa tapa selvittää kalojen ikä.

## Kalakannan pituusjakauma

Kalojen pituusjakaumien tulkinta perustuu lisääntymisen jaksoittaisuuteen. Kaloilla on etenkin arktisessa ja lauhkeassa ilmastovyöhykkeessä vuosittainen lisääntymisaika ja kuoriutumisaikansa perusteella kalat muodostavat vuosiluokan, jonka yksilöiden pituudet ovat seuraavien vuosien aikana tiettyjen pituuden vaihteluvälien sisäpuolella. Näytekaloista tehty pituusjakauma on etenkin nopeakasvuilla kaloilla usein monihuippuinen – lyhimpien kalojen joukossa jakaumahuiput voivat olla selväpiirteisiä, kun puolestaan isommilla yksilöillä erillisiä huippuja ei erotu (kuva 41). Kookkaimpien kalojen määrä on usein niin vähäinen, että ne sijoittuvat kuvaan yksittäisinä havaintoina.



**Kuva 41.** Kalakantanäytteen pituusjakaumassa voivat erottua nuorimmat ikäryhmät, mutta pituusjakaumaa tulkitaan helposti myös väärin. Isorysästä saadun siikasaaliin pituusjakaumasta puuttuvat 1-vuotiaat kokonaan. 2- ja 3-vuotiaat erottuvat huippukohtina 20 cm:n ja 24 cm:n kohdalla; vanhemmat ikäryhmät eivät enää näy erillisinä huippuina.



Esitetyllä tavalla laadittua monihuippuista jakaumaa sekä jakaumien tulkintaa kutsutaan **Petersenin menetelmäksi**. Jakauman huippuja vastaavat arvot edustavat parhaiten tietyn ikäisiä kaloja. Huippujen pituuskeskiarvoa lähimpänä olevat valta-arvot eli moodit edustavat selvimmin ko. ikäryhmää. Mitä kauemmaksi vasemmalle tai oikealle huipusta siirrytään, sitä pienemmällä todennäköisyydellä yksilöt kuuluvat kyseiseen ikäryhmään. Pitkäikäisten kalojen ikäryhmistä kytetään tavallisesti erottamaan pituusjakauman perusteella korkeintaan kolme tai neljä ensimmäistä ikäryhmää, usein vain yksi tai kaksi. Vanhempien ikäryhmien pituuksien vaihteluvälit ovat suurelta osin niin päällekkäisiä, että ikäryhmät eivät enää ole erotettavissa toisistaan kalan pituuden perusteella. Tämä johtuu paitsi kalojen yksilöllisistä kasvuerosta, myös vanhemmiten mm. selektiivisen kalastuskuolevuuden (esim. verkkokalastus) vaikutuksesta.

Petersenin menetelmä soveltuu iänmääritykseen parhaiten kaloilla, joista on helposti saatavissa riittävän suuri näytemäärä, joilla yksilöiden väliset kasvuerot ovat pienet ja joiden tutkimuksessa tärkeitä ovat vain nuorimmat ikäryhmät. Tällaisia ovat esimerkiksi tehokkaasti kalastetut muikkukannat, jotka koostuvat lähes kokonaan parista kolmesta vuosiluokasta. Ennen kuin ikäryhmien ja pituuden vastaavuuteen voidaan luottaa, sopiva otos kaloista on syytä tarkastaa muullakin menetelmällä, kuten iänmäärityksellä luutumista. Tässä voidaan käyttää apuna myös merkinnöillä selvitettyjä kasvutietoja.

Runsaiden ja heikkojen vuosiluokkien seu-

ranta voi myös tuottaa informaatiota kalakannan ikärakenteesta. Edullisten tai huonojen ympäristöolosuhteiden (esim. lämmin tai kylmä kasvukausi) seurauksena saattaa syntyä poikkeuksellisen runsas tai pieni vuosiluokka.

Myös näytekalojen otoliittien punnitusta ja mittauksia on käytetty tai kokeiltu ikäryhmien erottelumenetelminä. Joillakin lajeilla otoliitin massa tai mittasuhteet kertovat vanhojenkin kalojen iän muutaman vuoden tarkkuudella, mutta ikäryhmän tai vuosiluokan tarkkuuteen niillä ei ilmeisesti kannata pyrkiä (Doering & Ludvig 1990, Worthington ym. 1994).

Trooppisten kalojen otoliiteissa rengaskuvioinnit ovat yleensä vaikeaselkoisempia kuin lauhkean ja arktisen vyöhykkeen kaloilla. Siksi otoliittien punnitus ja niiden tiettyjen suhteiden (mm. pituus, leveys, paksuus) mittaus saattavat olla joillakin lajeilla vartenotettavia menetelmiä. Jos kalat lisääntyvät läpi vuoden, niiden pituusjakaumistakaan ei voida erottaa ikäryhmiä samalla tavalla kuin tiettyinä vuodenaikana lisääntyvistä kaloista.

## Iänmääritys luutumista

Kasvuvyöhykkeet muodostuvat luutumiin samalla periaatteella kuin puiden vuosirenkaat. Sekä kaloille että puille on ominaista kasvun vuosittainen ja säännöllinen jaksoittaisuus. Pääperiaate (josta on poikkeamia) on, että kesällä luutumaan muodostuu leveä nopean kasvun vyöhyke ja myöhään syksyllä, talvella tai seuraavan kevään aikana ennen uuden kasvukauden alkua kapea hi-



taan kasvun vyöhyke. Ne muodostavat yhdessä vuosikasvuvyöhykkeen, jonka ulkoreunassa on vuosirengas. Vuosirenkaat yhteen laskemalla voidaan saada selville kalan ikä (ks. iänmäärittämiseen sopivat luutumat).

Jos luutumien renkaat eivät muodostu säännöllisesti joka vuosi, vaan niitä syntyy satunnaisesti tai esimerkiksi veden happipitoisuuden alenemisen vuoksi, iänmäärittämisessä syntyy helpposti ongelmia. Mikäli merkittävät kalat ei tällaisessa tapauksessa ole käytettävissä, todellisten vuosirenkaiden löytäminen valerenkaiden joukosta edellyttää, että kasvukauden aikana näytekaloja pyydetään vähintään kerran kuussa ja niiden luutumat tutkitaan.

## Iänmäärittämismenetelmän luotettavuus

Iänmäärittämismenetelmän **oikeellisuus** (pätevyys; *validity*), joka riippuu iänmäärittämisen **todenmukaisuudesta** (tarkkuudesta; *accuracy*), on kalakantatutkimuksissa tärkeä tulosten käyttökelpoisuuteen vaikuttava tekijä. Todenmukaiset (*accurate*) ikäarviot vastaavat kalojen todellisia ikä. Tietyllä menetelmällä tehdyt iänmäärittämiset voivat olla todenmukaisia esimerkiksi kuuteen ikävuoteen asti. Iänmäärittämisen todenmukaisuus voidaan määrittellä oikein määritettyjen ikien osuuksiksi kaikista määrittämisistä tai iänmäärittämisvirheen keskimääräisenä suuruutena. Useimmiten todetaan, että iänmäärittämiset joko ovat tai eivät ole todenmukaisia. Iänmäärittämiset voidaan todeta todenmukaisiksi, jos esimerkiksi vähin-

tään 85 % määrittämisistä vastaa kalojen todellisia ikä tai jos määrittämisvirhe on keskimäärin pienempi kuin yksi vuosi. Aihetta ovat käsitelleet esimerkiksi Beamish & McFarlane (1995), Francis (1995).

Oikeellisella (*valid*) iänmäärittämismenetelmällä voidaan tehdä todenmukaisia iänmäärittämiset. Iänmäärittämismenetelmän voidaan osoittaa olevan oikeellinen tietyllä kala-aineistolla esimerkiksi kuudenteen ikävuoteen asti (*validation*). Epätarkkuus (*inaccuracy*) puolestaan koostuu kahdesta tekijästä: systemaattisesti toistuvasta, samansuuntaisesta virheestä eli harhasta (*bias*) ja satunnaisesta virheestä, jota on vaikeampi selittää (*unexplained variation, imprecision*).

Vaikka ikä olisi määritetty väärin huomattavalla osalla otoksen kaloista, esimerkiksi 30 %:lla, vaikutukset tutkimustuloksiin eivät välttämättä ole merkittäviä, jos virheet ovat satunnaisia ja mitätöivät toistensa vaikutukset. Iänmäärittäjän tekemät virheet johtuvat usein hänen valitsemastaan tulkinnan linjasta. Virheellisyydet linjavalinnassa johtavat siihen, että määrittäjä toistaa systemaattisesti samaa virhettä, esimerkiksi tulkitsemalla kalakannan yksilöiden luutumuksissa tietyllä kohtaa olevan valerenkaan järjestelmällisesti vuosirenkaksi tai jättämällä huomioimatta muita heikommin havaittavissa olevan vuosirenkkaan. Tämän seurauksena tietyn vuosiluokan tai tiettyjen vuosiluokkien yksilöt tulevat systemaattisesti määritetyiksi joko nuoremmiksi tai vanhemmiksi kuin mitä ne todellisuudessa ovat. Saatu ikäjakauma voi oleellisesti poiketa todellisesta ikäjakaumasta, vaikka 80 % iänmää-





riityksistä olisi todellista ikää vastaavia – suuri vuosiluokka tai jonain vuonna epäonnistunut lisääntyminen saattavat jäädä havaitsematta (Raitaniemi ym. 1998).

Eräs yleisesti käytetty tapa vähentää iänmäärittämisvirheiden vaikutuksia on olla huomioimatta jatkolaskemissa yksilöitä, joiden ikä on jäänyt epävarmaksi. Vaikutus, jolla yhden yksilön iän huomioimatta jättäminen vääristää ikäjakaamaa, on pienempi kuin väärin määritetyn iän vaikutus, sillä epävarman määrityksen poisjättäminen vain pienentää ikäryhmää yhdellä yksilöllä eikä väärin määritetyn iän tavoin lisää yhtä yksilöä toiseen ikäryhmään (toisaalta väärä määritys voi toisinaan myös kompensoida toisen väärän määrityksen vaikutuksen). Jos huomioimatta jätetyt yksilöt ovat ikänsä suhteen satunnaisesti valikoituneita tai niiden osuus määritettävässä otoksessa on pieni ja kokonaisuuden kannalta merkityksetön, menetelmästä saadaan haluttu hyöty. Mutta jos epävarmoja yksilöitä on esimerkiksi 10 % otoksesta, ja ne sattuvat edustamaan tiettyä ikäryhmää tai olemaan jopa ainoat ko. ikäryhmän yksilöt koko otoksessa, pelkkä epävarmojen pois jättäminen voi vaikuttaa ikäjakaumaan.

Jotta tutkimuksen tekijöillä olisi käsitys iänmäärittämisvirheiden vaikutuksista tutkimustuloksiin, mahdolliset iänmäärittämisvirheet tulisi huomioida alusta alkaen laskelmia tehtäessä. Iänmäärittäjän kannattaa merkitä epävarman yksilön tietoihin ne ikävaihtoehdot, joita hän pitää todennäköisimpinä. Kun kalojen iäkiä tallennetaan tietokoneelle, myös epävarmat vaihtoehdot tulee tallentaa sellaisessa muodossa, että laskelmissa voi-

daan myöhemmin käyttää esimerkiksi erilaisia ääri vaihtoehtoja kuten otoksen yksilöt nuorimmillaan ja vanhimmillaan (esim. Heikinheimo julkaisematon). Jos hajonta on tämän seurauksena niin suurta, että tulokset kertovat hyvin vähän tutkittavasta asiasta, on syytä pohtia, voidaanko iänmäärittästä esimerkiksi menetelmää kehittämällä parantaa niin, että tulokset olisivat yksiselitteisempiä. Iänmäärittämisvirheet voivat olla taustalla, kun olemassa olevia ekologisia vuoro-vaikutussuhteita tms. ei havaita.

## Tietoa Internetistä

Iänmäärittämismenetelmien kehitys on nopeaa, ja uusimmista tekniikoista saa tietoa paitsi kirjallisuudesta, myös Internetistä. Tutkimisen arvoisia ovat mm. EFANin (European Fish Ageing Network) kotisivut ([www.EFAN.no](http://www.EFAN.no)). EFANin kotisivuilta saa tietoa paitsi tekniikoista ja iänmäärittäykseen liittyvistä julkaisuista, myös eri kalalajeilla kokemusta saaneiden tutkijoiden yhteystiedoista. Tavoitteena on myös kerätä kalojen luutumakokoelmia (parhaimmillaan iältään tunnetuista kaloista), jotka ovat saatavilla iänmäärittäyksen harjoittelua varten.

Irlannissa on P. Connollyn johdolla laadittu merikaloiden otoliitteihin keskittyvä iänmäärittäykseen valmentautumisohjelma tai elektroninen iänmäärittämisopas "OTO", jota oli syksyllä 2000 saatavilla CD-ROM-versiona, mutta joka oli tulossa myös www-versiona Internet Explorer -selainohjelmalla toimivana, myöhemmin ilmeisesti myös Netscape-versiona.



*länmääritysmenetelmän todenmukaisuuden maksimoimiseksi voidaan käyttää esimerkiksi seuraavia keinoja:*

- 1.** Edellä esitetty merkittyjen yksilöiden luutumien hyväksikäyttö on paras mahdollinen apu merkitsemättömien kalojen luutumien tulkinnessa. Niistä ikäryhmistä, joista merkittyjä kaloja on saatu, ja joista luutumien vuosirenkaat kyetään tulkitsemaan todellista ikää vastaavasti, ikä voidaan määrittää oikeellisella iänmääritysmenetelmällä. Luutumakokoelmien kerääminen erityisesti iältään tunnetuista yksilöistä iänmäärittäjien harjoittelua varten tuottaa pitkällä tähtäyksellä säästöjä.
- 2.** Jos iältään tunnettuja kaloja ei ole saatavissa, iänmäärityksen oikeellisuutta ei kyetä suoraan varmistamaan. Määritysten luotettavuus voidaan pyrkiä saamaan mahdollisimman suureksi usean rinnakkaisen epäsuoran määritysmenetelmän avulla. Saman kalan monen eri luutuman tarkastelu rinnakkain voi paljastaa osan havaituista renkaista valerenkaiksi. Värjätyn otoliitin ulkoreunasta saattaa löytyä suomuisia tai luissa näkymättömiä renkaita, jotka ovat tulkittavissa vuosirenkaiksi.
- 3.** Jos kalojen pituudesta yksikesäisinä on suoria havaintoja tai näiden kalojen luutumia on käytettävissä, niitä voidaan käyttää ensimmäisen vuosirenkaan paikallistamisessa luusta tai suomusta.
- 4.** Luutumien vuosikasvuyöhykkeet kehittyvät usein lämpiminä vuosina leveämmiksi kuin kylminä vuosina (kuvataulu 15). Kun ensimmäiset nopean kasvun vuodet jätetään huomiotta, myöhemminä vuosina luihin ja suomuihin syntyy peräkkäisten vuosikasvuyöhykkeiden leveyksistä eräänlainen koodi, jonka samankaltaisuuden tarkkaileminen voi auttaa etenkin vanhojen yksilöiden iän määrittämisessä. Vuosikasvuyöhykkeiden leveyksien suhteet on helppo hahmottaa, kun vertailtavien yksilöiden kasvuyöhykkeiden leveyksistä piirretään kuva (esim. käyrä), jossa toisella akselilla on yöhykkeen leveys, toisella muodostumisvuosi. Erityisen selviä jaksoja tässä "koodissa" on syntynyt Etelä-Suomessa vuosina 1986–1988 (lämmin, erittäin kylmä ja erittäin lämmin kesä = useimmilla lajeilla leveä, kapea ja leveä vuosikasvuyöhyke) sekä 1996–1999 (kylmä, lämmin, kylmä ja lämmin kesä).
- 5.** Säännöllisellä ja riittävän tiheällä kalakannan yksilöiden luutumien kehittymisen ja saalisnäytteen pituusjakautuman seurannalla voidaan saada käsitys luotettavasta iänmääritystavasta kyseiselle kannalle.



6. Otoliitin eri kerrostumista voidaan tutkia tarkoilla analyysimenetelmillä kemiallisten aineiden suhteita tai radioaktiivisten isotooppien (esim. happi, hiili) osuuksia. Jos em. suhteet vaihtelevat otoliitin kerrosten muodostuessa esimerkiksi lämpötilan mukaan, ja vaihtelu otoliitissa noudattaa opaakki- ja hyaliinikerrosten vaihtelua, opaakki- ja hyaliinikerroksen voidaan olettaa muodostavan vuosikasvuyöhykkeen (mm. Mulcahy ym. 1979). Isotooppien hajoamisnopeutta on myös käytetty. Esimerkiksi Bennett ym. (1982) vahvistivat  $^{226}\text{Ra}$ :n hajoamisesta  $^{210}\text{Pb}$ :ksi, että heidän tutkimansa simpplalajin (*Sebastes diploa*) otoliitin poikkileikkauksesta määritetty ikä, 86 vuotta, täsmäsi isotooppianalyysin tuloksen kanssa ja poikkesi selvästi kokonaisesta otoliitista määritetystä 30 vuoden iästä.

7. Iänmäärityksen ongelmakohtien selvittämisessä, samoin kuin iänmäärittäjien kouluttautumisessa, auttavat usean määrittäjän samasta aineistosta erikseen tekemät rinnakkaiset iänmääritykset. Määrittäjien saamien tulosten erojen selvittäminen voi auttaa oikean iänmääritystavan oppimisessa. Kuitenkaan eri määrittäjien saamien tulosten suuri **yhtenevyys** (*precision*) ei välttämättä tarkoita, että saadut iät vastaisivat kalojen todellisia ikä. Jos käytetty iänmääritysmenetelmä ei ole oikeellinen, verrattavat määrittäykset voivat olla samalla tavalla väärin, vaikka ne olisivatkin keskenään yhteneviä.

*Särjen cleithrum*





## 10

# IÄNMÄÄRITYS JA VUOSIKASVUVYÖHYKKEIDEN MITTAUS LUUTUMISTA

## Alkutoimenpiteet ennen iän ja kasvun määrittystä

Ennen kuin näytteiden iänmääritys aloitetaan, kaikki määrittästyössä tarvittavat laitteet asennetaan paikoilleen ja niihin tehdään tarpeelliset säädöt. Näytteiden käsittelyssä tarvittavat välineet (liite 2) kootaan siten, että ne ovat helposti ulottuvilla. Koska etenkin mikroskopointi rasittaa jatkuvasti tehtynä selkää ja hartioita, on tärkeää, että työtila (riittävästi sopivalle korkeudelle säädettyä pöytätilaa) ja istuin ovat tarkoituksenmukaiset. Tutkimuslaitteiden toiminta on syytä tarkistaa ennen kuin aloitetaan työ, joka saattaa kestää näytteiden lukumäärästä riippuen varsin pitkään.

## Aineistoon tutustuminen

Kun tutun ja nopeakasvuisen kalakannan yksilöiden iäkiä määritetään luu- tai suomenäytteistä, ongelmia ei yleensä esiinny. Mutta kun kalakannan aikaisempaa kasvuhistoriaa ei tunneta, yksilöiden kasvussa saattaa olla erityispiirteitä, jotka vaikeuttavat iänmäärittystä (mm. epätasaisen kasvun seurauksena muodostuneet useat valerenkaat). Samoin, jos tunnetun kannan edellisestä tutkimuskerrasta on kulunut jo useita vuosia, yksilöiden kasvussa on saattanut tapahtua olennaisia muutoksia esim. ympäristömuutosten seurauksena.

Jos epävarmuustekijöitä on olemassa ja etenkin, jos tutkittava aineisto jakautuu niin, että suurimpien pituuksien luokissa on runsaasti yksilöitä (pituusjakauma), on perusteltua ottaa määri-



tyksiin ensin valitun luutuman rinnalle muitakin luutumia, kuten suomun rinnalle luu ja/tai otoliitti. Vuosien välisiä kasvueroja voidaan vertailla suomusta ja luusta rinnakkain ja hahmottaa tiettyjen vuosirenkaiden sijainti kummassakin luutumassa. Suomut ja luut kasvavat suhteessa kalan pituuskasvuun (esim. Horppila & Nyberg 1999). Näin vertailemalla löydetään kalakannalle tyypillinen kasvurytmi ja saadaan alustava käsitys tietyn kokoisten yksilöiden iästä ja niiden osuudesta. Kun vuosirenkaiden sijainnit opitaan löytämään, iänmääritykseen voidaan käyttää vaikeita näytteitä lukuun ottamatta pelkkää luu- tai suomunäytettä. Otoliitista voidaan usein määrittää kalan ikä luotettavimmin, mutta koska otoliitti ei muodostu samalla tavalla kuin suomut ja luut (Mosegaard. 1986), vuosien väliset kasvuerot eivät välttämättä näy siinä samalla tavalla kuin muissa luutumissa (kuvataulu 3).

Vaikka vuosirenkaiden muotoutumistapa kalakannan luutumissa olisikin tuttua, erikokoisista ja -ikäisistä yksilöistä otettuja näytteitä on aiheellista tutkia 20–40 kpl ennen varsinaisen iänmäärityksen aloittamista. Tutun kalakannan kyseessä ollessa palautetaan mieleen aiempina vuosina tehdyt määrittäykset, joista voidaan myös varmistaa uudelleen muutaman yksilön iät.

## Iänmääritys ja vuosikasvuvyöhykkeiden mittausta suomuista

### Ensimmäisen vuosirenkkaan paikantaminen

Mätimunasta kuoriutumisen jälkeen, ja myöhemmin suomujen alkaessa muodostua, kalanpoikasen kasvu on nopeaa. Suomun synnystä jää merkiksi kasvukeskus, pyöreähkö rengas, jossa itsessään ei ole havaittavissa kasvurenkaita. Ensimmäisten kasvurenkaiden muodostuttua suomuihin saattaa syntyä poikasrenkaita ja kasvun hetkellisesti hidastuttua tai nopeuduttua muita valerenkaita, joita voi olla vaikea tulkita pienen kalan suomuista. Kun somu, johon on muodostunut tällaisia renkaita, kasvaa kookkaammaksi, ja kun siihen muodostuu yksi tai useampi todellinen vuosirengas, valerenkaat voidaan tunnistaa vertailemalla rengaskuvioita keskenään. Toisaalta esimerkiksi nuoren, elokuussa pyydetyn kahdeksansenttisen särjen (todennäköisin ikä 1–2+) suomusta ensimmäisen vuosirenkkaan löytäminen ei ole aina helppoa.

Tavallisesti kalan kasvu ei pysähdy hetkessä, vaan se hidastuu syksyllä veden viiletessä, jolloin myös suomujen kasvurenkaiden väliset etäisyydet pienenevät. Seuraavana keväänä kasvu nopeutuu eli kasvurenkaiden välit levenevät, usein voimakkaasti ensimmäiseen kasvukauteen verrattuna (kuvataulut). Jos ensimmäisen vuosirenkkaan sijainti on epävarma, ja sille halutaan lisänäyttöä, tämä voidaan tehdä määrittämällä poikasen pituus takautuvasti vuoden ikäisenä ja tutkimalla, vastaako laskettu pituus aikaisemmin



esimerkiksi ko. vuonna poikasnuotalla pyydettyjen yksivuotiaiden poikasten pituuksia. Tähän voidaan käyttää Lean kaavaa (Lea 1910):

$L_i = L * (S_i/S)$ , missä:  $L_i$  = kalan kokonaispituus iässä  $i$  (tässä tapauksessa  $L_1$ ),  $L$  = kalan mitattu kokonaispituus pyyntihetkellä,  $S_i$  = mitattu etäisyys suomun keskustasta iässä  $i$  (tässä tapauksessa  $S_1$ ) vuosirenkaan ulkoreunaan saakka,  $S$  = mitattu etäisyys suomun keskustasta suomun ulkoreunaan saakka.

Samalla tavalla voidaan tutkia minkä hyvänsä suomun, luun tai otoliitin vuosirenkaiden ulkoreunan sijainnin suhdetta kalan kokonaispituuteen ja päätellä, onko vuosirengas oikeassa paikassa. Koska kalojen kasvu on harvoin suoraan verrannollinen luutuman säteen mitattuun leveyteen, Lean kaavalla taannehtivasti määritettyjä pituusarvoja voidaan joitain poikkeuksia (esim. hauen cleithrum: Casselman 1990, Raitaniemi 1995) lukuunottamatta pitää ainoastaan suuntaa-antavina arvioina.

Esimerkitapauksessa, jossa kaksikesäiseksi (1+) oletetun särjen pituus ( $L$ ) on 8,0 cm, suomun mikrokortinlukulaitteen suurentavalta näytöltä mitattu kokonaissäde ( $S$ ) on 60 mm ja oletettu vuosirenkaan säde ( $S_1$ ) 40 mm, kalan pituus edellisen kasvukauden lopulla oli  $L_1 = 8,0 \text{ cm} * (40 \text{ mm}/60 \text{ mm}) = 5,3 \text{ cm}$ . Särjenpoikanen kasvaa suomalaisissa vesistöissä tavallisesti 4–7 cm:n pituiseksi ensimmäisen kesän aikana, joten tulos on realistinen ja vahvistaa renkaan todennäköiseksi vuosirenkaaksi.

Menetelmän puutteellisuudesta huolimatta sitä voidaan käyttää, kun etsitään ensimmäisen

vuosirenkaan paikkaa. Jos edellisen esimerkin särjen pituus ( $L$ ) olisi ollut 20,0 cm, suomun näytöltä mitattu kokonaissäde ( $S$ ) 150 mm, oletetun ensimmäisen vuosirenkaan ( $S_1$ ) säde 45 mm ja oletetun toisen vuosirenkaan ( $S_2$ ) säde 80 mm, kalan vastaaviksi pituuksiksi 1- ja 2-vuotiaana olisi saatu 6 cm ja 10,7 cm ( $L_1 = 20,0 \text{ cm} * (45 \text{ mm}/150 \text{ mm}) = 6,0 \text{ cm}$  ja  $L_2 = 20,0 \text{ cm} * (80 \text{ mm}/150 \text{ mm}) = 10,7 \text{ cm}$ ). Jos ensimmäistä vuosirengasta ei olisi huomattu, ja sen sijaan olisi mitattu suoraan toinen rengas, ensimmäisen vuoden karkeaksi pituusarvioksi olisi saatu 10,7 cm, minkä olisi mitä ilmeisimmin havaittu poikkeavan kannan normaalista yksivuotiaiden pituuden vaihteluvälistä (esim. 4–7 cm). Tämän tuloksen perusteella ensimmäistä vuosirengasta osattaisiin etsiä lähempää suomun keskikohtaa.

## Myöhempien vuosirenkaiden paikantaminen

Seuraavien vuosien aikana muodostuvat suomun vuosirenkaat ja vuosikasvuyöhykkeet muistuttavat huomattavasti enemmän toisiaan kuin ensimmäistä vuosirengasta ja kasvuyöhykettä (kuva- taulut). Toisena elinvuonna ja myöhempinäkin vuosina kasvukauden alussa syntyvät kasvurenkaat ovat usein harvemmassa kuin mitä ne ensimmäisenä vuonna ovat harvimmillaankaan olleet. Kesävyöhykkeen alkua näkyy usein tiheän kasvurengasvyöhykkeen äkkinäisenä muuttumisenä harvemmaksi. Muutos voi olla myös vähittäinen. Joissakin tapauksissa, kuten toisinaan lohien merivaiheessa ja rannikon vaellussiiällä



tai järvissä yli kaksivuotiailla muikuilla, vuosirenkaan kohdalla ei ole havaittavissa selvää kasvurenkaiden tihenemistä ja harvenemista.

Vuosirenkaan kohdalle kertyy usein erityisen runsaasti kasvurenkaiden katkeamia ja haarottumia. Usein ne ovat keskittyneet suomun etukulmien tienoille. Nopeakasvuisilla kaloilla vuosirenkaan ainoana selkeänä tunnusmerkkinä

voi olla kasvurenkaiden leikkauslinja. Jos leikkauslinjoja on, ne ovat useimmiten löydettävissä suomun sivulohkoista ja takakulmista (kuva 3).

Kalan kasvu saattaa hidastua tilapäisesti vaikka keskellä kesää monesta eri syystä. Viileä jakso vaikuttaa erityisesti lämpöä suosivien lajien kasvuun. Veden voimakas lämpeneminen ja happipitoisuuden pieneneminen voi puolestaan hidastaa viileän veden lajien kasvua. Kalojen käyttämä ravinto saattaa käydä vähiin kesken kasvukautta, yksinkertaisimmillaan tilanteessa, jossa keskeisenä ravintona olevien selkärangattomien yksi sukupolvi on kuollut, eikä seuraava vielä ole kasvanut tarpeeksi täyttääkseen kalojen ravinnontarpeen. Seurauksena kasvun muutoksesta kesken kasvukauden syntyy helposti valerengas, joka erottuu useimmiten tavalla tai toisella vuosirenkaista, mutta selvää eroa ei aina ole. Yksittäiselle kalalle valerengas voi muodostua myös pyydykseen jäämisestä ja vapauttamisesta tai muusta käsittelystä tai siihen verrattavasta rasituksesta (Ottaway & Simkiss 1977). Vertailemalla lämpiminä ja kylminä kesinä muodostuneiden vuosikasvuvyöhykkeiden leveyksiä eri yksilöissä, epävarmojen renkaiden määrittäminen vuosi- tai valerenkaiksi helpottuu. Vuosirenkaiden sijaintien mittauksella on näin merkitystä paitsi takautuvassa kasvun laskemisessa, myös ongelmallisimpien renkaiden olemuksen selvittämisessä.

Vaihtelu kalan kasvunopeudessa kuvastuu myös suomujen kasvurenkaiden muodostumiseen. Kasvurenkaiden välit tihenevät toisinaan kesken kasvukauden, jos kasvu hidastuu tilapäi-



**Kuva 42.** Vuosikasvuvyöhykkeiden leveyksien mittaussinja siian vatsasuomussa valittuna suomun etulohkon keskustan ja etukulman välistä, jossa vuosirenkaat ovat kohtisuorassa mittaussinjaan nähden.





sesti, mutta ei yleensä yhtä paljon kuin talvella. Kasvu saattaa kiihtyä uudelleen, jolloin kasvurenkaiden välit jälleen harvenevat. Kun vesi syksyllä viilenee tai keväällä lämpenee äkkiä, kasvun muuttuminen saattaa olla nopeaa, mikä on tyypillisesti havaittavissa Pohjois-Suomesta pyydetyissä kalanäytteissä. Tällöin kasvurenkaiden tihtymävyöhyke on usein kapea, mutta selvästi erottuva.

### Vuosikasvuyöhykkeiden mittaus suomusta takautuvaa kasvunmäärittystä varten

Takautuvassa kasvunmäärittämisessä käytettävä suomunmittauslinja ei ole vakiintunut, vaan käytäntö vaihtelee eri tutkimuslaitoksissa (kuva 42). Mittauslinjan muutos eri yksilöiden välillä, samoin kuin samojen vakioiden käyttäminen laskeuttaessa kasvuja eri kohdalta mitatuista säteistä tai erilaisista suomuista, aiheuttaa helposti epätarkkuutta ja virhettä tuloksiin. Siksi on tärkeää, että:

1. Eri yksilöistä otetaan takautuvaa määrittystä varten tehtäviin mittauksiin mahdollisimman samanlaiset suomut.
2. Mittauslinja pysyy samana mitausten ajan.

Mittaustuloksia on helpompi verrata, jos tutkimuksissa on kyseisellä kalalajilla käytetty samasta kohdasta otettua, samanlaista suomua ja samaa mittauslinjaa. Menetelmän standardointi lisää näin työn luotettavuutta ja vähentää sen määrää.

Virhettä pienentäneen mittauslinjan valinta sellaiseksi, että vuosirenkaat ovat sen kohdalla mahdollisimman kohtisuorassa suomun säteeseen. Tällöin epätarkkuudet mittauksissa jäävät pienemmiksi kuin vuosirenkaisiin nähden vinotain tehdyissä mittauksissa. Mahdollisimman symmetristen suomujen käyttö helpottaa samanlaisten suomujen etsintää mitattaviksi. Suomujen välistä vaihtelua voi myös koettaa pienentää mitaamalla säteet useammasta kuin yhdestä suomusta ja käyttämällä laskelmissa näiden mitausten keskiarvoja.

Useimmilla lajeilla iänmääritykset ja kasvuyöhykkeiden mittaukset tehdään pääasiallisesti suomun etuosasta, koska vuosikasvuyöhykkeet ovat siellä leveämpiä. Ahvenkaloilla tämä on ainoa mahdollisuus, koska niiden kampasuomujen takalohkon piikikkäässä näkyvässä osassa ei ole kasvurenkaita. Kasvuyöhykkeiden mittaus voidaan tehdä suomun etukulman suuntaista sädetä pitkin, suomun etulohkon keskeltä tai edellisten linjojen välistä. Tarkoituksenmukaisin linja riippuu siitä, mitä suomuja käytetään. Särkikalojen iänmääritykset ja kasvunmittaukset tehdään usein suomun takaosasta, sillä takaosan kasvuyöhykkeet ovat useissa suomuissa etuosan vastaavia leveämpiä, ja takaosasta voidaan laskea luotettavimmin vanhojen yksilöiden vuosirenkaat. Tämän lisäksi kasvuyöhykkeiden mittaus on helppoa tehdä säteestä, joka osuu suomun takakulman ja takalohkon keskustan välille tai takakulman lähelle (kuva 43).

Mittausmenetelmä on samanlainen käytettävässä mikroskoopin okulaarin mitta-asteikkoa tai



mikrokortinlukulaitteen näyttörudulla läpinäkyvää viivotinta tai sen kalvolle otettua valokopioita. Myös sähköllä toimivia vaihtoehtoja on olemassa (ks. Luutumien tarkastelussa käytettävät laitteet). Näytesuomun keskusta (focus) sijoitetaan mitta-asteikon nollakohtaan siten, että asteikko seuraa valittua mittauslinjaa suomun reunaan saakka. Vuosirenkaiden sijainnit tallennetaan joko kasvunmittauspöytäkirjaan tai suoraan tietokoneelle. Jälkimmäinen menetelmä on suositeltavampi, koska yksi työvaihe jää pois. Mittaukset ja niiden tallennukset on myös helppo tarkistaa jokaisen näytteen jälkeen, ja lyöntivirheiden todennäköisyys pienenee. Jos halutaan selvittää suomun säteen ja kalan pituuden välinen riippuvuus, käytettyä suurennusta ei pidä vaihtaa välillä. Poikkeavan suurennuksen käytöstä on tehtävä merkintä, jotta muista mittaustuloksista poikkeavat arvot tulevat otetuiksi huomioon, kun ne muunnetaan vertailukelpoisiksi muiden tulosten kanssa.

## **länmääritys ja vuosikasvuyöhykkeiden mittausta luista**

Kalojen luiden tutkimisessa käytetään stereomikroskooppia ja mieluummin kylmävalolähdettä, jonka avulla luita valaistaan ylä- tai sivusuunnasta. Luut ovat niin kookkaita, että niitä voidaan usein tarkastella suurennuslasin tai sivulta valaistavan suurentavan luupin avulla. Ennen mikroskopointia luita kannattaa silmäillä päällisin puolin, koska hyvin puhdistetusta luusta voidaan nähdä suuri osa vuosirenkaista jopa ilman apuvä-

lineitä. Näin kalan iästä ja kasvuvyöhykkeiden leveyksistä saadaan karkea arvio, jota täydennetään mikroskooppitarkastelun avulla.

Luiden tutkimisessa sopivat mikroskoopin suurennukset ovat noin 5–20-kertaiset. Liian isoa suurennusta käyttämällä todellisia vuosirenkaita on vaikea hahmottaa, koska niiden välissä olevat valerenkaat saatetaan tulkita virheellisesti vuosirenkaiksi. Liian pientä suurennusta käytettäessä hitaasti kasvaneen kalan vuosirenkaista osa saattaa jäädä havaitsematta, kun ne eivät erotu toisistaan riittävän selvästi.

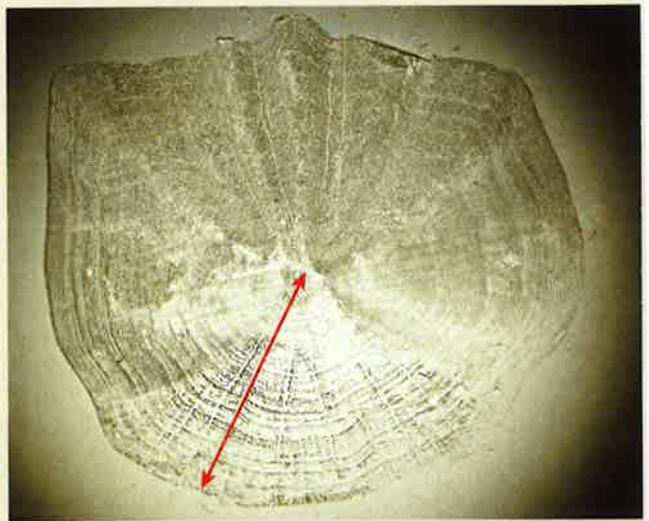
Yläpuolelta valaistuina vuosirenkaat näkyvät parhaiten, kun luu asetetaan tummalle alustalle (esim. ulkopuolelta mustaksi maalattu petrimalja tai musta taustalevy petrimaljan alla). Huonosti oikeassa tarkasteluasennossa pysyvät luut (esim. lahnan cleithrum) voidaan kiinnittää maljan pohjalle sinitarran tai muovailuvahan palalla. Vuosirenkaiden näkyvyyttä parantaa luun pinnalle ja/tai sen alle pipetillä tai injektioruiskulla lisätty etanolitippa (väkevyyden noin 70 tilavuusprosenttia). Vettä ei kannata käyttää, sillä vaikka vesikin aluksi parantaa näkyvyyttä, se imeytyy luukudokseen. Tämän seurauksena vuosirenkaat muuttuvat parissa minuutissa yhtä näkymättömiksi kuin juuri kalasta otetussa luussa. Etanoli haihtuu nopeasti luun pinnalta, joten sitä saatetaan joutua lisäämään näytteeseen iänmäärityksen aikana. Suurta näytemäärää katsottaessa on suositeltavampaa käyttää vähemmän haihtuvaa ja terveydellekin haitattomampaa alkoholia. Tällainen on **1,2-propaanidioli**, jonka optiset ominaisuudet ovat luiden katselussa yhtä hyvät kuin eta-



nolin. Glycerolinkin optiset ominaisuudet ovat hyvät, mutta se on tahraavaa.

Paras valaistuskulma löydetään asettelemalla kylmävalon sarvia eri kulmiin ja asentoihin tai siirtelemällä maljaan laitettua luuta mikroskoopin valaistussa näkökentässä. Hyvä valaistus syntyy kahdella vinosti luuhun suunnatulla valolähteellä. Operculumia ja cleithrumia tarkastellaan yleensä luun lapiomaisen levyn pinnalta, sivujen päällä olevien harjanteiden puolelta (kuvat 7–9). Jos luu on puhdistettu etenkin tyvikohdan kuopan kohdalta, nuorten kalojen ensimmäisen vuosirenkaan löytyminen ei yleensä ole ongelmallista. Toisinaan se kuitenkin vaatii harjaantumista. Ensimmäisessä vuosikasvuvyöhykkeessä ei läheskään aina ole selvää opaakki- ja hyaliinivyöhykettä, vaan se saattaa olla läpikuultava ja näkyy tummana mustaa taustaa vasten. Ensimmäisen vuosirenkaan sijainti havaitaan usein läpikuultavan luun muuttumisena terävärajaisesti himmeämmäksi.

Vanhoilla kaloilla operculumin tai cleithrumin luukudos on saattanut muodostua niin paksuksi, että ensimmäisen vuoden hyaliinivyöhykettä joutuu etsimään käyttäen hyväksi eri valaistuskulmia ja siirtämällä luuta eri asentoihin. Ensimmäisen havaitun vuosirenkaan sijainnista voidaan laskea karkeasti kalan pituus renkaan syntyhetkellä, jolloin voidaan varmistua, ettei ensimmäinen vuosirengas ole jäänyt huomaamatta. Pitäen takautuvassa laskemisessa Lean kaava on käyttökelpoinen. Toisen vuoden nopean kasvun vyöhyke (opaakki) on usein etenkin ahvenkalojen operculumissa väriltään harmahtava. Vasta



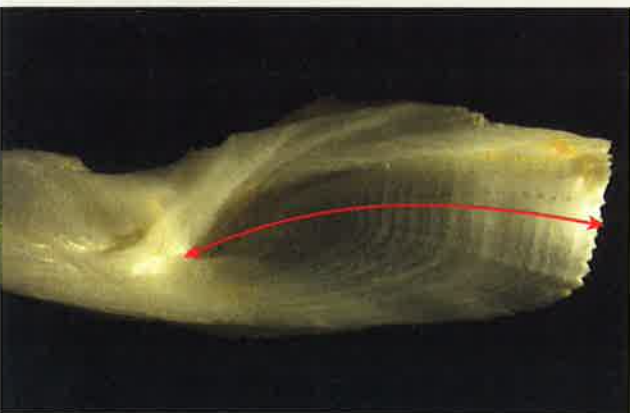
**Kuva 43.** Vuosikasvuvyöhykkeiden leveysien mittauslinja särkikalan suomussa valittuna suomun takalohkon keskustan ja takakulman välistä, jossa vuosirenkaat ovat kohtisuorassa mittauslinjaan nähden.

seuraavat opaakki- ja hyaliinivyöhykkeet näkyvät ylävalolla valaistuna valkoisina ja alavalolla valaistuna tummina. Syksyn hidastuvaa kasvua heijastaen sameanvalkea opaakki- ja hyaliinivyöhyke muuttuu pehmeäräjäisesti läpikuultavaksi, selvästi erottuvaksi ja kapeaksi hyaliinivyöhykkeeksi (kuva 7), jonka raja seuraavaan opaakki- ja hyaliinivyöhykkeeseen on terävä. Joskus hyaliinivyöhykkeen reunat voivat olla tavallisuudesta poikkeavat, esim. molempiin suuntiin terävä- tai loivareunaiset.

Vanhojen kalojen operculumien ja cleithrumien ulkoreunojen tulkinta saattaa olla vaikeaa, koska kalan pituuskasvun hidastuttua vuosikasvuvyöhykkeet muodostuvat lähelle toisiaan.



**Kuva 44.** Vuosikasvuvyöhykkeiden mittauslinja kuhan operculumissa.



**Kuva 45.** Vuosikasvuvyöhykkeiden mittauslinja lahnan cleithrumissa.

Tämä saatetaan havaita tavallista leveämpänä, sävyltään opaakkia tummempana vyöhykkeenä, joka itse asiassa sisältää usean vuoden opaakki- ja hyaliinivyöhykkeet. Nopeakasvuisenkin kalan iänmäärityksessä on ongelmansa. Jos kala on pyydetty kasvukauden alkupuolella, uutta lisäkasvua saattaa olla vielä vaikea erottaa. Jos ulommainen kasvuvyöhyke tulkitaan lisäkasvuksi, kalan ikä aliarvioidaan yhdellä vuodella. Epäselvissä tapauksissa otoliittien tarkastelu voi helpottaa iänmäärittystä.

### Vuosikasvuvyöhykkeiden mittaus luista takautuvaa kasvunmäärittystä varten

Kasvuvyöhykkeiden leveyksien mittauslinja kulkee operculumin keskellä luun tyven harjanteen korkeimmasta kohdasta reunaan saakka suunnilleen kohtisuorassa kasvuvyöhykkeitä vastaan (kuva 44). Vuosirenkaan sijaintikohta on kunkin hyaliinivyöhykkeen ja seuraavan opaakkivyöhykkeen raja, ts. loppuvuoden hitaan syyskasvun ja uuden vuoden nopean kesäkasvun raja.

Särkikaloilla cleithrumin mittauslinja kulkee operculumin tapaan luun lapiomaisen tyven notkon pohjalta, missä cleithrumin kummankin sivun reunat leikkaavat toisensa, suoraan luun keskilinjaa reunaan saakka (kuva 45). Kalan vanhetessa cleithrum usein käyristyy jonkin verran. Käyristymän vaikutusta voidaan korjata kääntämällä tarvittaessa luuta niin, että vuosirenkaat pysyvät kohtisuorassa mittauslinjaan nähden. Esimerkiksi sen jälkeen, kun mitta-asteikon luke- ma viidennen vuosirenkaan kohdalla on kirjattu



(tuolloin neljäs ja viides vuosirengas ovat suunnilleen kohtisuorassa mittauslinjaan, mutta kuudes ei), cleithrumin asentoa muutetaan niin, että viides ja kuudes vuosirengas tulevat suunnilleen kohtisuoraan mittauslinjaan nähden. Asteikon lukeman on tällöin pysyttävä muuttumattomana viidennen vuosirengaan kohdalla. Kuudennen vuosirengaan sijainti okulaarin asteikolla kirjataan ylös. Vaihtoehtoisesti okulaaria mitta-asteikkoineen voidaan pyörittää luuta liikuttamatta samaan tulokseen pääsemiseksi.

Luut ovat joskus niin kookkaita (esim. hauen cleithrum), että ne eivät mahdu kokonaisuudessaan tavallisimmin käytettyjen mikroskooppien näkökenttään, ja tällöin kasvuvyöhykkeiden mitaus voidaan tehdä suoraan luusta esim. läpinäkyvän muovisen viivottimen avulla. Mittaus on helppo tehdä, jos mikroskoopin avulla etsitään ensin tarkasteltavan luun vuosirenkaat, joihin tehdään teräväkärkisellä lyijykynällä havaitsemista helpottavat merkit (kuva 46). Vuosirenkaiden sijainnit voidaan myös mitata mikroskoopin asteikolla luunosa kerrallaan – asteikon 0-kohta siirretään uuteen kohtaan luuta (esim. kohta jossa asteikko alunperin näyttää lukua 100), ja tästä kohdasta eteenpäin lasketaan yhteen em. luunkohdan alkuperäinen lukema ja myöhempien vuosirenkaiden kohdalla olevat lukemat. Jälkimmäinen menetelmä on tarpeen erityisesti, jos kalan kasvu on ollut hidasta, kuten tiheissä kannoissa elävillä lahoilla usein on.

Muut määrittäyksissä useimmin käytetyt luut, joita ovat metapterygoideum, selkänikamat sekä eväruodot, ovat operculumiin tai cleithrumiin



**Kuva 46.** Vuosikasvuvyöhykkeiden mittauslinja hauen cleithrumissa.

verrattuna muodoltaan pyöreitä. Kasvunmittauslinjaksi voidaan valita luussa selvimmin tulkittava säde. Samaa mittauslinjaa on vertailtavuuden vuoksi käytettävä jokaisen yksilön luusta. Säteiläisesti kasvavien luiden tulkinmassa käytetään samoja kriteerejä vuosirenkaiden havaitsemiseksi kuin operculumin ja cleithrumin yhteydessä.

Kuten suomujen kasvulinjojen mittausten yhteydessä, myös luiden mittauksessa on käytettävä koko ajan samaa suurennusta, jos halutaan selvittää suomun säteen ja kalan pituuden välinen riippuvuus.

## länmääritys otoliiteista

Iänmääritys kokonaisista otoliiteista onnistuu parhaimmin, kun kalat ovat olleet nopeasti tai taasisesti kasvaneita. Hidaskasvuisilla tai peräti pituuskasvunsa lopettaneilla kaloilla määrittäjän on kuitenkin päästävä tarkastelemaan otoliitin



poikkileikkauspintaa. Otoliiitin poikkileikkauspinnalta näkyvät suomussa, luissa ja käsittelemättömässä otoliitissa näkyvien vuosien ohella sellaiset vuodet, joina kalan pituus ei ole lisääntynyt.

Kokonaisten ja katkaistujen otoliittien tarkastelussa on suositeltavaa käyttää preparointimikroskooppia ja kylmävalolähdettä, jonka valonsäteen saa suunnatuksi sopivasta tulokulmasta halutulla voimakkuudella otoliittiin. Otoliiattia voidaan tarkastella useilla eri suurennuksilla ja mikroskoopin kohdistusta kannattaa vaihdella tarkastelun aikana. Liian pientä suurennusta käytettäessä valerenkaiden ja vuosirenkaiden erottaminen toisistaan on vaikeaa, ja otoliitin uloimmista, tiheässä olevista vuosirenkaista osa saatetaan jättää laskematta. Liian isolla suurennuksella puolestaan todellisia vuosirenkaita on vaikea hahmottaa.

Joskus otoliitti, ja tällöinkin tavallisesti vain toinen kahdesta otoliitista, on surkastunut tai kristallisoitunut, jolloin se on muodoltaan epä säännöllinen tai hyaliinikerroksen tapaan kauttaaltaan läpikuultava. Kristallisoituneen otoliitin iänmääritys on usein mahdotonta, mutta toisinaan poikkileikkauspinnan värjäys voi kuitenkin tuottaa hyvän tuloksen.

### **Kokonainen otoliitti**

Otoliiitit laitetaan puhdistettuina maljalle tai esim. muoviselle kuoppalevyllä, kukin omaan syvennykseensä. Otoliiitit peitetään nesteellä, jonka tarkoitus on parantaa vuosirenkaiden näky-

vyyttä. Tähän soveltuvat esim. alkoholit (etanoli, 1,2-propanidioli, glyseroli). Pienten ja kevyiden otoliittien käsittely vedessä on toisinaan hankalaa, mutta kookkaampien otoliittien peitintekiksi vesi sopii hyvin. Kiinteitä aineita, kuten kanadabalsamia tai venelakkaa, on käytetty peittämään ja pitämään silakan ja kilohailin otoliitit läpinäkyvän muovisen otoliittilevyn koloissa. Kanadabalsami ja venelakka ovat myrkyllisiä ja helposti kaasuntuuvia aineita, joten niitä pitäisi käsitellä vetokaapissa. Peiteaineen kovetuttua suuri määrä otoliitteja on nopeasti määritettävissä.

Kokonaisia otoliitteja tarkastellaan tummaa alustaa vasten, vinosti päältä päin suunnatussa valossa. Sopiva suurennus on 15–50-kertainen. Vuosirenkaat ovat laskettavissa otoliitin tavallisesti koveralta ulkopuolelta. Vaikka otoliitin yleensä kuperalla puolella sijaitseva keskusuurre (sulcus) ei ulotu otoliitin kärkeen (rostrum) saakka, ikä ei silti ole määritettävissä ainakaan kaikkien lajien kuperan puolen rostrumista. Tummalta alustalla läpikuultava hyaliinikerros näkyy sivuvalossa tummana ja samea opaakki vaaleana.

### **Paahdetun otoliitin poikkileikkauspinta**

Paahdetut otoliitin puolikkaat asetetaan katkaisupinta ylöspäin pystyyn sinitarran tai muovilavahan palalle, joka on painettu petrimaljan, tai mielellään vielä syvemmän astian kuten matalan pakastusrasian, pohjalle. Maljaan lisätään vettä niin paljon, että otoliitin puolikkaat peittyvät.



Vesi poistaa valonlähteestä aiheutuvia heijastumia ja parantaa otoliitin kasvuvyöhykkeiden kontrastia. Myös esim. etanolia tai muita alkoholeja (esim. 1,2-propaanidioli, glyseroli) voidaan käyttää. Kun otoliitinpuolikkaat ovat tislatussa vedessä (tai vesijohtovedessä, joka on ollut astiassa huoneenlämmössä jonkun aikaa), niiden pinnalle ei muodostu tulkintaa häiritseviä ilmakuplia kuten kävisi, jos käytettäisiin vesijohtovettä suoraan hanasta. Siirtelemällä maljaa mikroskoopin näkökentässä löydetään paras valaistuskulma.

Paahdetun otoliitin poikkileikkauspinnalta vuosirenkaat erottuvat parhaiten ylävalossa. Sopiva suurennus on 30–60-kertainen, suurilla kaloilla pienempikin ja hitaasti kasvaneilla ja sittemmin kasvunsa lopettaneilla kaloilla jopa yli 100-kertainen. Otoliitin poikkileikkauspinnan pinta näkyä selvästi keskeltä reunaan asti. Hyaliinivyöhykkeet näkyvät tumman ruskeina, opaak-kivyöhykkeet vaalean ruskeina ja niiden väliset proteiinikerrokset tummina terävinä viivoina (kuvataulu 21, 23).

### **Värjätty (ja värjäämätön) otoliitin poikkileikkauspinta**

Neutraalipunavärjätyn otoliitin, samoin kuin turskan värjäämättömän otoliitin, poikkileikkauspinnalla (tai muulla hiontapinnalla) vuosirenkaat ovat erotettavissa, kun valo suunnataan sivulta hieman alaviistosta niin, että osa valosta tulee otoliitin läpi. Otoliitista sahatun leikkeen tai ohueksi hiotun otoliitin tarkastelussa on hyvä

käyttää alavaloa, joka suunnataan näytteen läpi. Tällöin leikettä voidaan tarkastella myös tutkimsmikroskoopissa. Sopiva suurennus on yleensä 30–60-kertainen, vaikka suurilla kaloilla pienempikin suurennus voi olla paras. Pienillä tai hitaasti kasvaneilla kaloilla, joiden pituuskasvu voi olla loppunut vuosia ennen näytteenottoa, jopa 100–200-kertainen suurennus on tarpeen.

Värjättyjen otoliittien hionta- tai sahauspinnoille voi toisinaan olla hyvä laittaa heijastuksia poistavaa ja vuosirenkaiden erottamista helpottavaa nestettä. Vesiliukoisella neutraalipunalla värjätylle pinnalle ei pidä laittaa vettä tai muuta vesiliukoista ainetta, joka liuottaa väriaineen pois. Veteen liukenemattomien aineiden, kuten immersioöljyn tai ruokaöljyn, avulla vuosirenkaiden erotettavuus saattaa parantua selvästikin. Neutraalipuna liukenee myös joihinkin immersioöljyihin, joten aineen sopivuutta on syytä kokeilla, jos sitä ei ennestään tunneta. Ainakin Nikonin immersioöljy on tarkoitukseen kelvollista.

Neutraalipunalla värjättyissä otoliiteissa vuosirenkaat (runsaasti proteiinia sisältävät kerrokset) näkyvät muuta poikkileikkauspintaa tummemman punaisina terävinä viivoina (kuvataulu 23). Neutraalipunavärjäys ei vaikuta varsinaisen läpikuultavan hyaliinin näkyvyyteen. Värjäysmenetelmä ratkaisee sen, millä tavalla proteiinikerrokset erottuvat muusta otoliitista. Värjäämättömässä otoliitissa hyaliinivyöhyke nähdään kirkkaana, opaakivyöhyke sameana.



## Ensimmäisen vuosirengaan paikantaminen otoliitista

Joskus ongelmana otoliitista tehtävässä iänmäärityksessä on paikantaa ensimmäisen hyaliinikerroksen ulkoreuna (kuva 47). Nukleus eli otoliitin keskus saattaa olla vaikea havaita vanhan kalan paksun, kokonaisen otoliitin pinnan läpi. Paremmin se näkyy otoliitin poikkileikkauksipinnalla, paahdetussa tai värjättyssä otoliitissa. Jos otoliitti on katkaistu nukleuksen ulkopuolelta, ensimmäinen vuosirengas saattaa jäädä kokonaan huomaamatta ja kalan ikä aliarvioidaan yhdellä vuodella. Vastaavasti kalan ikä yliarvioidaan yhdellä vuodella, jos joku otoliitin keskustan epämääräisistä ja vajanaisista rengaskuvioista, poikasrenkaista, tulkitaan vuosirengaskaaksi.

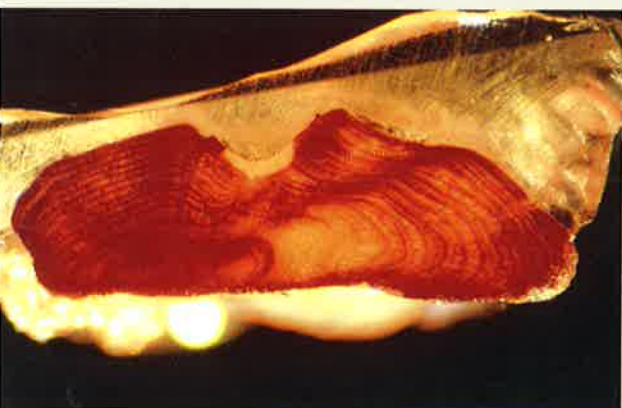
Monella lajilla ensimmäinen selvä, otoliitin nukleuksen ulkopuolinen ja yhtenäisesti otoliittia

kiertävä rengas on ensimmäinen vuosirengas. Paahdetuissa otoliiteissa ensimmäinen vuosirengas on usein voimakkaasti tummunut. Jos kala on ollut poikkeuksellisen pieni ensimmäisen kasvukauden lopulla, vuosirengas muodostuu niin lähelle otoliitin keskusta, että sen tunnistaminen vuosirengaskaaksi saattaa olla ongelmallista. Saman kalan suomun tai luun ensimmäisen vuosirengaan tarkastelu helpottaa tällöin otoliitin ensimmäisen renkaan tunnistamista, koska myös näissä luutumissa ensimmäinen vuosirengas on tällöin sisempänä.

## Muiden vuosirenkaiden paikantaminen ja vuosikasvuyöhykkeiden mittaus

Kun ensimmäinen vuosirengas on paikallistettu, loput vuosirenkaat ovat usein kuin kopioita toisistaan (kuva 47). Vuosikasvuyöhykkeet kapeenevat vuosi vuodelta vähitellen, eikä niissä välttämättä näy hyvien ja huonojen vuosien vaihtelua kuten suomujen tai luiden vastaavissa vyöhykkeissä. Tämä ominaisuus liittyy otoliittien suomuista ja luista poikkeavaan kasvutapaan. Siksi otoliittien vuosikasvuyöhykkeiden leveyksiin perustuvaan takautuvaan kasvuunmääritykseen on syytä suhtautua varauksellisesti, etenkin jos halutaan vertailla saman kalan pituuskasvua eri vuosina.

Kasvuyöhykkeiden säteitä on joskus vaikea mitata vanhan kalan kokonaisesta otoliitista, koska valo ei läpäise paksua otoliittia. Katkaistussa otoliitissa vuosirenkaat ovat teräväräjäisiä, joten siitä saadaan tarkemmat mittaustulokset. Koska



**Kuva 47.** Neutraalipunavärjätty ahvenen otoliitti (ahven pyydetty 10.8.1995; ikä 13+; pituus 19,5 cm; paino 80 g. Saukkolampi, Kuhmo).



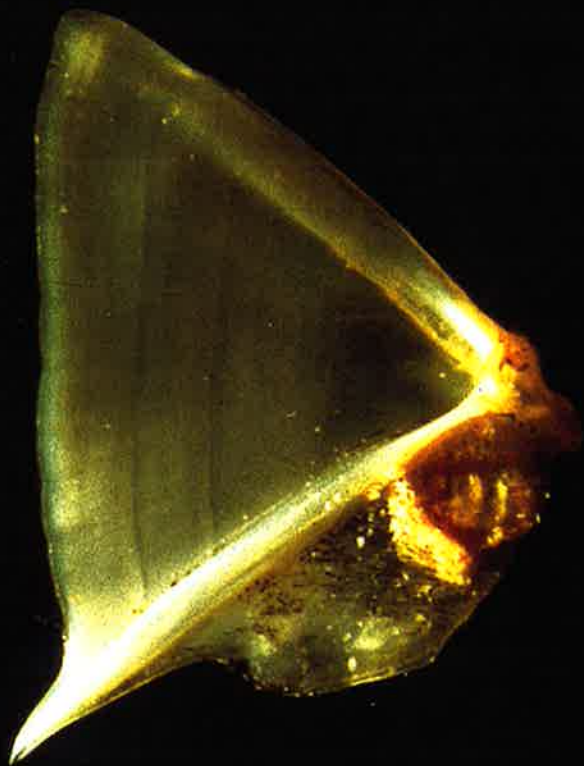


otoliitti on katkaistava täsmälleen nukleuksen kautta, ja koska paahdettu otoliitti ei käsin katkaistaessa läheskään aina katkea halutulla tavalla kohtisuorassa kulmassa otoliitin pituusakselia vasten, poikkileikkaus täytyy tehdä sahaamalla tai hiomalla. Vyöhykkeiden mittaustinjaksi valitaan otoliitin keskuksesta ulkoreunaan johtava säde, jolla otoliitin kasvun ja kalan kasvun erot ovat oletettavasti pienimpiä. Sagitan keskuksesta keskusuurretta ympäröivälle, sisäpuoliselle pinnalle tehdyt (paksuussuuntaiset) mittaukset antavat tuloksen, joka on kauimpana kalan todellisesta kasvusta (kuva 47). Ongelmat ovat vähäisimpiä kun mittaustinja valitaan sagitan leveys- tai pituussuunnassa. Tällöinkin hyvät ja huonot kasvukaudet saattavat erottua toisistaan heikommin kuin luista tai suomista kasvuja laskettaessa.

Nuorten kalojen otoliittien reunaan ei ole kertynyt useita tiheässä olevia renkaita, joten vuosirenkaiden määrä on usein laskettavissa käsittelemättömistä otoliiteista. Vanhoille kaloille tyypillisiä ovat käsittelemättömän otoliitin reunassa näkyvät epäselvät juovatihentymät (tai edellistä selvää vuosirengasta leveämpi läpikuultava vyöhyke), jotka ovat tulkittavissa paahdetun tai sopivalla tavalla (esim. neutraalipunalla) värjätyin otoliitin poikkileikkauspinnalla. Hyvin vanhan kalan otoliitissa voi olla jopa kymmeniä ohuita vuosikasvuvyöhykkeitä, mikä aiheuttaa otoliitin muodon muuttumisen. Kalan pituus- kasvun loputtua vuosirenkaat muodostuvat usein vain sagitan keskusuurteen puoleiseen osaan, minkä vuoksi otoliitti vähitellen paksuntuu ja pyöristyy. Useilla kalalajeilla nopea tapa arvioi-

da, onko kala ollut vanha ja hidaskasvuinen vai nuori ja nopeakasvuinen, on katsoa sagitan muotoa – vanhalla kalalla otoliitti on paksu, nuorella kalalla ohut (kuvataulu 21). Vanhoille silakka- tai kilohailiyyksilöille ovat tyypillisiä kapeat ja korkeat harjanteet keskusuurteen ympärillä.

Joskus esimerkiksi siian otoliiteissa saattaa esiintyä kaksoisrenkaita, joissa luutumaan on samaa vuonna syntynyt kaksi erilliseltä näyttävää rengasta. Näistä sisempi ei ole vuosirengas vaan osa vuosikasvuvyöhykettä. Valerengas on yleensä vajaampi kuin varsinainen vuosirengas. Joillekin yksilöille syntyy lähes joka vuosi tällaisia säännöllisesti toistuvia kaksoisrenkaita, ja näyttäisi siltä, että kyse on niille normaalista vuosikasvuvyöhykkeen rakenteesta. Kaksoisrenkaiden tulkintaan auttaa kokemus mm. iältään tunnetuista kaloista ja muiden iänmäärittäjien kanssa vaihdetuista havainnoista.



*Ahvenen operculum*



## 11

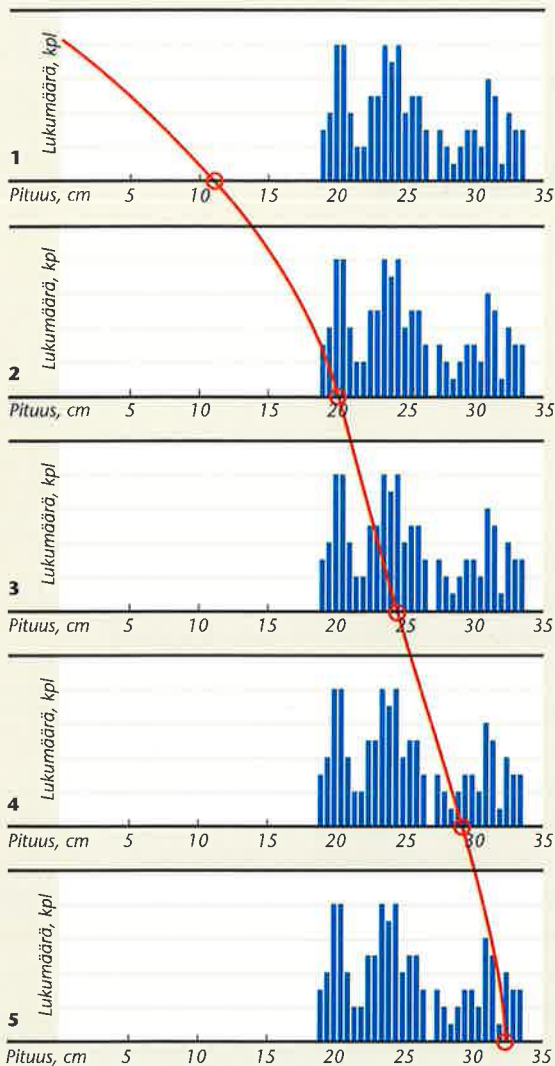
# KALOJEN PITUUSKASVUN ARVIOIMINEN

## Pituusjakauma

Kalojen koko (pituus, paino) tiettyinä ajankohtana on kasvun arvioinnissa lähes ainoa lähtökohhta, jos luutumiin ei synny tarkasteltavissa olevia vuosirenkaita. Yksinkertaisin tapa arvioida kalojen kasvunopeutta on tehdä arviointi pituusjakaumasta (Pauly 1983). Tällainen kasvun arviointi on mahdollista vain monihuippuisesta pituusjakaumasta, jossa huiput edustavat eri ikäryhmiä. Jos pituusjakaumaa (pituus x-akselilla) monistetaan allekkain monitorille tai paperille säännöllisin välein niin, että x-akselin koordinaatit pysyvät samalla kohdalla ja kukin pituusjakauma, "kerros", varataan järjestyksessä jollekin kalan iälle (1, 2, 3,...), voidaan eri ikäryhmien keskipituudet arvioida parhaassa tapauksessa muutama vuoden ikään asti. Allekkaisten jakaumakuvien x-akseleille merkitään järjestyksessä kutakin jakaumakuvaa vastaavan ikäryhmän silmä-

määräisesti arvioitu keskipituus, ja yhdistämällä allekkaisista koordinaatistoista nämä pisteet saadaan kasvukäyrä. Oikean muotoisessa käyrässä vuosittainen pituuden lisäys on suhteessa ajan (vuosien) kulumiseen (kuva 48, vrt. Pauly 1983). Jos käyrässä on äkkinäinen hyppäys esimerkiksi neljännen ikävuoden kohdalla, yksi ikäryhmä on todennäköisesti jäänyt huomaamatta.

Muunnelma edellisestä on tilanne, jossa säännöllisesti toistuneiden pyyntien saaliiden pituusjakaumista on erotettavissa yksi tai useampia vuosiluokkia, joiden kasvua (ts. jakaumahuippujen siirtymistä vähittäin yhä suurempien pituuksien kohdalle pituusakselilla) kyetään seuraamaan useita vuosia eteenpäin. Yksittäisen runsaan vuosiluokan yksilöiden pituuskasvua on näin mahdollista seurata joskus selvästi pitempään kuin mitä yhden ainoan jakauman analysoimisella pystytään tekemään.



**Kuva 48.** Kasvua voidaan joissakin erityistapauksissa arvioida ensimmäisten ikävuosien osalta pituusjakauman perusteella. Kuvan siika-aineistossa kohtalaisen hyvät arviot ovat saatavissa 2- ja 3-vuotiaiden keskipituuksista.

Pelkkiin pituustietoihin perustuva kasvunmääritys on epäluotettavaa, jos kalojen kasvunopeudessa on runsaasti yksilöiden välistä vaihtelua, kuten kalakannoissamme yleensä on. Äkilliset kasvunmuutokset voivat lisäksi sotkea kasvuarvion nopeakasvuksillakin kaloilla.

### Ikäryhmien keskipituudet

Yksinkertainen luutumista tehtyyn iänmääritykseen perustuva menetelmä on laskea otoksen ikäryhmäkohtaiset keskipituudet. Menetelmä on vertailukelpoisimmillaan, kun näytteenotto on tehty kasvukausien välisenä aikana. Äkinäisten kasvunmuutosten havainnointi on tällä menetelmällä mahdollista, jos kalakantaa seurataan ottamalla siitä otos iänmääritykseen kerran vuodessa tai useammin (Nyberg 1998; kuva 49).

Ikäryhmien keskipituudet voidaan myös sijoittaa **von Bertalanffyn** kasvumalliin tai kasvuyhtälöön, jota on käytetty kalakannan kasvun kuvaamiseen. Mallilla voidaan mm. arvioida vanhojen, näytteestä puuttuvien ikäryhmien pituuksia (Ricker 1975, Jones 2000).

### Takautuva kasvunmääritys

Myös yksittäisten kalojen kasvuhistoriaa voidaan selvittää luutumista. Tällöin vuosirenkaiden etäisyydet luutuman keskuksesta mitataan valittua linjaa eli sädettä pitkin. Näiden etäisyyksien suhde luutuman säteeseen on suhteessa kalan pituuteen, joten vuosirenkaiden sijaintien perusteella voidaan arvioida kalan pituus eri ikävuosina



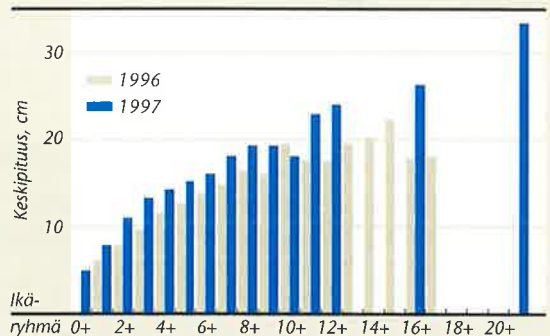
vuosirenkaan syntymisen aikoihin (kuva 50). Samoin voidaan laskea, paljonko kala on kunakin vuonna kasvanut. Tätä menetelmää kutsutaan takautuvaksi eli taannehtivaksi kasvunmääritykseksi tai -laskennaksi. Takautuva kasvunmääritys on yleinen tapa arvioida yksittäisten kalojen kasvua.

Jotta menetelmää voidaan käyttää, tutkittavasta kannasta (tai ainakin lajista) on oltava käytössä otos, jossa on monenkokoisia yksilöitä. Esimerkkiaineistomme 97 vaellussiian otos sisältää yksilöitä noin kymmensenttisistä aina kuusi-kymmensenttisiin asti. Jos luutuman sädettä ja kalan pituutta kuvaavat havainnot eri yksilöistä saadaan samalle käyrälle (kuva 51), käyrän avulla voidaan arvioida luutuman säteen ja kalan pituuden välinen riippuvuus kaloista, joiden pituudesta varhaisempina ikävuosina ei muuten ole tietoa. Normaaleissa otoksissa kalastajien saaliista esimerkiksi siikojen pienet pituusluokat puuttuvat.

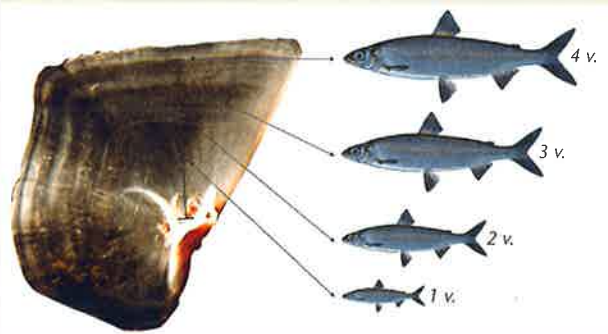
Takautuva kasvunmääritys tehdään kustakin yksilöstä erikseen. Jos näytekalan mitattu pituus on 30 cm ja ikä 6+, eli kala on seitsemännellä kasvukaudellaan, sen takautuvasti määritetyt pituudet vuosina 1–6 ilmoitetaan kokonaisina vuosina, esimerkiksi pituus 1-vuotiaana 10 cm, 2-v. 17 cm, 3-v. 22 cm, 4-v. 25 cm, 5-v. 27 cm, 6-v. 29 cm. Lopullisen pituuden, 30 cm, yhteyteen voidaan merkitä kesken jäänyt kasvukausi +:lla: 6+, 30 cm.

Eri ikävuosille saatuja pituuksia käytetään suuremmalla yksilömäärällä tehtäviin jatkolaskelmiin, kuten ikäryhmän keskipituuden, kasvun

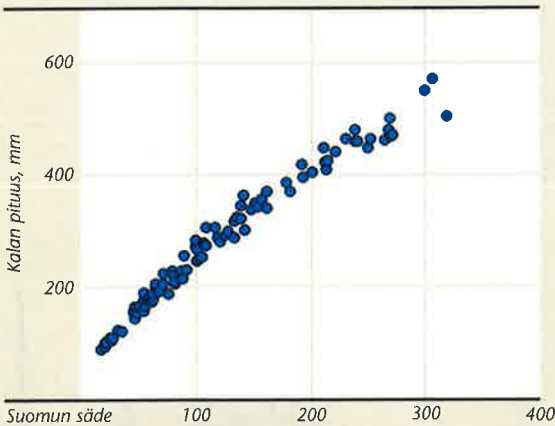
(kasvu yksittäisenä kasvukautena) tai näiden keskihajontojen laskemiseen. Jos kalakantanäytteestä on arvioitu kalojen pituus-paino-suhde eri pituusluokissa (esim.  $W = aL^b$ , missä  $W$  = kalan paino,  $L$  = kalan pituus,  $a$  ja  $b$  ovat vakioita, Bagenal & Tesch 1978) ja näytekalat on pyydetty



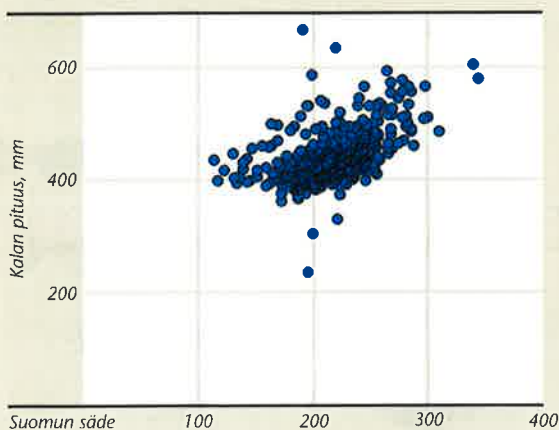
**Kuva 49.** Kahden peräkkäisen vuoden (1996 ja 1997) särkisaaliissa Vetelin Rättinginjärvestä lähes jokaisen ikäryhmän keskipituus oli vuonna 1997 suurempi kuin vuonna 1996. Selityksenä on tehokas kalastus, jonka seurauksena särjen kasvu nopeutui.



**Kuva 50.** Takautuvassa kasvunmäärityksessä arvioidaan kalan pituus eri ikävuosina luutuman vuosikasvuyöhykkeiden leveysien ja näytekalan pituuden perusteella (siian operculum).



**Kuva 51.** Vaellussiikojen (97 kpl) pituus ja symmetrisistä vatsasuomuista samalta kohtaa mitattu säde (aineisto ja mittaukset A. Huhmarniemi).



**Kuva 52.** Vaellussiioista mitattu pituus ja muodoltaan vaihtelevista suomuista mitattu säde. Pienet yksilöt (pituus < 35 cm) puuttuvat näytteestä lähes kokonaan.

kasvukausien välissä, takautuvasti lasketuista pituuksista voidaan arvioida myös kalojen painoja. Täysin todellista tilannetta vastaaviin painoarvioihin ei päästä, koska kalojen sukukypsyys, ravintotilanne ja kunto voivat vaihdella eri vuosina.

Kun näytteitä on riittävästi, em. tietoja voidaan tarkastella vuosiluokittain. Syntymävuoden mukaan ryhmitellyllä aineistolla kasvukäyristä voidaan todeta vuosiluokkien ikäryhmäkohtaiset kasvuerot, joita havaitaan esimerkiksi erityisen lämpimien ja kylmien kasvukausien tai vesistön kunnostustoimenpiteiden jälkeen. Vuosiluokka-kohtaiseen takautuvaan kasvuun määritykseen tarvitaan riittävästi samaan vuosiluokkaan kuuluvia yksilöitä. Minimimäärä (usein 5–10 kpl/vuosiluokka) riippuu mm. kalojen kasvun vaihtelevuudesta (hajonnasta), siitä kuinka pienet erot halutaan havaita, valittavasta riskitasosta ja testin voimakkuudesta.

Takautuvassa kasvunmäärityksessä voidaan saada hyviä arvioita ikäryhmäkohtaisista pituuksista, vaikka näytekalat olisi kerätty kesken kasvukauden ja viimeinen vuosikasvuyöhyke luutuman reunassa olisi jäänyt vajaaksi. Viimeisen, vajaaksi jääneen vuosikasvuyöhykkeen leveyttä ei huomioida vuosikasvuna, vaan mukaan jatkolaskelmiin hyväksytään vain edellisten vuosien takautuvasti määritetyt pituudet ja kasvut.

Esimerkissämme mittaukset takautuvaa kasvunmääritystä varten on tehty suomusta. Jotta suomun säteen ja kalan pituuden välisen suhteen hajonta saataisiin mahdollisimman pieneksi, suomujen säteiden mittauksessa on käytettävä



mahdollisimman samanmuotoisia suomuja. Teoriassa paras tilanne on, jos jokaisesta kalasta käytetään täsmälleen samasta paikasta otettua suomua. Tämä ei kuitenkaan käytännössä ole mahdollista. Kuvan 51 siika-aineiston suomut ovat vatsaevien kärkien väliseltä alueelta, ja määrittämiseen on otettu vain muodoltaan symmetrisiä suomuja. Säde on mitattu suomun etukulman ja etulohkon keskustan välistä läheltä etukulmaa, kohdasta jossa vuosirenkaat ovat suunnilleen kohtisuorassa säteeseen nähden (kuva 42). Jos suomujen muoto tai mittauskulma vaihtelee, vuosirenkaiden keskinäiset suhteet muuttuvat, eikä yhtä tarkkaa määritystulosta kuin kuvan 51 aineistosta ole saatavissa. Suomun säteen ja kalan pituuden suhde jää epätarkaksi myös, jos määrittäjällä ei ole käytössään tietoa riittävän monen kokoisista kaloista (kuva 52).

Kasvua voidaan vertailla takautuvasti myös tarkastelemalla suoraan vuosikasvuyöhykkeiden leveyksiä, muuntamalla niitä kalayksilön pituuksiksi. Jos eroja tutkitaan tarkastelemalla kasvuja suoraan vuosikasvuyöhykkeiden leveysistä, takautuvan määrittämisen (mallikohtaista) virhettä ei synny, koska mittaukset ovat toisistaan riippumattomia. Tällöin ne eivät myöskään ole autokorreloituineita (ks. havaintojen autokorrelaatio). Kuitenkin tässäkin tapauksessa suomuista tehtyjen mittausten vertailukelpoisuus edellyttää saman ehdon täyttymistä kuin takautuvien pituuksien käytössä, eli tietyn kokoisten kalojen pituuksien ja niiden suomujen säteiden suhteiden mahdollisimman pientä hajontaa. Jos mitattavat suomut eivät ole muodoltaan jotakuin-

kin samanlaisia ja samassa suhteessa kalan pituuteen (suomut ovat suunnilleen samankokoisia samankokoisilla kaloilla), vuosikasvuyöhykkeiden leveyksiä verrattaessa ei lopulta tiedetä, mitä ollaan vertaamassa.

Vuosikasvuyöhykkeiden suora vertailu on suositeltavaa, jos kala-aineisto koostuu vain kookkaista kaloista, eikä luutuman ja kalan pituuden suhdetta muilla kokoluokilla tiedetä. Tällöin varmin tulos saadaan vertailemalla kasvuyöhykkeitä jostakin luusta, sillä luiden muoto kalakannan sisällä on yleensä melko vakio. Suomujen ottopaikan ja muodon identtisyys on kiinnitettävä huomiota, sillä suomujen vertailukelpoisuutta ei muuten kyetä kontrolloimaan. Takautuvasti määritettyjen pituuksien etuna on, että määrittäjä kykenee mieltämään, mitä mitaustulokset kalan pituuksina kertovat, ja että hänellä on käsitys pituuksien ja kasvujen uskottavuudesta. Näin virheelliset tallennukset tai määrittäykset ovat huomattavissa ja korjattavissa.

## Laskentamallit

Tarkka, mutta etenkin isolla aineistolla työläs tapa takautuvaan kasvuun määrittämiseen, on piirtää useita pistejoukon suuntaisia käyriä, joilta suomun ja kalan pituuden suhde eri kokoluokissa selvitetään graafisesti seuraamalla yksilön pistettä lähinnä olevaa käyrää (Francis 1995, kuva 53).

Taulukkolaskentaohjelman avulla kasvunmäärittäminen voidaan tehdä nopeasti. Tutkittavalle aineistolle etsitään paras sovite, joka määrää käytettävän yhtälön. Kunkin yksilön suomun



säteelle ja kalan pituudelle lasketaan oma riippuvuutensa, jota kuvaa käyrä koordinaatistossa.

Yksinkertaisin tapa selvittää karkeasti kalan pituus tietyn vuosirenkään kohdalla on käyttää **Lean** (1910) menetelmää eli suoraa riippuvuutta (kuva 54):

$$L = aS$$

$$\frac{L_i}{L} = \frac{aS_i}{aS} \Rightarrow L_i = L \frac{S_i}{S} \quad (11.1)$$

missä

$L$  = kalan pituus,  $S$  = suomun säde,  $a$  = vakio,  $L_i$  = kalan pituus iässä  $i$ ,  $S_i$  = suomun säde iässä  $i$ .

Kalan pituus ja suomun säde eivät kuitenkaan läheskään aina kasva lineaarisesti origosta lähtevää linjaa pitkin. Virhettä on pyritty vähen-

tämään erilaisilla tavoilla. Kalan pituuden ja suomun säteen riippuvuus saadaan lähemmäksi todellista **Fraserin** (1916) ja **Leen** (1920) kaavalla. Sen oletuksena oli alunperin, että koska suomujen kasvu alkaa myöhemmin kuin kalan kasvu, lineaariseen kaavaan tulee lisätä kalan pituus suomujen syntyhetkellä (vakio  $c$ ). Vaikka oletus  $c$ :stä kalan pituutena suomujen syntyhetkellä todettiin piankin vääräksi ja  $c$  pelkästään laskennalliseksi arvoksi (mm. **Monastyrsky** 1930),  $c$ :n arvon laskeminen regressioyhtälön  $L = c + aS$  ( $a$  = vakio) avulla ja lisääminen kaavaan tarkoittaa määrittystulosta verrattuna origosta alkavaan suoraan (kuva 55):

$$\frac{L_i - c}{L - c} = \frac{aS_i}{aS} \Rightarrow L_i = \frac{S_i}{S} (L - c) + c \quad (11.2)$$

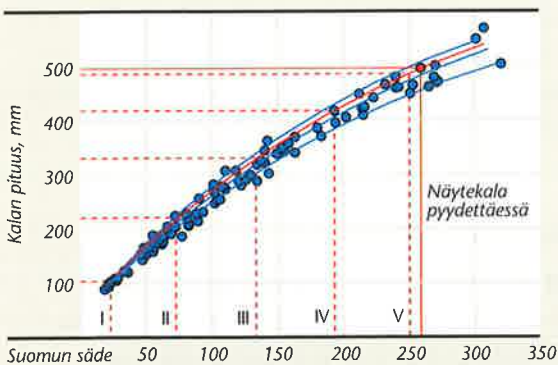
**Monastyrskyn** (1926, 1930) kaavassa on pyritty ottamaan huomioon kalan pituuden ja luutuneiden osien välisen suhteen epälineaarisuus (ts. kasvun allometrisuus) regressiomallin avulla:

$$L = a S^b \Rightarrow \ln L = \ln a + b \ln S,$$

missä  $a$  ja  $b$  ovat vakioita. Vakio  $b$  on kulmakerroin logaritmiseen muotoon muunnetussa yhtälössä, jossa kasvun allometrisuus otetaan huomioon (kuva 56).

Pituus iässä  $i$  lasketaan:

$$\frac{L_i}{L} = \frac{aS_i^b}{aS^b} \Rightarrow L_i = \left(\frac{S_i}{S}\right)^b L \quad (11.3)$$



**Kuva 53.** Kun vuosirenkäiden sijainnit suomussa tunnetaan, kalan pituus ikävuosittain voidaan määrittää takautuvasti koordinaatistosta seuraamalla kalan pituuden ja suomun säteen suhdetta lähinnä olevaa käyrää. Vuosirenkäiden säteiden perusteella 497 mm:n mittaisen yksilön (suomun säde 260) pituudeksi on määritetty 1-vuotiaana 110 mm, 2-vuotiaana 220 mm, 3-vuotiaana 328 mm, 4-vuotiaana 418 mm ja 5-vuotiaana 486 mm.





Samantapainen kuin Fraserin ja Leen ja Monastyrskyn menetelmät on niistä yhdistetty muunnelma, jossa ovat mukana sekä vakio  $c$  että kasvukerroin  $b$  (Fry 1943):

$$L = c + a S^b \Rightarrow \ln(L - c) = \ln a + b \ln S$$

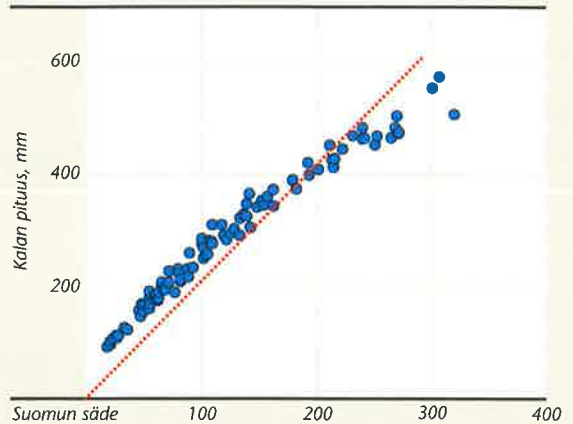
Pituus iässä  $i$  lasketaan tällöin:

$$\frac{L_i - c}{L - c} = \frac{aS_i^b}{aS^b} \Rightarrow L_i - c = \left(\frac{S_i}{S}\right)^b (L - c) \Rightarrow$$

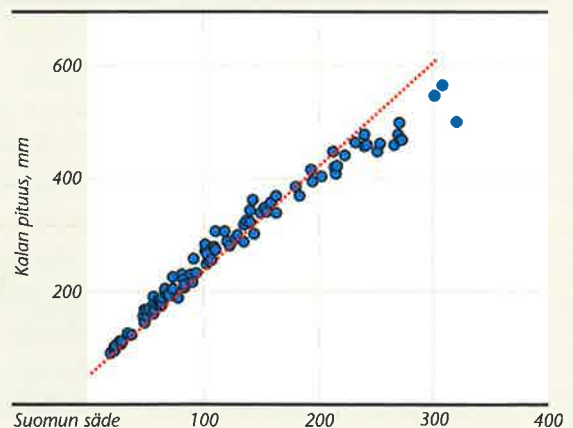
$$L_i = \left(\frac{S_i}{S}\right)^b (L - c) + c \quad (11.4)$$

Esimerkkisuomuaineistoomme Fryn kaava sopii paremmin kuin Fraserin ja Leen kaava, mutta huonommin kuin Monastyrskyn kaava, edellyttäen, että pituuksia ei lasketa takautuvasti suomun säteille, jotka ovat alle 20 mittayksikköä (kuva 57). Jollakin muulla suomuaineistolla tai mitattaessa säteet eri kohdasta suomua voidaan päätyä toisenlaiseen tulokseen.

Aineistosta puuttuvien alle kymmensenttisten kalojen, ts. yksilöiden joilla suomun säde on alle 20 mittayksikköä, suomun säde–kalan pituus-suhdetiedot puuttuvat, joten takautuvat kasvuarviot näistä pituusluokista olisivat epätarkempia kuin näytteessä olevien pituusluokkien osalta. Monastyrskyn kaava olettaa suomun kasvun alkavan kalan pituudesta 0, mikä ei pidä yhtä todellisuuden kanssa. Siksi voidaan olettaa, että Fryn kaavalla tehdyt arviot esimerkkiaineiston kalojen pituuksista, kun vuosirenkaan säde on alle 20 mittayksikköä, olisivat lähempänä todellisia pituuksia.



**Kuva 54.** Laskettaessa kasvua takautuvasti Leen kaavalla ilman korjaavia vakioita tms. oletetaan, että luutuman kasvu alkaa nolasta, kun kalan pituus on nolla, ja että luutuma kasvaa samassa suhteessa kalan pituuden kanssa, ts. kasvu on isometristä. Tässä aineistossa  $L = 2,068 * S$ ,  $r^2 = 0,816$  ( $r^2$  on selitysaste, ts. se ilmaisee, kuinka suuri osa kalan pituuden vaihtelusta voidaan selittää suomun säteellä).



**Kuva 55.** Fraserin ja Leen kaavalla aineistoon sovitettu suora  $L = 53 + 1,859 * S$  ( $r^2 = 0,971$ ).



Aineistoihin voidaan sovittaa myös polynomeja, esimerkiksi toisen asteen yhtälö.

$$L = a S^2 + bS + c,$$

missä a, b ja c ovat vakioita (mm. Mann 1973, 1974). Tällöin pituus iässä i lasketaan:

$$\frac{L_i - c}{L - c} = \frac{aS_i^2 + bS_i}{aS^2 + bS} \Rightarrow$$

$$L_i = \frac{(aS_i^2 + bS_i)(L - c)}{aS^2 + bS} + c \quad (11.5)$$

Esimerkkiaineistoon sovitettu toisen asteen yhtälö antaa yhtä tarkan arvion kalan pituudesta tietyllä suomun säteellä kuin Monastyrskyn kaava (kuva 58). Korkeammankin asteen polynomeja on mahdollista käyttää, mutta on kyseenalaista, saadaanko niillä olennaista lisätarkkuutta takautuvaan kasvunmääritykseen. Jos aineistoon saadaan parhaiten sovitetuksi aaltoileva käyrä allometrista kasvusuhdetta kuvaavan käyrän (esim. Monastyrskyn kaava tai toisen asteen yhtälö) sijaan, on kuitenkin todennäköistä, että kalojen kasvua ei aaltoilevan käyrän pohjalta kyetä arvioimaan tarkemmin kuin allometrista kasvusuhdetta kuvaavalla käyrällä. Suomun säteen ja kalan pituuden suhteen kehityksessä tosin on ilmeistä syklistyyttä, joka voi hieman vaikuttaa laskevien tuloksiin, jos näytekaloja on kerätty pitkän vuotta (vrt. Valta & Niemelä 1998). Toisaalta mitatun suomun muodon ja säteen mittauslinjan vaihtelu tai populaation sisäinen muuntelu suomujen lukumäärän suhteen voi aiheuttaa niin

suurta vaihtelua suomun säteeseen suhteessa kalan pituuteen, että vuodenaikaisyykli em. suhteessa peittyi vaihtelun alle ja jäi havaitsematta (Raitaniemi julkaisematon).

Yllä olevien esimerkkien perusteella useilla kaavoilla päästään samantasoiseen tulokseen. Paras vastaavuus takautuvasti arvioitujen pituuksien ja todellisten pituuksien välille saadaan eri aineistoilla (erilaiset suomut tai luut, eri kalalajit) eri kaavan avulla. Jos käytössä on edustava aineisto, jossa on luutumia tarpeeksi monenkokoisista kaloista, nopea tapa kokeilla eri kaavojen sopivuutta on mm. Microsoft Excel-ohjelman trendiviiva (*trendline*) -toiminto. Kun luutuman säteet ja kalan pituudet on syötetty Excel-taulukkoon, niistä piirretään kuva, jossa kunkin yksilön arvot näkyvät pisteinä. Pistejoukko valitaan kuvasta ja erilaisista käyrävaihtoehdoista (ensimmäisen sekä useamman asteen polynomit ja eksponentti- tai logaritmiyhtälöt) voidaan koikeilemalla etsiä pistejoukkoa parhaiten kuvaava käyrä "Lisää Trendiviiva" (Insert Trendline) -ot-sikoiden alta. Saman valikon alta on myös periaatteessa mahdollista tulostaa käyrien yhtälöt ja niiden selityksasteet ( $r^2$ -arvot). Huomionarvoista on kuitenkin se, että Excellin Trendline-toiminnon epälineaarisia käyriä laskevien alitoimintojen on havaittu laskevan joissakin tapauksissa erilaisia tuloksia kuin mitä varsinaisilla tilasto-ohjelmilla (esim. SAS, Systat, SPSS, Statistica) on saatu. Ohjelma ei ilmeisesti tulosta haluttuja arvoja riittävän monen desimaalin tarkkuudella. Pienten desimaalien puuttuessa hyvin pienten numeroarvojen informaatio pienenee ja tulokset



ovat siksi epätarkkoja. Trendline-toiminto siis piirtää käyrän hyvin, mutta yhtälön sovitus, ts. vakioiden arvojen laskeminen, on syytä tehdä jollakin tilasto-ohjelmalla.

### Vaihteleeko tietynpituisten kalojen suomun koko – vai suomuiltaan samankokoisten yksilöiden pituus?

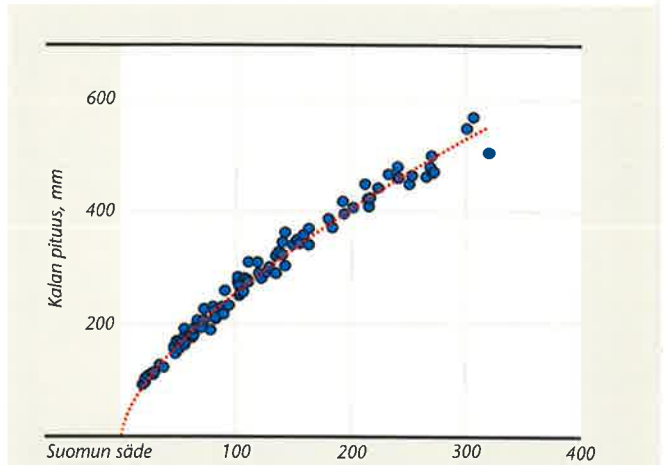
Otsikon kysymykseen on takautuvan kasvunmäärityksen yhteydessä kiinnitetty hyvin vähän huomiota, vaikka se voi vaikuttaa jopa senttejä takautuvasti laskettuihin ikäryhmien keskipituuksiin. Ongelman toi esille matemaatikon näkökulmasta takautuvaa kasvunmääritystä tutkinut Francis (1990), joka kritisoi sitä, että takautuvaa kasvunmääritystä tekevät eivät useinkaan ymmärrä käyttämiensä kaavojen perusteita.

Jos takautuvassa määrittelyssä käytetään Monastyrskyn menetelmää ( $L = aS^b$ , missä  $a$  ja  $b$  ovat vakioita), kalojen takautuvia pituuksia lasketaan suomun säteen suhteen – tutkitaan suomuiltaan tietynkokoisten kalojen pituuden vaihtelua (BPH = body proportional hypothesis). Jos puolestaan lasketaan suomun säde suhteessa kalan pituuteen ( $S = dL^f$ , missä  $d$  ja  $f$  ovat vakioita, vertaa Monastyrskyn  $a$  ja  $b$ ), ja edelleen johdetaan pituus tästä kaavasta:

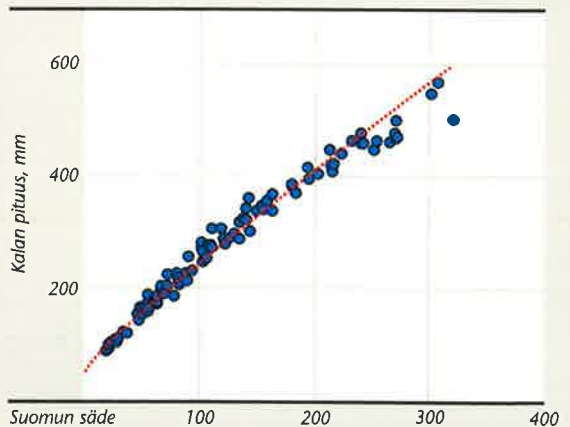
$$S = dL^f \Rightarrow \ln S = \ln d + f \ln L \Rightarrow$$

$$\ln L = \frac{\ln S - \ln d}{f} \Rightarrow L = e^{(\ln S - \ln d)/f}$$

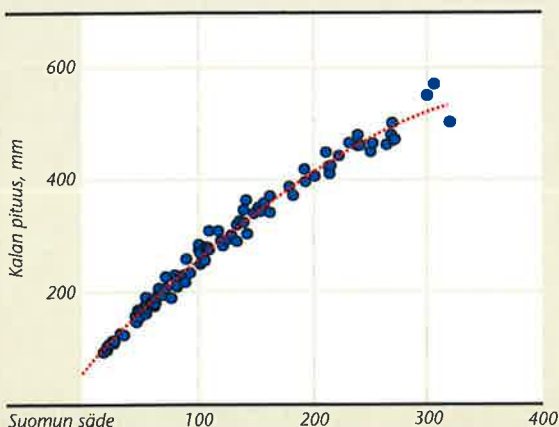
voidaan laskea takautuvasti kalan pituus suomusta, jonka säde on laskettu kalan pituuden



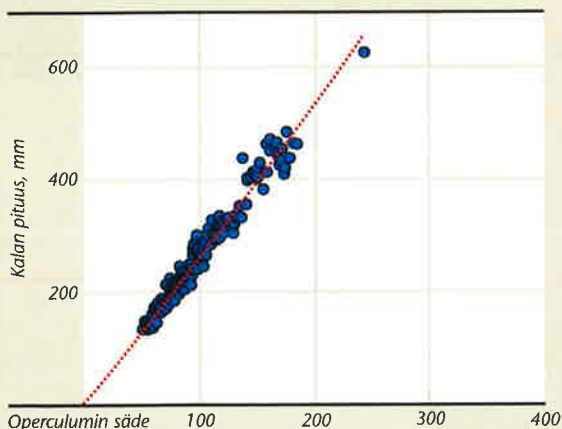
**Kuva 56.** Monastyrskyn kaavalla aineistoon sovitettu käyrä  $L = 12,36 * S^{0,66}$  ( $r^2 = 0,988$ ).



**Kuva 57.** Fryn kaavalla siian suomuaineistoon sovitettu käyrä  $L = 53 + 3,2 * S^{0,89}$  ( $r^2 = 0,984$ ).



**Kuva 58.** Aineistoon sovitettu toisen asteen yhtälö  
 $L = 0,0025*S^2 + 2,31*S + 50$  ( $r^2 = 0,987$ ).



**Kuva 59.** Vesijärven (Lahti, Hollola) yhdistettyyn järvi- ja planktonsiian operculum-aineistoon ( $n = 240$ ) Monastyrskyn kaavalla sovitettu käyrä, kun  
 $L = 0,209*S^{1,045}$  tai  $S = 4,972*L^{0,925}$  ( $r^2 = 0,966$ ).

suhteen (SPH = scale proportional hypothesis):

$$\frac{L_i}{L} = \frac{e^{(\ln S_i - \ln d)/f}}{e^{(\ln S - \ln d)/f}} \Rightarrow L_i = L \frac{e^{(\ln S_i - \ln d)/f}}{e^{(\ln S - \ln d)/f}} \Rightarrow$$

$$L_i = L e^{(\ln S_i - \ln S)/f} \quad (11.6)$$

Takautuvan pituusarvion ero menetelmien välillä jää melko pieneksi, jos mallin selitysaste ( $r^2$ ) on riittävän suuri, esimerkiksi yli 0,95. Jos  $r^2$  on esimerkiksi 0,8, pituusero voi olla jo yli 10 % kalan pituudesta (Francis 1990). Vesijärven operculumista mitatussa siika-aineistossa (kuva 59) menetelmistä aiheutunut ero oli 0–2 % eli 0–4 mm ikäryhmien takautuvasti lasketuissa keskipituuksissa. Pierce ym. (1996) päätyivät menetelmien vertailussaan siihen, että molemmat lähestymistavat antavat hyviä tuloksia edellyttäen, että mallin selitysaste on suuri.

Nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että mitä suurempi hajonta aineistossa on ja mitä heikommin eri mittaiset kalat ovat edustettuina otoksessa (mitä pienempi  $r^2$ -arvo), sitä suurempi ero syntyy eri lähtökohdista laskettujen takautuvien pituuksien välille, ja sitä suurempi virhemahdollisuus pituuden takautuvassa määrittämisessä on. Molempien laskutapojen käyttö rinnakkain voi helpottaa hahmottamaan takautuvan määrittäksen tarkkuuden/epätarkkuuden tasoa.

Kun Lahden Vesijärven särjen takautuvan kasvunmäärittäksen tuloksia, samoin kuin laskentatuloksia suomuista ja cleithrumeista tehdyistä määrittäksistä, verrattiin todellisiin, nuorista kaloista mitattuihin pituuksiin, selitysaste oli suu- rimmillaan Monastyrskyn kaavan mukaan las-



ketulle aineistolle ( $r^2 = 0,83$ ). Perinteisellä Monastyrskyn kaavalla (BPH) takautuvasti lasketut pituudet olivat lähellä kalojen todellisia pituuksia (Horppila & Nyberg 1999). Tällä perusteella BPH-perusteinen laskentatapa, eli perinteinen käytäntö, oli Vesijärven särjellä hyvä, olettaen että otos edusti todellista keskipituutta ja että eri kokoisilla takautuvissa määrittelyissä käytetyillä yksilöillä oli ollut sama kuolevuus.

### Luu verrattuna suomuun

Luiden käytöllä kasvunmäärittelyssä on etunsa suomuun verrattuna. Huolimatta siitä, että luiden ottaminen kalasta näytteeksi on hankalampaa kuin suomujen otto, luiden hyvänä puolena on niiden säännöllinen muoto. Lisäksi luun käsittely on määrittelyvaiheessa nopeaa verrattuna suomuihin, joista on etsittävä sopivimmat prässättäviksi määrittelyä varten. Suomuista tehtävä kasvunmäärittely hidastuu, jos mittaukset joudutaan tekemään useasta suomusta kultakin yksilöltä (ks. mittaukset suomuista). Jos sopivan luun, kuten operculumin tai cleithrumin, vuosirenkaat ovat selvästi erotettavissa, luun käyttöä takautuvassa kasvunmäärittelyssä suomun sijasta kannattaa harkita. Esimerkiksi joillakin hidaskasvuilla siikakannoilla operculumit ovat vaikeasti määritettäviä, mutta kannoilla, joilla ne ovat selviä, kasvua voidaan seurata osasta sellaisiakin hitaan kasvun vuosia, jotka eivät ole suomuista havaittavissa. Takautuvaan kasvunmäärittelyyn soveltuvat samat luut kuin iänmäärittelyynkin.

### Otoliitti kasvunmäärittelyssä

Myös otoliittia on käytetty kalojen takautuvaan kasvunmäärittelyyn. Otoliitin menestyksekkään käytön edellytyksenä on otoliitin ja kalan kasvun keskinen riippuvuus, joka on usein heikompi kuin luilla tai suomuilla. Vanhojen yksilöiden kasvun hidastuessa niiden otoliitin suhteellinen kasvu on usein nopeampaa kuin kalan pituuden kasvu (Barnes & Power 1984, Casselman 1990, Raitaniemi 1997), minkä vuoksi viimeisimpien elinvuosien osuus vanhan kalan kasvussa voidaan määrittää liian suureksi. Ongelmana voi nopeakasvuillakin kaloilla olla se, että otoliitin kasvu ei seuraa yhtä tarkasti kalan kasvua kuin muiden luutumien kasvu, ts. otoliitti kasvaa taasisesti, jolloin siitä ei voida havaita hetkittäisiä kasvun muutoksia samassa määrin kuin muista luutumista. Vähäisen tai runsaan kasvun vuodet eivät aina näy otoliitista yhtä hyvin kuin luista tai suomuista (esim. kuvataulut 3, 8.1 ja 8.2, 19.1 ja 19.2).

Kasvuvyöhykkeiden mittauslinjan valinta on otoliitissa erittäin tärkeä – otoliitin leveys- ja/tai pituussuunnassa saadaan todennäköisesti paras vastaavuussuhde kalan pituuden ja kasvun kanssa (esim. Eloranta 1982c). Otoliitin poikkileikkauspinnalla voi keskusuurteen molemmin puolin näkyä runsaastikin “vuosikasvuvyöhykkeitä”, jotka kertovat kalan iästä, mutta eivät kasvusta.



## Aiemmin sovitetut parametrit

Kun populaation luutumanäytteelle on laskettu esimerkiksi Monastyrskyn kasvuyhtälön allometrisen kasvun korjauskertoimen (vakio  $b$ ) arvo, se on todennäköisesti käyttökelpoinen tulevillakin vuosiluokilla, ellei esimerkiksi yksilöiden kasvunopeudessa tapahdu suuria muutoksia. Jotta kerran laskettua vakiota voidaan käyttää uudelleen, vuosirenkaiden säteet on mitattava samasta kohdasta samanmuotoista suomua tai luuta kuin alkuperäistä vakion arvoa määritettäessä. Jos aiemmasta materiaalista laskettua  $b$ :n arvoa aiotaan käyttää, sen sopivuus uuteen aineistoon on syytä tarkistaa graafisesti. Sama koskee  $c$ :n arvoa Fraserin ja Leen sekä Fryn kasvuyhtälöissä. Kuva kalan pituuden ja luutuman säteen riippuvuudesta näyttää myös sen, onko mitaukset tehty riittävän huolellisesti, ts. sijoittuvatko pisteet lähelle käyrää.

Myös toisissa saman lajin populaatioissa sovitettu parametriarvo lienee yleensä käyttökelpoinen. Yhden kannan huolellisesti selvitetyn vakion  $b$  arvon käyttäminen on parempi vaihtoehto kuin se, että vain yhtä kokoluokkaa olevasta aineistosta laskettaisiin tämä arvo erikseen, jolloin lopputulos olisi sattumanvarainen. Käytettäväksi aiotun parametriarvon sopivuutta aineistoon kannattaa tarkastella graafisesti koordinaatistossa, mutta jos populaatiosta on käytettävissä riittävästi pituusluokkia, parametriverot on syytä laskea itse aineistosta.

## Leen ilmiö

**Leen ilmiö** (*Rosa Lee's phenomenon*) tarkoittaa tilannetta, jossa takautuvasti lasketut pituudet tietyssä ikäryhmässä ovat systemaattisesti sitä pienempiä, mitä vanhempia ovat kalat, joista pituudet on laskettu (Bagenal & Tesch 1978). Ilmiölle on annettu useita selityksiä:

- 1) Väärän kaavan käyttö takautuvassa kasvun laskemisessa, esimerkiksi Leen kaavan soveltaminen kun pitäisi käyttää Fraserin ja Leen kaavaa.
- 2) Valikoiva tai väärin satunnaistettu näytekalojen otantamenetelmä, joka esimerkiksi valikoi näytteeseen keskimääräistä kookkaampia nuoria yksilöitä.
- 3) Luonnollinen kuolevuus suosii hitaasti kasvavien yksilöiden eloonjäämistä.
- 4) Kalastuskuolevuus suosii hitaasti kasvavien yksilöiden eloonjäämistä.

Leen ilmiö ei ole havaittavissa systemaattisesti kaikissa takautuvasti lasketuissa pituuksissa, ja joskus päinvastainenkin ilmiö on havaittu (Bagenal & Tesch 1978).

## Kasvujen tai pituuksien vertailu

Kalojen kasvua eri aikoina tai eri olosuhteissa voidaan tarkastella vertailemalla yksilöiden mitattua tai takautuvasti arvioitua keskimääräistä pituutta, painoa tai lisäkasvua. Tilastollisilla testeillä on mahdollista arvioida, onko tarkasteltavan muuttujan jakauman sijainnissa, hajonnassa tai muodossa eroja. Veden lämpötila on merkittävä kasvuun vaikuttava tekijä useimmilla kalalajeillamme. Lämpötilatietojen hankintaan ja hyödyntämiseen tai lämpötilan vaikutusten huo-



mioon ottamiseen muulla tavalla onkin varauduttava, jos tutkimuskohteeksi valitaan kalan kasvu.

Von Bertalanffyn kasvuyhtälöllä lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet eivät sellaiseenaan ole käyttökelpoisia, jos tavoitteena on arvioida muutoksia kalojen kasvunopeudessa. Sen sijaan mallin parametrien erojen merkitsevyyttä on mahdollista testata, jos tunnetaan saatujen kasvukertoimien keskiarvot. Tällöin voidaan verrata keskenään esimerkiksi vertailualueen ja vaikutusalueen populaatioiden kasvukertoimia (= kasvunopeutta) ennen hanketta ja sen toteuttamisen jälkeen, tai mitatun ympäristömuuttujan tason vaikutusta kasvuun. Käyttökelpoisia malleja ovat esittäneet mm. Smith ym. (1990), Dorn (1992), Maceina (1992) ja Weisberg (1993). Menetelmistä kaksi ensimmäistä pohjautuu von Bertalanffyn kasvuyhtälön muunnokseen.

## Kasvuerojen toteamiseen soveltuvia tilastollisia testejä

Kasvueroja voidaan testata sekä parametrisillä että ei-parametrisillä testeillä (kuva 60). Jos parametristen testien edellytyksenä olevat jakaumat tai mitta-asteikko koskevat vaatimukset eivät toteudu, on käytettävä ei-parametrisia testejä. Nämä menetelmät eivät oletta juuri mitään populaatiota kuvaavien jakaumien muodosta. Ei-parametrinen testiä voidaan käyttää myös silloin, kun parametrisen testin edellytykset ovat voimassa. Tällöin kuitenkin päädytään helpommin hyväksymään epätosi nollahypoteesi (= tehdään hyväksymisvirhe eli II tyypin virhe, Rahi-

kainen 1999b). Virheen vaikutus tehtäviin johtopäätöksiin saattaa olla merkittävä (Rahikainen 1999c). Parametrinen testi on ei-parametrinen testiä voimakkaampi (Ranta ym. 1989, s. 193).

Varianssianalyysi (ANOVA) ja kovarianssianalyysi (ANCOVA) ovat tavallisesti käyttökelpoisia usean käsittelyn (esim. populaation, alueen tai vuoden) vertailuun soveltuvia testejä (takautuvasti lasketujen pituuksien vertailu: ks. Havaintojen autokorrelaatio). Vaikka testissä päädyttäisiin nollahypoteesin hylkäämiseen, tulos ei kerro, mitkä käsittelyt eroavat toisistaan. Tuloksen perusteella tiedetään ainoastaan, että ainakin yksi populaatioista eroaa muista. Mikäli vuosien väliset erot halutaan paikallistaa, on turvaututtava parittaisiin vertailuihin. Kyseisten analyysien jälkeen voidaan parittaiset vertailut tehdä Tukeyn testillä (Ranta ym. 1989, s. 242–244). *Ns.* kontrastien (esim. Sokal & Rohlf 1995, 252–259) käyttö soveltuu kasvuerojen testaamiseen. Kontrastien avulla voidaan moniulotteisessa varianssianalyysissä verrata mitä tahansa keskiarvoja toisiinsa (esim. Underwood 1997).

Jos päädytään ei-parametristen testien käyttöön, kahden populaation vertailussa tehokas testi on Mannin-Whitneyn *U*-testi. Vertailtavat käsittelyt voivat olla esimerkiksi tietyn ikäryhmän keskipituus kahtena eri vuonna. Testin avulla voidaan havaita jakaumien sijaintien erot. Tavallisimpia vertailuja ovat mediaanien ja keskiarvojen yhtäsuuruuden tarkastelut (Ranta ym. 1989, s. 195–202).

Usean käsittelyn vertailuun voidaan käyttää Kruskallin-Wallisin ei-parametrinen testiä, joka



on yksisuuntaisen varianssianalyysin vastike (Ranta ym. 1989, s. 322–327). Kruskallin-Wallisin testi sopii täydellisesti satunnaistettuun koekeseen. Tällöin eri koeyksiköt  $n$  (kalat) jaetaan satunnaisesti eri käsittelyihin  $k$  (esim. vuodet). Testin avulla voidaan selvittää, ovatko poimitut  $k$  riippumatonta otosta peräisin kasvun suhteen samasta populaatiosta. Analyysissä havainnoista huomioidaan ainoastaan niiden suuruusjärjestys, eikä oletuksia aineiston jakauman muodosta tai varianssien homogeenisuudesta tehdä.

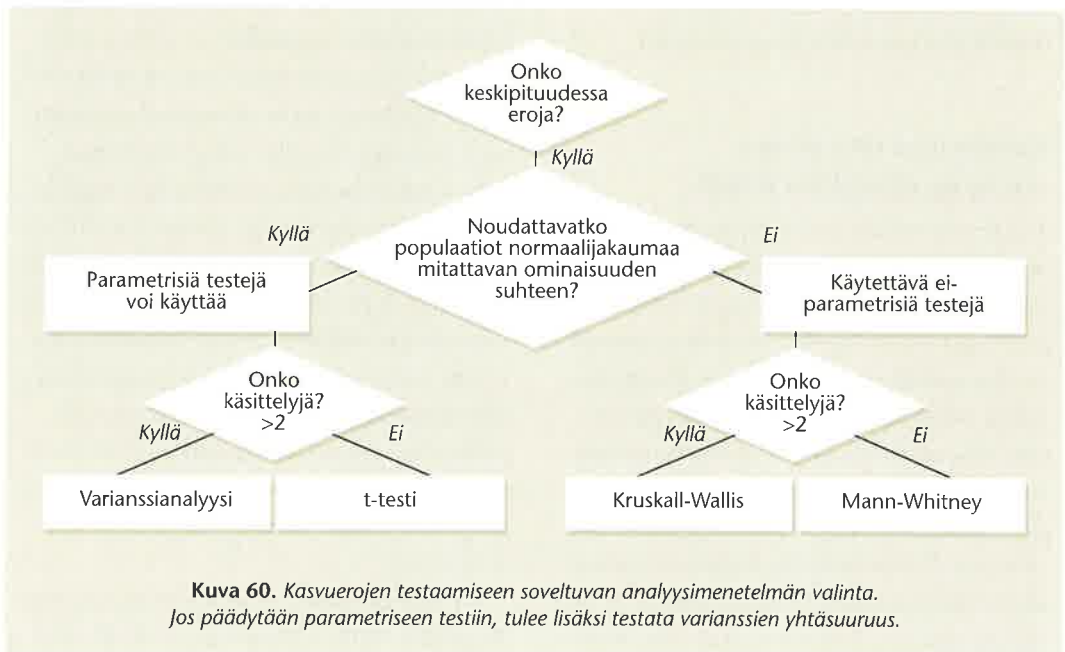
Edustavien kasvunäytteiden keruu tutkittavasta kalapopulaatiosta on kasvumäärittysten edellytys. Ennen kuin kasvu- tai pituusjakauma-aineistoa ryhdytään tulkitsemaan, selvitetään ai-

neiston hankintatavan mahdollinen vaikutus tuloksiin ja johtopäätöksiin.

Jos käytettävissä on riittävän pitkä aikasarja, vähintään noin kymmenen vuoden aineisto, voidaan arvioida kalapopulaation kasvun trendiä. Tällöin voidaan valita tietyn ikäryhmän keskiko-ko kasvunopeuden indeksiksi, ja arvioidaan keskikoon muutosta ajan funktiona.

#### **Havaintojen autokorrelaatio**

Kasvuanalyysien ongelma on havaintojen autokorrelaatio. Autokorrelaatio tarkoittaa sitä, että havaintojen välillä on riippuvuus, joka vähentää kunkin havainnon informaatioarvoa. Autokorrelaatiota esiintyy, koska seuraavan vuoden kasvu







riippuu edellisen vuoden kasvusta. Myös kalan luutuneen osan ja pituuden kasvun välinen riippuvuus on autokorreltoitunut. Jälkimmäinen autokorrelaation tyyppi on edellistä vaikeampi tilastomatemattinen ongelma, joka johtaa kolineaarisuuteen (Weisberg 1993). Ilmiö tarkoittaa sitä, että mallin selittävät muuttujat eivät ole lineaarisesti toisistaan riippumattomia, vaan viimeinen selittäjä voidaan lausua toisten lineaarikombinaationa. Kolineaarisuuden seurauksena muuttujien estimaatit ovat epävakaita ja niiden hajonta on suuri. Ilmiöllä on merkitystä, kun kasvunvaihteluita analysoidaan varianssi- tai kovarianssianalyysillä. Toistettujen mittausten varianssianalyysi (*repeated measures ANOVA*) ottaa aineiston autokorrelaation huomioon ja on tästä syystä usein varianssianalyysiä suositeltavampi.

### **Kovarianssianalyysin**

#### ***käyttö kasvututkimuksissa***

Kasvumäärityksistä saatavaan tietoon voidaan käyttää kasvumallia, faktorikoetta (Ranta ym. 1989, s. 275–293) tai kovarianssianalyysiä (Ranta ym. 1989, s. 304–318), joilla eri vuosien ja ikäryhmien kasvuvaihtelut analysoidaan. Kasvun mallintamisen tarkoituksena on selittää useasta kalasta saadut kasvuhavainnot sellaisilla muuttujilla, jotka kuvaavat eri vuosiluokkien yksilöiden kasvua eri vuosina. Käytettävät mallit olettavat yleensä, että kasvu riippuu sekä kalan ominaisuuksista, kuten iästä, koosta tai sukupuolesta, että ulkoisista tekijöistä, kuten veden lämpötilasta kasvukauden aikana tai ympäristömuutoksista.

Käyttökelpoinen mittari voi kuvata mm. kuormituksen tasoa tai veden laatua (esim. kiintoainemäärä, pH, alumiini- tai a-klorofyllipitoisuus).

Kovarianssianalyysissä kovariaattina käytetään eri vuosien lämpötilaa, kannan kokoa, ravintoeläinten määrää tai muuta olosuhdetta kuvaavaa indeksiä. Luokittelevana muuttujana käytetään ikäryhmää ja vuotta tai vuosiluokkaa. Myös sukupuoli on luokitteleva tekijä, jos sukupuolten välillä on todettu kasvueroja. Keskeistä on analyysin yhdistäminen kasvumuutoksen aiheuttajaan esimerkiksi kuormitusta kuvaavalla kovariaatilla yhteyden arvioimiseksi. Muussa tapauksessa ympäristömuutoksesta tai muista bioottisista ja abiottisista tekijöistä johtuva kasvunopeuden vaihtelu kasvattaa mallin jäännösvarienssia ja pienentää selityskykyä.

Kovarianssianalyysissä vuosi (y), ikäryhmä (a) ja sukupuoli (s) olkoot analyysin luokkamuuttujat. Tällöin eri vuosiin yhdistetään selittävän ominaisuuden tasoa kuvaavan mitta-asteikollisen muuttujan, kuten esimerkiksi hankkeen kuormitustason (K) tai kesän lämpösumman (T), arvo. Termit  $\gamma$  ja  $\nu$  ovat regressioanalyysiä vastaavat vakiokertoimet. Malli voidaan kirjoittaa muotoon:

$$\text{kasvu}_{yas} = \mu + \alpha_a + \beta_s + \gamma K_y + \nu T_y + \epsilon_{yas}$$

Malli voidaan havainnollisemmin esittää seuraavasti:



Ikäryhmän  $a$  ja sukupuolen  $s$  lisäkasvu vuonna  
 $y = \text{yleiskeskisarvo} + \text{ikävaikutus} + \text{sukupuoli-}$   
 $\text{vaikutus} + \text{vakio} * \text{kuormitus} + \text{vakio} * \text{lämpö-}$   
 $\text{tila} + \text{virhetermi}.$

Esitetty malli sisältää päävaikutukset, muttei yhdysvaikutuksia. Usean tekijän yhteisvaikutuksen olemassaolo on todennäköistä, sillä usein lämpötilan tai ympäristömuutoksen vaikutus vaihtelee eri ikä- tai kokoryhmissä (Weisberg 1986). Jos yhdysvaikutus on populaatiossa todellinen, mallissa päävaikutukset ylittävä osa vaihtelusta sisällytetään virhetermiin. Tällöin analyysin tarkkuus pienenee. Biologisesti mahdolliset yhdysvaikutukset sisällytetään yleensä ensimmäiseen malliin. Kun täysi malli on sovitettu aineistoon, poistetaan ne yhdysvaikutukset, jotka eivät ole tilastollisesti merkitseviä.

Malleja voidaan muokata eri tilanteisiin ja oletuksiin sopivaksi. Seurauksena on yleensä kuitenkin analyysin monimutkaistuminen. Weisberg (1993) on käsitellyt varsin kattavasti esitetyn kaltaisten mallien käyttöä.

Kovarianssianalyysin oletuksia ovat virhetermien keskinäinen riippumattomuus ja normaalijakautuneisuus (Ranta ym. 1989, s. 304–315). Selitettävän muuttujan ja kovariaatin välinen yhteys oletetaan yleensä lineaariseksi, mutta kovarianssianalyysillä voidaan käsitellä myös epälineaarisia riippuvuuksia. Selitettävän ja selittävien muuttujien välistä riippuvuutta ilmaisevan regressiokertoimen tulisi olla sama jokaisessa käsittelyssä. Lisäksi oletetaan, että kovariaatin ja käsittelyjen (ikäryhmä, sukupuoli jne.) vaikutukset ovat additiivisia ja selittävien muuttujien ta-

sot ovat kiinteitä ja harhattomasti mitattuja.

Malliin ja sen virherakenteeseen sisältyvien oletusten paikkansapitävyyttä arvioidaan residuaalitarkastelun avulla. Jos aikasarja on lyhyt ja havaintoja on vähän, residuaalien jakaumasta ei todennäköisesti havaita epälineaarisen riippuvuuden olemassaoloa. Regressiokertoimien homogeenisuus voidaan testata kuten regressioanalyysissä.

### **Kasvuerojen testaamiseen soveltuvia aineistoja ja malleja**

Kasvueroja voidaan arvioida erilaisilla aineistoilla ja menetelmillä (taulukko 3). Mallit, joilla tarkastellaan kalan kumuloituvaa pituutta (pituutta kussakin ikäryhmässä), antavat epäluottavampia estimaatteja kuin vuosittaisen lisäkasvun tarkasteluun perustuvat mallit.



Taulukko 3. Erilaisia lähestymistapoja kasvuerojen mallintamisessa ja testaamisessa.

Muuttuja	Mittaukset	Analyysi	Aineisto	Soveltuvuus muutosten osoittamiseen
kalan pituus, havaittu	kalan ikä ja pituus	kasvuyhtälöt, esim. von Bertalanffy, ja parametrien testaaminen	usealta vuodelta	heikohko aikasarjatyypissä tarkastelussa, parempi alueiden välisessä vertailussa
kalan taannehtivasti määritetty pituus	kalan ikä ja pituus sekä luutuman kasvu	yleistetyt lineaariset mallit (GLM), kovarianssianalyysi, toistettujen mittausten varianssianalyysi	yksivuotinen mahdollinen, monivuotinen parempi, sallii väli vuodet	takautuvasta kasvunmäärityksestä johtuva harha ja estimaattien kolineaarisuus vaikeutena (toistettujen mittausten varianssianalyysi ottaa jälkimmäisen huomioon)
luutumasta määritetty kalayksilön lisäkasvu	kalan ikä ja pituus sekä luutuman kasvu	yleistetyt lineaariset mallit (GLM), kovarianssianalyysi, toistettujen mittausten varianssianalyysi	yksivuotinen mahdollinen, monivuotinen parempi, sallii väli vuodet	takautuvasta kasvunmäärityksestä johtuva harha vaikeutena
lisäkasvu populaatiossa	kalan ikä ja pituus	eri ikäryhmien keskipituuksien erotus kussakin vuosiluokassa, lineaariset tai epälineaariset lisäkasvumallit	monivuotinen, ei sallii väli vuosia	tarvitaan suuri näytettä, mikä vähentää käyttökelpoisuutta
luutuman lisäkasvu	kalan ikä ja luutuman kasvu	yleistetyt lineaariset mallit (GLM), kovarianssianalyysi	yksivuotinen mahdollinen, monivuotinen parempi, sallii väli vuodet	hyvä jos luutumat ovat täysin vertailukelpoisia; luut varmempia kuin suomut (suomujen koon suhteessa kalan pituuteen samoin kuin muodon oltava vakio); otoliitin sopivuus kyseenalainen

A hand holding a pen pointing at a dark green chalkboard. The background is blurred, showing what appears to be a classroom or office setting. The text is centered on the chalkboard.

12  
TULOSTEN ESITTÄMISESSÄ  
HUOMIOITAVAA

*Suomen tarkastelua mikrokorttilukulaitteen avulla*



Kalojen ikä- ja kasvututkimukset ovat tavallisesti osa suurempaa projektia, kuten velvoitetarkkailua, istutusten tuloksellisuustutkimusta, seuranta ym. Käytetyt kalanäyteaineistot sekä tutkimusmenetelmät esitetään omalla lukunsa raportin tai muun julkaisun aineisto ja menetelmät -

kappaleessa. Käytössä olevat tutkimusmenetelmät saattavat vaihdella paljon eri tutkimuslaitosten välillä, joten tutkimusmenetelmien tarkka kuvaus tai viittaus sellaiseen on tulosten vertailtavuuden vuoksi tärkeää.

#### **Aineisto ja menetelmät** **-kappaleessa on mainittava:**

- 1) Milloin, mistä, millä tavalla ja kuinka paljon näytekalaja on pyydetty, miten näytekalat on valittu saaliista.
- 2) Mitä kalan luutumaa tai luutumia iänmäärittäyksissä ja vuosikasvuyöhykkeiden leveyksien mittaauksissa on käytetty, ja jos on käytetty suomua, mistä kohdasta kalassa suomu on otettu. Valitun luutumaa käyttöä voi olla syytä perustella. Esimerkki: "Iänmäärittäys tehtiin suomusta, koska näytekalat tiedettiin etukäteen enintään 8-vuotiaiksi ja nopeasti kasvaneiksi, ja niiden suomujen helppolokuisuus oli tiedossa."
- 3) Kuinka iänmäärittäysten luotettavuutta on tarkasteltu – onko esimerkiksi käytössä ollut tietyn ikäisiä merkittäviä kaloja, onko iänmäärittäyksessä käytetty useampaa kuin yhtä luutumaa tai onko kalojen ikärakenteesta ja kasvusta muita tietoja, jotka tukevat määrittäysten tuloksia (tehtyjen istutusten ajankohdat, pituusjakauma, aiemmat säännölliset havainnot luutumien kehitymisestä kannan yksilöissä, luutumien muoto ja koostumus). Jos useampia luutumia on ollut käytössä, on syytä kiinnittää huomiota siihen, minkä ikäryhmien kohdalla eroja erityisesti on ja minkä suuntaisia ja suuria erot ovat.

4) Mikäli kalojen syntymäpäivänä on pidetty muuta päivämäärää kuin 1. tammikuuta, se on mainittava. Samoin muut asiat, joista on olemassa useita tulkintoja (esim. kalan iän ilmoittamistapa), määritellään tai niistä viitataan aiemmin julkaistuihin määrittämään (englanninkielisissä teksteissä luonnollisesti englanniksi julkaistuihin määrittämään).

5) Takautuvasti tehdyn kasvunmäärittäyksen osalta on mainittava käytetty luutuma, luutumaa mittaustilja ja laskentakaava. Lisäksi on kerrottava, mitä tulokseen vaikuttavan vakion/vakioiden arvoa laskentakaavassa on käytetty ja miksi, ts. onko vakio(t) voitu laskea aineistosta (jolloin kerrottava  $n$  ja  $R^2$ -arvo) vai onko jouduttu viittaamaan aikaisempiin tutkimuksiin. Esimerkki: "Mittaukset tehtiin ahvenen operculumista luun keskilinjaa pitkin tyvestä ulkoreunaan, ja takautuvassa kasvunmäärittäyksessä käytettiin Monastyrskyn epälineaarista kasvumallia. Pienten pituusluokkien pituusjakaumasta puuttumisen vuoksi allometrisen kasvun korjauskertoimena (b) käytettiin ahvenelle eri yhteyksissä lasketua arvoa 0,88 (mm. Le Cren 1958, Raitaniemi ym. 1988)."

6) Onko sukupuolten välillä havaittu kasvueroja. Jos on, sukupuolet on käsiteltävä erikseen.

7) Käytetyt tilastolliset testit.

Tuloksissa esitetään paitsi tulokset edellisistä, mm. tilastollisissa testauksissa käytetyt otoskoot, testisuureen arvot, merkitsevyyssatot ja testin

voimakkuudet. Tulosten tarkastelussa tulosten biologinen merkitys tulkitaan ja tehty johtopäätökset perustellaan.



*Hauen cleithrum*



# 13

## LAJIKOHTAISIA ERITYISPIIRTEITÄ

### Nahkiainen

Nahkiaiset kuuluvat leuattomien selkärankaisten yläluokkaan; rustokalat, luukalat ja maaselkärangaiset puolestaan ovat leuallisia selkärankaisten. Suomessa tavataan nahkiaisien (*Lampetra fluviatilis* (L.)) ja sen järvissä elävän muodon, järvinahkiaisien, lisäksi puroissa ja joissa elävää pikkunahkiaista (*Lampetra planeri* (Bloch)) sekä Atlantin puolelta satunnaisesti Itämereen eksyvää ja silloin tällöin silakkatrooleista saaliiksi saatavaa merinahkiaista (*Petromyzon marinus* (L.)).

Nahkiaisten iänmääritys perustui kauan pelkästään suuren yksilömäärän pituuksien mittaukseen ja eri ikäryhmien erotteluun pituusjakaumien perusteella (ks. Petersenin menetelmä). Sittemmin nahkiaisten ikiä on opittu tulkitsemaan statoliiteista (otoliitit). Laboratorio-olosuhteissa tehdyillä kasvatuskokeilla, joissa vuoripuronahkiaisen (*Ichtyomyzon greeleyi*) statoliitteihin saa-

tiin oksitetrasykliinillä aikaan merkki (Medland & Beamish 1987), osoitettiin, että lajin statoliitteihin muodostuu opaakkivyöhyke kesällä ja hyaliinivyöhyke talvella kuten yleensä luukaloillakin. Sama havaittiin myös nopeakasvuisen amerikkalaisen puronahkiaisen (*L. appendix*) ja merinahkiaisen likomadoilla tehdyissä vastaavissa kokeissa (Beamish & Medland 1988). Näistä poikkeuksena eteläisen jokinahkiaisen (*Ichtyomyzon gagei*) statoliiteista ei voitu erottaa kasvivyöhykkeitä ja määrittää ikää, koska nahkiaiset kasvoivat tasaisesti koko vuoden (Beamish & Medland 1988). Toisinaan statoliittien koko suhteessa likomadon kokoon saattaa muuttua huomattavasti kasvukauden aikana. Statoliitit saattavat myös puuttua varsinkin muodonvaihdoksen aikana kokonaan, minkä Barker ym. (1997) toteivat joidenkin jokien *P. marinus*-toukilla. Näissä tapauksissa pituusjakaumien tulkinta on edelleen ainoa tapa erottaa ikäryhmät toisistaan.



## Hait ja rauskut

Hait ja rauskut kuuluvat rustokaloihin (*Selachii*), joita tavataan Itämeren eteläosissa Atlantin valtameren läheisyydessä. Suomen aluevesillä hait ovat hyvin harvinaisia vierailijoita, ja siksi ainoastaan piikkihaista (*Squalus acanthia* (L.)) on tehty kaksi kertaa varma havainto, tosin lyhyen ajan sisällä samalla alueella. Lisäksi sillihai (*Lamna nasus* (Bonnaterre)) on löydetty kerran kuolleena Kōkarin saaren rannasta (Koli 1990). Rauskuja ei ole tiettävästi koskaan tavattu Suomen rannikon vesialueilla.

Haiden ja rauskujen iänmäärittäminen perustuu niiden rustoisten selkänikamien ydinosaan osittain kalkkiutuneiden kasvuvyöhykkeiden tulkintaan (Bougis 1989, Abdel-Aziz 1992, Meunier 1992). Piikkihaikalajien (*Squaliformes*) selkävärätojen kalkkiutuneissa osissa on havaittu vuosirenkaita, joita myös voidaan hyödyntää iänmäärittämisessä (Meunier 1992).

## Sampikalat

Rustokalamaisten luukalojen, sampien, iänmäärittäminen on kokeiltu mm. selän luukilvistä, mutta yleensä sampikalajien ikä määritetään rintaevän ensimmäisen ja paksuimman ruodon poikkeikkauspinnasta (Rossiter ym. 1995, Korkosh & Pronenko 1998, Morrow ym. 1998). Kolin (1990) mukaan joitakin noin 50-vuotiaita sampia (*Acipenser sturio* (L.)) on tavattu. Suurin Suomesta pyydetty kala on Kokemäenjokisuusta vuonna 1914 pyydetty 265 cm pitkä ja 152 kg painanut sampi. Sampien ikää ei vielä tuohon ai-

kaan osattu määrittää, ja on hyvin mahdollista, että ennätyskalan ikä oli lähempänä sataa kuin 50 vuotta. Sammen sukulaislajin valkosammen (*Acipenser transmontanus* (Richardson)) on arvioitu eläneen ainakin 104-vuotiaaksi (Rien & Breamesderfer 1994), ja vuonna 1985 USA:sta Garrison Dam-patoaltaasta pyydetty 14-kiloinen lapasampikoira (*Polyodon spatula* (Walbaum)) määritettiin 55-vuotiaaksi (Scarnecchia ym. 1996).

## Silakka ja kilohaili

Silakka (*Clupea harengus membras* L.) on sillin (*Clupea harengus* L.) alalaji ja Itämeressä elävien sillikantojen yhteinen nimitys. Atlantin sillikin voi tulla murtovetisiin vuonoihin, mutta silakka oleilee koko elämänsä vähäsuolaisessa murtovedessä lukuun ottamatta Tanskan salmien lähetyvillä eläviä yksilöitä – ne voivat olla elämänsä aikana elinympäristön mukaan vuoroin silakoita, vuoroin sillejä. Myös kilohaili (*Sprattus sprattus* (L.)) elää Itämeren vähäsuolaisessa vedessä, mutta Perämerellä sitä on vain vähän.

Merialueemme veden pieni suolapitoisuus voi haitata silakan ja kilohailin ionisaatiota ja sitä kautta hidastaa niiden kasvua Itämeressä, jossa ne ovat hidaskasvuisempia kuin silli ja kilohaili Atlantissa. Mahdollisen suolapitoisuuden vaikutuksen ohella kasvuun vaikuttaa saatavilla oleva ravinto. Etenkin turskan ollessa vähissä silakka- ja kilohailikannat voivat olla tiheitä ja ravintokilpailu on ankaraa. Vaikka silakka kasvaa keskimäärin hitaammin kuin silli, osa silakoista





voi kasvaa nopeasti isokokoisiksi, todennäköisesti petokalan tavoille opittuaan. Tällaisia yksilöitä kutsutaan jättiläissilakoiksi. Helsingin edustalta saatiin keväällä 1997 jopa 1 100 g:n painoinen silakka. Suuret silakat ovat harvinaisia kaupallisessa saaliissa, vaikka 200–400-grammaisia yksilöitä saadaan etenkin keväisin ennen kutuaikaa silakan trooli- ja rysäkalastuksen yhteydessä. Ne ovat nopeakasvuisia ja iältään lähes poikkeuksetta lähempänä kymmentä kuin viittä vuotta. Pienemmätkin, normaalin savusilakan kokoa olevat yksilöt voivat olla hyvin vanhoja; vanhimmat iältään määritetyt silakat ovat olleet parikymmentävuotiaita. Vaikka kookkaimmat rannikkovesistämme pyydytetyt kilohailit saavuttavat hädintuskin 18 cm:n pituuden, niitäkin on enimmillään määritetty yli 20-vuotiaiksi.

Suurin osa rannikkoalueiltamme ihmisravinnoksi pyydytyistä silakoista on 15–20-senttisiä ja niiden ikä on tavallisesti 2–10 vuotta. Rehusilakaksi käytettävä, myös kilohailit sisältävä troolisaaliin osa koostuu suurelta osalta 10–15 cm:n pituisista yksilöistä, joista nuorimmat voivat olla samana vuonna syntyneitä. Vaikka vanhojen silakoiden ja kilohailien voisi olettaa olevan tavallista isompia, ne eivät välttämättä ole koon perusteella erotettavissa nuorista yksilöistä. Pienet vanhat yksilöt ovat vain kasvaneet hitaasti tai niiden kasvu on voinut pysähtyä, ja juuri tällaisten yksilöiden iänmääritys saattaa olla ongelmallista.

## Suomu

Silakan iän- ja kasvunmäärityksissä on aikaisemmin käytetty myös suomua, mikä on ainoa vaihtoehto, jos kala halutaan vapauttaa merkitsemisen tai näytteenoton jälkeen. Silakan suomut irtoavat helposti käsittelyn seurauksena, joten esimerkiksi troolilla pyydytyistä silakoista voi olla vaikeaa löytää riittävästi suomuja iänmääritystä varten. Suomujen irtoamisen seurauksena silakan ihon pintaan saattaa tarttua naapuriyksilön suomuja. Nuorten ja nopeakasvuisten silakoiden iänmääritys ja vuosikasvuyöhykkeiden mittaaminen suomun avulla saattaa olla perusteltua, jos vuosirenkaat ovat selvästi erotettavissa toisistaan. Muiden kalojen suomuihin verrattuna silakan ja kilohailin suomujen kasvurenkaat kulkevat aaltomaisesti poikittain kohtisuoraan suomun pituusakseliin nähden, mutta vuosirenkaat muodostuvat suomun reunaan suomun kasvaessa (kuva 61).

## Otoliitti

Iänmääritys on perinteisesti tehty silakalla ja kilohaililla sillin tapaan kokonaisesta otoliitista (sagitta), mutta luotettavammin ikä selviää etenkin vanhoista yksilöistä otoliitin värjäytyltä poikkileikkauspinnalta. Kasvunmääritykset perustuvat eri ikäryhmien keskipituuksiin suuressa määrässä näytteitä eikä kasvun takautuvaan määrittelyyn, kuten useilla muilla lajeilla.

### *Kokonainen otoliitti*

Kokonaisista otoliiteista määrittämisessä on meillä käytetty apuna erityisesti tätä tarkoitusta



varten suunniteltuja, läpinäkyviä muovilevyjä, joissa on numeroituja kuoppia (kuva 27). Kuoppiin laitetaan läpinäkyvää, kovettuvaa kiinnitysainetta, kuten ksyleeniin liuotettua kanadabalsamia, venelakkaa tai valumuovia, ja otoliitit upotetaan numerojärjestyksessä näihin kuoppiin keskusuurre (kuva 13) alaspäin. Kiinnitysaineen kovettuttua otoliitit ovat valmiita määrittäviksi. Upotettuja otoliitteja valaistaan vinosti päältä päin tummaa alustaa vasten. Mikroskoopin suurenus on sopiva, kun otoliitti täyttää hieman yli puolet näkökentän leveydestä. Otoliitin tarkastelu on suositeltavinta aloittaa siten, että otoliitin kärki (rostrum) osoittaa valolähteestä poispäin ja valo tulee otoliittiin nähden ylhäältä päin. Näin menetellen otoliitin rakenteesta saa alustavan käsityksen ja kasvuyöhykkeiden lukumäärää on samalla mahdollista arvioida.

Iänmääritys aloitetaan etsimällä otoliitin ensimmäinen tumma ja kapea hyaliinivyöhyke, joka löytyy helpoimmin antirostrumin ja parastrostrumin väliseltä alueelta otoliitin lyhyemmän sivun puolelta, kuten yleensä myös toinen hyaliinivyöhyke (kuvataulu 1.1, 1.4). Vyöhykkeiden paikallistaminen helpottuu, kun valonlähteen kulmaa muutellaan tai valonsädettä varjostetaan osittain esimerkiksi sormen- tai kynänkärjellä. Kun mikroskoopin tarkennusta säädetään edestakaisin hieman kuvan terävän kohdan ohi, otoliitin hyaliini- ja opaakkikerrosten kolmiulotteisuudesta syntyvä käsitys paranee. Ensimmäistä ja toista hyaliinivyöhykettä ei yleensä voi erottaa rostrumista, koska otoliitti on keskikohdalta niin paksu, ettei valo läpäise sitä. Kolmas ja tätä myö-

hemmin muodostuneet hyaliinivyöhykkeet näkyvät usein hyvin tiiviinä, opaakkivyöhykkeiden kanssa vuorottelevina viivoina otoliitin sivuilla, mistä niiden määrää on vaikea laskea. Rostrumin ohuesta ja kiilamaisesta kärjestä hyaliinikerrokset erottuvat helpoimmin. Tämän vuoksi vanhojen silakoiden ja kilohailien iänmääritys perustuu kahden ensimmäisen hyaliinikerroksen laskemisen jälkeen rostrumista laskettujen kerrosten määrään.

Toisinaan silakan otoliiteissa esiintyy valerenkaita (hyaliinivyöhykkeitä), jotka ovat vaikeita erottaa todellisista talvivyöhykkeistä. Varsinkin ensimmäinen talvivyöhyke on ongelmallinen. Näissä tapauksissa voidaan käyttää apuna otoliitin mikrorakenteen tutkimista (Anon. 1998). Tämä edellyttää otoliitin hiomista niin, että vuorokausirenkaat tulevat esille (ks. Anon. 1998). Todellisessa talvivyöhykkeessä, päinvas- toin kuin valerenkaassa, ei ole erotettavissa olevia vuorokausirenkaita, ja vyöhykettä edeltävät vuorokausirenkaat kapenevat.

Syksyllä syntyneen silakan otoliitissa näkyy ensimmäisenä vuonna syntynyt iso nukleus, mutta ei opaakkivyöhykettä. Seuraavan vuoden opaakkivyöhyke on laaja, sillä kalan kasvukausi on ollut pitempi kuin samana keväänä syntyneiden silakoiden, jotka ovat vielä keväällä olleet mätimunua. Keväällä syntyneen silakan ensimmäinen opaakkivyöhyke on siten kapeampi kuin syksyllä syntyneen. Itämeren pohjoisosassa syyskutuisen silakan osuus lienee joitakin promilleja kaikista silakoista, joten sen taloudellinen merkitys on vähäinen.



Silakan otoliitin kesävyöhykkeen muodostumisajankohta riippuu alueesta, hydrometeorologisista oloista ja kalan iästä (Anon. 1998). Kasvu alkaa eteläisellä Itämerellä aikaisemmin kuin pohjoisilla alueilla. Nuorilla kaloilla kasvu alkaa näkyä aikaisemmin kuin vanhemmilla. Itämeren keski- ja pohjoisosien vanhojen silakoiden otoliiteissa uutta kasvua voi alkaa näkyä vasta syyslokakuussa, jolloin saattaa olla vaikea päättää, onko viimeinen hyaliinivyöhyke muodostunut kuluvana syksynä vai jo edellisenä talvena.

#### Otoliitin värjätty poikkileikkauspinta

Edellä esitetyn menetelmän luotettavuus edellyttää selkeästi havaittavien opaakki- ja hyaliinivyöhykkeiden muodostumista otoliittiin vuosittain. Jos kala kasvaa tasaisesti, näin usein tapahtuukin. Mutta jos pituuskasvu lähes pysähtyy tai kokonaan lakkaa ja kala elää vielä vuosia kasvun pysähtymisen jälkeen, havaittavia opaakkikerroksia ei välttämättä enää muodostu. Silakalla ja kilohaililla vuosirenkaat saadaan olemattomankin kasvun vuosilta näkyviin otoliitista sahatun leikkeen tai hiotun otoliitin poikkileikkauspinnan neutraalipunavärjäyksellä (värjäysaika 10–15 minuuttia). Värjäys tuo näkyviin kalvomaiset proteiinikerrokset, jotka näkyvät terävinä viivoina (kuvataulu 1.2, 1.3, 1.5 ja 1.6). Muista lajeista saadun tiedon perusteella em. proteiinikerrokset syntyvät todennäköisesti vuosittain (esim. iältään tunnetut siiat, ks. kuvataulut 11 ja 12), ja kerrokset laskemalla saadaan oikeampi arvio vanhan silakan iästä kuin käsittelemättömä otoliittia tarkastelemalla.



**Kuva 61.** Kilohailin somu. (Kuva Molander 1946).

Vanhoilla ja mahdollisesti kasvunsa lopettaneilla silakoilla uloimmat vuosirenkaat voivat olla hyvin tiheässä, mikä vaatii mikroskoopilta hyvää suurennuskykyä. Mahdollisuus käyttää jopa 100–200-kertaista suurennusta on silakan ja kilohailin iänmäärityksessä tarpeen. Silakan ja kilohailin otoliitin muodossa kalayksilön pitkä ikä voi näkyä keskusuurteen ympärille muodostuneina, melko korkeinkin harjanteina, otoliitin kasvaneena suhteellisen paksuutena tai leveytenä. Viimeiset vuosirenkaat näkyvät värjättyllä otoliitin poikkileikkauspinnalla etenkin harjanteissa ja niiden ympärillä (ks. myös Zhang & Moksness 1992). Värjäämättömässä otoliitin poikkileikkauspinnassa, samoin kuin käsittelemättömässä otoliitissa, runsaasta vuosirenkaiden määrästä voi kertoa myös otoliitin reunassa ole-



va, viimeistä selvää vuosirengasta leveämpi ja tarkkaan katsottaessa juovikas hyaliini-vyöhyke, todellisuudessa vuosirenkaiden kasauma.

Silakan kasvunopeudessa on runsaasti vaihtelua, minkä vuoksi on vaikea arvioida mitään tiettyä ikää tai kokoa, jota vanhemmilla tai isommilla yksilöillä otoliittien värjäys iänmäärittystä varten olisi tarpeen luotettavan ikäarvion saamiseksi. Jo nuorillakin yksilöillä leikkeiden sahaaminen tai otoliittien hionta ja poikkileikkauspinnan värjäys voivat helpottaa iänmäärittystä.

## Ankerias

Ankeriaan (*Anguilla anguilla* (L.)) on päätelty kutevan Sargassomeressä, josta sen aluksi alle sentin pituiset *leptocephalus*-toukat ajautuvat Golf-virran mukana vähitellen Euroopan ja Pohjois-Afrikan rannikkoja kohti. Noin 7–8-senttiseksi kasvettuaan *leptocephalus*-toukat käyvät meressä läpi muodonvaihdoksen hieman lyhyemmiksi lasiankeriaiksi, jotka sittemmin meressä tai makeaan veteen noustuaan muuttuvat pigmentoitumisen myötä pieniksi kelta-ankeriaiksi. Pieni määrä muodonvaihdoksen läpikäyneitä kelta-ankeriaita saapuu vuosien mittaan meidänkin rannikollemme, jossa ne ovat pituudeltaan vähintään 20 cm:n mittaisia. Rannikoltamme sisävesiin on havaittu nousseen ainoastaan naaraita.

Vesistö rakentamisen ja Itämeren alueelle nousevien nuorten ankerioiden vähenemisen vuoksi sisävesistämme saatavat ankeriaat ovat nykyään lähes kokonaan peräisin lasiankerioiden tai nuorten kelta-ankerioiden istutuksista. Istu-

tuksia tehtiin runsaasti 1960- ja 1970-luvuilla, mutta vuosina 1980–1988 ankeriaita ei istutettu, kun alettiin pelätä ankerioiden levittävän kalatauteja. Istutukset aloitettiin uudelleen pienimuotoisempina ja rajatumpina 1989, ja niitä on sittemmin jatkettu (Tulonen 1998).

Ankeriaan ikää laskettaessa huomioidaan yleensä kelta-ankeriasvuodet, eli istutetuilla ankeriailla käytännössä istutuksen jälkeinen elin-aika (mm. Berg 1985). Sitä on edeltänyt ainakin 1–3 vuoden mittainen toukkavaihe. Suurimmat nykyisin saatavat, jopa yli kolmekiloiset yksilöt ovat yleensä peräisin 1960–1970-luvun istutuksista, joten ne ovat 20–35-vuotiaita. 1990-luvun lopulla useista järivistä alettiin saada alle kilon painoisia ja vajaan metrin pituisia ankeriaita, jotka ovat peräisin 1990-luvun alussa tehdyistä istutuksista. Niiden joukossa saattaa olla myös hidaskasvuisia 1960–1970-luvulla istutettuja yksilöitä.

Ankeriaan suomet ovat hyvin pienet, ja ne sijaitsevat syvällä suometaskuissa paksun liman peittäminä. Iänmäärittäminen ei niistä ainakaan vuosirenkaita tulkitsemalla onnistu. Lisäksi suomet syntyvät vasta ankeriaan ollessa useamman vuoden ikäinen ja n. 16–20 cm:n pituinen (mm. Smith & Saunders 1955). Iänmäärittäyksessä käytetään otoliittia. Vaikka ankeriaan otoliittien muodostuminen alkaa jo alkiossa, niissä ei voida havaita *leptocephalus*-toukkavaiheen aikaisia vuosirenkaita, kylläkin vuorokausirenkaita osasta *leptocephalus*-vaihetta (Antunes & Tesch 1997). *Leptocephalus*-vaiheen loppuosassa ja muodonvaihdoksen aikana otoliittiin syntyy vyöhyke,



josta vuorokausirenkaitakaan ei voida laskea. Muodonvaihdoksen jälkeisessä lasiankeriasvaiheessa syntynyt otoliitin osa on tunnistettavissa, samoin myöhemmin kelta-ankeriaana kertyneet vuosirenkaat.

Ankeriaan otoliitit ovat kalan kokoon nähden varsin pienet (pituus 3–4 mm). Vesistöistämme pyydetyt ankeriaat ovat usein vanhoja ja jotta otoliittien vuosirenkaat voitaisiin laskea, otoliitit on käsiteltävä tätä varten. Otoliittien hionnassa on kaksi vallitsevaa tapaa. Otoliittia joko hiotaan keskusuurteen (sulcus) päältä ohuemmaksi niin, että otoliitin keskus (nucleus) ja mahdollisimman monta vuosirengasta tulee esiin (kuvataulu 2.1) tai otoliitin poikkileikkuspinta hiotaan esiin (kuvataulu 2.2 ja 2.3). Etenkin jälkimmäisellä periaatteella voidaan myös sahata leike otoliitista tai otoliitti voidaan paahtamisen jälkeen katkaista. Ensimmäisellä tavalla hiontaa varten otoliitti yleensä kiinnitetään objektilasiin Crystalbondilla tai liimataan siihen kupera keskusuurteen puoli ylöspäin.

Vuosirenkaat saadaan näkymään hionta- tai sahauspinnalla neutraalipunavärjäyksen avulla (värjäysaika 10 minuuttia). Usein käytetään lyhyttä suolahappokäsittelyä, jonka avulla vuosirenkaat saadaan näkyville, mutta ei aivan yhtä selvästi kuin neutraalipunavärjäyksellä. Myös paahtamalla ja katkaisemalla (tai hiomalla) vuosirenkaat saadaan näkyviin kohtalaisesti (Arahamian 1987). Sopiva mikroskooppisuusrennus on pienten ja nuorten yksilöiden otoliitteille noin 50-kertainen ja kookkaiden, usein vanhojen yksilöiden otoliitteille jopa 100-ker-

tainen. Ankeriaan iänmäärityksen luotettavuutta tutkittaessa ja vuorokausirenkaita laskettaessa on käytetty myös elektronimikroskooppia (mm. Tzeng ym. 1994).

Otoliitin pitkittäissuuntaista hiontaa on käytetty etenkin, kun ankeriaan pituuskasvua on haluttu laskea takautuvasti. Menetelmällä voidaan saada myös nuorien ankerioiden iästä kohtalainen arvio, joskin ankeriaan iänmääritystä pidetään ongelmallisena. Koska vanhojen ja hitaasti kasvavien tai pituuskasvunsa lopettaneiden kalojen otoliitit kasvavat yleensä paksuutta otoliitin keskusuurteen ympärille, mutta eivät enää pituutta tai leveyttä, on mahdollista, että myös vanhoilla, jo vuosia sitten täyden mittansa saavuttaneilla ankeriailla osa vuosirenkaista muodostuu keskusuurteen puoleiselle, kuperalle puolelle. Ankeriaan iänmäärityksessä luotettava vuoden tarkkuudella oikeaan tulokseen pääseminen tuntuu tehtyjen tutkimusten perusteella vaikealta, ellei mahdolliselta (Deelder 1981, Berg 1985, Svedäng ym. 1998). Kala voidaan määrittää sekä liian vanhaksi (valerenkaat) että liian nuoreksi (etenkin vanhoilla, yli 20-vuotiailla yksilöillä kaikkia renkaita ei välttämättä saada näkyviin).

Pohjois-Euroopassa ja Etelä-Euroopassa kasvaneiden ankerioiden kasvutapa ja otoliittien kasvuvyöhykkeet ovat melko erilaisia. Suomessa ankeriaat näyttäisivät kasvavan kesällä, jolloin otoliittiin muodostuu opaakkia. Talvella otoliittiin muodostuu ohut hyaliinikerros (mm. Svedäng ym. 1998). Välimeren ympäristön ankerioiden otoliitteihin sen sijaan muodostuu keväällä leveä opaakkivyöhyke ja kesäaikaan



leveähkö hyaliinivyöhyke. Talviajan kerrokset ovat epäyhtenäisiä (Panfili & Ximenes 1994). Kesän hyaliinivyöhyke lienee seurausta lämpimän veden nopeuttamasta aineenvaihdunnasta, kevään opaakkivyöhyke puolestaan nopean kasvun jaksosta, jota opaakki tyypillisesti ilmentää.

## Hauki

Kookkaimmat Suomessa pyydetyt, luotettavasti punnitut hauet (*Esox lucius* L.) ovat painaneet yli 20 kg, ja ne ovat olleet naaraita. Urokset jäävät tavallisesti alle 5-kiloisiksi, mutta Suomesta on saatu myös 110 cm pitkä ja 11,8 kg painanut koirashauki. Sen iäksi määritettiin noin 13 vuotta (Anon. 2000). Kun hauella on monimuotoinen elinympäristö ja runsaasti kalaravintoa, se kasvaa nopeasti, jopa yli 10 cm vuodessa (Korhonen & Mutenia 1999). Poikkeuksellisesti kasvu voi olla nopeampaakin. Evolla luonnonravintolammikossa kuhanpoikasia syöneet ja lammikossa tyhjennystenkin yli selvinneet hauet saavuttivat puolen metrin pituuden jo kolmannen kasvukautensa aikana (K. Nyberg, julkaisematon). Toisaalta pienen metsälammen hauki saattaa olla 10-vuotiaana vasta kilon painoinen (Nyberg ym. 1993).

Hauen poikasten keskipituus ensimmäisen kesän jälkeen voi olla pienessä metsälammessa 6–7 cm (Nyberg ym. 1993), mutta kookkaassa järvestä tai rannikkovesissä 10–18 cm (Hudd ym. 1984, Lehtonen ym. 1983, Raitaniemi 1995, Korhonen 1999). Lokan tekoaltaan yksivuotiaat hauenpoikaset lähentelivät 20 cm:ä muutama

vuosi patoamisen jälkeen, kun altaan tuotantokypsyys oli suurimmillaan (Korhonen & Mutenia 1999). Kesäkuun puoliväliin saakka luonnonravintolammikoissa kasvatettujen, noin 7 cm:n pituisten hauenpoikasten on havaittu kasvavan istutuksen jälkeen järvestä kuukauden aikana jopa 13 cm:n (keskimäärin 11 cm) mittaisiksi (Korhonen 1999), joten ensimmäisen kasvukauden lopulla syyskuussa kookkaimpien poikasten pituudet ovat voineet lähennellä 20 cm:ä.

Joka vuosi tasaisesti kasvaneen hauen iänmääritys ei ole yleensä vaikeaa. Jos hauen kasvu kuitenkin hidastuu ja/tai nopeutuu tilapäisesti kasvukauden aikana, luutumiin voi muodostua määrittystä vaikeuttavia valerenkaita.

Hauen iänmääritykseen käytetään yleisimmin hartian lukkoluuta (cleithrum), suomua sekä jossain määrin myös nieluksen luuta (metapterygoideum). Näiden lisäksi ikä on mahdollista määrittää ainakin kiduskannen luusta (operculum) ja selkänikamista. Vanhan hauen otoliteista ikää on vaikea tulkita luotettavasti. Paahdetun tai värjätyn sagitan poikkileikkauspinnalta voidaan laskea vuosirenkaita, mutta usein ne ovat muodostuneet niin epäsäännöllisen mutkalliseksi, että määrittäminen ei onnistu (kuvataulut 3 ja 4).

## Suomi

Nopeasti ja tasaisesti kasvaneiden haukien iänmääritys suomuista on menetelmään harjaantumisen jälkeen melko helppoa (kuvataulut 3.1 ja 4.1). Hauen kasvu on nopeimmillaan lämpötilan ollessa 18–21:n °C tienoilla (Eloranta 1975,



Casselman & Kendall 1978). Veden lämpötilan noustessa kasvu hidastuu ja saattaa jopa pysähtyä tilapäisesti. Suomuun muodostuu etenkin pitkien syömättömyysjaksojen aikana tihentymiä tai valerenkaita (Williams 1955), jotka muistuttavat vuosirenkaita ja vaikeuttavat hauen suomun tulkintaa. Meikäläisen hauen lähisukulaisen, jättiläisen (*Esox masquinongy* Mitchill), suomun lukuvertailussa alle puolet 3–10-vuotiasta kaloista määritettiin oikean ikäisiksi (Fitzgerald ym. 1997). Valerenkaita muodostuu suomujen lisäksi myös muihin luutumiin. Frost ja Kipling (1959) kokeilivat hauen operculumia iän ja kasvun määrittämisessä suomun rinnalla. He totesivat, että molemmissa on valerenkaita, mutta operculumissa ne ovat helpommin tunnistettavissa.

Hauen suomuille sopivat 10–50-kertaiset mikrokortinlukulaitteen suurennukset. Varsinkin kookkaiden haukien suomut ovat niin paksuja, että niistä on syytä tehdä jäljenteet läpinäkyvälle muovilevyille. Tällöin etenkin ensimmäinen vuosirengas erottuu selvemmin kuin suoraan suomua mikrokortinlukulaitteesta katsomalla. Vuosirenkaiden kohdat hahmottuvat usein, kun tarkennusta säädetään hieman näytöllä näkyvän tarkimman kuvakohdan ohi edestakaisin.

Kuten hauen poikasen pituus ensimmäisen kesän jälkeen, myös ensimmäisen vuosirenkaan sijainti suomussa vaihtelee: se saattaa sijaita hyvinkin lähellä suomun keskustaa tai kaukana siitä. Siksi vuosirenkaan löytäminen vaatii kokemusta, ja usein suomun rinnalla käytetään apuna jotain toista luutumaa.

Takautuvaa kasvunmäärittäystä varten hauen

suomun mittauslinjaksi valitaan joko suomun etulohkon keskimmainen suomukynsi tai toinen tämän kummallakin puolella sijaitsevista kynsistä.

## Luut

Hauen cleithrum (kuvataulut 3.2 ja 4.2) ja metapterygoideum (kuva 10) ovat iänmäärittämisessä ja kasvuvyöhykkeiden mittaauksessa käytetyimpiä luuita. Svärdsönin (1976) mukaan suomut eivät sovellu haulle ja operculumissakin vuosirenkaat ovat epäselviä, mutta metapterygoideum on osoittautunut iältään tunnetuilla kaloilla luotettavaksi. Metapterygoideumin esiinsaaminen on kuitenkin melko työlöä, koska luuta peittävä lihaskerros on keitettävä ensin pehmeäksi. Myös selkänikamat saattavat olla käyttökelpoisia iänmäärittämisessä, ja operculumista on usein jopa helpompi mitata kasvuvyöhykkeet kuin cleithrumista. Luiden etu suomun verrattuna korostuu kookkaiden haukien iänmäärittämisessä etenkin silloin, kun haukien kasvu on ollut jossakin vaiheessa epätasaista ja hidastunut, tai kun luutumuissa on valerenkaita.

Harrison ja Hadley (1979) vertasivat jättiläisen suomusta ja cleithrumeista saatuja iänmäärittäytuloksia ja tulivat siihen tulokseen, että suomusta oli mahdotonta tulkita yli 9-vuotiaiden kalojen ikää, mutta cleithrumit olivat käyttökelpoisia vielä 14-vuotiaille. Molemmilla menetelmillä lasketut takautuvat kasvun arviot olivat 1-vuotiaita lukuun ottamatta samat. Myös Sjöberg (1985) vertasi suomujen ja cleithrumin soveltu-



vuotta hauen iänmääritykseen. Suomuista määritetty ikä oli yleensä korkeampi kuin cleithrumista määritetty, mikä todennäköisesti ainakin osittain johtui vaikeudesta löytää ensimmäiset vuosirenkaat paksusta cleithrumista. Laine ym. (1991) saivat suomun ja cleithrumin vertailussa tulokseksi, että yli 10-vuotiailla määritykset olivat tarkempia cleithrumista kuin suomusta. Nuorten yksilöiden molempien luutumien määrityksillä päädyttiin samaan tulokseen. Casselmanin (1990) mukaan suurilla, vanhoilla kaloilla cleithrum on luotettavampi iänmääritysluutuma kuin somu, koska kalan lähestyessä asymptootista pituuttaan cleithrum kasvaa suhteellisesti nopeammin kuin somu. Cleithrum on myös suomua suurempi, ja siinä näkyvät siksi pienemmät yksityiskohdat kuin suomussa.

Pienten haukien luita voidaan tutkia mikroskooppilla ja luiden vuosikasvuyöhykkeitä mitata okulaarin mitta-asteikon avulla. Metapterygoideumin ja operculumin mittausselkäksi on käytännöllisintä valita luun kahden ulkokulman välisen suorareunaisen osan kohtisuora keskilinja. Kookkaankin hauen ensimmäisen vuosirenkaan löytäminen metapterygoideumin keskustasta onnistuu tavallisesti varsin helposti, mutta operculumista se voi olla vaikeaa luun keskikohdan päälle muodostuneen huokoisen luukudoksen vuoksi. Sama ongelma saattaa esiintyä etsittäessä ensimmäistä vuosirengasta cleithrumista, jonka kasvuyöhykkeiden mittausselkä kulkee pitkin luun sisäpuolen suoraa linjaa (kuva 46). Mittaus aloitetaan cleithrumin tyvessä näkyvästä kasvu-

keskuksesta luun ulkoreunaa kohti pisteeseen, jossa cleithrumin kärkeä kohti kaartuva ulkoreuna leikkaa mittausselkän. On tärkeää, ettei mittausselkäksi valittua cleithrumin suoraa osaa mitata sen kärkeen saakka, koska muuten luun mitattu kokonaissäde on todellista suurempi. Tällöin takautuvasti määritetyt vuosittaiset kasvut aliarvioidaan.

Erityisen hidas- ja nopeakasvuisia yksilöitä lukuun ottamatta hauen cleithrumin mittausselkän ja hauen pituuden suhde on jotakuinkin isometrinen, eli cleithrumin säteen ja kalan pituuden välillä on suora riippuvuus (Casselman 1990, Raitaniemi 1995). Siksi hauen takautuvassa kasvun määrityksessä voidaan käyttää Lean tai Monastyrskyn ( $b = 1$ ) kasvuyhtälöä.

## Lohi

Atlantinlohen (*Salmo salar* L.) luontaisesti lisääntyviä kantoja on Suomessa alkuperäisenä jäljellä Itämereen laskevissa Tornionjoessa ja Simojossa sekä Jäämereen laskevissa Tenjoessa ja Näättämonjoessa. Lohen kotiuttaminen on lisäksi meneillään muutamaan sellaiseen jokeen, josta se aikanaan katosi. Suuri osa Itämerestä saatavista lohista on peräisin istutuksista. Vuoksen vesistöissä elää niin ikään istutusten varassa merilohesta eriytynyt järvikanta, jota on kutsuttu järviloheksi (*Salmo salar* m. *sebag* Girard).

Merilohi saattaa kasvaa jopa yli 30-kiloiseksi. Näin suuret yksilöt ovat koukkunokkaisia uroksia eli kojamoita. Sen jälkeen, kun noin 15 cm:n pituiset vaelluspoikaset eli smoltit laskeutu-





vat syntymäjoestaan mereen, ne saattavat kasvaa 3–5 vuoden merivaelluksensa aikana jonkin verran yli metrin pituisiksi. Järvilohi, jota on istutettu muuallekin kuin Vuoksen vesistöön, on kookkaimmillaankin huomattavasti merilohita pienempi eli hieman alle metrin pituinen ja noin 10-kiloinen.

Lohen ikä määritetään lähes poikkeuksetta suomusta. Suomenäyteenottokohdaksi on kansainvälisesti sovittu kalan vasemmalta kyljeltä alue, joka on 3–6 suomuriviä kylkiviivan yläpuolella peräevän etureunan ja selkäevän takareunan välissä (Shearer 1992). Lohen iänmäärittästä suomusta helpottaa yksilöiden lyhyt elinikä, joka harvoin ylittää 8 vuotta. Useimmiten viimeisten merivuosien kasvu on voimakasta. Suomen reunaan ei näin ollen synny vaikeasti tulkittavia, tiheässä olevia vuosirenkaita, joita voi kuitenkin olla kääpiömuodoilla, kuten kääpiökoirailta tai joissakin Norjan järvissä elävällä kääpiömuotoisella järvilohella (Dahl 1927). Ohjeita mm. Itämeren lohen ja taimenen suomujen tulkinnasta julkaisivat jo Järvi ja Menzies (1936). Tulkinnan periaatteet pätevät nopeasti kasvaneilla yksilöillä vieläkin, joskin tehostuneen kalastuksen seurauksena lohien suomuissa on nykyisin nähtävissä vähemmän merivuotia kuin aikaisemmin, samoin useamman kerran kuteneita kookkaita lohia on näytteissä huomattavasti vähemmän.

Lohen suomuista tulkitaan erikseen joessa vietetyt poikasvuodet eli ns. smolttituumisikä ja syönnösvaelluksella meressä tai järvessä vietetyt nopean kasvun vuodet eli ns. meri- tai järvi-ikä. Suomuista pyritään selvittämään myös, onko ky-

seinen kala peräisin luonnonkudusta vai jokiin tai jokisuihin tehdyistä smoltti-istutuksista. Tämä on mahdollista tehdä vertailemalla poikasvaiheen vuosikasvuyöhykkeiden leveyksiä ja kasvurenkaiden lukumääriä. Jokiin tehdyistä lohen pienpoikasistutuksista peräisin olevia yksilöitä on vaikea erottaa luonnossa syntyneistä, koska poikaset viettävät istutuksen jälkeen joessa 1–3 vuotta, ja niiden suomuihin syntyvät vuosikasvuyöhykkeet ovat samanlaisia kuin luonnonpoikasilla. Yksivuotiailta jokipoikasistutuksilta poistetaan tavallisesti rasvaevä niiden alkuperän selvittämiseksi. Alkuperän selvittäminen lienee mahdollista myös otoliitista tehtävän hivenaineanalyysin avulla (Campana ym. 2000).

Suomujen rakenteessa saattaa olla löydettävissä myös kantakohtaisia eroja. Lohen suomujen kasvurenkaiden rakennetta (Reddin 1986) ja suomujen muotoa (Reddin ym. 1992) on hyödynnetty tutkittaessa lohien alkuperää. Tällä tavalla on selvitetty esimerkiksi Grönlannin vesiltä pyydettyjen pohjoisamerikkalaista ja eurooppalaista alkuperää olevien lohien osuuksia saaliissa. Tähän tarkoitukseen on käytetty myös lohien otoliittien muodoissa havaittavia eroavaisuuksia (Friedland & Reddin 1994).

Otoliittien käytöstä atlantinlohen iänmäärittäksessä on vähän kokemuksia. Otoliitit saattavat olla käyttökelpoisia hidaskasvuisten kääpiölohien ja syntymäjokeensa tai sen läheisyyteen merialueelle oleskelemaan jääneiden kossien iänmäärittäksessä. Hindar ja L'Abée-Lund (1992) erottelivat poikasvaiheen lohia luonnossa syntyneisiin ja istutettuihin otoliitin rakenteen ja siitä



määritetyn poikasiän perusteella. Lohen kasvu merivaelluksen aikana on niin voimakasta, että otoliitteihin tuskin tarvitsee turvautua vuosikasvuyöhykkeiden erottamiseksi.

### Poikasvaihe

Pohjanlahteen laskevissa joissa ja Tenojossa syntyneiden luonnonlohien poikasiän tulkinta suomusta ei tavallisesti ole vaikeaa. Jokivaiheen **poikaskasvualue** erottuu merivaiheen **merikasvualueesta** selvästi havaittavana, tiheästi kasvurenkaita sisältävänä alueena suomun keskellä. Siinä on yleensä 2–4 kapeaa vuosikasvuyöhykettä (Tenon lohella useampiakin), jotka vastaavat kalan joessa viettämiä vuosia (kuva- taulu 5.1). Sisimmäisen yöhykkeen erottaminen on vaikeinta. Jos poikanen on ollut smolttiutuesaan neljävuotias, ensimmäisessä vuosikasvuyöhykkeessä on monesti vain 3–4 kasvurengasta. Nuorempana smolttiutuneille on yleensä syntynyt ensimmäisenä vuotena muutama kasvurengas enemmän. Jokipoikasvaiheen vuosien tulkinta suomusta saattaa johtaa iänmääritysvirheeseen, jos jokivaiheeseen on sisältynyt heikon kasvun vuosia ja/tai kääpiökoiraalla kutuja tai kutuun valmistautumisia.

Valtaosa istutettavista smolteista on kaksivuotiaita. Niiden erottaminen luonnossa syntyneistä smolteista perustuu ulkoisten seikkojen (kuluneet evät ym.) lisäksi paitsi ikävuosiin myös vuosikasvuyöhykkeiden erilaisuuteen. Luonnonsmolteilla kasvurenkaiden tiheneminen kasvukauden loppua kohti on yleensä selvää,

laitoskaloilla tihenemistä esiintyy harvoin (kuva- taulu 5.2). Vuosikasvuyöhykkeen viimeiset kasvurenkaat ovat laitoskaloilla usein katkeilevia ja epätäydellisiä. Laitossmoltit ovat lisäksi yleensä huomattavasti luonnonsmolteja kookkaampia, joten poikaskasvualue on niillä selvästi laajempi. Vaikeimmin toisistaan erotettavia ovat kaksivuotiaat luonnonsmolttit ja pienet kaksivuotiaat laitossmoltit.

Eteläisen Itämeren jokien luonnonlohien suomut poikkeavat poikaskasvualueen osalta pohjoisempien alueiden lohien suomuista (kuva- taulu 5.4). Eteläisissä joissa smolttiutumisia on tavallisesti 1–2 vuotta, ja suomujen vuosikasvuyöhykkeet ovat leveämpiä ja jossain määrin epäsäännöllisempiä kuin pohjoisten jokien smolteilla. Eteläisten alueiden luonnonlohien ja esimerkiksi Suomenlahteen istutettujen, voimalan lämpimässä lauhdevedessä smolteiksi kasvatettujen lohien erottaminen onkin näin ollen melko vaikeaa.

Toisinaan smoltit kasvavat joessa vielä ennen laskeutumistaan mereen. Tämä näkyy muuttaman tiheässä sijaitsevan kasvurenkaan eli **smolttivyöhykkeen** (*run-out band*) syntymisenä ennen varsinaista merikasvua.

### Merivaihe

Pian merielämän alettua lohen kasvu kiihtyy (kuvataulu 6.2). Joillakin yksilöillä ensimmäisen merivuoden kasvu saattaa olla aluksi hidasta. Tämä näkyy kasvurenkaiden tiheytenä poikaskasvualueen ja mahdollisen smolttivyöhykkeen



jälkeen (kuvataulu 7.1). Toisinaan lähes koko ensimmäinen merivuosi on hitaan kasvun aikaa. Tällaisessa tapauksessa ensimmäisen merivuosi-reenkaan paikallistaminen voi olla hankalaa.

Toinen ja sitä seuraavat merivuosisirenkaat ovat yleensä helpommin paikallistettavissa (kuvataulu 6.2). Lohen kasvu on nopeaa ja sen myötä kasvurenkaat suomussa ovat harvassa. Myöhään syksyllä kasvurenkaat tavallisimmin tihenevät ennen vuosirenkaan muodostumista. Vuosirenkaan kohdalla voi myös paikoin näkyä kasvurenkaiden leikkauslinja. Joskus lohi kasvaa läpi talven. Silloin varsinaisen vuosirenkaan paikantaminen on vaikeaa, koska suomussa ei ole erotettavissa selvää kasvurenkaiden tihentymistä (kuvataulu 7.1). Lohen ikä voidaan usein määrittää kasvurenkaiden lukumäärän perusteella, koska kunakin vuonna syntyy yleensä noin 25–45 kasvurengasta. Vuosikasvuvyöhykkeet voidaan yleensä rajata ja valerenkaat tunnistaa laskemalla kasvurenkaat hankalista suomuista.

Lohen kutunousujen määrä voidaan havaita suomujen rosoreunaisista syöpymistä eli **kutumerkeistä** (kuvataulu 7.2). Niitä saattaa suomussa olla yksi tai joskus kaksikin. Kutumerkkien syntymisen taustalla lienevät hormonaaliset syyt. Kutumerkki alkaa ilmestyä luonnonkaloihin jo ennen niiden nousua jokeen. Myös altaassa kasvatettujen sukukypsien lohien suomuihin on havaittu muodostuneen kutumerkkejä, vaikka ne eivät ole joutuneet kokemaan jokivaellusta vastaavaa ruumiillista rasitusta. Pahimmin syöpyneet kutumerkit ovat löytyneet kutujoesta pyydystyistä lohista. Kutumerkin syntyminen suomun

reunaan johtuu suomun pinnan resorptiosta eli aineenvaihdunnallisesta haurastumisesta. Etenkin koirailta jopa useampia vuosirenkaita voi syöpyä pois.

### Lohen iän ilmoittaminen

Vaikka kalojen yleiseksi syntymäpäiväksi on sovitettu vuoden ensimmäinen päivä (1.1.), lohen kohdalla tästä on tehty kansainvälisesti hyväksyty poikkeus, jonka mukaan lohen syntymäpäivä on huhtikuun ensimmäinen päivä (1.4.) (Shearer 1992). Joissakin maissa on käytössä tästäkin poikkeavia päivämääriä, jotka voivat esimerkiksi pyrkiä olemaan lähellä poikasten kuoriutumisaikaa kyseisen maan joissa. Myös 1.1. on paikoin käytössä.

Lohen ja vaeltavien taimenien suomuista ilmoitetaan kokonaisuuden asemesta erikseen syntymäajoissa vietetyt poikasvuodet sekä syönnösvaelluksella vietetyt nopean kasvun vuodet. Nykyisin, kun Itämereen on istutettu eri ikäisiä, eri kokoisia ja erilaisissa olosuhteissa kasvatettuja lohismoltteja, lohen iänmäärittämisessä on varsin yleistä jättää hankalat, usein jopa mahdottomat poikasvuodet määrittämättä ja merkitä niitä yhteisesti A-kirjaimella (Shearer 1992). Ainoastaan nopean merikasvun aikana syntyneiden vuosirenkaiden määrä ilmoitetaan pisteellä A-kirjaimesta erotettuna. Esimerkiksi toisen kasvukauden lopulla merestä pyydetyn lohien ikä merkitään tällöin A.1+.

Lohen kutuvuodet merkitään erikseen. Kutumerkkiä ilmaistaan isolla G-kirjaimella kansain-



välisen merentutkimusneuvoston lohivaliokunnan Gdyniassa vuonna 1933 tekemän päätöksen mukaisesti (Järvi 1938). Jos kuvitteellisen esimerkin mukaan heinäkuussa joesta pyydetyn lohien suomuista voidaan laskea seuraavat vyöhykkeet: neljä kapeaa jokivaiheen vyöhykettä, kaksi leveää merivaiheen vyöhykettä, yksi kapea, mutta rosoreunainen ja syöpynyt vyöhyke, yksi leveä ehjä vyöhyke ja vielä yksi kapea mahdollisesti rosoreunainen vyöhyke, lohien ikä merkitään 4.2+G1+ ja sen kokonaisikä on 8+ eli se on ollut pyydettyä yhdeksännellä kasvukaudellaan. Kala on viettänyt neljä ensimmäistä vuottaan joessa, seuraavat kaksi meressä, minkä jälkeen se on alkukesän kasvun jälkeen noussut jokeen kudulle, ollut seuraavan vuoden meressä ja ollut pyydettyä jälleen nousemassa kudulle.

Lisääntymiseen valmistautuminen vaatii paljon energiaa, ja koska lohi ei tavallisesti syö kutuvaelluksensa loppuvaiheessa joessa, se ei myöskään kasva (Järvi 1938). Vanhemmilla lohilla kasvurenkaita ei aina ehdi edes muodostua meressä ennen kutunousua. Tällöin G-kirjain ilmaisee kokonaista vuotta (esimerkkitapauksessamme siis 4.2G1+, jos kahden leveän vyöhykkeen jälkeen suomussa on kutumerkki ilman sitä edeltävää kasvua). Kun lohi pyydetään samana syksynä, jolloin suomun syöpymä (kutumerkki) on vasta muodostumassa, sitä ei vielä ilmoiteta G-kirjaimella, vaan vain +-merkillä. Jos lohi olisi pyydetty vasta seuraavan vuoden maaliskuun viimeisen päivän jälkeen, sen ikä merkitäisiin 4.2G1G.

Järvilohien ja merilohien ikä tulkitaan periaat-

teessa samalla tavalla, vaikka järvilohien kasvu ei olekaan aivan yhtä nopeaa. Järvikasvuvyöhykkeet ovat näin ollen kapeampia kuin merilohella.

Lohet voidaan erotella vuosiluokkiin paitsi kuoriutumivuoden, myös smolttiutumivuoden mukaan. Jälkimmäisessä tapauksessa puhutaan **smolttivuosisluokista**.

## Taimen

Meritaimenen (*Salmo trutta* m. *trutta* L.) suomujen tulkinta on selvästi vaikeampaa kuin lohien, vaikka taimenen suomut muistuttavat lohien suomuja (Järvi & Menzies 1936). Taimenen suomiin vuosittain muodostuvien kasvurenkaiden määrä ei ole vakio, kuten lohella on usein havaittu olevan. Taimenen kasvu on hitaampaa kuin lohien, joten myös vuosikasvuvyöhykkeet ovat kapeampia. Taimenen suomissa on valerenkaita enemmän ja ne ovat vaikeammin erotettavissa todellisista vuosirenkaista kuin lohella. Kutumerkit eivät ole yhtä selviä ja suomujen syöpyminen on vähäisempää.

Järvitaimen (*Salmo trutta* m. *lacustris* L.) ja purotaimen (*Salmo trutta* m. *fario* L.) kasvavat meressä syönnöstävää muotoa hitaammin. Purossa koko elämänsä viettäen purotaiminen suomut saattavat olla hyvinkin selviä ja niiden vuosikasvuvyöhykkeet selvästi toisistaan erottuvia kuten meritaimenen suomun poikaskasvualueella. Joki- ja järvivaihetta ei useinkaan voi erottaa suomun perusteella toisistaan ja siksi ikä voidaan ilmoittaa erottelematta poikasvuosia. Jos kala on viettänyt osan vuosistaan järvessä, iän-



määritys vaikeutuu, koska vuosikasvuvyöhykkeiden leveydet vaihtelevat syönnösalueen mukaan. Joskus taimenen kasvu voi pysähtyä tai hidastua niin paljon, että lisävuodet eivät näy suomusta. Harvinaista ei ole, että kutuneilta kaloilta kutumerkit puuttuvat (Järvi & Menzies 1936).

Hidaskasvuisimpien taimenien iät määritetään usein otoliitista. Vuosirenkaat näkyvät paahdetun tai muulla tavalla värjäty (neutraalipunavärjäys 10–15 min.) otoliitin poikkileikkauspinnalla.

Norjassa on tehty useita somu–otoliitiverailuja. Jonssonin (1976) mukaan sukukypsien järvitaimenten iän voi määrittää luotettavasti vain otoliitista, koska jo 3–4-vuotiailla taimenilla suomusta määritetty ikä on otoliitista määritettyä alhaisempi, ja kalan iän lisääntyessä ero kasvaa. Tunnetunikäisillä, yli 5-vuotiailla järvitaimenilla somu usein aliarvioi kalan iän (Hesthagen 1985). Jonsson (1985) totesi, että hidaskasvuisen, vaeltamattomien taimenten iät oli paras määrittää otoliitista suomujen epäselvyyden vuoksi. Mereen vaeltaneiden, nopeasti kasvaneiden yksilöiden iät sen sijaan oli mahdollista määrittää somuista. Järvitaimenen otoliitista on pystytty laskemaan jopa 38 selvästi erottuvaa vuotta (Svalastog 1991). Suomessa yli 10-vuotiaista taimenvanhuksista ei merkintätietojen perusteella ole havaintoja (A. Saura, henk. koht. tiedonanto). Joki- ja järvi vuosien erottaminen toisistaan otoliitin poikkileikkauspintaa tarkastelemalla on vaikeampaa kuin suomua tutkittaessa (kuvataulu 8.1 ja 8.2).

## Kirjolohi ja muut tyynenmerenlohret

Tyynenmeren lohien (*Oncorhynchus*-suku) ikä on yleensä määritetty somuista, vaikka esimerkiksi kuningaslohella (*O. tshawytscha* (Walbaum)) otoliittejakin on käytetty (Murray 1994). Kuten taimenen sisävesimuodoilla, myös sisävesien kirjolohella (*O. mykiss* (Walbaum)) otoliitit ovat osoittautuneet käyttökelpoisemmiksi kuin somut (esim. Graynoth 1996, Kruse ym. 1997 ja Williamson & Macdonald 1997). Otoliitin rakenteen perusteella on myös eroteltu istutettuja ja luonnossa syntyneitä yksilöitä toisistaan (McKern ym. 1974, Zhang ym. 1995). McKern ym. (1974) havaitsivat kirjolohen otoliitteihin muodostuneen kutumerkkejä samaan tapaan kuin suomuihin. Luonnossa syntyneiden ja viljeltyjen kirjolohien erottelussa on käytetty myös suomujen kasvurengasrakennetta (Seelbach & Whelan 1988, Bernard & Myers 1996, Marcogliese & Casselman 1998).

## Nieriät

Otoliitin poikkileikkauspinnan neutraalipunavärjäys onnistunee kaikilla nieriöillä hyvin; sopiva värjäysaika on 10–15 minuuttia. Määritysvertailuja neutraalipunavärjättyjen otoliittien ja muulla tavalla käsiteltyjen tai käsittelemättömien otoliittien välillä ei liene toistaiseksi tehty (kuvataulu 9).



## Nieriä

Suomun avulla on vaikea määrittää nieriän (*Salvelinus alpinus* (L.)) ikää. Barbourin & Einarssonin (1987) mukaan varsinkin hidaskasvuisen nieriäpopulaation yli 3-vuotiailla kaloilla somu oli käyttökelvoton ja otoliitti luotettavampi. Somuja ovat pitäneet huonoina myös Baker & Timmons (1991).

Barber & McFarlane (1987) ja Kristoffersen & Klemetsen (1991) suosittelivat vanhojen nieriöiden iänmääritykseen katkaistua, paahdettua otoliittia. Baker & Timmons (1991) pitivät myös otoliittia parempana kuin luita. Tutkittuja luita em. tutkimuksissa olivat eväruotoleikkeet (Barber & McFarlane 1987) sekä nikamat, cleithrum, operculum ja suboperculum (Baker & Timmons 1991). Päinvastoin kuin Barber & McFarlane, Baker & Timmons (1991) päätyivät siihen, että käsittelemättömästä otoliitista suoritettu määrittäminen on suurimman yhtenevyytensä vuoksi suositeltavampi kuin katkaistusta ja paahdetusta otoliitista tehty määrittäminen. Svenning ym. (1992) käyttivät kokonaisen otoliitin kärkeä (rostrum) nieriän iänmääritykseen sekä rostrumin kautta mitattua sädettä myös takautuvaan kasvunmääritykseen. Gobkov & Skopets (1989) tutkivat otoliitin avulla vaeltavien nieriöiden smolttituumisikää ja -kokoa.

## Puronieriä

Istutuksilla joihinkin Suomen puroihin kotiutettujen puronieriöiden (*Salvelinus fontinalis* (Mitchill)) otoliitti soveltuu iänmääritykseen

somua paremmin. Varsinkin vanhoilla yksilöillä somusta on laskettu vähemmän vuosia kuin otoliitista (Dutil & Power 1977, Magnan & Fitzgerald 1983). Otoliitista on kyetty laskemaan jopa 24 vuotta eräässä hidaskasvuisessa puronieriäpopulaatiossa (Reimers 1979).

## Harmaanieriä

Suomessa istutusten varassa mm. Inarinjärvessä esiintyvällä pitkäikäisellä harmaanieriällä (*Salvelinus namaycush* (Walbaum)) otoliitti on paras luutuma iänmääritykseen (kuvataulu 9.3); somu on kelvollinen vain nuorilla yksilöillä.

Burnham-Curtisin & Bronten (1996) iänmääritysvertailussa somuista määritetyt iät olivat 5–13 vuotta, otoliiteista määritetyt 8–29 vuotta. Myös Schram & Fabrizio (1998) määrittivät otoliiteista huomattavasti korkeampia ikä kuin somuista – erään 21 vuotta ennen pyyntiä merkityn harmaanieriän somuista määritettiin iäksi 13 vuotta, otoliitista 42 vuotta. Sharpin & Bernardin (1988) mukaan otoliittimääritys tuotti sukukypsyyden saavuttamisen jälkeen hieman korkeampia ikä kuin operculumista tehty määrittäminen. Magnin & Clement (1978) määrittivät muutamien kanadalaisten jokien harmaanieriöiden otoliiteista yli 30 vuoden ikä.

## Harjus

Nuorilla harjuksilla (*Thymallus thymallus* (L.)) somu on iänmäärityksen kannalta selkeä luutuma. Suomen ilmasto-olosuhteissa somut ehti-



vät muodostua harjuksen poikasille pohjoisimmissakin vesistöissä ensimmäisen kesän aikana, vaikka harjuksen sukulaislajin, pohjanharjuksen (*T. arcticus* (Pallas)), poikasille ne saattavat syntyä arktisissa olosuhteissa vasta toisella kasvu-kaudella (Skopets 1993).

Vertaillessaan pohjanharjuksen suomua, eväruotoa ja otoliittia Sikstrom (1983) havaitsi, että jo 2–3-vuotiailla yksilöillä suomusta määritetty ikä oli pienempi kuin muissa luutumissa. Skopets ja Prokop'yev (1990) havaitsivat samalla lajilla selkeän eron suomun ja otoliitin välillä vasta 10–11-vuotiailla kaloilla.

Otoliittia käytettäessä määrittely voidaan tehdä kokonaisesta otoliitista tai otoliitin poikkeileikkauspinnalta, johon vuosirenkaat on saatu näkyviin paahtamisen tai värjäyksen (neutraalipuna värjäys 10–15 min.) avulla. Gettel ym. (1997) pitivät määrittelyä pohjanharjuksen kokonaisista otoliitteista parempina kuin (värjäämättömistä) otoliittileikkeistä, koska niistä arvioidut iät vaihtelivat vähemmän ja niiden käsittely oli helpompaa ja halvempaa. Hajonta määrittelysten yhtenevydessä kasvoi molemmissa menetelmissä noin kahdeksasta ikävuodesta ylöspäin. Otoliittileikkeiden värjäyksen puuttuminen vaikutti todennäköisesti odotettua heikompaan tulokseen leikkeiden määrittelyssä.

Noin 20-vuotiaista pohjanharjuksista on olemassa havaintoja (Skopets 1993). Eurooppalaisella harjuksella korkein määritetty ikä on puolestaan 13 vuotta (Northcote 1995), mikä saattaa johtua siitä, että määrittelyt lienevät pääosin suomuista tehtyjä. Etenkin kookkaiden ja usein

varsin vanhojen yksilöiden otoliitit on hyvä ottaa näytteeksi suomujen lisäksi, koska suomujen ohella käytettyinä ne saattavat olla korvaamattomana apuna iänmäärittelyssä.

## Siika

Siiialla (*Coregonus lavaretus* (L.)) on useita ekologisia muotoja tai rotuja. Mm. siivilähämmas määrältään ja ekologiaaltaan muuntelevan lajin yksilöiden keskimääräinen kasvunopeuskin voi eri kannoissa ja olosuhteissa olla hyvin erilainen. Ensimmäisen kesän jälkeen siian pituus on tavallisimmin 8–12 cm. Hidaskasvuissimmissä kannoissa yksilöiden maksimipituus jää 20–30 cm:iin, kun esimerkiksi Helsingin lähialueiden jokisuistoihin istutetut vaellussiikat kasvavat parhaimmillaan 5–6 vuodessa 40–50 cm:n mittaisiksi ja 0,5–1,5 kg:n painoisiksi. Nopeakasvuisten siikojen yli 10-vuotiaat yksilöt eivät ole kovin yleisiä, mutta siika voi elää hyvin vanhaksi. Suomessa on löytynyt hidaskasvuisten siikojen kannoista (esim. Pohjanlahden karisiiat) yli 20-vuotiaita yksilöitä. Näistä vanhin on Pohjois-Suomessa sijaitsevasta Muddusjärvestä vuonna 1999 pyydetty 30-vuotiaaksi määritetty reeska, jonka pituus oli 30 cm (K. Kahilainen, henk.koht. tiedonanto). Vanhemmaksikin määritetyistä sioista tai sillisioista on tehty havaintoja mm. Norjassa ja Kanadassa (ks. kalan elinikä).



## Suomu

Suomessa on käytetty siian iänmäärityksessä suomua, operculumia ja otoliittia (sagitta). Suomi (kuvataulut 10.1, 11.1, 11.4 ja 12.1) on kelvollinen nopeasti tai tasaisesti kasvaneiden siikojen iänmäärityksessä, ts. tilanteessa, jossa siikakannan yksilöiden kasvutapa tunnetaan jo entuudestaan ja jossa suomun tiedetään soveltuvan iänmäärityksiin. Tällöinkin samoista kaloista on hyvä ottaa otoliitit ja/tai operculumit, jotta epävarmojen yksilöiden ikä voidaan tarkastaa.

Ensimmäinen vuosirengas havaitaan usein suomun keskustassa olevan, erityisen tiheään kasvurengasvyöhykkeen loppumisena. Kesänvanhoina istutetuilla siioilla voi olla kaksi lähekkäistä rengasta tällä alueella. Näistä sisimmäinen on istutusrengas, joka on merkki kalojen pyydystyksestä ja siirrosta aiheutuneesta stressistä. Varsinainen vuosirengas sijaitsee hiukan ulompana (ks. myös kuhan iänmääritys). Myöhemmille vuosirengaille kasvurenkaiden tihentymät ja suomun takakulmien tienoilla olevat kasvurenkaiden leikkauslinjat ovat tyypillisiä. Nopeakasvuissa siikakannoissa vuosirengasta edeltävä kasvurengastihentymä saattaa väliin puuttua, ja vuosirengas on erotettavissa vain kasvurenkaiden leikkauslinjan perusteella; rengastihentymä ilman kasvurenkaiden leikkauslinjaa on tällöin useimmiten valerengas (Raitaniemi & Heikinheimo 1998). Hidaskasvuissa siikakannoissa kasvurenkaiden leikkauslinjat saattavat puuttua vuosirenkaista, mikä vaikeuttaa valerenkaiden erottamista vuosirenkaista. Toisaalta hidaskasvuissa siioilla vain nopeimman kasvun aikana

syntyneet vuosirenkaat voivat olla havaittavissa suomuissa.

Useimmissa siikapopulaatioissa kasvu hidastuu tai kokonaan lakkaa sukukypsyyden saattamisen jälkeen, minkä jälkeen suomuissa ei aina havaita uusia vuosirenkaita (Ausen 1976, Skurdal ym. 1985). Takautuvassa kasvunmäärityksessä siian suomusta on käytetty useita mitauskultmia, kuten etulohkon keskustan ja etukulman väliä kohdassa, jossa vuosirenkaat ovat mahdollisimman kohtisuorassa mittauslinjaan. Muita kohtia ovat etulohkon keskusta ja suomun takakulma.

## Operculum

Operculumissa (kuvataulut 10.2, 11.2 ja 12.2) voi olla havaittavissa sellaisia hitaan kasvun vuosia, jotka eivät näy suomuissa. Operculumin huono puoli on, että sen käyttökelpoisuus vaihtelee eri kantojen välillä. Etenkin kohtalaisen nopeakasvuissa siikakannoilla, kuten vaellussiialla tai useilla järvisiika- tai planktonsiikakannoilla, operculum on hyvä luutuma iänmääritykseen, vaikka ensimmäisen ja joskus toisenkin vuosirengaan erottaminen vaatii harjaantumista. 1,2-propanidiolin tai etanolin lisääminen operculumin pinnalle helpottaa vuosirenkaiden erottamista. Joillakin siikakannoilla operculum on niin läpikuultava, että vuosirenkaat näkyvät vain luun pinnan muodoissa epäselvänä vyöhykkeisyytenä. Tällöin valerenkaiden erottaminen vuosirenkaista on mahdotonta, eikä operculumia kannata käyttää.





## Otoliitti

Myöskään operculumista ei voi laskea olemattoman pituuskasvun aikana syntyneitä vuosirenkaita, mutta otoliitissa (kuvataulut 10.3, 10.4, 11.3, 11.5 ja 12.3) ne ovat havaittavissa. Huolimatta siitä että otoliittien värjäysmenetelmiä ei vielä käytetty, Ausen (1976) kykeni erottamaan sukukypsien siikojen otoliiteista korkeampia ikiä kuin suomusta tai operculumeista. Skurdalin ym. (1985) ja Raitaniemen ym. (1998) vertailuissa sukukypsien siikojen iät olivat otoliitista määritettyinä jopa 5–10 vuotta korkeampia kuin suomusta määritettyinä. Menetelmien välinen ero kasvoi iän myötä – otoliittiin oli tullut vuosittain uusi rengas, suomuun ei.

Otoliittia käytettäessä iänmääritys suositellaan tehtäväksi keskuksen (nukleus) lävistävältä poikkileikkauspinnalta. Usein otoliitti paahdetaan ja katkaistaan esimerkiksi preparointiveitsen terällä kevyesti alustaa vasten painaen. Joidenkin siikakantojen otoliitit ovat kuitenkin niin hauraita, että monen yksilön otoliitti katkeaa väärästä kohtaa tai hajoaa pieniksi palasiksi. Hajoamisen välttämiseksi otoliitit on tuolloin syytä hioa (kuvataulut 10.3 ja 11.3). Otoliitti voidaan hioa tai siitä voidaan sahata leike myös ilman paahdemista. Tällöin poikkileikkauspinta värjätyään. Siian otoliittien neutraalipunavärjäyksessä 10–15 minuuttia on sopiva värjäysaika. Neutraalipunnalla värjättyllä otoliitin poikkileikkauspinnalla vuosirenkaat näkyvät ainakin yhtä selkeästi kuin paahdetulla pinnalla (10.4, 11.5 ja 12.3).

Otoliiteissa näkyy joskus ns. kaksoisrenkaita, ts. värjättyssä otoliitissa näkyy varsinaisen

vuosirenkaan yhteydessä (tavallisesti sisäpuolella) toinen rengasmuodostuma, joka ei yleensä ole yhtä selvästi havaittavissa kuin varsinainen vuosirengas. Kaksoisrenkaat lienevät yleensä syntyneet nopean kasvun vuosina. Kasvunopeus vaikuttaa myös otoliitin muotoon. Nopean kasvun aikana otoliitti kasvaa ennen muuta leveyttä ja pituutta, ja otoliitti on litteä. Kasvun hidastuttua tai loputtua kasvu ja vuosirenkaat keskittyvät keskusuurteen ympärille paksuuskasvuun. Hidaskasvuissa kannoissa vanhimpien yksilöiden otoliitit ovat toisinaan silmiinpistävän paksuja.

## Muikku

Muikku (*Coregonus albula* (L.)) on yleensä pienikokoinen, 15–20 cm:n mittainen kala, jota pidetään lyhytikäisenä. Muikulle on ominaista voimakas vuosiluokkien runsauden vaihtelu, mikä yleensä näkyy iänmäärityksen tuloksissa, kun samasta järvestä otetuista, peräkkäisinä vuosina pyydetyistä näytteistä tehdään ikäjakaumat. 1- tai 2-vuotiaat ovat tavallisesti lukumääräisesti suurin tehokkaan kalastuksen kohteena oleva muikun ikäryhmä. Joissakin järvissä vahva muikkuvuosiluokka voi vaikuttaa saaliisiin vielä neljävuotiaanakin. Osa muikuista voi elää yli 10-vuotiaiksi.

Muikun iänmääritykseen on käytetty useimmiten suomua (kuvataulu 13.1). Kuitenkin muikun pituuskasvu hidastuu kalojen saavutettua pituuden, josta ne eivät ravintokilpailun ja sukukypsyyden saavuttamisen vuoksi enää juuri kas-



va (Sandlund ym. 1991). Suomumäärittäisiä tehtäessä saatetaan aliarvioida kannan vanhimpien, esimerkiksi yli 4-vuotiaiden yksilöiden ikä. Toisinaan nuorienkin yksilöiden ikää on vaikea määrittää suomusta oikein (Aass 1972). Sandlundin ym. (1991) tutkimuksessa muikut saavuttivat kahdessa norjalaisessa järvessä sukukypsyiden yleensä 2–3-vuotiaina, minkä jälkeen niiden pituuskasvu loppui. Iänmääritys paahdetusta ja katkaistusta otoliitista osoitti kannoissa esiintyvän ainakin 10–15 sukukypsää ikäryhmää ja vanhimpien saavuttaneen 22 vuoden iän. Aassin (1972) mukaan myös määritys kokonaisista, vuorokauden ajan etanolissa lionneista otoliiteista oli luotettavuudeltaan ylivoimainen suomuun verrattuna.

Helppointa ja varmintaa on määrittää muikun ikä otoliitin poikkileikkauslinjaa pitkin sahatusta leikkeestä tai hiotun otoliitin poikkileikkauspinnalta neutraalipunavärjäyksen (värjäysaika 10 minuuttia) tai muun sopivan värjäyksen jälkeen. Jos otoliitit paahdetaan, ne hiotaan paahdamisen jälkeen määrittystä varten (kuvataulu 13.2). Takautuva kasvunmääritys tehdään, jos se katsotaan tarpeelliseksi (yhden saalisnäytteen perusteella halutaan tietoa useampien vuosiluokkien kasvunopeuksista), suomusta samalla tavalla kuin siialla.

## Kuore

Yleensä pienikokoisissa kuoreissa (*Osmerus eperlanus* (L.)) jo noin 30 cm:n pituista ja 100 gramman painoista yksilöä voidaan pitää kook-

kaana. Kuoreella on hyvin helposti irtoavat suomet kuten silakalla. Suomet ovat myös kooltaan suhteellisen pienet, ja niiden kasvuvyöhykkeitä on hankala tulkita. Siksi kuoreen ikä määritetään otoliitista (sagitta). Nuorten kuoreiden otoliitteja voidaan tutkia mikroskoopilla kokonaisina, muovilevyn koloihin lakkaan valettuina tai yksitellen veteen upotettuina tummaa alustaa vasten.

Vaikka jopa 20 cm:n pituisten, merestä pyydettyjen nopeakasvuisten kuoreiden otoliitit saattavat olla kokonaisina käyttökelpoisia iänmäärityksessä, rehevöityneiden järvien kuoreiden iänmääritys kokonaisesta otoliitista on usein vaikeaa. Esimerkiksi Lahden Vesijärvessä kuore kasvaa keskimäärin hitaasti (Horppila ym. 1996), ja yksittäisten “nopeakasvuistenkin” kolmevuotiaiden kuoreiden pituudet jäävät tavallisesti alle 15 cm:n. Yli kolmevuotiaiden ja jopa alle 10 cm:n pituisten yksilöiden iänmääritys kokonaisen otoliitin avulla saattaa olla epävarmaa, koska uloimmat hyvin ohuet ja tiiviiksi kerroksiksi muodostuneet hyaliinivyöhykkeet jäävät helposti huomaamatta. Siksi tällaisten kuoreiden iänmääritys on suositeltavinta tehdä otoliitin poikkileikkauspinnalta. Otoliitit paahdetaan ja katkaistaan ennen mikroskopointia tai vaihtoehtoisesti otoliittien hiotut poikkileikkauspinnat värjätään ennen mikroskopointia (neutraalipunalla värjäysaika 15 minuuttia; kuvataulu 13.3 ja 13.4).

## Särkikalat

Suomessa tavataan noin 20 erilaista särkikalalajia, joista suuri osa on pienikokoisia tai muusta



syystä hyödyntämättömiä. Pientä taloudellista merkitystä on suurimmilla lajeilla, kuten lahnalla (*Abramis brama* (L.)) ja säyneellä (*Leuciscus idus* (L.)). Etelä-Suomen alueella voi sieltä täältä tulla pyydykseen myös toutain (*Aspius aspius* (L.)), jonka vähiksi käyneitä kantoja on lisätty vesissämme istutuksilla. Särki (*Rutilus rutilus* (L.)) puolestaan on yleisimpiä kalalajejamme ja tärkeä ympäristötutkimuksen näkökulmasta sekä epäsuorasti myös taloudellisesti. Suuri osa särkikaloihin liittyvistä tutkimuksista koskee tavallatai toisella näitä lajeja. Vaikka tässä esitettäviä iänmääritys- ja kasvunmittausmenetelmiä on sovellettu lähinnä tärkeimpiin särkikaloihin, niitä voitaneen käyttää myös useimpia muita särkikalalajeja tutkittaessa.

Särjenpoikanen kasvaa Suomessa ensimmäisen kesän aikana keskimäärin 5–6 cm:n pituiseksi (mm. Horppila & Nyberg 1999), mutta edullisessa kasvuympäristössä poikaset saattavat saavuttaa 7–8 cm:n keskipituuden tai vastaavasti niukoissa oloissa ainoastaan noin 4 cm:n keskipituuden. Pienimmät särjenpoikaset eivät selvinne hengissä ensimmäisen talven yli, mutta noin 3 cm:n pituisista edellisen kesän poikasista on tehty havaintoja (Korhonen 1999). Yksivuotiaat lahnan, sulkavan (*Abramis ballerus* (L.)), pasurin (*Blicca bjoerkna* (L.)) ja salakan (*Alburnus alburnus* (L.)) poikaset olivat Hiidenvedessä jotakuinkin samanmittaisia kuin särjenpoikaset (Vinni ym., käsikirjoitus). Poikasten talvenkestävyydessä on eroja lajien välillä; särkeen verrattuna toista ääripäätä on istutusten varassa oleva karppi (*Cyprinus carpio* L.), jonka

luonnosta saadut yksilöt ovat viettäneet 1–2 ensimmäistä talveaan kalanviljelylaitoksessa.

## Suomu

Särkikalojen (kuvataulut 14–18) suomut ovat suuret ja irtoavat helposti. Osaltaan tämän vuoksi niiltä on totuttu ottamaan suomuja iän ja kasvun määrittäystä varten. Suomut soveltuvat nopeakasvuisten yksilöiden (esim. yleensä toutain) iänmääritykseen ja niistä on varsin helppoa mitata vuosikasvuyöhykkeitä. Särkikalat ovat kuitenkin usein etenkin iän karttumisen myötä hidaskasvuisia, minkä vuoksi iänmääritys suomuista saattaa olla erittäin työlästä tai mahdotontakin. Hansen (1978) löysi yli 7-vuotiaiden särkien suomuista vähemmän vuosikasvuyöhykkeitä kuin operculumeista.

Särkikalojen suomuista ensimmäinen vuosirengas löytyy tavallisesti varsin helposti. Epätavallisen läheltä suomun keskustaa löytyvä, ensimmäinen selvästi havaittava rengas tai epäselvien renkaiden tihentymä saattaa kuitenkin olla poikasrengas. Useimmiten poikasrenkaat muodostuvat niin lähelle suomun keskustaa tai ensimmäistä vuosirengasta, että ne voidaan tulkita valerenkaiksi mm. laskemalla takautuvasti poikasen pituus renkaan muodostumishetkellä Lean yhtälön avulla. Kookkaiden ja vanhojen toutainten suomuista saattaa olla vaikea havaita ensimmäistä vuosirengasta tai se voidaan tulkita poikasrenkaaksi, koska toutaimen kasvu kiihtyy ensimmäisen vuoden jälkeen nopeasti. Muutamat tämän jälkeen muodostuneet vuosikasvuyöhyk-



keet ovat huomattavan paljon leveämpiä kuin ensimmäisen kesän aikana muodostunut vyöhyke.

Vuosirenkaat voidaan nähdä sekä suomun etu- että takalohkossa. Kylkisuomujen vuosikasvuvyöhykkeet ovat takalohkossa leveämpiä kuin etulohkossa ja hidaskasvuisilla yksilöillä helpommin laskettavissa takalohkosta. Takautuvaa kasvunmäärittystä varten suomusta mitattavan säteen linja on helpointa valita joko suomun keskilinjalta keskustasta takalohkon keskelle tai keskustasta takalohkon keskikohdan ja takakulman väliselle alueelle kohdassa, jossa vuosirenkaat ovat mahdollisimman kohtisuorassa säteeseen nähden (kuva 43).

## Luut

Etenkin vanhoilla tai hidaskasvuisilla yksilöillä luut ovat useimmiten selkeämpiä kuin suomet. Käytetyimpiä ovat cleithrum ja operculum (esim. kuvataulu 15.2 ja 15.3). Särjellä operculumia ovat käyttäneet mm. Vollestad & L'Abée-Lund (1990) ja Griffiths & Kirkwood (1995) sekä cleithrumia Kas'yanov ym. (1995). Lahnan iänmäärittämisessä on käytetty myös selkäevän paksuinta ruotoa (Doering-Arjes, henk.koht. tiedonanto). Luissa uloimmaisat vuosirenkaat ovat usein helpoimmin tulkittavia päinvastoin kuin suomuissa. Luiden tyviin muodostunut, paksuuntunut luukerros saattaa peittää alleen ensimmäisen vuosirengasta. Lahnalla cleithrumin ja operculumin ensimmäisen vuosirengasta löytäminen on suhteellisesti vaikeampaa kuin särjellä. Kookkailla lahoilla ensimmäistä vuosirengasta on

joskus etsittävä tarkasti hyvinkin läheltä luun tyven kasvukeskusta. Renkaan havaitseminen helpottuu, kun luun päälle lähelle renkaan oletettua kohtaa pudotetaan pisara etanolia tai 1,2-propanidiolia ja valaistuksen kulmaa vaihdellaan.

Vuosikasvuvyöhykkeiden mittaaminen operculumista tai cleithrumista onnistuu yleensä helposti. Vanhoilla ja kookkailla lahoilla cleithrumin lapiomainen osa on usein käyrä, joten mittauslinjankin on oltava vastaavasti käyrä (ks. vuosikasvuvyöhykkeiden mittausta, kuva 45). Vanhojen ja hidaskasvuisten, 20–30-vuotiaiden lahojen ja särkien cleithrumeista on kirjoittajien havaintojen mukaan ollut laskettavissa kaikki elinvuodet, sillä viimeisistä, 1990-luvun loppupuoliskolla syntyneistä vuosikasvuvyöhykkeistä voidaan laskea taaksepäin vuosirengasten määrä 1980-luvun ajanjaksoon 1986–1988, jolloin luihin syntyi kasvukausien lämpötilaolojen mukaisesti leveä, poikkeuksellisen kapea ja poikkeuksellisen leveä vuosikasvuvyöhyke (kuvataulu 15.2).

Cleithrumin on havaittu olevan iän- ja kasvunmäärittäykseen hyvin soveltuva ainakin särjellä, lahnalla, pasurilla, sulkavalla ja säyneellä. Toutaimella cleithrumin tulkinta vaatii kokemusta, jotta valerenkaat erottuvat vuosirengasta. Huono tai hankala se on ainakin salakalla, ruutanalla (*Carassius carassius* (L.)) ja suutarilla (*Tinca tinca* (L.)). L'Abée-Lund (1986) ja Wright & Giles (1991) suosittelivat suutarin iänmäärittäykseen operculumia tai otoliittia.



## Otoliitit

Särkikaloilla sagitta on puikkomainen ja vaikea löytää. Se ei sovellu iänmääritykseen. Ruotsissa (Sötvattenslaboratoriet) särkikaloiden iänmäärityksessä on viime aikoina käytetty lapillusta (Mosegaard ym. 1989, kuva 15, kuvataulu 15.4 ja 16.3), joka on hiottava tarkasti oikeaa linjaa pitkin ja etsattava tai värjättävä, jotta kaikki vuosirenkaat saadaan esiin. Samalla tavalla kuin muilla kaloilla käytettyyn sagittaan, särkikaloiden lapillukseen syntyy kalvomainen proteiinisauva vuosittain, ja lapilluksesta voidaan määrittää sellaisetkin vuodet joita suomusta ei ole havaittavissa. Kirjoittajien havaintojen mukaan lapilluksesta ja cleithrumista on hidaskasvuisilla-kin lahoilla ollut määritettävissä sama ikä. Periaatteessa luiden ja otoliittien erilaisen kasvutavan vuoksi on kuitenkin mahdollista, että särkikaloidenkin kasvu voisi loppua niin täydellisesti, että luissa ei olisi havaittavissa uusia vuosirenkaita, kun lapilluksessa puolestaan näkyisivät viimeisetkin vuosirenkaat.

Jos käytettävissä on otoliittisaha, lapillukset voidaan käsitellä iänmääritystä varten nopeasti, kunhan ne asetetaan sahauslinjalle oikein (kuva 15). Ilman tätä kallista tekniikkaa lapillusten käsittely sen sijaan on työlästä, koska ne on kiinnitettävä yksitellen objektilaseihin esimerkiksi Crystalbondilla hiontaa varten. Objektilasiin liimattu lapillus hiotaan vesihiomapaperilla nukleukseen saakka niin, että valmis hiottu pinta on edellä mainitulla sahauslinjalla. Hiottu lapillus voidaan etsata suolahappoliuoksessa tai värjätä neutraalipunalla (värjäysaika 10 minuuttia).

Lapillusta voidaan tarkastella sekä preparointimikroskoopissa vinosti sivulta ja alhaalta tulevassa valossa että valomikroskoopissa läpivalaistuksessa. Neutraalipunalla värjätyn lapilluksen proteiinkerrokset näkyvät punaisiksi värjäytyneinä terävinä viivoina, ja ne saattavat tulla vielä paremmin näkyville, jos leikkeen päälle pudotetaan pisara esimerkiksi sellaista imersioöljyä, joka ei liuota vesiliukoista väriainetta. Ilman värjäystä etsatun lapilluksen vuosirenkaat näkyvät alavalossa ympäristöään tummempina viivoina läpikuultavalla, vaalealla pohjalla.

Lapillusten muodossa ja koossa on jonkin verran eroa eri särkikalalajien välillä. Toutaimella lapillus on olennaisesti pienempi kuin särjellä tai lahnalla. Iänmääritys onnistunee useimmilla särkikaloilla lapilluksesta, kunhan sopiva menetelmä löytyy.

Ainakin ruutanalla lähellä puikkomaista sagittaa oleva asteriscus on olennaisesti suurempi kuin lapillus (kuva 14). Alustavan tarkastelun perusteella asteriscus näyttää olevan ruutanan iänmäärityksessä helpompi käsitellä ja tulkita kuin lapillus, ja myös neutraalipunavärjäys onnistuu asteriscuksen keskuksen läpi hiotulla poikkileikkauspinnalla paremmin (kuvataulu 18.2, värjäysaika 15 minuuttia). Hionta tai sahaus tehdään samantapaisesti kuin yleensä sagittalla. Vanhoilla ruutanoilla asteriscus saattaa olla ainoa luutuma, josta oikea ikä saadaan helposti selville. Myös karpilla asteriscusta on koikeiltu perinteisemmin käytetyn suomun ohella (Vilizzi & Walker 1995). Otoliiteista on niin-



ikään saatu hyviä kokemuksia salakalla (Backe-Hansen 1982) ja mudulla (Mills & Eloranta 1985).

## Monni ja piikkimonni

Monni (*Silurus glanis* L.) hävisi nyky-Suomen vesistöistä 1860-luvulla (Koli 1990). Eräs viimeisistä maamme alueelta pyydetystä monneista oli 171 cm pitkä, mutta varsinaisilla esiintymisalueillaan se kasvaa huomattavasti kookkaammaksi. Harkan (1984) mukaan Tisza-joen monni voisi kasvaa 3,5 m:n pituuteen asti, mutta voimakkaan kalastuksen vuoksi vanhimpien ikä jää 20–30 vuoteen ja pituus 2–2,5 m:iin. Monnin ikä määritetään eväruodosta valmistetusta leikkeestä (Harka & Biro 1990). Otoliitteihin perehtyminen saattaisi olla vaivan arvoista.

Piikkimonni (*Ictalurus nebulosus* Le Sueur) tuotiin vuonna 1922 Suomeen Espoon Tuohilamppeen, minne se kotiutui heti hyvin (Koli 1990). Piikkimonneja siirrettiin ensi-istutuksen jälkeen vielä useisiin lampiin ja pieniin järviin. Kookkaimmat Suomesta pyydetty piikkimonnit ovat olleet 700–800 gramman painoisia. Piikkimonni on saanut nimensä selkä- ja rintaevien ensimmäisten, vahvojen piikkiruotojen mukaan, ja juuri rintaevän piikkiä on käytetty piikkimonnin iän määrittämiseen (Rubec & Quadri 1982). Kaminski ym. (1990) käyttivät nuorten pikkupiikkimonien (*Ictalurus punctatus*) iänmäärittämisessä menetelmää, jossa usean yksilön alustalle peräkkäin asetetut eväpiikit valettiin juoksevan liima-aineen sisälle. Liiman kovettuttua ruodot sisältä-

västä palasta sahattiin leikkeitä, joissa näkyi ruotojen kasvuvuohyökkeet.

## Made

Made (*Lota lota* (L.)) on ainoa järvi- ja murtovesiolosuhteissa elämään sopeutunut turskalojen heimon laji. Se on nopeakasvuinen; jopa 4–5-kiloisia ja 8–12-vuotiaita yksilöitä, tavallisin naaraista, saadaan varsin usein talvisilta apajapaikoilta. Made on sikäli poikkeus lajistomme enemmistöstä, että sen kasvu on talviaikaan nopeampaa kuin kesällä ja se kuteekin tammihelmikuussa. Mateenpoikaset kuoriutuvat keväällä samaan aikaan kuin syyskutuisten kalalajien poikaset, jäidenlähdön aikoihin. Made viihtyy parin ensimmäisen kesän jälkeen viileissä vesissä ja siksi sitä on vaikea tavoittaa lämpimän veden aikaan suurien järvien tai merialueen matalista vesistä. Syksyllä vesien viileessä mateet aloittavat syönnös- ja lisääntymisvaelluksensa kohti mannerta ja matalia lahtia, mistä niitä saadaan paikoitellen runsaasti saaliiksi aina kutuajan lopulle maaliskuulle saakka.

Mateen pienet suomet eivät ole kelvollisia iänmäärittämiseen, minkä vuoksi sen ikä on perinteisesti määritetty otoliitista. Eloranta (1982b ja c) selvitti seikkaperäisissä mateen ikä- ja kasvututkimuksissaan mm. mateenpoikasten ensimmäisen kesän kasvua ja ravinnonkäyttöä. Seuraavissa kappaleissa esiintyvät menetelmät ja tulokset perustuvat suurelta osalta Elorannan julkaisemiin tutkimuksiin.



## Kasvuyöhykkeiden muodostuminen otoliittiin

Keväällä jäänlähdon aikaan huhti-toukokuussa mateenpoikanen kuoriutuu, ja sen sagitan ensimmäinen opaakkivyöhyke alkaa muodostua. Toukokuun loppuun mennessä opaakin syntyminen lakkaa ja opaakkivyöhykkeen ympärille kasvaa hyaliinivyöhyke. Sen muodostuminen liittyy paitsi veden lämpenemiseen, myös muutoksiin mateenpoikasten ravinnossa, kun poikaset siirtyvät eläinplanktonravinnosta pohjaeläinten syöntiin. Heinä-elokuussa hyaliinivyöhyke on muodostunut kokonaisuudessaan. Syksyllä vesien viileessä otoliitteihin kasvaa jo toinen opaakkivyöhyke saman vuoden aikana. Yksikesäisillä mateenpoikasilla opaakin muodostumisen alkua on vaikea havaita ennen kuin otoliitin reunaan on kasvanut ohut vaalea reuna syys-lokakuussa. Opaakkivyöhyke levenee ja paksunee koko talven ajan. Opaakin muodostuminen loppuu mateen kasvun hidastuessa huhti-toukokuussa, ja hyaliinia alkaa jälleen kehittyä. Tästä eteenpäin mateen otoliitteihin muodostuu säännönmukaisesti joka vuosi kesäaikaan hyaliinivyöhyke ja talviaikaan opaakkivyöhyke (kuvataulu 19.1). Tämä pätee myös amerikkalaisen Superior-järven mateiden otoliitteihin (Bailey 1972). Opaakki-hyaliiniraja on mateella yleensä terävämpi kuin hyaliini-opaakkiraja.

Pienillä mateilla otoliittien muodostuminen on yhdenmukaisempaa kuin kookkailla mateilla, joiden kasvussa on yksilöllisistä elintavoista tai elinympäristöstä johtuen suuriakin eroja. Vaihtelu mateiden elinympäristön lämpöoloissa esimer-

kiksi järven eri syvännealueilla ja toisaalta ravinnonsaannissa vaikuttanee yksilöllisesti nopean kasvun ja hitaan kasvun vaiheiden vuotuisen kestoon. Tämä voidaan havaita opaakki- ja hyaliinivyöhykkeiden suhteellisten leveyksien vaihtelussa - useimmilla mateilla opaakkivyöhykkeet ovat hyaliinivyöhykkeitä leveämpiä, mutta joillakin yksilöillä vyöhykkeet saattavat olla lähes yhtä leveitä.

## Syntymäpäivä

Pohjoisen pallonpuoliskon kalojen yhteiseksi syntymäpäiväksi valittu vuoden ensimmäinen päivä (1.1.) on perusteltu, koska kalojen pituuskasvu on yleensä keskellä talvea käytännöllisesti katsoen pysähtynyt. Mateen kasvukausi on kuitenkin juuri tällöin parhaimmillaan. Koska mateen otoliittien opaakkivyöhykkeen paksuneminen loppuu ja pituuskasvu hidastuu ennemminkin vapun tienoilla kuin vuoden vaihteessa, Elorannan (1982c) mukaan **15.5.** on todennäköisempi ja suositeltavampi vaihtoehto mateen syntymäpäiväksi kuin 1.1. Syntymäpäiväkäytännöissä saattaa olla vaihtelua esimerkiksi eri maiden välillä. Tutkimuksessa käytetty syntymäpäivä tulee aina mainita, mikäli se poikkeaa vuoden ensimmäisestä päivästä.

## Iänmääritys

Mateen iän- ja kasvunmääritysten yhteydessä on parempi puhua opaakki- ja hyaliinivyöhykkeistä kuin kesä- ja talvivyöhykkeistä, koska kasvun



mukaisesti opaakki- ja hyaliinivyöhykkeet muodostuvat mateella päinvastaisina aikoina kuin useimmilla muilla kaloilla. Jos vyöhykkeiden muodostumisen erikoispiirteitä ei tiedetä mateen iänmäärittämissä tehtäessä, siitä aiheutuu helposti systemaattinen virhe koko tutkittavaan aineistoon.

Mateen otoliittiin heti ensimmäisenä kesänä muodostuvaa hyaliinirengasta ei pidä laskea vuosirenkaaksi. Vasta toisen opaakkikerroksen ja seuraavan hyaliinikerroksen raja on vuosirengas (kuvataulu 19.1), joka kertoo loppukevällä päättyneestä kasvukaudesta. Niinpä mateen vuosirengas sijaitsee opaakki–hyaliinirajalla eikä kuten useimmilla muilla kaloilla, hyaliini–opaakki-rajalla. Suboperculumissa vuosirengas erottuu terävänä rajana; opaakki ja hyaliini eivät välttämättä kuitenkaan ole selvästi erotettavissa (kuvataulu 19.2).

Nopeakasvuisen mateen veteen upotettua sagittaa voidaan tutkia kokonaisena tummaa alustaa vasten. Otoliitin kasvuvyöhykkeet näkyvät koveralta puolelta selvästi, kun valosäde kohdistetaan sopivasta kulmasta ja sitä varjostetaan esimerkiksi kynän päällä. Mikroskoopin suurenus on riittävä, kun otoliitti täyttää hieman yli puolet näkökentästä. Jos kuultavat, sinertävänharmaat hyaliinivyöhykkeet eivät erotu selvästi opaakkikerrosten välistä, suurenusta voidaan tarvittaessa lisätä tai vähentää.

Vanhoiden mateiden paksuissa, kokonaisissa otoliiteissa ensimmäisen kesän hyaliinirengas saattaa jäädä helposti huomioimatta. Samoin hidas- tai pituuskasvunsa lopulla olevan

mateen todellista ikää voi olla mahdoton määrittää kokonaisesta otoliitista, koska otoliitin ulkoreunassa saattaa olla vaikeasti havaittavia kasvuvyöhykkeitä. Tällöin määrittäminen on tehtävä nukleuksen läpi sahatun, hiotun tai katkaistun otoliitin poikkileikkauspinnalta värjäyksen, paahattamisen tai hapolla etsauksen jälkeen. Mateen otoliitin värjäykseen sopii neutraalipuna (värjäysaika 15 minuuttia, kuvataulu 19.1).

### Takautuva kasvunmäärittäminen

Eloranta (1982c) määritteli mateen kasvua takautuvasti mittaamalla kasvuvyöhykkeiden leveyksiä kokonaisesta sagitan keskuksesta selänpuoleiseen reunaan (“rosoisempi” puoli) valitulta säteeltä. Mittauslinjana tutkimuksessa käytettiin sagitan “rosoisen” selänpuoleisen osan kasvuvyöhykkeitä, jotka ovat leveämpiä kuin tasapintaisen vatsanpuoleisen osan vyöhykkeet. Mittaukset ulotettiin nukleuksesta kohtisuorasti sagitan ulkoreunaan saakka. Otoliitin säteen ja mateen pituuden riippuvuutta kuvasi parhaiten Monastyrskyn kasvuyhtälö. Otoliitin poikkileikkauspinnassa mittaus myös otoliitin keskuksesta mahanpuoleiseen reunaan saattaa tulla kysymykseen, sillä vuosirengas on usein selvemmät kuin selänpuoleisessa reunassa. Otoliitin paksuussuunnasta mittauslinjaa ei tule valita.

Otoliitin muodostuminen, joka ei ole suoraan suhteessa kalan kasvuun, saattaa pienentää heikkojen ja hyvien vuosien eroja todellisista, kun otoliittia käytetään takautuvassa kasvun-





määrityksessä. Kalan kasvaessa hitaasti otoliitti kasvaa kalaa nopeammin ja kalan kasvaessa nopeasti otoliitti kasvaa kalaa hitaammin (mm. Mosegaard ym. 1988, Reznick ym. 1989, Secor & Dean 1989). Somaattisesti, ts. suhteessa pituuskasvuun kasvavat luut lienevät tästä syystä parempia kuin otoliitti, kun yksilöiden kasvua arvioidaan takautuvasti.

Mm. alimmaisesta kiduskannen luusta (suboperculum) ja selkänikamista voidaan mitata vuosikasvuyöhykkeiden leveyksiä taannehtivaa kasvunmäärittystä varten (kuvataulu 19.2). Suboperculum on ohut, minkä vuoksi se on irrottettava mateesta varovaisesti. Irrottamisen jälkeen se kiehautetaan ja puhdistetaan. Vielä määrinä suboperculumit laitetaan puristukseen painon alle, esimerkiksi paperisiin suomupusseihin, jotka niputetaan melko tiukasti. Tämä siitä syystä, että kuivuessaan suboperculumit vääntyvät vaikeasti määritettävän muotoisiksi, ellei niitä ole pakotettu suoriksi yhteen tasoon. Kuivasta suboperculumista vuosirenkaat erottuvat melko hyvin ja vuosikasvuyöhykkeiden leveydet ovat mitattavissa. Mittaus tehdään pitkittäissuunnassa saman tapaisesti kuin hauen cleithrumista.

## Turska

Turska on lohen sekä hauen ohella nopeimmin ja kookkaimmaksi kasvava kalalajimme, jota kuitenkin ei tavata säännöllisesti mantereiden läheisissä rannikkovesissä. Turskan esiintyminen vesissä on riippuvainen turskien määrästään, minkä taustalla puolestaan on turskan

lisääntymismenestys. Runsas esiintyminen rannikkovesissämme edellyttää Itämereen Tanskan salmien kautta kulkeutuvaa, tavallista runsaampaa suolaisen ja hapekkaan meriveden määrää. Turskan mätimunat ovat nimittäin pelagisia, ja turskan kutualueen laajuus Itämeressä on riippuvainen riittävän suolaisen ja raskaan sekä hapekkaan veden määrästä eteläisen Itämeren syvänteissä. Turskan edellinen merkittävä esiintymisjakso oli 1980-luvulla. Vielä 1990-luvulla Selkämeren syvänteestä saatiin 1980-luvulla syntyneitä, jopa 15-vuotiaita yksilöitä, joista kookkaimmat painoivat 25–30 kg.

Kuten mateen, turskankin suomut ovat pieniä, ja iänmäärityksessä käytetään otoliittia. Turskan vuosirenkaita ei voi laskea mikroskoopin avulla kokonaisuudesta otoliitista. Siksi otoliitit on katkaistava ensin nukleuksen kohdalta. Otoliitit voidaan myös paahtaa ennen katkaisua tai sen jälkeen, jolloin hyaliinikerrosten ulkoreunojen tummaksi paahtuneet proteiinikerrokset voidaan nähdä otoliitin katkaisupinnalta terävinä renkain. Kirjoittajien alustavat kokeilut värjäyksestä neutraalipunalla eivät olleet lupaavia. Samaan tulokseen tulivat aiemmin Atlantin turskien kanssa Richter & McDermott (1990), jotka kuitenkin olivat tyytyväisiä toluidiininsinillä värjätystä otoliitista sahattuun leikkeeseen.

Kokeneet turskan iänmäärittäjät valaisevat läpinäkyvälle alustalle sinitarralla tai vastaavalla pystyyn kiinnitettyä otoliitinpuolikasta näytealustan alta usein peilin kautta suunnatulla valolla, jota tarvittaessa varjostetaan esimerkiksi sormella tai kynän päällä. Valon tulokulman ja valo-



tehon oikea yhdistelmä on tärkeä. Tällöin valo kulkee läpikuultavien hyaliinivyöhykkeiden läpi ja ne voidaan nähdä katkaisupinnalla kirkkaina renkaina. Valo ei läpäise huokoista opaakkia yhtä hyvin kuin hyaliinia ja siksi opaakkivyöhykkeet näkyvät samassa valaistuksessa sameina vyöhykkeinä (kuvataulu 19.3). Mikroskooppisuurennus on sopiva, kun otoliitin katkaisupinta täyttää 50–75 % näkökentästä.

Turskan otoliitin kasvuvyöhykkeet kehittyvät eri tavalla eri alueilla, minkä vuoksi tässä esitettävät tulkinnat eivät ole päteviä Itämeren länsiosassa tai valtamerialueilla. Itämeren itäisillä ja pohjoisilla alueilla ensimmäisen kesän opaakkivyöhyke jatkaa muodostumistaan läpi syksyn ja talven. Opaakissa on yleensä nähtävissä myös poikasrenkas. Ensimmäinen varsinainen hyaliinivyöhyke muodostuu huhti–elokuussa. Koko ensimmäinen vuosikasvuvyöhyke (opaakki + hyaliini) on täysin muodostunut noin puolivälissä toista elinvuotta. Täysikasvuisilla vyöhykkeet muodostuvat samaan tapaan – opaakkivyöhyke syntyy intensiivisen kasvun aikana syysmaaliskuussa ja hyaliini kutukypsymiseen ja kutuun liittyen huhti–syyskuun aikana, jolloin kasvu ei ole yhtä voimakasta. Aikavälillä 1.1.–30.6. saadun turskan otoliitin reunassa oleva opaakki tulkitaan edellisen vuoden kasvuvyöhykkeeksi ja sen mukaisesti opaakin ulkoreuna täydeksi vuosirenkaaksi. Aikavälillä 1.7.–31.12. saadun turskan otoliitin reunassa oleva opaakki tulkitaan saman kasvukauden lisäkasvuksi eli +kasvuksi (Anon. 1999).

Läntisen Itämeren alueella ja Pohjanmeren

puolellakin vanhojen turskien otoliittiin syntyy opaakkivyöhyke huhti–syyskuussa ja hyaliinivyöhyke talvella.

Erilaisia kaavoja takautuvaan kasvunmittaukseen turskan otoliitista ovat vertailleet Smedstad ja Holm (1996). Turskan kasvuvyöhykkeiden mittauksia ja iänmäärittäyksiä voidaan tehdä myös hartianlukkoluusta (cleithrum) ja alimmaisesta kiduskannen luusta (suboperculum) sekä selkänikamista.

## Nokkakala

Vihreäruotoinen nokkakala (*Belone belone* (L.)) on turskan tapaan riippuvainen veden suolapitoisuudesta, ja se onkin vesillämme yleisimmillään voimakkaita suolapulsseja seuraavina vuosina. Runsaussuhteisiin perustuvien tutkimusten mukaan merialueiltamme tyypillisimmin saaliiksi saatavat 65–75 cm:n pituiset nokkakalat ovat 4–5-vuotiaita, mutta kookkaimmat, jopa metrin pituiset ja kilon painoiset yksilöt ovat yli 10-vuotiaita (Koli 1990).

Nokkakalan ikä määritetään otoliitista (Dorman 1989). Nuorten yksilöiden kasvu on nopeaa ensimmäisten kahden vuoden aikana (Dorman 1989). Gotlannin, Riianlahden ja Viron rannikoilla sijaitsevilta kutualueilta Suomen rannikolle kulkeutuneet yksikesäiset nokkakalan poikaset ovat syksyllä noin 10 cm:n pituisia, mutta eteläisellä Itämerellä ne voivat olla vielä kookkaampia (Koli 1990).



## Piikkikalat

Suomessa esiintyy luontaisesti kolme piikkikalalajia: kolmipiikki (*Gasterosteus aculeatus* L.), kymmenpiikki (*Pungitius pungitius* (L.)) ja vaskikala (*Spinachia spinachia* (L.)). Lohjalla sijaitsevan Porlan kalanviljelylaitoksen kalaltaissa ja eräässä Vihdin metsäpurossa on myös viisipiikkejä (*Culaea inconstans* (Kirtland)), jotka tulivat Suomeen USA:sta tuotujen pikkubassin poikasten mukana (Koli 1990, Kaukoranta 1998).

Kookkaimmat Suomessa pyydetty kolmipiikit ovat olleet noin 7 cm:n pituisia (Koli 1990). Kolmipiikki kutee ensimmäisen kerran kaksivuotiaana ja suuren osan kuteneista yksilöistä oletetaan kuolevan tämän jälkeen. Suomessa 3–4-vuotiaat yksilöt ovat suhteellisen harvinaisia. Reimchen (1992) osoitti Brittiläisessä Kolumbiassa sijaitsevalla Drizzle Lake -järvellä merkittävien kolmipiikkien takaisinpyyntikokeilla ja vatsapiikeistä lasketun iän perusteella, että kaikki kerran kuteneet yksilöt eivät kuole, vaan jotkut voivat saavuttaa jopa 8 vuoden iän. Kyseessä oli kuitenkin poikkeuksellisen suurikokoiseksi kasvavien kalojen populaatio. Kolmipiikin ikä voidaan määrittää myös otoliitin avulla (esim. Sandlund ym. 1992), mutta otoliittinäytteiden otto ja käsittely vaatii avuksi mikroskopointia ja erittäin hienoteräisten pinsettien käyttöä.

Täysikasvuinen kymmenpiikki on 3–5 cm:n pituinen, ja se kasvaa Suomessa harvoin yli 6-senttiseksi (Koli 1990). Kymmenpiikit elävät tavallisesti kaksivuotiaiksi ja kolmevuotiaat ovat jo harvinaisia. Vaskikala on piikkikalaheimon suu-

rin laji, mutta silti oletettavasti lyhytikäisin kalalajimme. Itämeressä sen pituus on 10–15 cm ja suolaisessa merivedessä jopa 20 cm. Suomessa vaskikalan oletetaan kuolevan vuoden ikäisenä kudettuaan ainoastaan yhden kerran (Koli 1990). Kolmipiikin tapaan myös lyhytikäisten kymmenpiikin ja vaskikalan iän voi määrittää otoliitista.

## Simput

Suomen vesistöissä on tavattu kuusi simppulajia: kivisimppu (*Cottus gobio* L.), kirjoeväsimppu (*Cottus poecilopus* Heckel), piikkisimppu (*Taurulus bubalis* (Euphrasen)), härkäsimppu (*Myoxocephalus quadricornis* (L.)), isosimppu (*Myoxocephalus scorpius* (L.)) ja partasimppu *Agonus cataphractus* (L.). Monen muun Suomessa vähän taloudellisesti hyödynnetyn lajin tapaan myös simppujen iän- ja kasvunmäärittämisistä on julkaistu varsin vähän tietoja.

Simpuilla ei ole iänmäärittämiseen soveltuvia suomuja, ja niiden luutkin ovat lukuisien piikkien vuoksi hankalasti irrotettavissa. Iänmäärittämiseen käytetään suhteellisen kookkaita otoliitteja (sagitta). Alustavien kokeiden perusteella vuosirenkaiden näkyvät härkäsimpun hioton otoliitin poikkileikkauksessa hyvin neutraalipunavärjäyksen jälkeen (värjäysaika 10 minuuttia, kuvataulu 19.4 ja 19.5).



## Ahven

Suomen kansalliskalaksi valitun ahvenen (*Perca fluviatilis* L.) kasvunopeus vaihtelee voimakkaasti ravinnon mukaan. Hidaskasvuinen planktonin ja pohjaeläinten syöjä voi vielä vanhanakin olla 15–20 cm:n mittainen ja 40–80 g:n painoinen, kun kalansyöjäksi erikoistunut yksilö saattaa kasvaa runsaassa kymmenessä vuodessa yli 40-senttiseksi ja kilon painoiseksi.

Ahvenen iänmäärittämiseen on käytetty viime vuosiin saakka pääasiassa operculumia (Le Cren 1947, Raitaniemi ym. 1988). Myös muita luita on käytetty. Eloranta (1975) suositteli yläleuan luun (maxillare) käyttöä vanhojen ahventen iänmäärittämisessä. Ahvenen amerikkalaisen sukulaislajin, kelta-ahvenen (*P. flavescens* (Mitchill)), cleithrum on havaittu suomua soveliaammaksi iänmäärittämisluutumaksi vanhoilla yksilöillä (Schmitt & Hubert 1982). Jos tutkittavien ahventen iänmäärittäminen vaikeuttavat yksityiskohdat (esim. valerenkaiden muodostuminen) tunnetaan ja ahventen kasvu on nopeaa sekä tasaista, suomun käyttö on perusteltua. Tällöin kookkaiden ahventen vuosirenkaiden määrä on syytä tarkastaa jostain toisesta luutumasta, koska nopeasti kasvavien yksilöiden suomuihin muodostuu usein keskellä kasvukautta kasvurenkaiden tihentymiä ja harventumia, jotka muistuttavat vuosirengasta.

Vaikka operculum onkin suosittu luutuma ahvenen iän- ja kasvunmäärittämisessä, joskus tutkittavat ahvenet saattavat olla esimerkiksi pienissä metsälammissa niin hidaskasvuisia ja vanhoja, että niiden iäkiä ei voi luotettavasti määrittää edes

operculumista (Nyberg ym. 1993). Tällöin ahvenen ikävuosien määrä on mahdollista selvittää otoliitista. Norjalainen tutkija E. Kleiven on 1980-luvulta lähtien määrittänyt ahvenen iäkiä otoliittien avulla. Kleivenin kokemusten pohjalta myös Suomessa ja Ruotsissa alettiin 1990-luvun alussa käyttää ahventen iänmäärittämisessä otoliitteja (Nyberg ym. 1993, Appelberg ym. 1998). Tuolloin myös metsälampien pienten ja hidaskasvuisten ahventen iät opittiin määrittämään entistä luotettavammin. Aiemmin käytettyjen suomujen tai operculumien avulla oikeaa määrittämistä ei useinkaan ollut mahdollista tehdä.

Samalla kun vanhojen ja hidaskasvuisten, jopa yli 20-vuotiaiden ja parikymmensenttisten ahventen iänmäärittäminen kehittyi, myös nuorten yksilöiden iänmäärittäminen saatiin lisää varmuutta. Kun happamoituneen järven harvan ahvenkannan otoliittien kasvuvyöhykkeitä tarkkailtiin usean vuoden ajan, voimakkaisiin vuosiluokkiin kuuluvista yksilöistä havaittiin, että opaakki- ja hyaliinivyöhykkeet syntyivät hyvin säännöllisesti, eikä ylimääräisiä valerenkaita muodostunut kasvukauden aikana (Nyberg ym. 1995). Samoin yksittäisen pienen järven eväleikkujen ja myöhemmin muutaman vuoden kuluttua takaisin pyydettyjen vanhojen ahventen otoliitteja tutkimalla on havaittu, että otoliitteihin ei ole muodostunut ylimääräisiä vuosirenkaita (M. Rask, julkaisematon). Myös kelta-ahvenella otoliittimäärittäykset ovat osoittautuneet suomumäärittämisestä yhtenevämmiksi, ja iäkkäiden kalojen otoliiteista on ollut määrittävissä enemmän ikävuosia (Robillard & Marsden 1996).



## Suomu

Ahvenen suomunäytteenotto on nopeaa, mutta suomun käytöllä ahvenen iänmäärittämisessä on myös rajoituksensa. Suomun tarkastelu vaatii yleensä ensin näytteen prässäyksen, koska mikrokortinlukulaitteen valo ei läpäise riittävän hyvin paksua suomua. Tulkinnan suurin vaikeus on useimmiten löytää ensimmäisen vuosikasvuyöhykkeen ulkoreuna tai kasvukauden aikana otetun näytteen uuden kesävyöhykkeen sisäreuna, joka ei kylmän kevään jälkeen erotu selvästi kesäkuun loppupuolellakaan. Kuitenkin ensimmäinen vuosirengas on moneen muuhun ahvenen luutumaan verrattuna helpointa löytää nimenomaan suomusta (K. Sundman, henk.koht. tiedonanto). Ensimmäisen vuosikasvuyöhykkeen ulkoreuna voidaan etsiä oletetun vuosirengaan ja suomun kokonaissäteen sekä kalan kokonaispituuden suhdetta apuna käyttäen (kuvataulu 20.1). Paikannusta helpottaa tieto siitä, että ahven kasvaa Suomessa normaaleissa kasvuolosuhteissa ensimmäisen kesän aikana noin 5–7 cm:n pituiseksi (Raitaniemi ym. 1988).

Vuosikasvuyöhykkeiden tulkintaa saattavat vaikeuttaa keskellä kasvukautta muodostuneet kasvurenkaiden tihentymät ja harventumat tai kasvun pysähtymät, jotka jättävät suomun valesuonrenkaan. Suomujäljenteen eduksi voidaan lukea, että siitä on mahdollista mitata suomun vuosikasvuyöhykkeiden leveydet, jotka otoliitissa eivät ole samalla tavalla suhteessa kalan pituuskasvuun. Ahvenen suomun vuosikasvuyöhykkeiden mittaustuloksena käytetään tavallisimmin etulohkolta valittua sädettä, jossa vuosirengaat

ovat kohtisuorassa mittaustulokseen (yleensä etulohkon keskiosan ja etukulman välisellä alueella). Kampasuomun takalohkolla vuosirengaat eivät ole havaittavissa.

## Operculum

Lähes kaikissa tilanteissa, joissa suomu soveltuu ahvenen iänmäärittämiseen, operculum on hyvä ja jopa suomua suositeltavampi vaihtoehto. Keltaahvenen suomun ja operculumin vertailussa operculumista tehdyt määrittäykset olivat hitaasti kasvavilla kaloilla todenmukaisempia kuin suomumäärittäykset (Baker & McComish 1998). Operculum on lisäksi helppo irrottaa ahvenesta ja puhdistaa jo kentällä (ks. näytteenotto).

Ensimmäistä vuosirengasta on joskus vaikea löytää ahvenen operculumista, etenkin jos ensimmäisen kesän kasvu on ollut huono. Operculumin tyvessä olevan ensimmäisen vuosikasvuyöhykkeen luukudos on kokonaisuudessaan läpikuultava eli se näkyy tummana alueena mustaa taustaa vasten tarkasteltuna. Siinä voi kuitenkin olla epämääräisiä valesuonia, jotka aiheutuvat luukudoksen epätasaisesta muodostumisesta. Ensimmäinen vuosirengas on usein teräväreunainen, vaikkakin vaikeasti erotettava rajalinja, mutta sen sijainnin saattavat ilmaista myös lukuisat tiheät juovat.

Ensimmäisen ja toisen vuoden rajakohtadassa ei yleensä ole myöhemmille vuosille tyypillistä, muusta vuosikasvusta erottuvaa kapeaa hyaliinivyöhykettä, vaan luukudoksen värisävy vaihtuu (kuvataulu 20.2). Ensimmäisen vuoden läpi-



kuultava luu muuttuu toisen vuoden astetta harmahtavammaksi kesäkasvuvyöhykkeeksi. Vaikka se on sameampaa kuin ensimmäisenä vuonna syntynyt luu, se ei ole yhtä valkoista tai paksua kuin myöhemminä vuosina syntyneet kesävyöhykkeet. Jos ahvenen kasvu on erittäin nopeaa, operculum paksuntuu niin hitaasti, että kahden tai jopa kolmen ensimmäisen vuoden talvivyöhykkeiden havaitseminen saattaa olla vaikeaa luun läpikuultavuuden vuoksi.

Hidaskasvuisten ahventen kasvu heikkenee usein viimeistään kolmannen kasvukauden aikana kalojen saavuttaessa sukukypsyyden. Lähes pelkästään ahvenen asuttamissa pikkuvesissä ahvenen kasvu voi olla ensimmäisenä ja toisena vuonna jopa nopeampaa kuin monilajisemmissa kalayhteisöissä samalla alueella, mikä johtunee ravintokilpailusta (mm. Byström ym. 1998). Kasvu on tämän jälkeen usein epäsäännöllistä ja monen peräkkäisen vuoden hidaskasvu voi näkyä operculumissa yhtenäisenä vyöhykkeenä, jossa usein vaikeasti erotettavat vaaleat opaakki- ja tummat hyaliinivyöhykkeet vuorottelevat (kuvataulu 21.1).

Kesken kasvukautta muodostuneet valejouvat näkyvät operculumissa tavallisesti himmeämpinä ja vähemmän terävinä kuin varsinaiset vuosirenkaat. Jos ympäristöolosuhteet pysyvät muuttumattomina vuodesta toiseen, hidaskasvuisten ahventen kasvunopeus on yleensä vanhemmiten myös suhteellisen muuttumaton. Olosuhteiden muuttuessa suosiollisiksi ahvenen kasvupotentiaali on hyvin suuri (Nyberg ym. 1995). Nopeasti kasvavien ahventen operculu-

mien vuosikasvuvyöhykkeet ovat leveitä (kuvataulu 21.3), joten niiden vuosirenkaiden tulkinnassa ei tavallisesti ole vaikeuksia. Ongelmallisinta on tulkita nopean ja hidastuneen kasvun aikana operculumiin muodostuneet valerenkaat.

Operculumin vuosikasvuvyöhykkeiden mittauslinjana käytetään tavallisimmin sen ohuen lapiomaisen osan keskikohtaa alkaen luun tyven korkeimmasta nystystä reunaan saakka.

## Otoliitti

Ahvenen ikä on luotettavinta ja pienellä harjoittelulla myös nopeinta selvittää otoliitista (sagitta, kuvataulut 20.3, 21.2 ja 21.4)). Toinen puhdistetuista otoliiteista paahdetaan ja katkaistaan tai poikkileikkauspinta värjätään esimerkiksi neutraalipunalla (värjäysaika 10–15 minuuttia). Nopeakasvuisten ahvenen otoliitin vuosirenkaat saattavat näkyä jopa käsittelemättömästä otoliitista.

Kahta tai kolmea ensimmäistä opaakki- ja hyaliinikerrosta lukuun ottamatta loput kerrokset näkyvät otoliitin katkaisupinnalta useimmiten selvästi ja ne voidaan laskea varsin helposti. Ongelmallisinta on löytää ensimmäinen vuosirenkas. Yleissääntönä voidaan pitää, että ensimmäinen selvä ja koko otoliitin ympäri säteittäisesti kiertävä tumma rengas on ensimmäisen vuoden raja. Ensimmäisen vuosirenkaan sisäpuolella voi joissakin tapauksissa näkyä heikkoja ja katkonaisia tummia renkaita, jotka saattavat aiheuttaa tulkintaongelmia.

Jos otoliitti ei ole katkennut kasvukeskuksen



kohdalta, ensimmäinen vuosirengas saattaa näkyä hyvin lähellä katkaisupinnan keskikohtaa tai puuttua kokonaan. Joskus tätä ensimmäistä vuosirengasta seuraavien vuosirenkaiden muotojen yksityiskohdat (esim. renkaiden jyrkät kulmat) auttavat ensimmäisen renkaan paikantamisessa. Ikä on helpoimmin laskettavissa otoliitin poikkeikkauspinnan suipporeunaiselta osalta, joka sijaitsee keskusuurteen (sulcus acusticus) vieressä (kuvataulut 20.3, 21.2 ja 21.4).

## Kuha

Kuha (*Stizostedion lucioperca* (L.)) on ahvenen verrattuna nopeakasvuinen, mikä helpottaa sen iänmäärittystä. Siksi kuhan iänmäärittäykseen käytetään tavallisimmin suomua (kuvataulu 22.1), josta ikä useimmissa tapauksissa on määritettävissä. Suurimpia ongelmia suomun tulkinnassa ovat ensimmäisen vuosirenkaan löytäminen ja valerenkaiden erottaminen todellisista vuosirenkaista. Näiden varmentamiseen voidaan käyttää otoliittia tai operculumia.

Luonnossa kuoriutuvien kuhanpoikasten pituuserot saattavat olla ensimmäisen kesän jälkeen suuret (esim. yksikesäisten poikasten pituus Lahden Vesijärvessä vuonna 1992 6–12 cm (Ruhijärvi, henk.koht. tiedonanto)). Ensimmäisen kesän jälkeen pienimmiksi jääneiden, mutta myöhemmin kasvuetumatkan kiinni saaneiden yksilöiden suomuista on joskus hyvin vaikea löytää ensimmäistä vuosirengasta. Joskus talvivyöhyke havaitaan pelkkänä kapeana kasvurenkaiden tihentymänä suomun keskustan ympärillä.

Otoliitin rinnakkainen tarkastelu helpottaa oikean tulkinnan tekemistä suomusta. Pienimmät talven yli selvinneet kuhat ovat useimmiten noin 6 cm:n mittaisia (Lappalainen ym. 2000).

Jos luonnonravintolammikossa vastakuoriutuneista esikesäisiksi kasvatetut ja syksyllä järveen istutetut poikaset ovat kasvaneet järvessä vielä ennen talvea, tämä on usein havaittavissa suomusta, johon voi olla syntynyt varsinaisen ensimmäisen vuosirenkaan sisäpuolelle käsittelyrasituksen aiheuttama istutusrengas. Istutusrenkaan jälkeen kasvurenkaat ovat aluksi epäselviä, mutta sitten jopa lammikkokasvatusaikaa harvemmassa. Istukasvyöhykkeen leveys ei ole kuin korkeintaan noin viidesosa varsinaisen ensimmäisen vuosikasvuyöhykkeen leveydestä, joten istukasvyöhykettä ei voi helposti sekoittaa seuraavan vuoden kesävyöhykkeeseen. Se on kuitenkin sekoitettavissa seuraavana keväänä ennen veden lämpenemistä muodostuvaan hitaan kasvun kasvurengastihentymään. Varsinainen vuosirengas on useimmiten erotettavissa näiden kahden mainitun vyöhykkeen välissä suhteellisen selvästi.

Kuhan kasvu hidastuu tavallisesti syksyllä vähitellen niin kuin se myös alkaa keväällä. Tälöin vuosirenkaan kummallekin puolelle jää kasvurenkaiden tihentymät. Vanhojen kuhien iänmäärittäyksen ongelmana ei olekaan löytää todellisia vuosirenkaita, vaan eliminoida niiden välille kasvunopeuden vaihteluiden seurauksena muodostuneet valerenkaat. Tämä onnistuu vaikeissa tapauksissa parhaiten tarkastelemalla suomua rinnan operculumin ja/tai otoliitin kans-



sa, koska suomun valerenkaita ei yleensä joko ole operculumissa ja/tai otoliitissa tai ne ovat tunnistettavissa paremmin kuin suomussa (kuvataulu 22.2 ja 22.3). Operculumista on joskus kuitenkin vaikea löytää ensimmäistä vuosirengasta, koska se jää usein päälle kasvaneen luukudospaksunnoksen alle. Päijänteen Tehinselältä vuonna 1995 pyydetyn, tiettävästi Suomen vanhimman kuhan (28 vuotta; 8,5 kg) ikä määritettiin operculumista (Lappalainen 1998).

Amerikkalaisella valkosilmäkuhalla (*S. vitreum* (Mitchill)) suomun käyttöä on myös kritisoitu. Baccante & Sandhu (1983) osoittivat merkintätutkimuksen avulla, että valkosilmäkuhan tullessa sukukypsäksi ja kasvun samanaikaisesti pienentyessä noin 7-vuotiaana, vuosirenkaiden muodostuminen suomuihin väheni jyrkästi (tai niitä ei voitu havaita), minkä vuoksi kuhista määritetyt iät jäivät todellisia pienemmiksi.

Kookkaiden ja vanhojen kuhien iänmääritys on suositeltavinta tehdä paahdetusta tai värjätystä (neutraalipunavärjäys 10–15 minuuttia) otoliitin poikkileikkauksesta (kuvataulu 22.3), josta jopa yli 20-vuotiaiden kuhien vuosirenkaat voidaan laskea helposti. Paahdetun otoliitin käyttöä valkosilmäkuhalla piti hyvänä myös Erickson (1983). Eloranta (1975) suositteli selkänikamien käyttöä vanhojen kuhien iänmäärityksessä.

Kuhan kasvuvyöhykkeiden mittauslinja valitaan ahvenen tapaan suomun etulohkolta. Myös kuhan operculumin kasvuvyöhykkeiden mittauslinjana käytetään ohuen lapiomaisen osan keski-kohtaa alkaen luun tyven korkeimmasta nystystä reunaan saakka.

## Kiiski

Kiisken (*Gymnocephalus cernuus* (L.)) suomusta suuri osa saattaa olla regeneroituneita. Ne ovat usein muutenkin epäselviä jopa 1–2-vuotiailla kaloilla (Mills & Eloranta 1985). Kiisket ovat monissa vesissä niin hidaskasvuisia, ettei niiden iänmääritystä voida tehdä suomusta tiheässä olevien vuosirenkaiden vaikean erotettavuuden vuoksi. Usein muikkuverkkoon jäävät kiisket ovat yli 5-vuotiaita, eivätkä 10-vuotiaatkaan ole harvinaisia. Jos kiisket kuitenkin ovat nopeakasvuisia, niiden kasvunmääritys, ja ainakin suurella osalla yksilöistä myös iänmääritys, on mahdollista tehdä suomusta (kuvataulu 23.1). Kiisken operculum (kuvataulu 23.2) on vaikea irrottaa ja hankala puhdistaa. Se saattaa tämän lisäksi vielä murtua helposti kiehautuksen jälkeen.

Nopeakasvuisten kiiskien iät on mahdollista määrittää käsittelemättömästä otoliitista, mutta vanhojen ja hidaskasvuisten yksilöiden iänmääritys on tehtävä otoliitin poikkileikkauspinnalta, johon vuosirenkaat on saatu näkyviin paahtamalla tai värjäämällä. Neutraalipunavärjäys (värjäysaika 10–15 minuuttia) onnistuu kiiskellä erinomaisesti - värjätty otoliitin poikkileikkauspinta on paahtettua helpollisempi (kuvataulu 23.2 ja 23.4). Paahtamattoman ja paahdetun otoliitin samanaikainen tarkastelu saattaa helpottaa vuosirenkaiden tulkintaa. Hiidenvedestä vuonna 1998 pyydetyn kiisken iäksi määritettiin paahdetusta ja katkaistusta otoliitista 16 vuotta.

Kiisken suomun vuosikasvuvyöhykkeiden leveydet mitataan samalla tavalla kuin ahvenen ja kuhan suomusta, eli suomun etulohkolta. Jos





kiiskan kasvuyöhykkeiden mittaukseen käytetään operculumia, sen kasvuyöhykkeiden mittaustiljana käytetään ohuen lapiomaisen osan keskikohtaa alkaen luun tyven korkeimmasta nystystä reunaan saakka. Neja (1989) käytti otoliittia kiiskan pituuksien takautuvassa määrittämisessä, mikä voi kuitenkin heikentää takautuvan määrityksen tarkkuutta.

## Kivinilka

Kivinilka (*Zoarces viviparus* L.) on ainoa Suomessa esiintyvä eläviä poikasia synnyttävä kalalaji. Poikaset kuoriutuvat syksyllä kivinilkan naaraan munarauhasessa ja kehittyvät siellä edelleen tammi-helmikuulle saakka, jolloin ne syntyvät 4–6 cm:n mittaisina. Heinäkuun puolivälissä kivinilkan poikasten pituus on Suomen rannikkoalueella noin 7–8 cm ja yksivuotiaana keskimäärin 10 cm. Sukukypsyyden kivinilka saavuttaa 2–4-vuotiaana ja 15–25-senttisenä (Koli 1990).

Kivinilkan ikä määritetään sagitta-otoliitista (Kristoffersson & Oikari 1975, Svedäng ym. 1997). Otoliitit ovat hyvin pieniä ja muodoltaan sellaisia, että niiden paahtaminen ja katkaisu ei onnistu. Sen sijaan määrittäminen voidaan tehdä luotettavimmin värjäämällä tai etsaamalla hiottu tai sahattu otoliitin poikkileikkauspinta. Otoliitin hyaliinivyöhykkeiden oletettiin aikaisemmin muodostuvan kesällä lämpimän veden aikana ja opaakkivyöhykkeiden talvella samaan tapaan kuin toisella viileän veden lajilla, mateella (Kristoffersson & Oikari 1975). Kuitenkin viimeisimmät tutkimukset osoittavat, että kivinilkan

otoliitin kasvuyöhykkeet muodostuvat ensimmäisen vuoden jälkeen kuten useimmilla muillakin luukaloilla, eli opaakki kesällä ja hyaliini talvella (Svedäng ym. 1997). Arviot vanhimpien kivinilkojen iästä, 9–10 vuotta (Curry-Lindahl 1985), lienevät tehdyt kokonaisista tai hiotuista, mutta värjäämättömistä otoliiteista.

Kivinilkan otoliitissa ensimmäisen vuoden kasvu päättyy vasta kolmannen hyaliini- ja neljännen opaakkivyöhykkeen rajakohtaan (Svedäng ym. 1997). Kun kivinilkan poikanen kuoriutuu syys-lokakuussa halkaisijaltaan noin 4 mm:n mätimunasta emon parittomassa munarauhasessa, sen otoliitteihin muodostuu ohut hyaliinirengas. Poikasen kasvaessa emon sisällä otoliittien pinnoille kehittyä opaakkia. Keskitalvella poikasen syntymän jälkeen muodostuu uusi, edellistä leveämpi hyaliinivyöhyke (Svedäng ym. 1997). Sopeutumisvaiheen jälkeen kivinilkan poikasen kasvu kiihtyy ja otoliittien opaakkivyöhyke levenee aina elokuulle saakka. Opaakin kasvun loputtua alkaa syntyä hyaliinivyöhykettä, jonka on havaittu levenevän ainakin joulukuulle saakka ja jonka ulkoreunaa voidaan pitää samalla ensimmäisenä varsinaisena vuosirenkaana (kuvataulu 24.1.).

## Tokot

Meikäläiset neljä tokkolajia ovat kaikki suhteellisen lyhytikäisiä merikaloja (Koli 1990). Mustatokin (*Gobius niger* L.) ikää on määritetty kokonaisesta otoliitista. Nashin (1984) mukaan mustatokojen maksimi-ikä Oslovuonossa oli kuusi



vuotta, Silvan ym. (1997) mukaan Portugalissa kolme vuotta. Liejutokon (*Pomatoschistus microps* (Kröyer)), hietatokon (*P. minutus* (Pallas)) ja seitsenruototokon (*Gobiusculus flavescens* (Fabricius)) iänmäärittäykseen on käytetty suomua. Liejutokon ja hietatokon suomuihin saattaa syntyä tihtymä kutuaikana (Fouda & Miller 1981), joka on Englannin etelärannikolla kesä–elokuussa. Moreiran ym. (1991) tutkimassa Portugalin rannikon populaatiossa tihtymää ei syntynyt kutuaikana, mikä ehkä johtuu siitä, että kutu tapahtuu veden lämpötilan ollessa alimmillaan. Moreiran (1991) tutkimuksessa hietatokon korkein ikä oli 32 kuukautta (n. 2,6 v.) ja liejutokon 26 kuukautta (n. 2,1 v.). Fosså (1991) tutki Norjan länsirannikolla seitsenruototokkojen ekologiaa. Hänen näytteissään ei ollut yhtään kalaa, jonka suomuista olisi laskettu kaksi vuosirengasta. Iänmäärittäminen otoliitista on todennäköisesti luotettavampaa kuin suomusta määrittäminen.

## Makrilli

Makrilli (*Scomber scombrus* L.) on satunnaisvierailija vesillämme. Merkittyjen yksilöiden saalistietojen perusteella makrilli voi elää ainakin 23-vuotiaaksi. Kaksikesäisenä makrillin normaali pituus on 24–29 cm. Sen ikää on määritetty mm. kokonaisesta otoliitista (sagitta), jota on tarkasteltu sivuvalossa, alkoholiin upotettuna tai esimerkiksi polyesterimuoviin valettuna, tummaa alustaa vasten (Dery 1988).

## Kampela ja piikkikampela

Kampeloiden ihossa ei ole suomuja, vaan kampasuomuista erilaistuneita luukyhmyjä. Iänmäärittäyksessä on ihon muodostumien sijaan käytetty perinteisesti otoliitteja (kuvataulu 24.2 ja 24.3). Itämeren kampelan otoliitin opaakkivyöhyke muodostuu maalīs–heinäkuussa, nuorilla yksilöillä samanaikaisesti aktiivisen ravinnonoton ja somaattisen kasvun kanssa (Vitinh 1986). Isojen kampeloiden joukossa yli kymmenvuotiaat yksilöt eivät ole harvinaisia.

Nuoren kampelan otoliitin opaakki- ja hyaliinivyöhykkeet voidaan laskea suoraan kokonaisesta otoliitista, jonka kapeat ja sinertävät hyaliinirengaat erottuvat tummaa alustaa vasten selvästi opaakkivyöhykkeiden välistä. Kampela kasvaa ensimmäisen elinvuotensa aikana Suomen rannikolla varsin hitaasti. Yksivuotiaan, noin 4 cm:n pituisen ja postimerkin kokoisen kampelan otoliitit ovat hyvin pienet, ja siksi kookkaiden ja vanhojen yksilöiden otoliiteissa ensimmäinen vuosirengas sijaitsee suhteellisen lähellä otoliitin keskustaa. Ensimmäistä vuosirengasta ei pidä tulkita otoliitin nukleukseksi. Kampelan otoliitin ulkoreunalla voi toisinaan nähdä tumman, epäselvän vyöhykkeen, jossa saattaa olla joukko useamman vuoden aikana muodostuneita vuosirenkaita. Tällöin ne ovat laskehtavissa nukleuksen lävistävältä poikkileikkauspinnalta, jolle ne on saatu näkyviin paahtamalla tai esimerkiksi neutraalipunavärjäyksellä (värjäysaika 10–15 minuuttia, kuvataulu 24.3). Kampeloiden oikea- tai vasenkyllisyyden vuoksi otoliitit ovat epäsymmetrisiä, joten nukleuksen



kohta on tarkastettava preparointimikroskoopilla tai vastaavalla. Vanhan yksilön vuosirenkaat voivat olla laskettavissa vain keskusuurretta ympäröivistä osista, ts. otoliitin paksuussuunnassa.

Hassager (1991) vertasi kolmea eri menetelmää läntisen Itämeren piikkikampelan iänmäärityksessä. Otoliitteja tutkittiin käsittelemättöminä (etanolilla huuhdeltuina), paahdettuina ja hiottuina. Iät vaihtelivat 4:stä 11:een. Tässä vertailussa kaikki menetelmät todettiin samanarvoisiksi.

Campana (1984) vertasi USA:n länsirannikon tähtikampelan (*P. stellatus* (Pallas)) käsittelemättömästä otoliitista ja katkaistusta sekä paahdetusta otoliitista tulkittua ikää. Käsittelemättömästä saatu maksimi-ikä oli 11 vuotta, kun taas katkaistusta ja paahdetusta 24 vuotta. Katkaistuista ja paahdetuista otoliiteista laskettiin yleensä enemmän vuosirenkaita, kun ikä oli yli kaksi vuotta. Otoliitin pituuskasvu suhteessa paksuuskasvuun väheni jyrkästi kymmenennen ikävuoden jälkeen, mikä osaltaan selitti havaitut erot iänmäärityksissä.

Piikkikampelan otoliitteihin muodostuu Välimeren merialueilla hyaliinivyöhyke kesällä ja opaakkiivyöhyke talvella (Robert & Vianet 1988). Välimeren alueen ankeriaiden otoliittien on havaittu muodostuvan samantapaisesti (ks. ankerias).

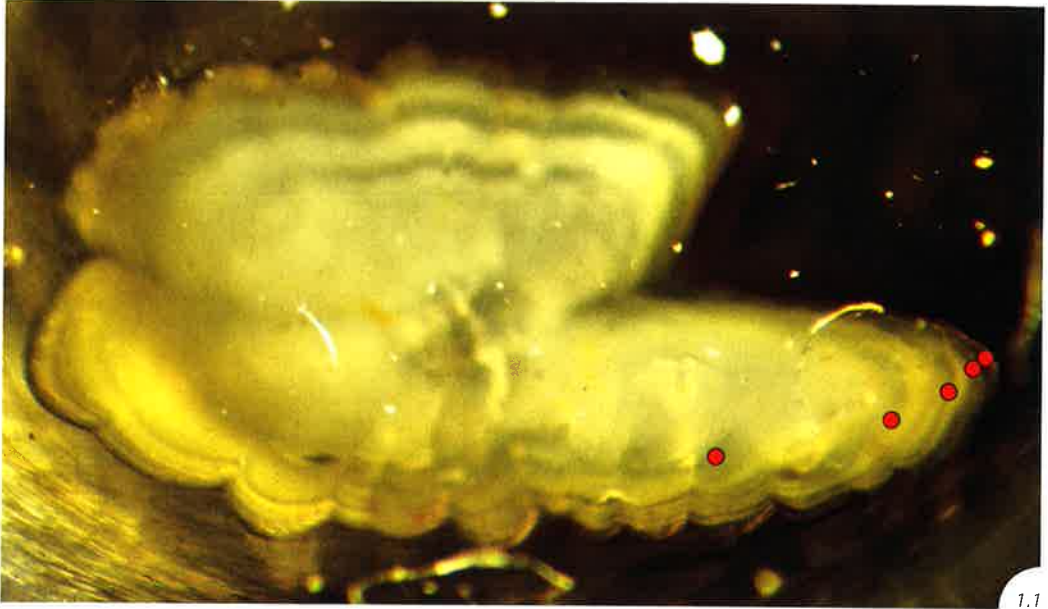
Kampelalla vuosikasvuyöhykkeiden mittaukseen soveltuva luu on mm. parillinen pyrstön hypuraalinen lisäke, jossa kasvuyöhykkeet näkyvät selvästi. Kampelan ja piikkikampelan takautuvia kasvunmäärityksiä on tehty myös otoliitista (Draganik & Kuczynski 1993, Rijnsdorp & Leeuwen 1992, Szlakowski 1990).



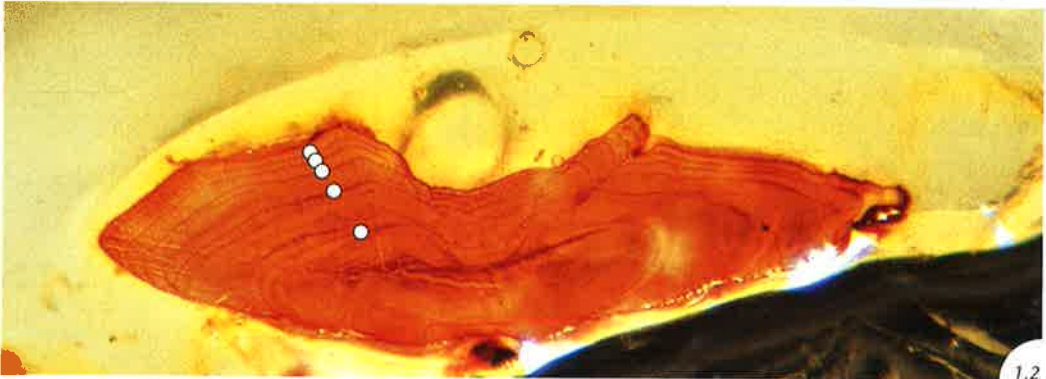


14

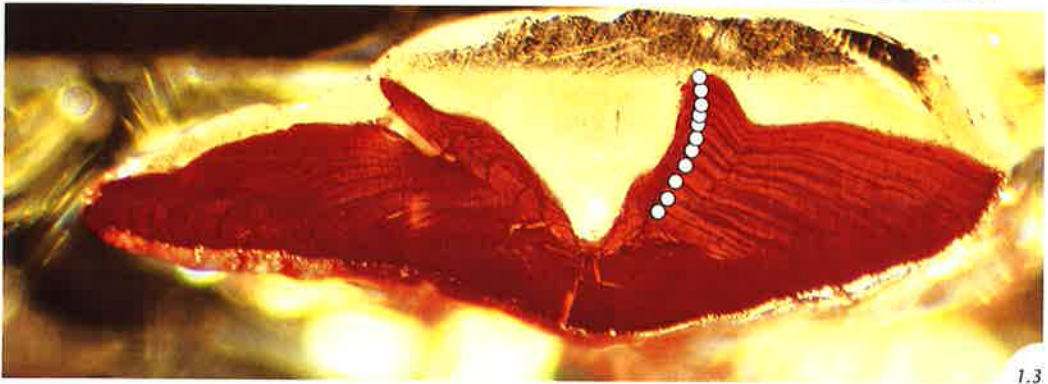
KUVATAULUT



1.1



1.2



1.3

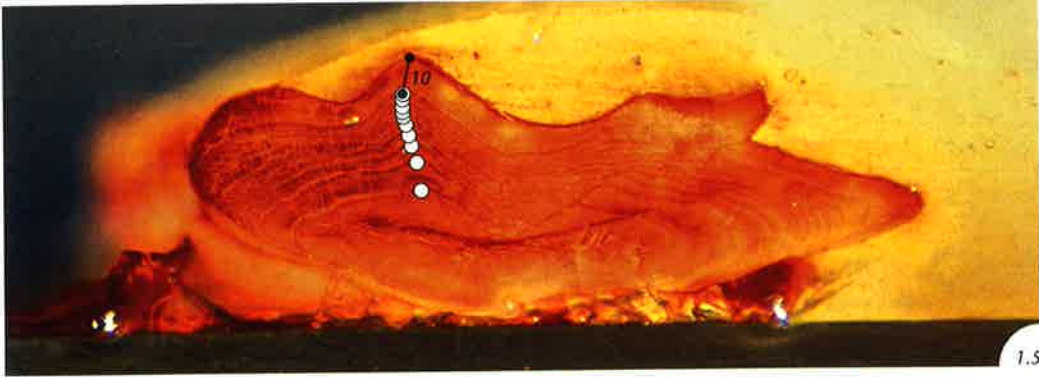
### Kuvataulu 1.

Syksyllä 1999 Selkämereltä pyydetyn silakan (ikäarvio 5+; pituus 17,5 cm; paino 32g) otoliitti kokonaisena otoliittilevyssä (1.1) ja saman kalan otoliitin poikkileik-

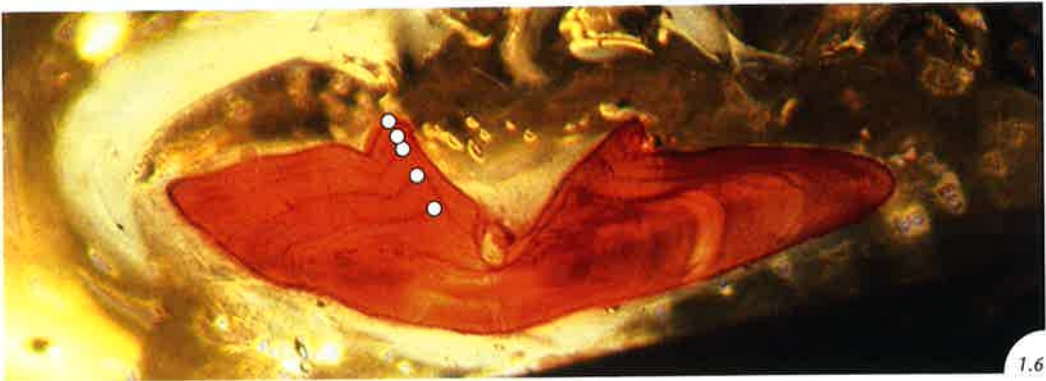
kauspinta neutraalipunavärjätynä (1.2). Tammikuussa 1998 pyydykseen jääneen jättiläissilakan (ikäarvio 11; pituus 36,2 cm; paino 530 g) neutraalipunavärjätty otoliitin poikkileikkauspinta (1.3).



1.4



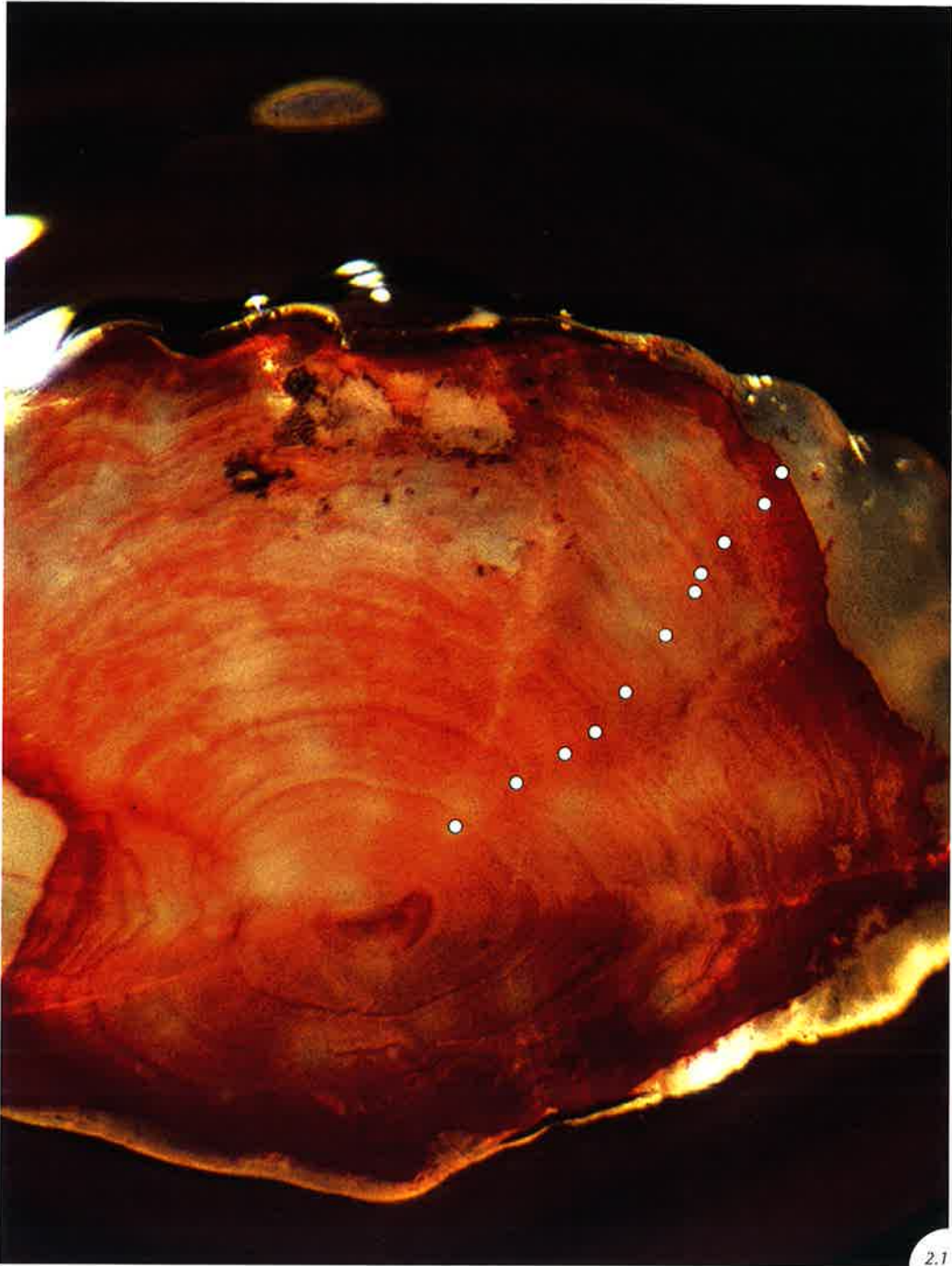
1.5



1.6

Syksyllä 1999 Selkämereltä saadun silakan (ikäarvio 20+; pituus 21,5 cm; paino 63 g) kokonainen (1.4) ja neutraalipunavärjätty (poikkileikkaus, 1.5) otoliitti. Kuvan 1.5 suurennus on 20-kertainen; reunimmaisten noin kymmenen vuosirenkaan erottamiseen tarvitaan 100—

200-kertainen suurennus. Viimeiset renkaat eivät ole havaittavissa kokonaisesta otoliitista edes suurennusta lisäämällä. Keväällä 2000 saadun kilohailin (ikäarvio 5; pituus 12,7 cm) neutraalipunavärjätty otoliitin poikkileikkauspinta (1.6).



2.1

**Kuvataulu 2.**

Ankeriaan (ikäarvio 11 järvi vuotta) pitkittäin hiotun (2.1) ja poikittain hiotun (2.2, ts. poikkileikkaus) otoliitin neutraalipunavärjätty hiomapinta. Valon tulokulma vaikuttaa

vuosirenkaiden erottuvuuteen värjäyspinnalla. Päijänteen Majutvedestä 16.7.1999 saadun ankeriaan (pituus 97 cm; paino 1,7 kg) otoliitin poikkileikkauspinnalla (2.3) on erotettavissa noin 17 vuosirengasta (järvi vuotta).







3.1

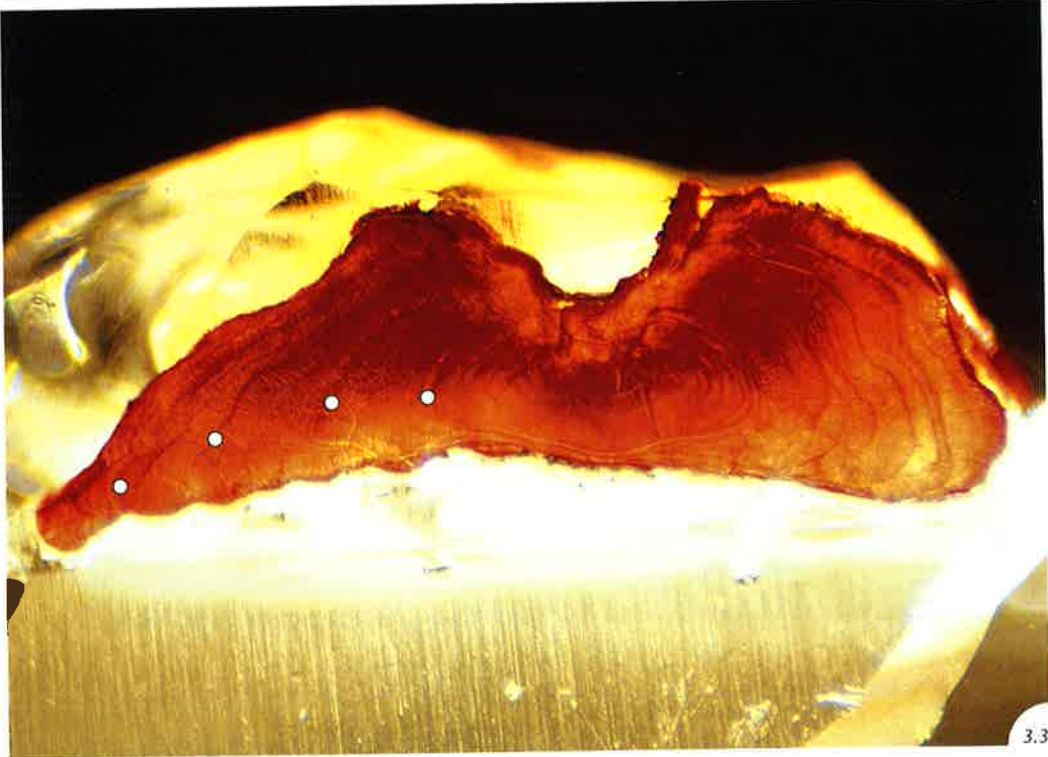
**Kuvataulu 3.**

*Kemijoesta marraskuussa 1994 saadun hauen (naaras, ikäarvio 4+, pituus 46 cm, paino 638 g) somu (3.1), cleithrum (3.2) ja otoliitin neutraalipunavärjätty poikki-*

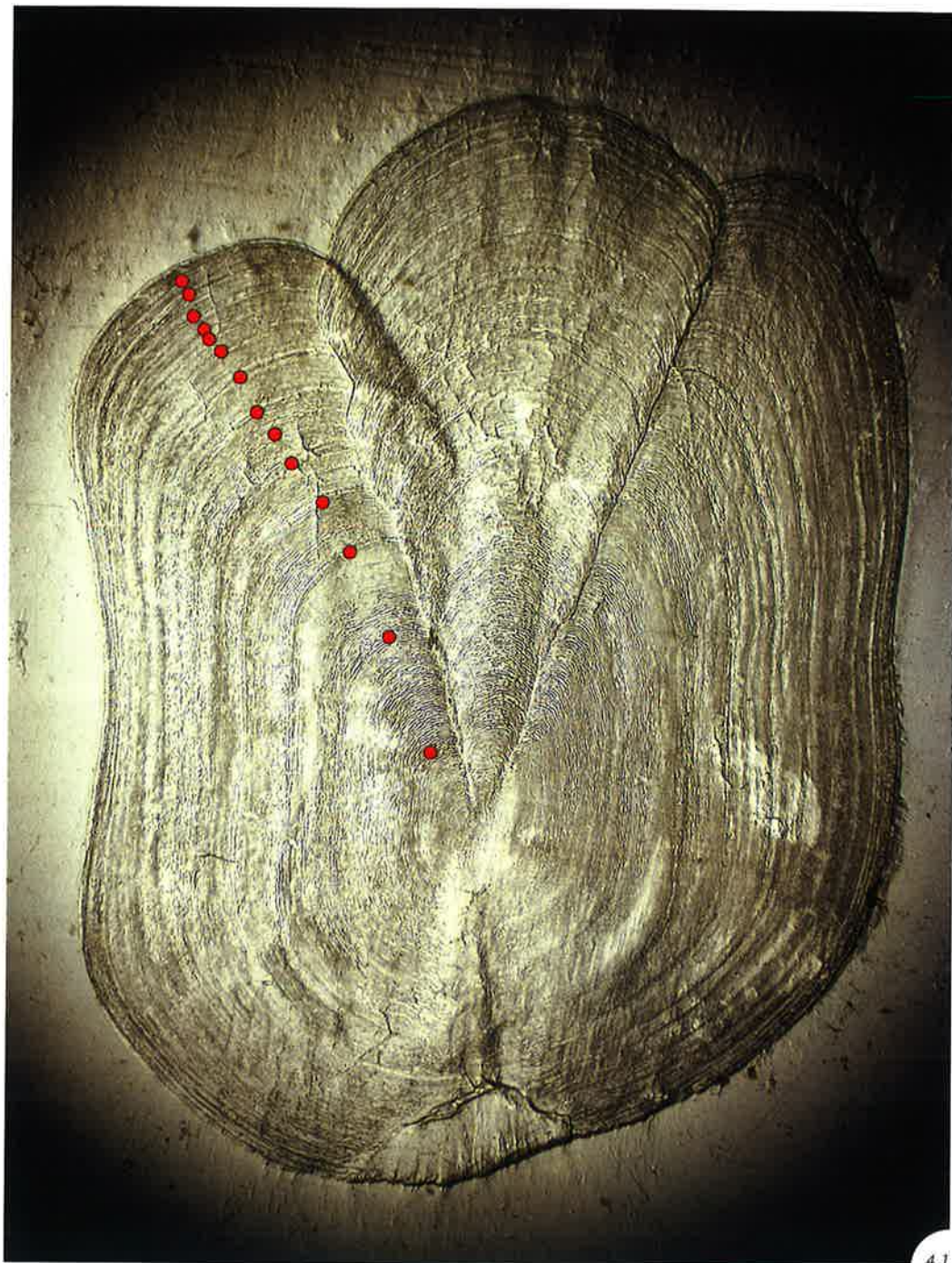
*leikkauspinta (3.3). Huomaa vuosikasvuyöhykkeiden suhteelliset leveydet toisaalta somaattisesti kasvavissa somussa ja cleithrumissa, toisaalta somaattisesta kasvusta vain osittain riippuvaisessa otoliitissa.*



3.2



3.3

**Kuvataulu 4.**

Kemijoesta syyskuussa 1994 saadun hauen (ikäarvio 14+, ehkä vanhempi; pituus 104 cm; paino 7,8 kg) suomu (4.1), cleithrum (4.2) ja otoliitin neutraalipunavärjätty

poikkileikkauspinta (4.3). Huomaa otoliitin vuosirenkaiden vaikeaselkoisuus. Suomenlahdesta (Espoo) joulukuussa 1998 saadun hauen (pituus 115 cm; paino 11 kg) selkänikama (4.4).



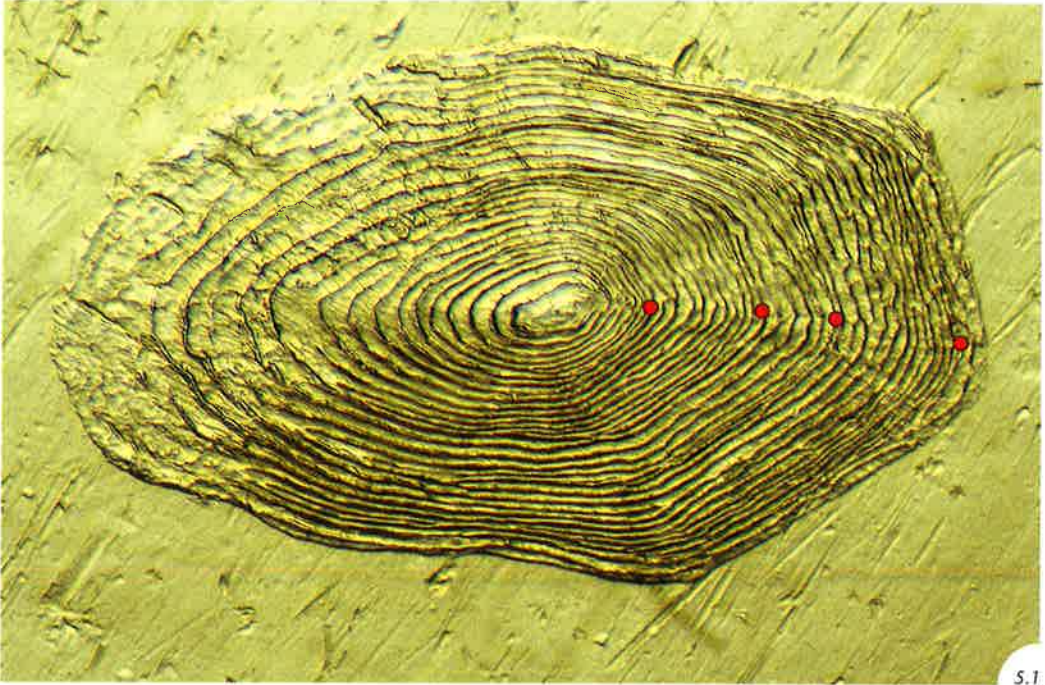
4.2



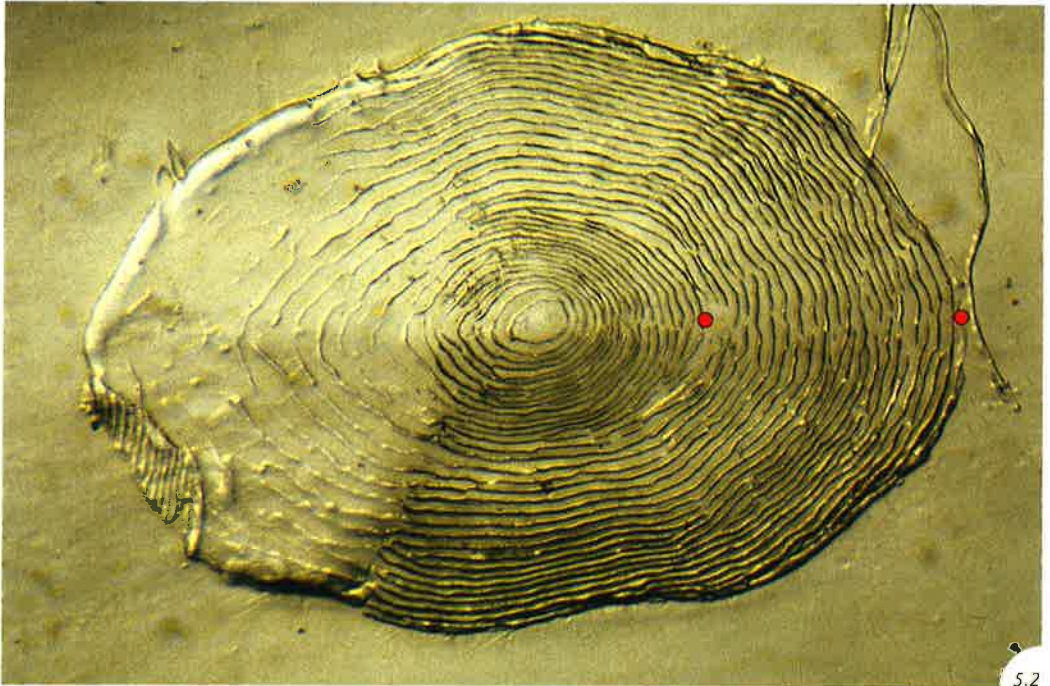
4.3



4.4



5.1

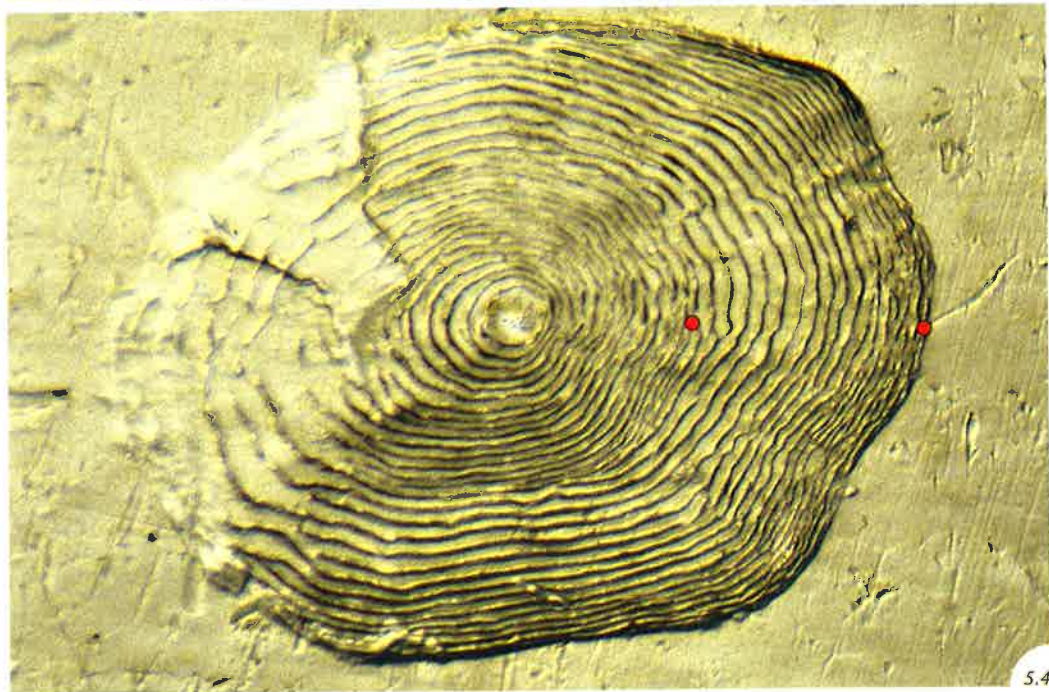
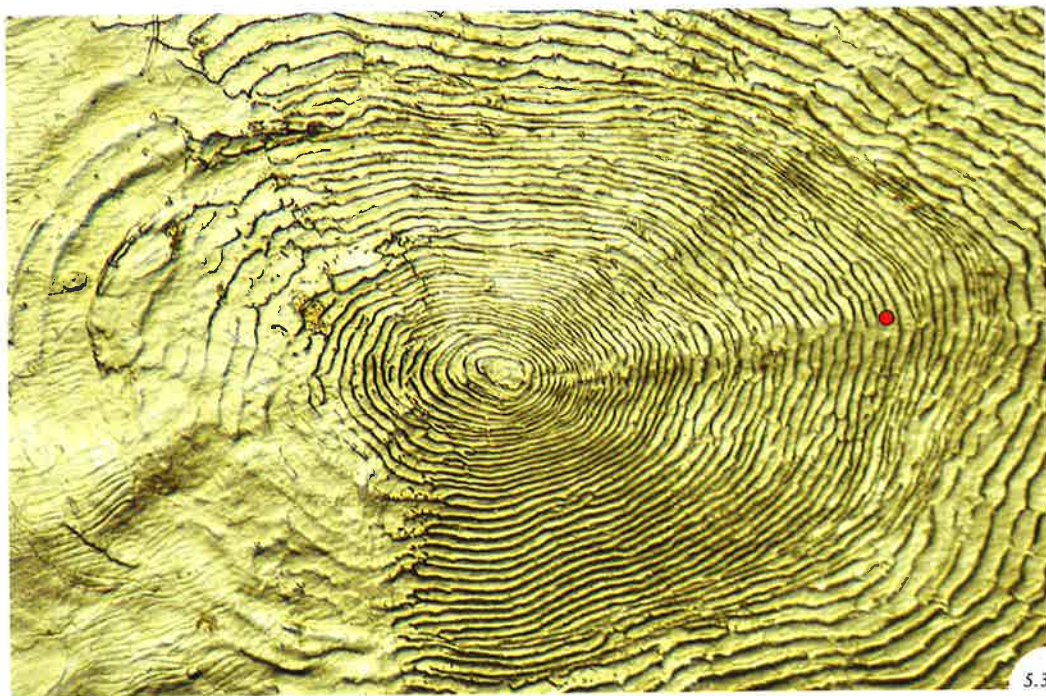


5.2

**Kuvataulu 5.**

Tornionjoesta keväällä 1995 pyydetyn 4-vuotiaan lohismoltin (pituus 17 cm, paino 40 g) suomu (5.1). Vuoden 1993 (kolmas vuosi) kasvu oli heikohko. Ossauskosken

kalanviljelylaitoksella kasvatetun lohismoltin (pituus 23 cm, paino 102 g) suomu 21.5.1997, kun kala oli 2-vuotias (5.2). Viljelty lohi, Nevan kantaa, kuvassa poikaskasvualue (5.3). Lämminvesikasvatettu poikanen



istutettiin 1-vuotiaana smoltina vuonna 1995 (smolttipituus 18,5 cm). 1-vuotiaat lämminvesikasvatetut smoltit saattavat suomusta tulkittuina vaikuttaa 2-vuotiailta. Tämä johtuu siitä, että niitä usein pidetään ensin nor-

maalissa ja sitten korkeammassa lämpötilassa, jossa niiden kasvu kiihtyy. Salatsa-joesta (Latvia) vuonna 1998 pyydetty 2-vuotias luonnonsmoltti (5.4; pituus 15,7 cm).



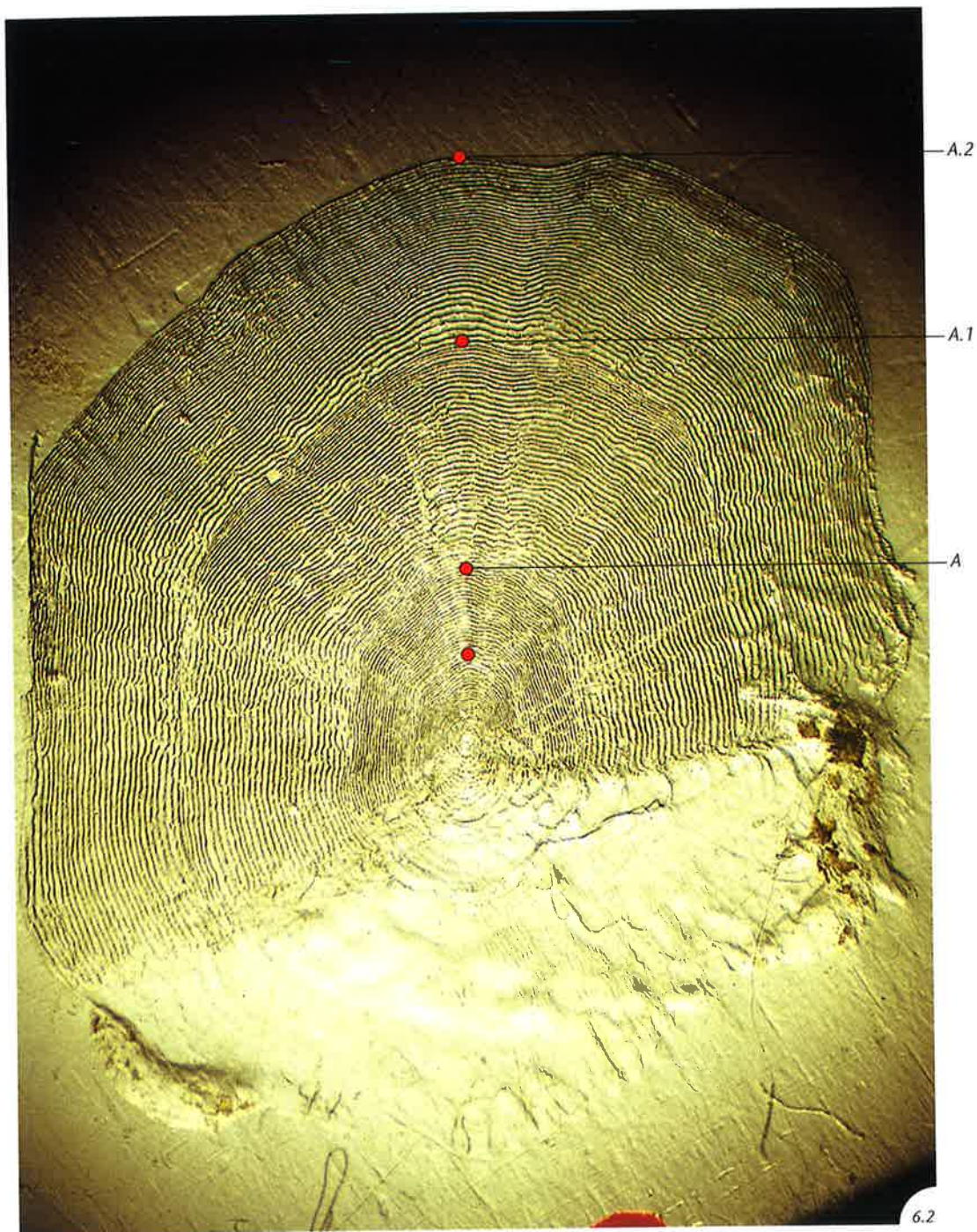
6.1

**Kuvataulu 6.**

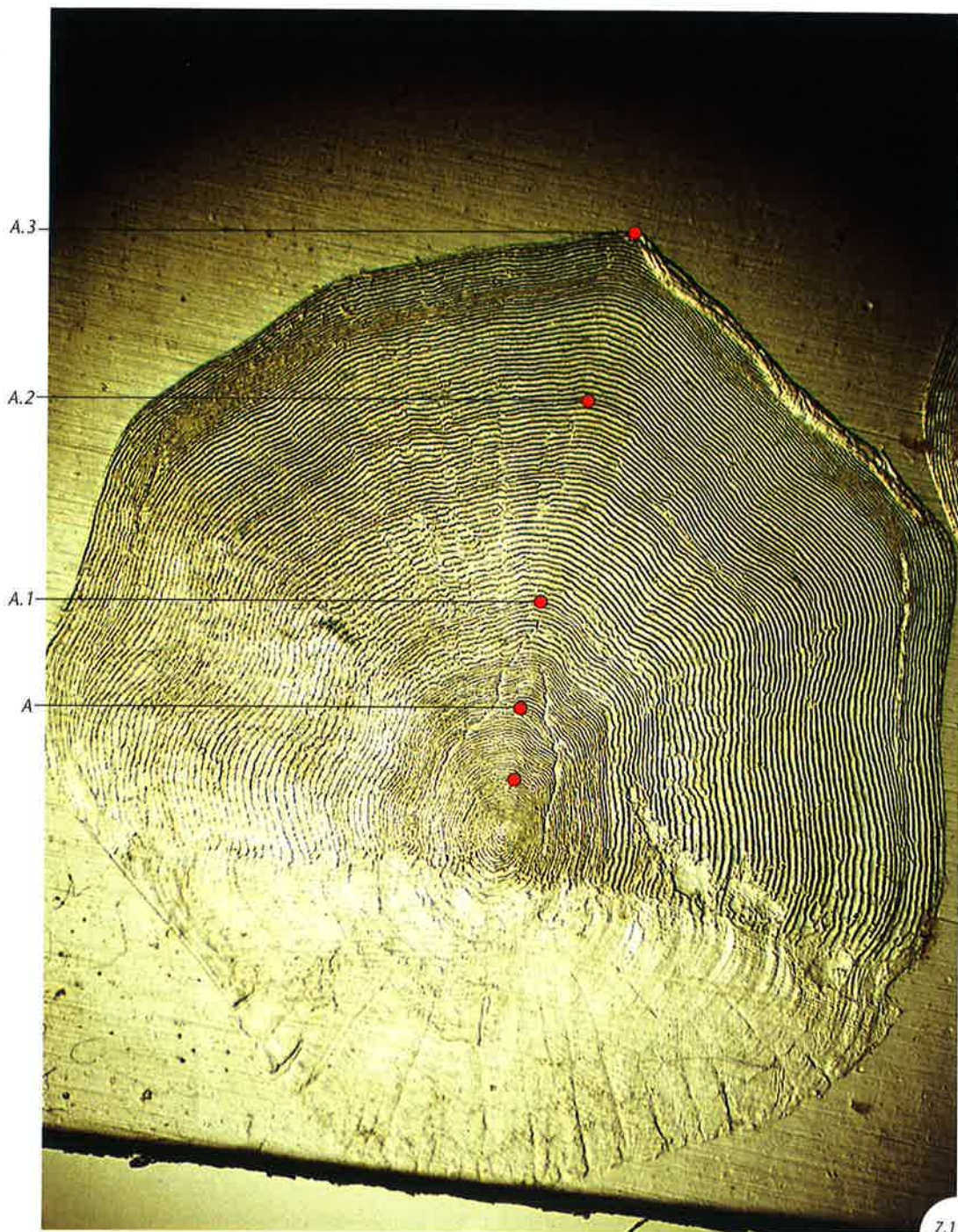
Suomenlahdelle 1-vuotiaana istutetun, elokuussa 1996 pyydetyn lohien suomu (6.1; ikä A.1+, pituus 61 cm, perattu paino 2,4 kg). Sama kala kuin kuvassa 5.3.

Huomaa muutama tiheässä oleva kasvurengas ennen varsinaista merikasvua. Suomenlahdelle 2-vuotiaana istutetun, Nevan kantaa olevan lohien suomu huhtikuussa



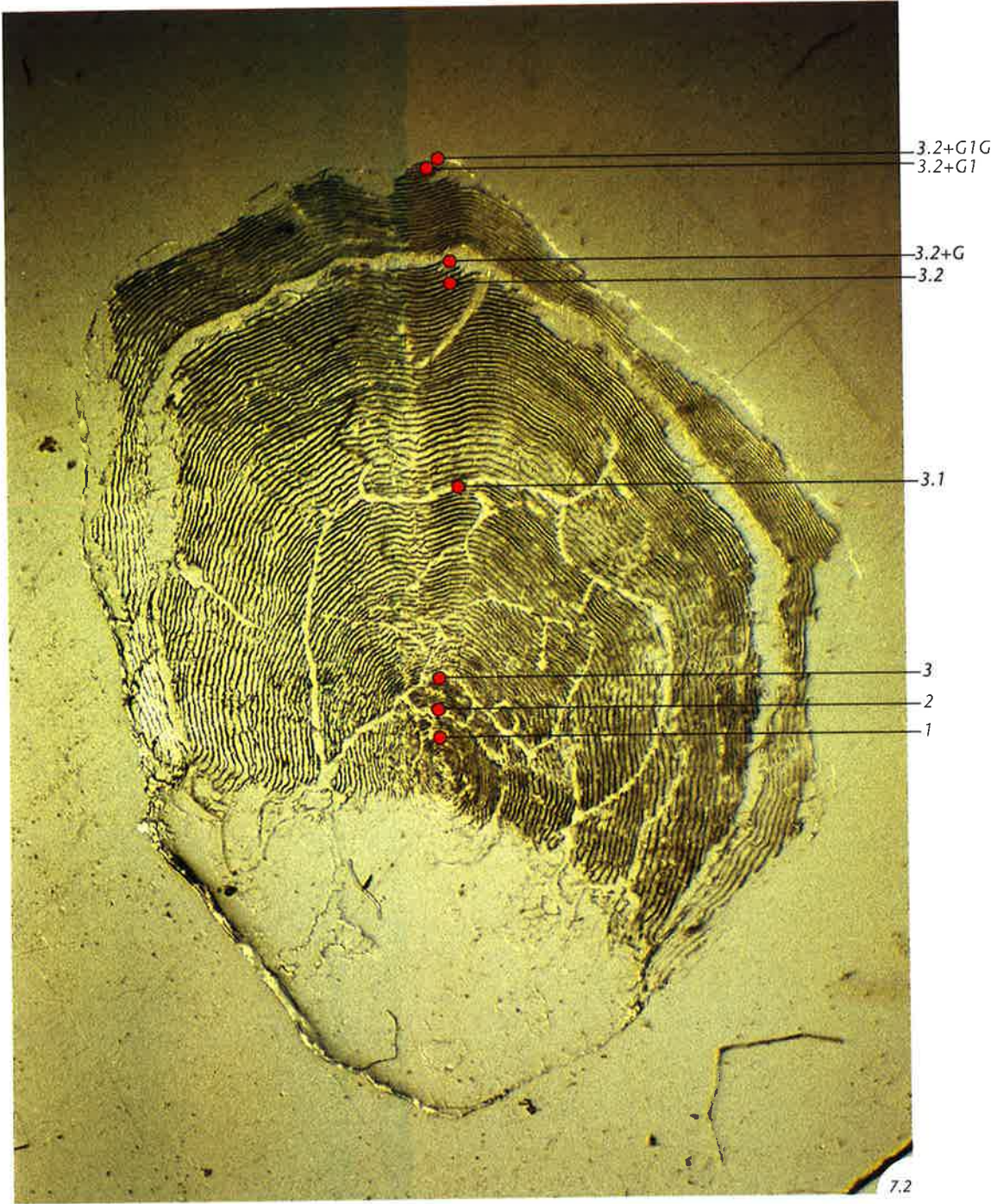


1997 (6.2; ikä A.2; pituus 88 cm; paino 7,5 kg; smolttipituus 23,8 cm). Molemmat merivuodet hyväkasvuisia, uutta kasvua ei juuri näkyvissä.

**Kuvataulu 7.**

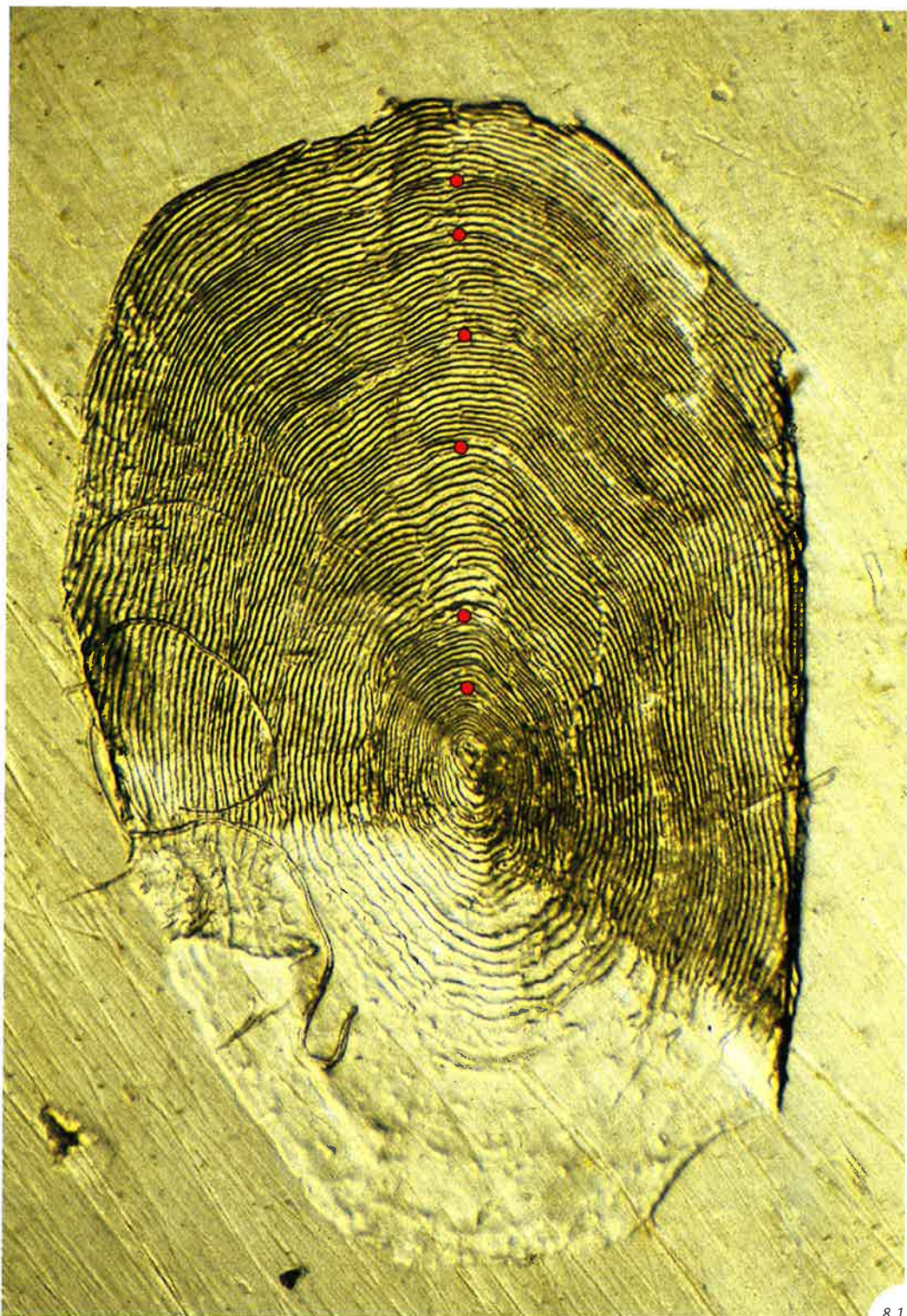
Kesäkuussa 1996 saadun, Perämerelle 2-vuotiaana istutetun lohen suomu (7.1; ikä A.3; paino 13 kg, smolttipituus 20,6 cm). Ensimmäinen merivuosi hidaskasvuinen,

toinen merivuosi vaikea paikantaa. Himangalta alkukesällä 1999 pyydetyn ns. laskulohen eli talvikon suomu (7.2; pituus 111 cm, paino 8,3 kg).

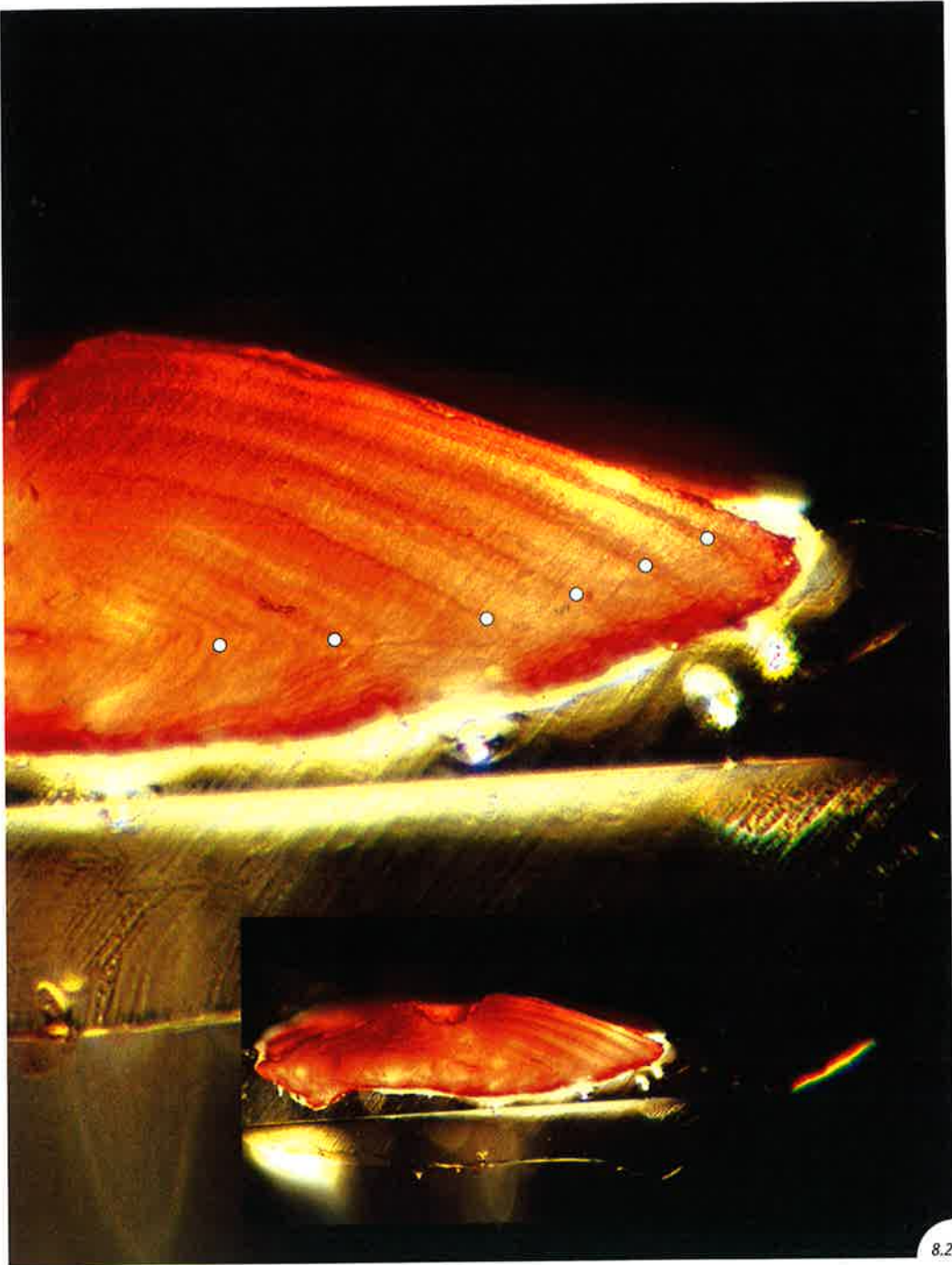


Kala oli ollut kolme vuotta joessa, kaksi vuotta meressä, noussut jokeen kutemaan, ollut seuraavan vuoden meressä, minkä jälkeen se kutui toistamiseen, laskeutui takaisin

mereen ja tuli pyydetyksi kutua seuraavana kesänä. Uutta kasvua ei vielä näy. Ikä merkitään 3.2+G1G (yhteensä 8 vuotta). Talvikoiille tyypillisesti kala oli laiha.



8.1

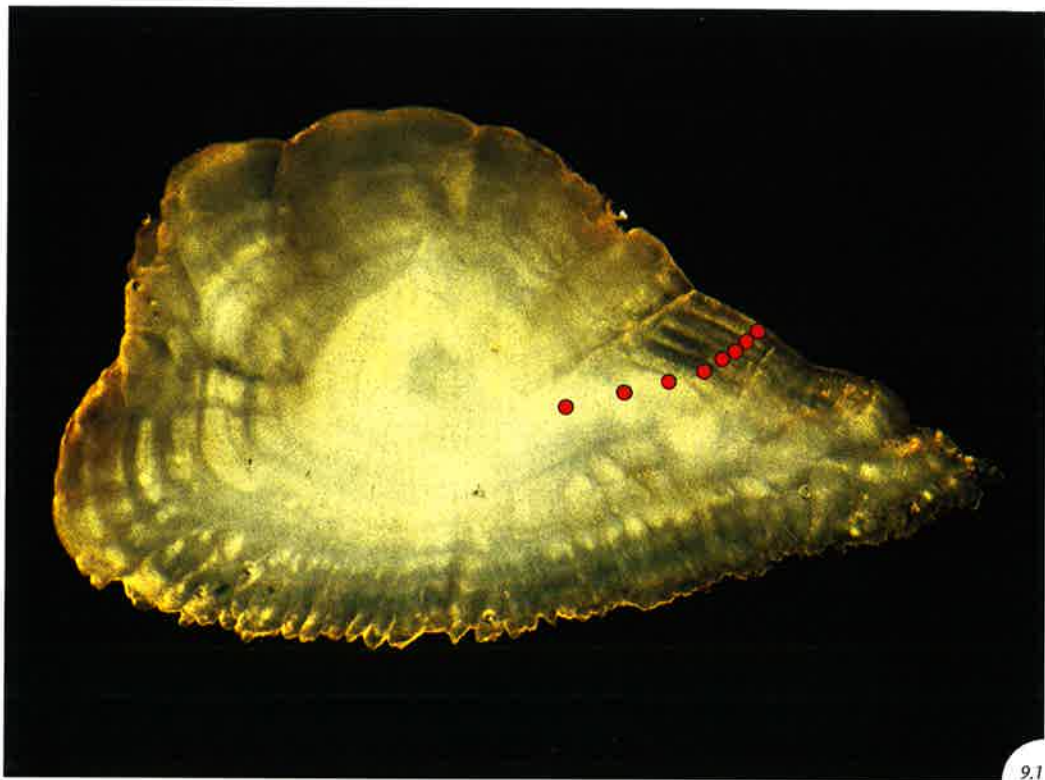


8.2

**Kuvataulu 8.**

Inarijärvestä lokakuussa 1991 saatu taimen (tunnettu ikä 3.3+, yhteenlaskettuna 6+ (kuonumerkki), pituus 60 cm, paino 2500 g) vietti ensimmäisen kesänsä kalan-

viljelylaitoksella, toisen ja kolmannen kesänsä luonnonravintolammikossa ja loput vuodet järvessä. Suomi (8.1) ja otoliitti (8.2).



9.1

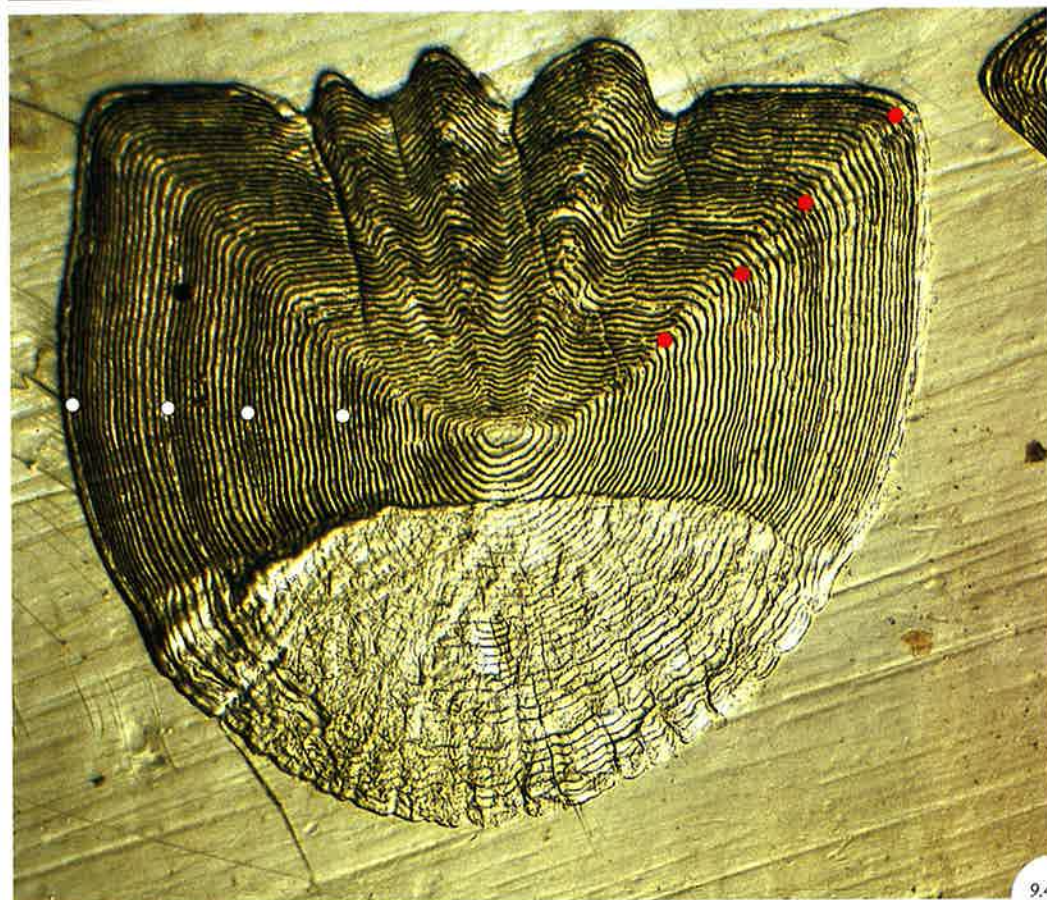
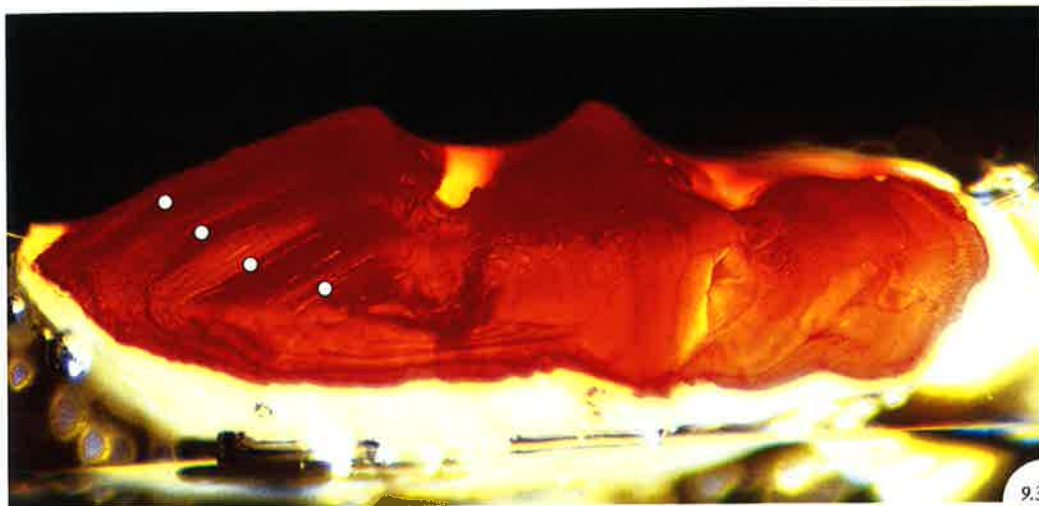


9.2

**Kuvataulu 9.**

Heinäkuussa 1999 pyydetyn nieriänaaraan (ikäarvio 8+; pituus 46,5 cm; paino 1096 g) kokonainen otoliitti (9.1)

ja otoliitin poikkileikkauspinta neutraalipunalla värjättyinä (9.2). Inarijärvestä syyskuussa 1994 saadun



harmaanieriän (tunnettu ikä 4+ {kuonumerkki}, pituus 42 cm, paino 590 g) neutraalipunavärjätty otoliitin poikkileikkauspinta (9.3). Kesäkuussa 1998 saadun

harjuksen (ikäarvio 4+ {tai 5+}; pituus 32,9 cm; paino 337 g) suomu (9.4).

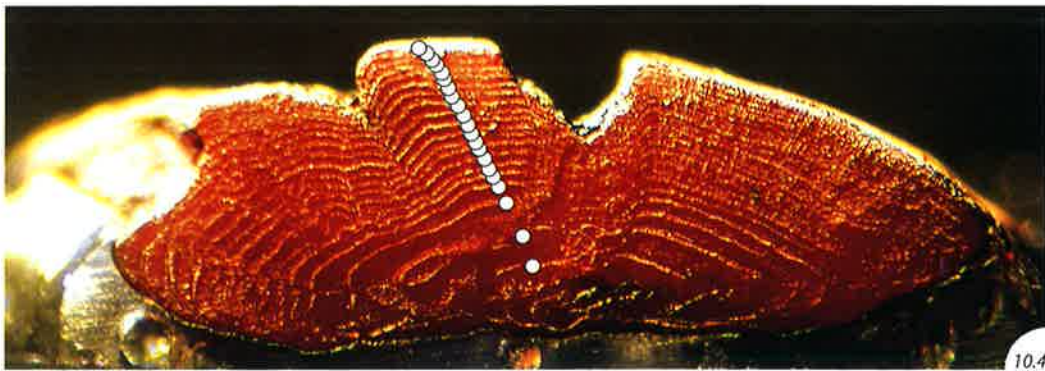
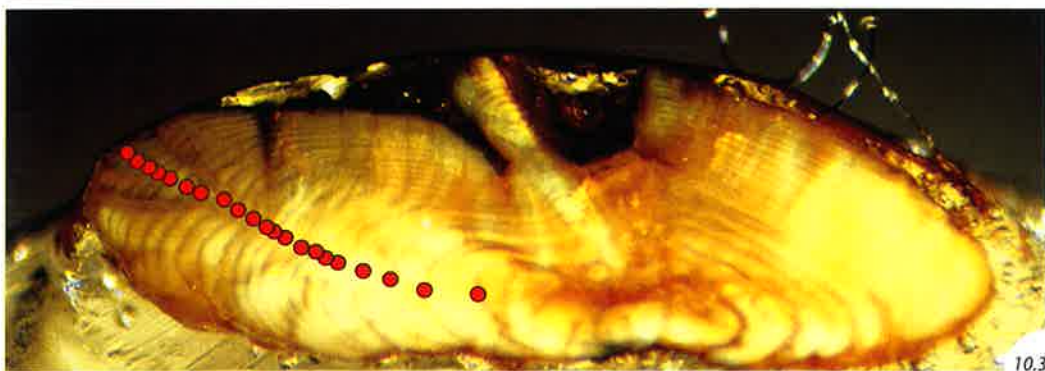
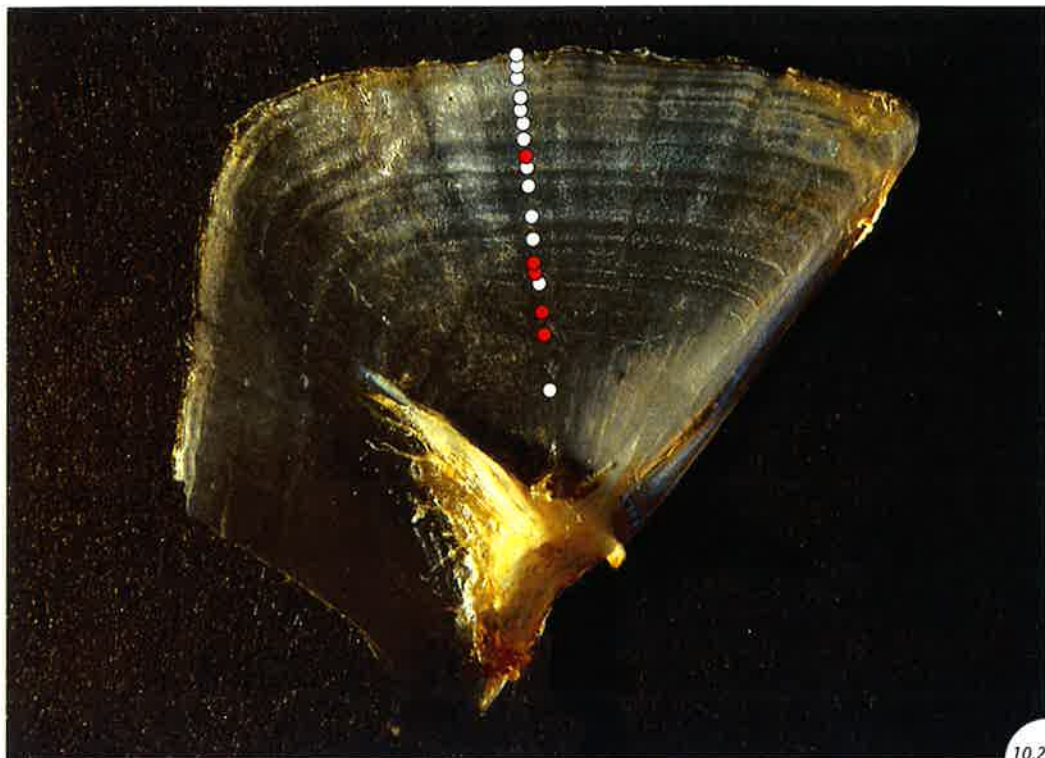


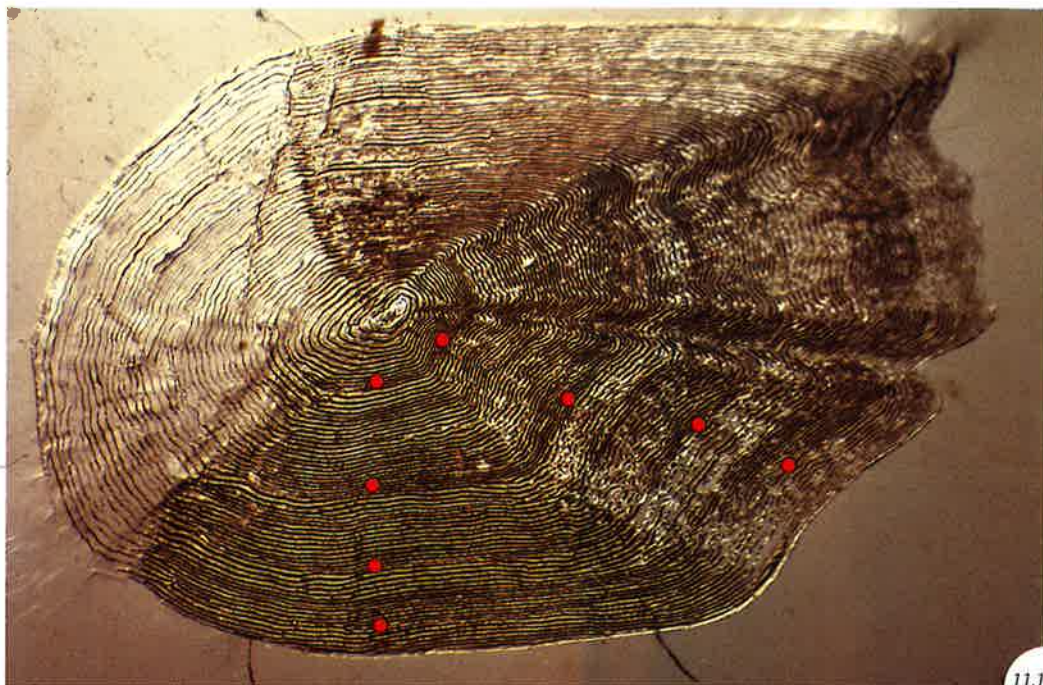
10.1

**Kuvataulu 10.**

Muddusjärven räpyksen (hidaskasvuinen siikamuoto; pyydetty 24.6.1998; koiras; ikäarvio 21+; pituus 29,3 cm; paino 219 g) vatsasuomu, jossa näkyvissä n. 11 vuosirengasta (10.1), operculum, jossa näkyvissä noin 13 vuosirengasta (10.2, epävarmat vuodet merkitty punaisella), paahdetun otoliitin poikkileikkaus (10.3) sekä neutraalipunavärjätty otoliitin poikkileikkauspinta (10.4). Valo on suunnattu värjätyle poikkileikkauspinnalle niin, että hapon syövyttävä vaikutus otoliittiin näkyy kuvassa.







11.1



11.2

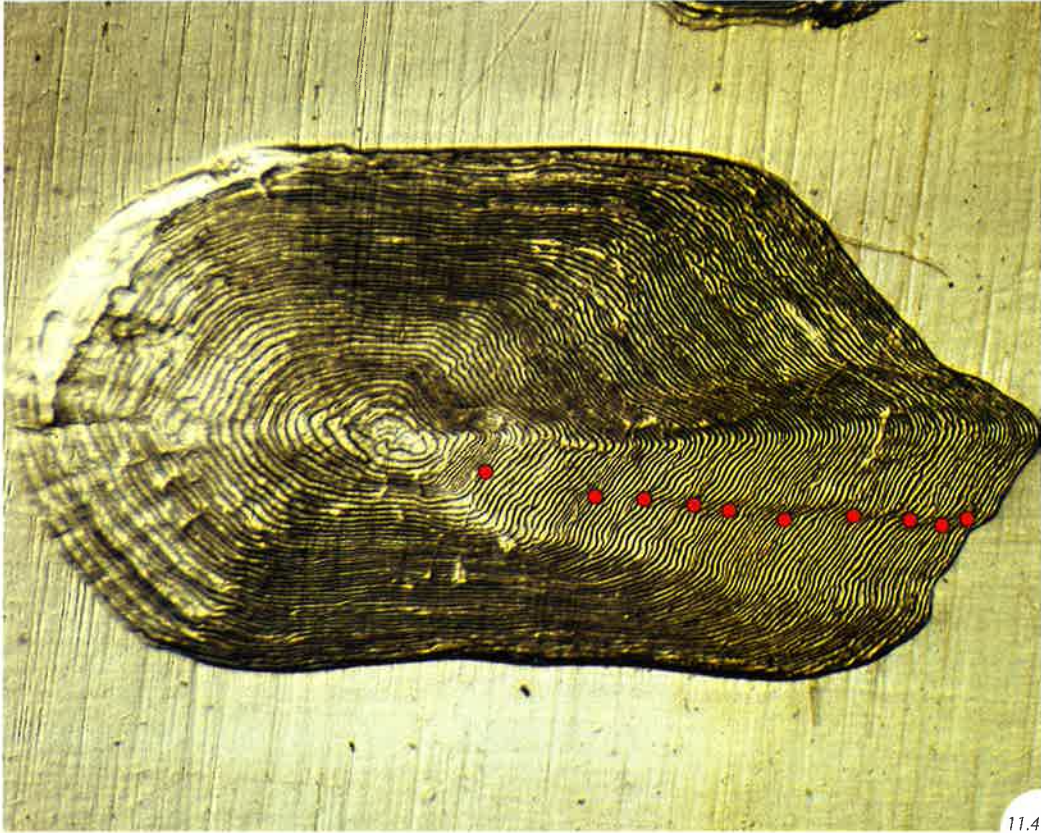


11.3

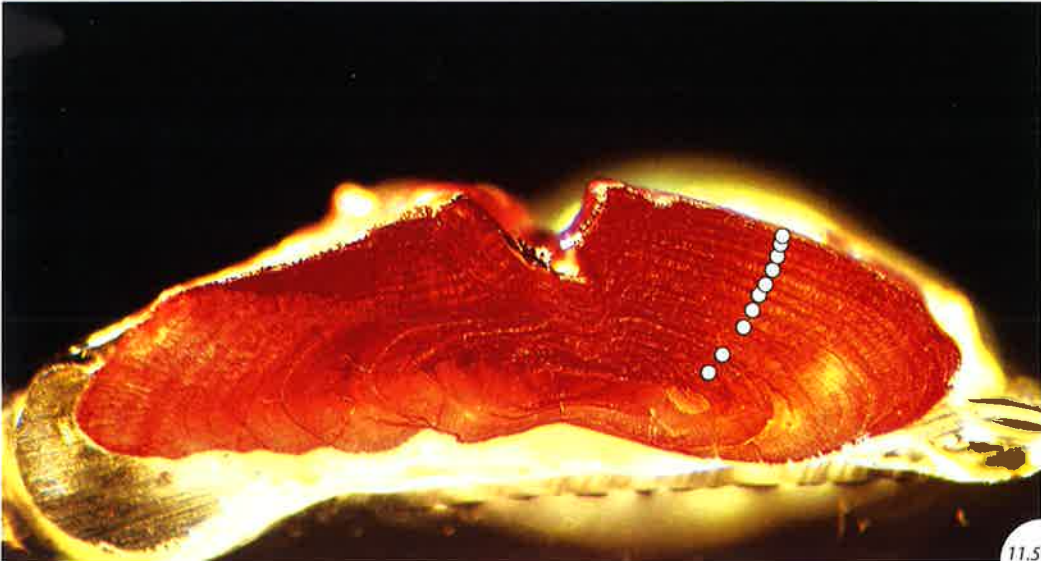
**Kuvataulu 11.**

Suomenlahdelta Vantaanjoen edustalta syksyllä 1996 saadun vaellussiian (tunnettu ikä 4+ {polttomerkki};

pituus 42,3 cm; paino 570 g) suomu (11.1), operculum (11.2) ja paahdetun otoliitin poikkileikkaukspinta (11.3). Otoliitin paahтамisen yhteydessä viimei-



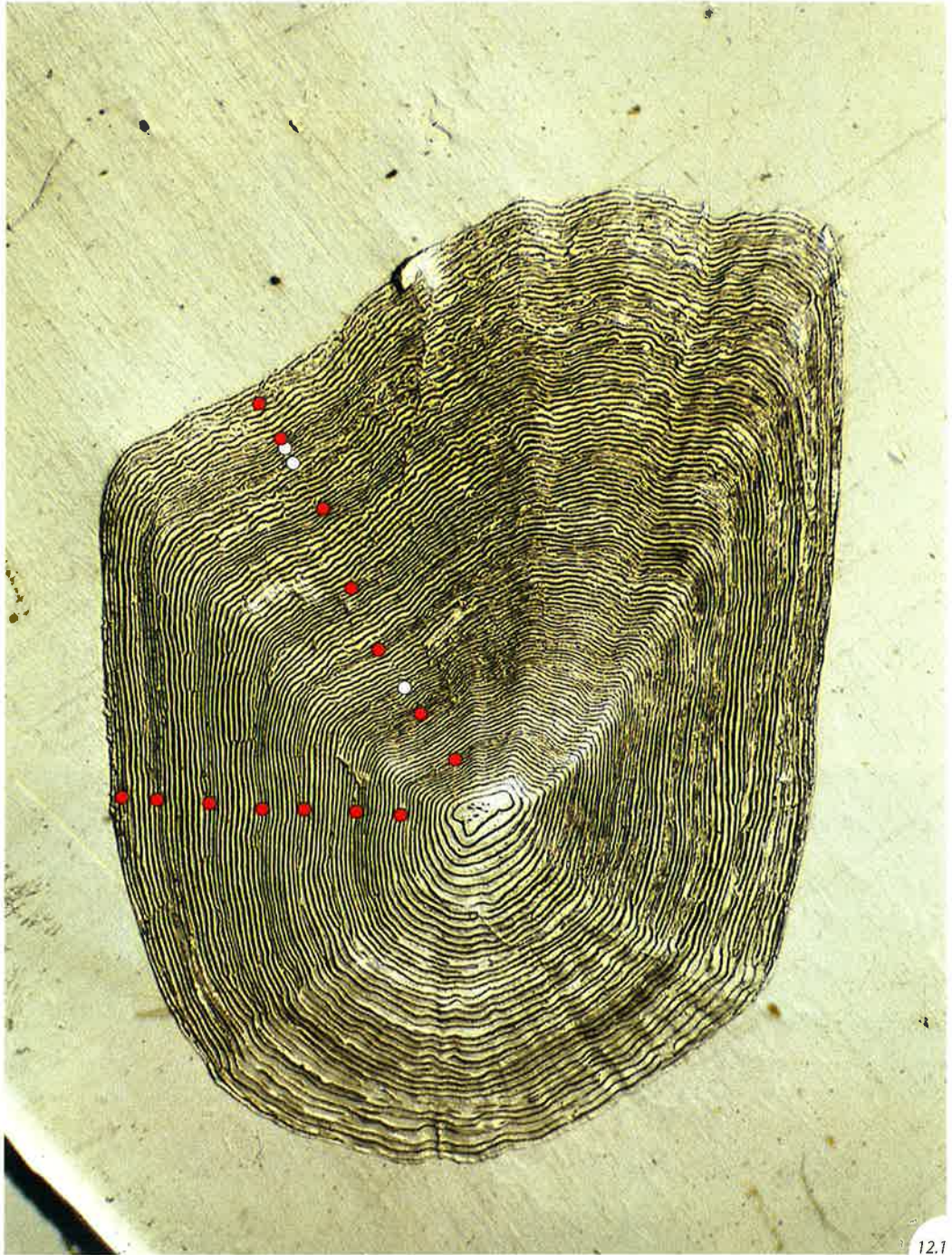
11.4



11.5

nen rengas saattaa jäädä heikosti näkyväksi (11.3). Vuokalanjärvestä 20.10.1997 saatu siika (tunnettu ikä 10+ [kuonumerkki], naaras; pituus 28,3 cm;

paino 169 g). Vertaile vuosirenkaiden havaittavuutta vatsasuomussa (11.4) ja otoliitin neutraalipunavärijätyllä poikkileikkauksipinnalla (11.5).



12.1

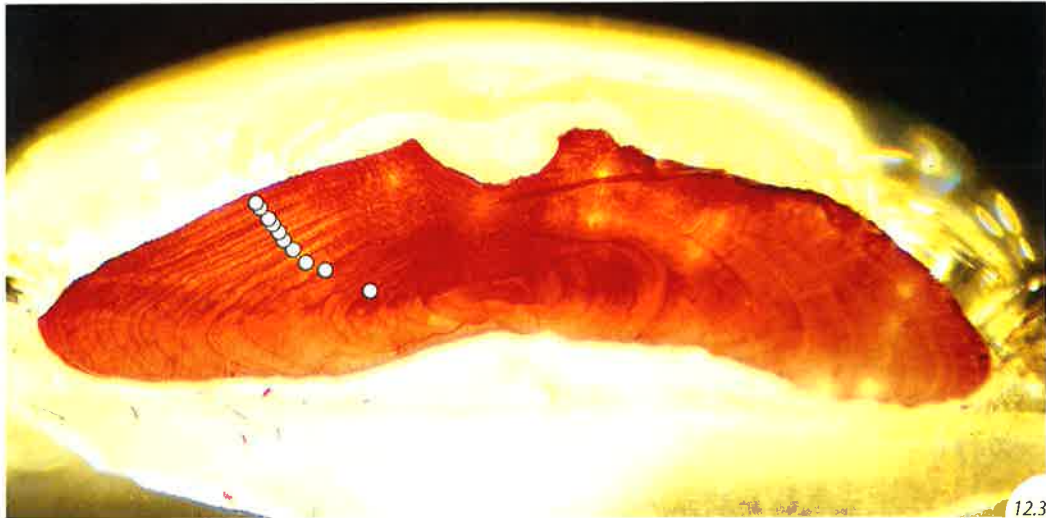
**Kuvataulu 12.**

Vuokalanjärvestä 27.8.1997 saatu siika (tunnettu ikä 10+ {kuonumerkki}; pituus 36,9 cm; paino 390 g). Vertaile vuosirenkaiden havaittavuutta suomussa (12.1),

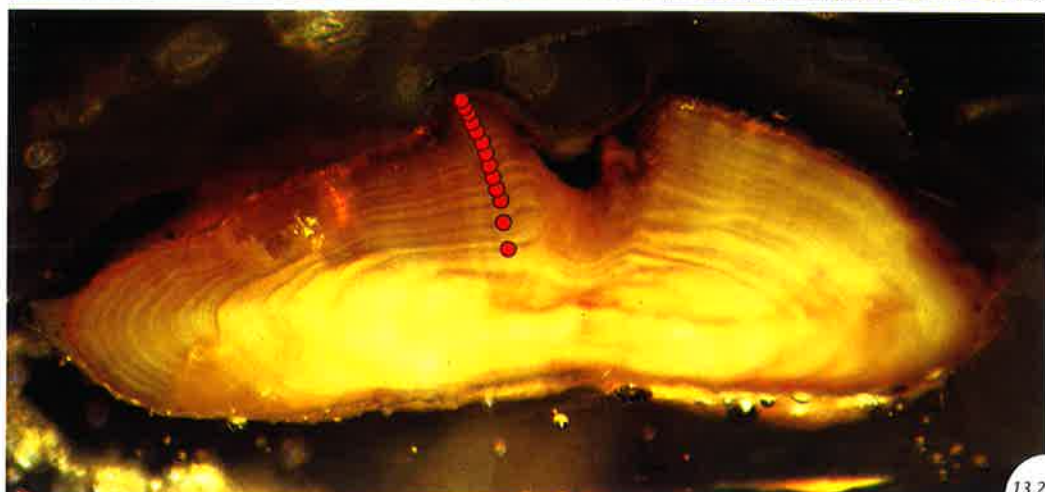
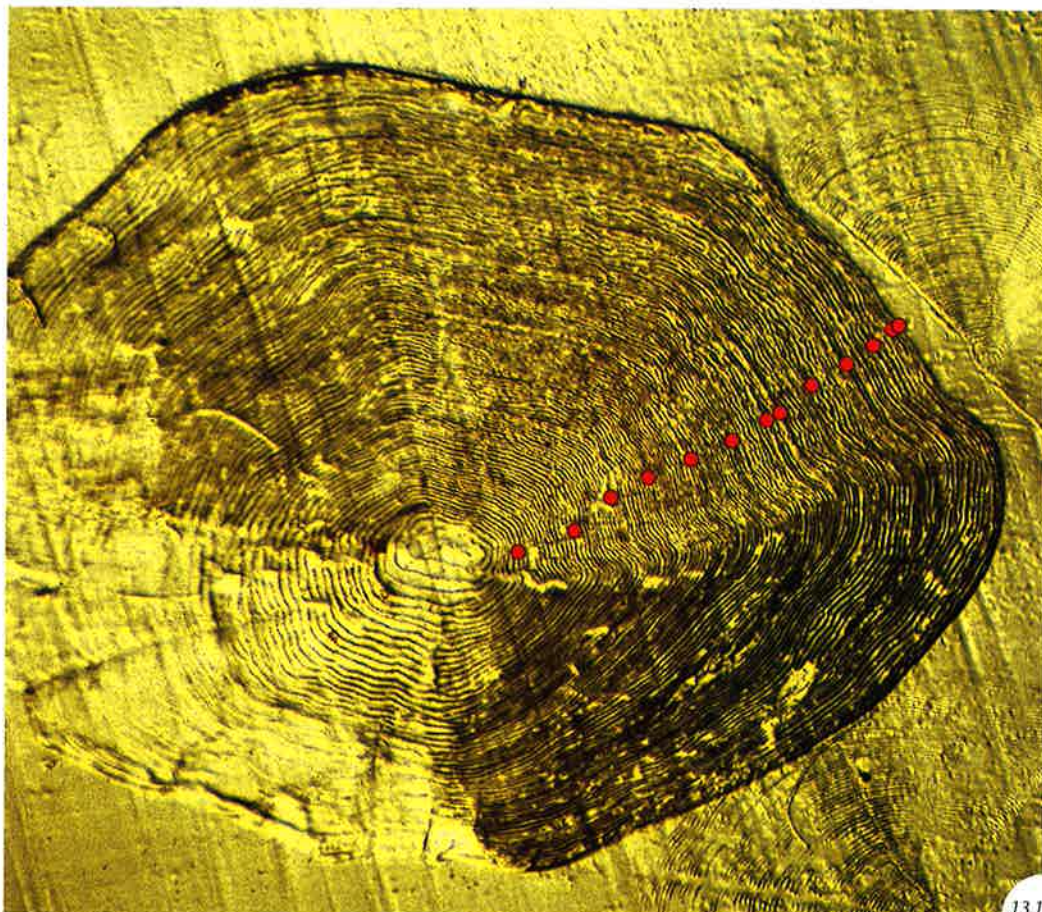
operculumissa (12.2) ja otoliitin neutraalipunavärytyllä poikkileikkauspinnalla (12.3). Epävarmat vuosirenkaat merkitty suomussa ja operculumissa valkoisin ympyröin.



12.2



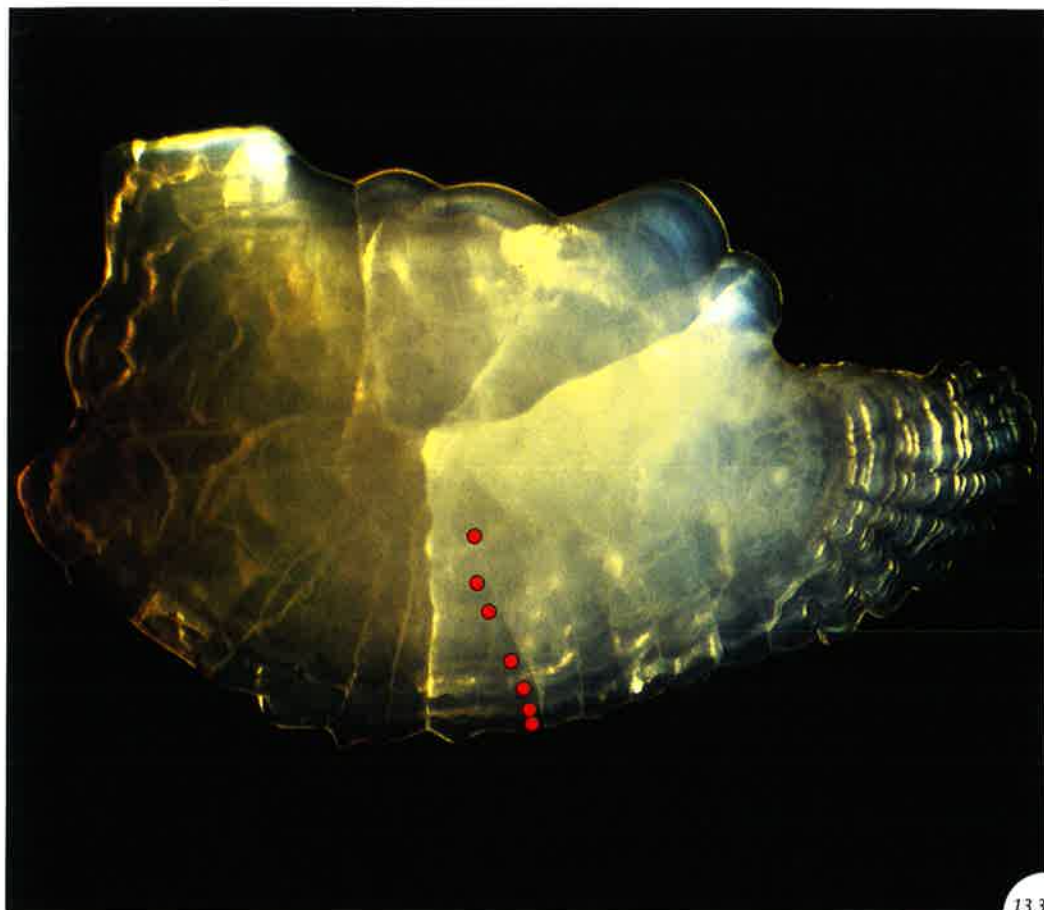
12.3



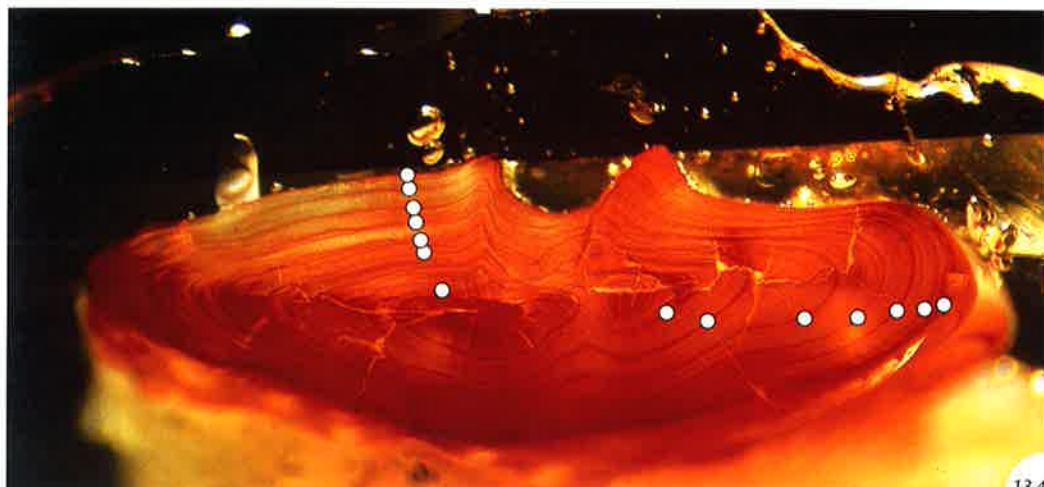
**Kuvataulu 13.**

Suomenlahdesta (Espoonlahti) maaliskuussa 2000 saadun suurikokoisen muikun (ikäarvio 13; pituus 29,3 cm;

paino 170 g) somu (13.1) ja paahdetun otoliitin poikkileikkauksipinta (13.2). Espoonlahdelta helmikuussa 2000 saadun kuoreen (ikäarvio 7; pituus 27,5 cm;



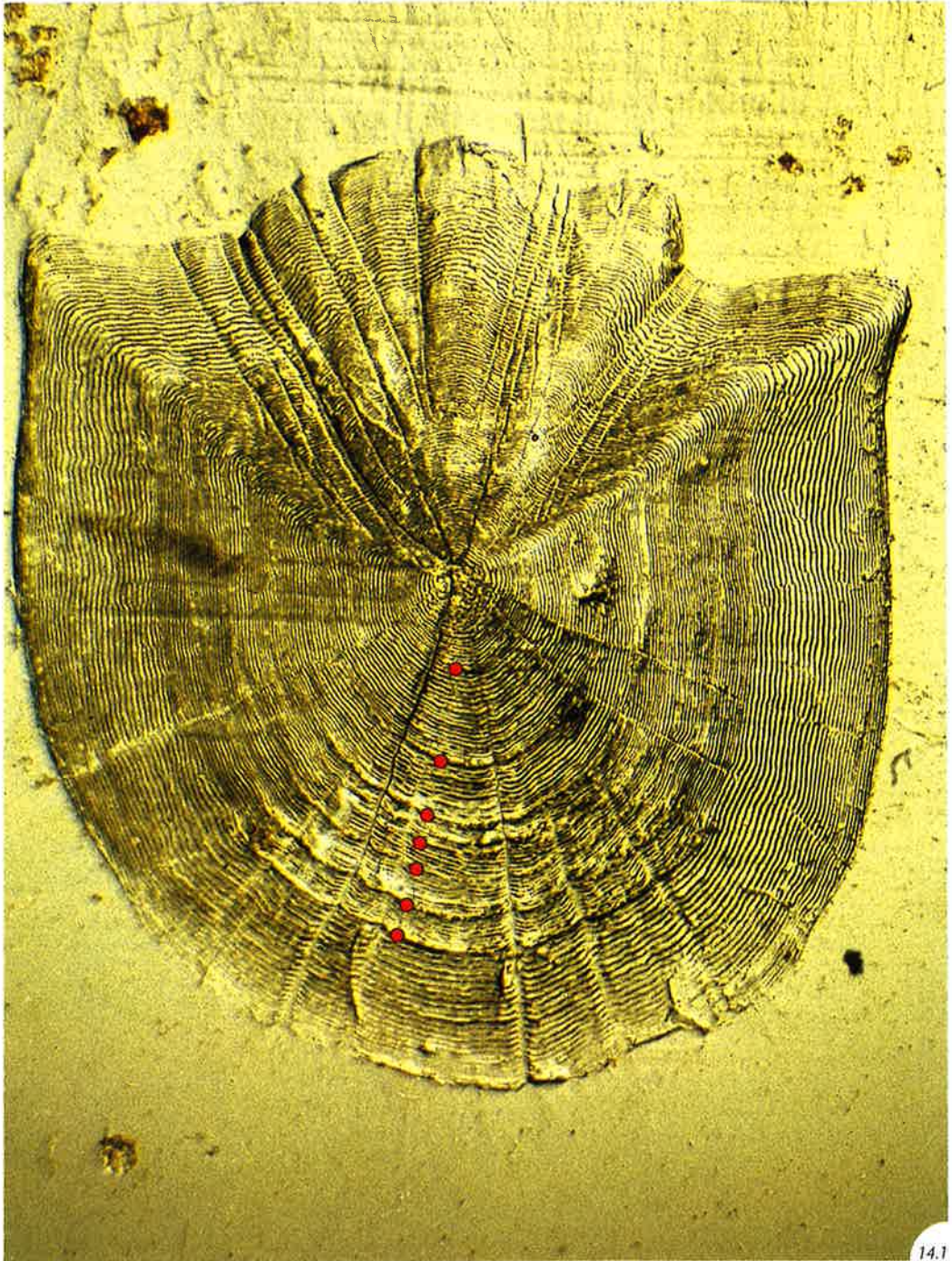
13.3



13.4

paino 155 g) kokonainen otoliitti (13.3) ja otoliitin neutraalipunavärjätty poikkileikkauspinta (13.4) Poikkileikkauspinta ei ole aivan nukleuksen kohdalla,

minkä vuoksi ensimmäisenä kasvukautena muodostuneen otoliitin osan ääriiviivat (= 1 vuosirengas) näkyvät kahtena vierekkäisenä renkaana.



**Kuvataulu 14.**

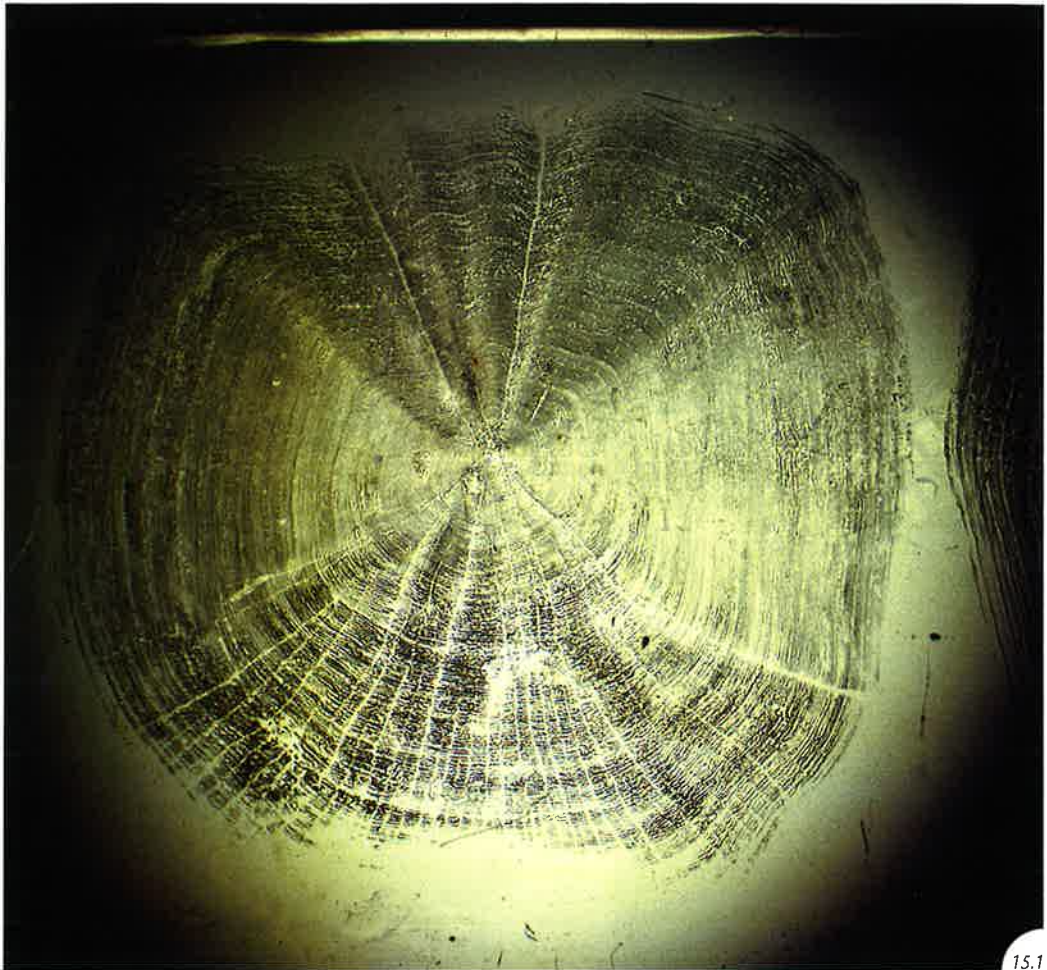
Räyriinginjärvestä syksyllä 1997 saadun särjen (ikäarvio 7+; koiras; pituus 18,1 cm; paino 66 g) suomu (14.1) ja cleithrum (14.2). Viimeinen, erittäin leveä kasvuvyöhyke

on seurausta ravintotilanteen parantumisesta, joka tapahtui tehokalastuksen harvennettua voimakkaasti särkikantaa.

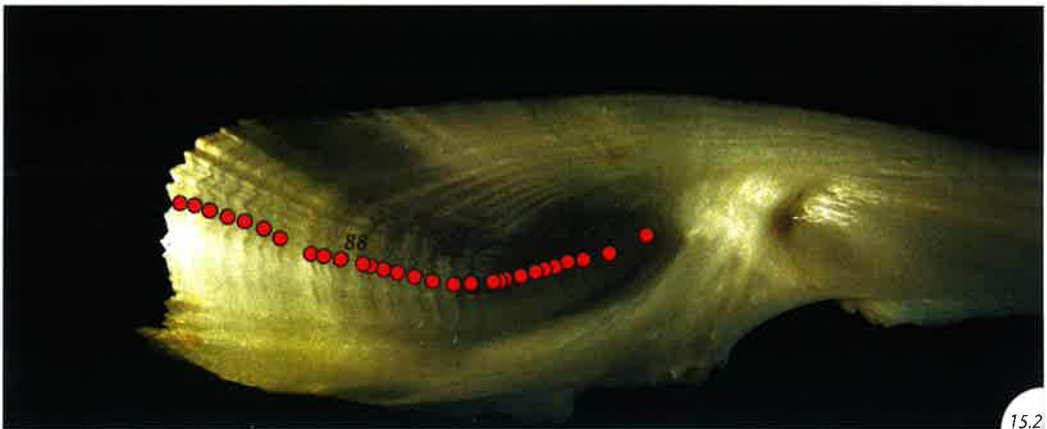




14.2



15.1

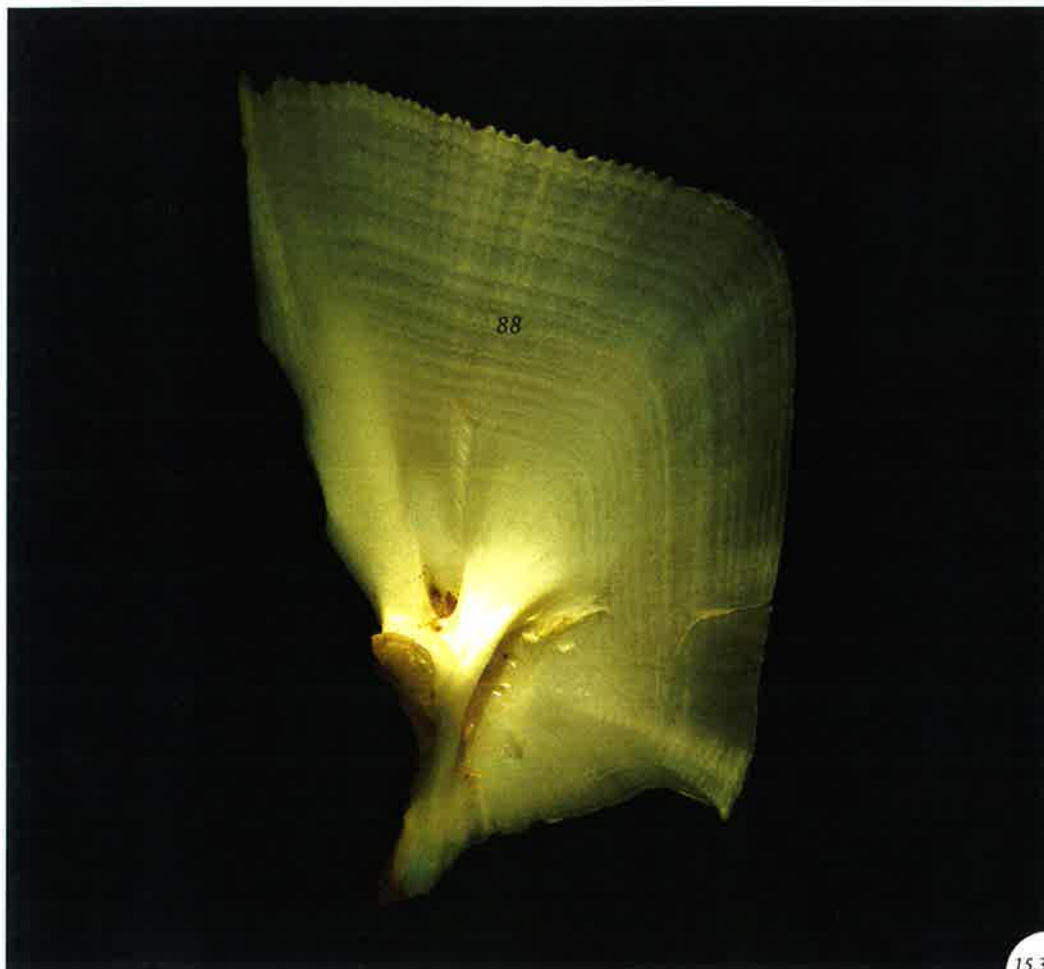


15.2

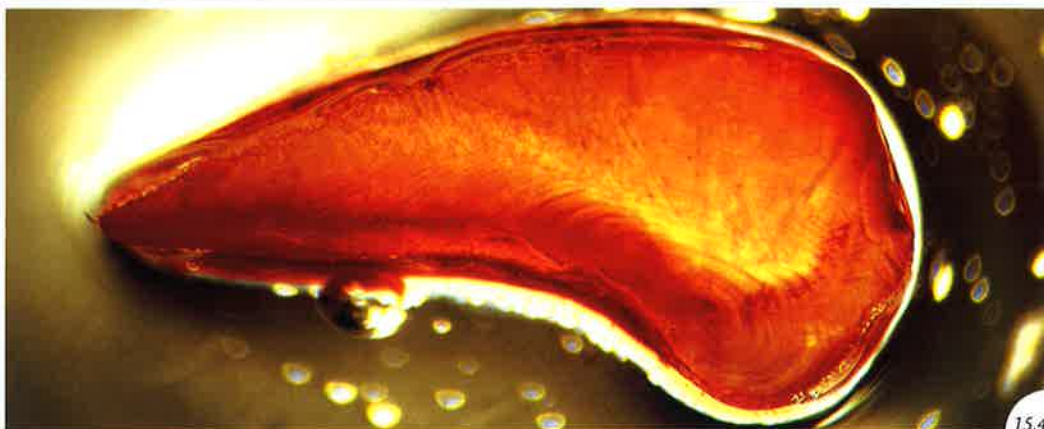
**Kuvataulu 15.**

*Hiidenvedestä syyskuussa 1998 saadun lahnan (ikäarvio 29+; naaras; pituus 53,5 cm; paino 2133 g) suomu*

*(15.1), cleithrum (15.2), operculum (15.3) ja otoliitti (15.4). Lämpötila on eräs kasvuun vaikuttava tekijä.*



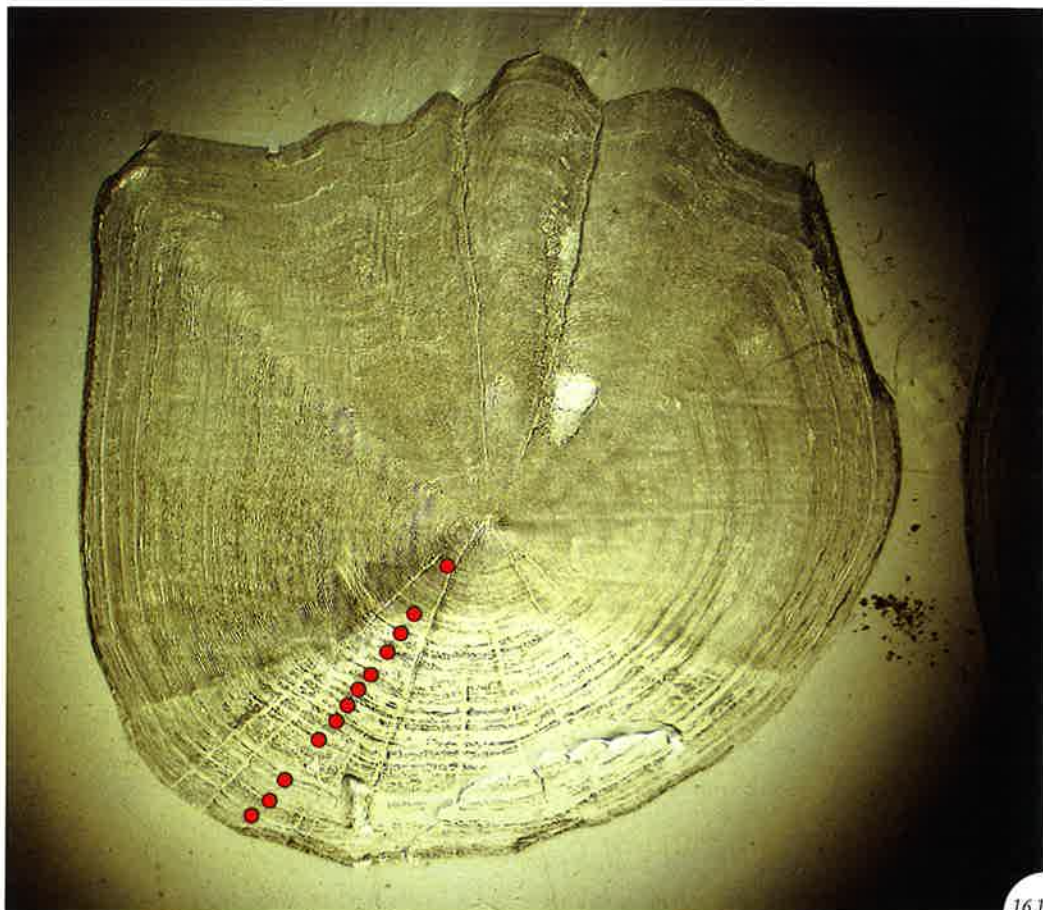
15.3



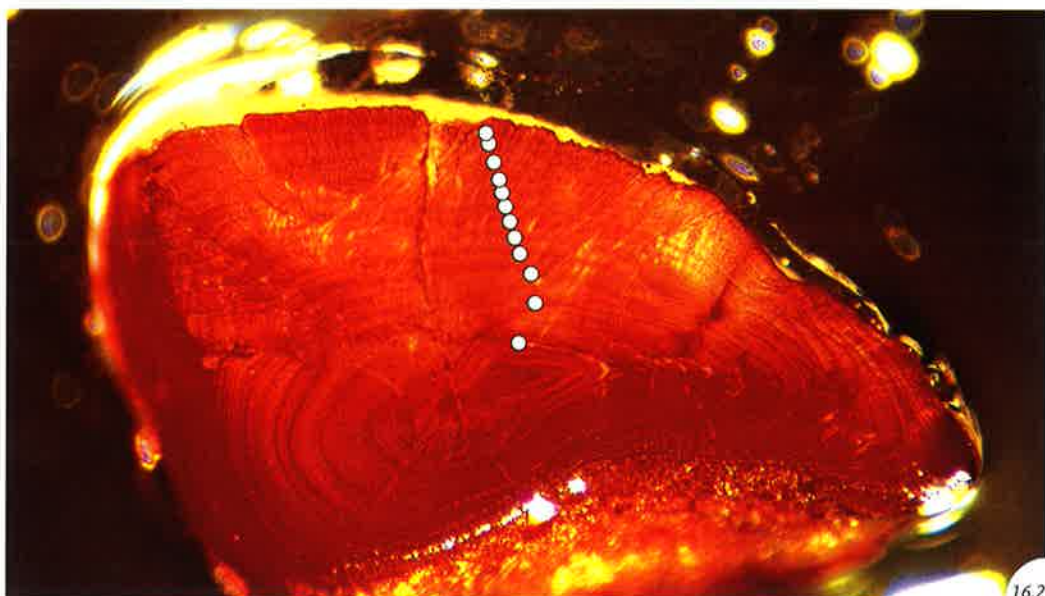
15.4

*Huomaa vuosikasvuvyöhykkeiden leveydet lämpimänä vuosina 1986, 1988 ja 1997 sekä erityisen kylmänä*

*vuonna 1987. Vuoden 1991 leveän vyöhykkeen taustalla lienee jokin muu tekijä kuin lämmin kasvukausi.*



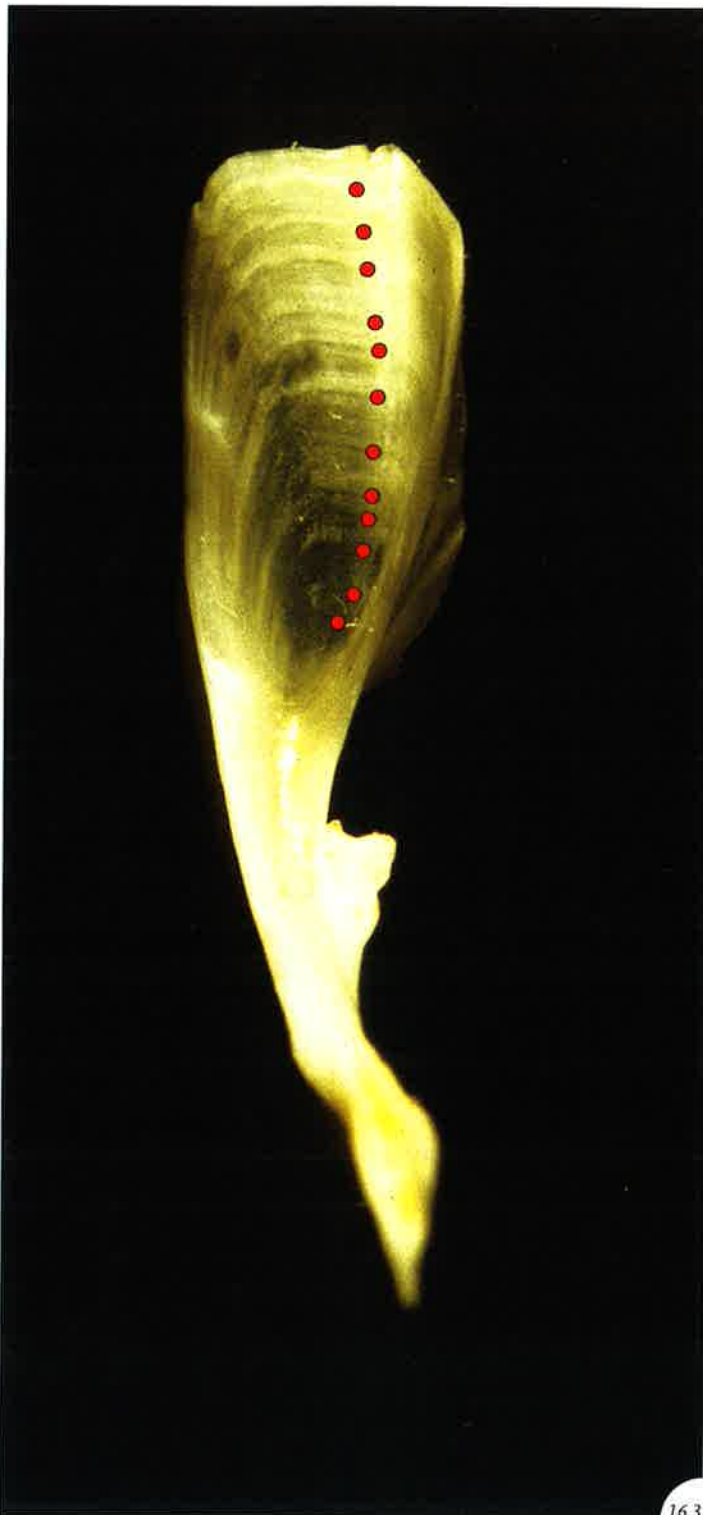
16.1



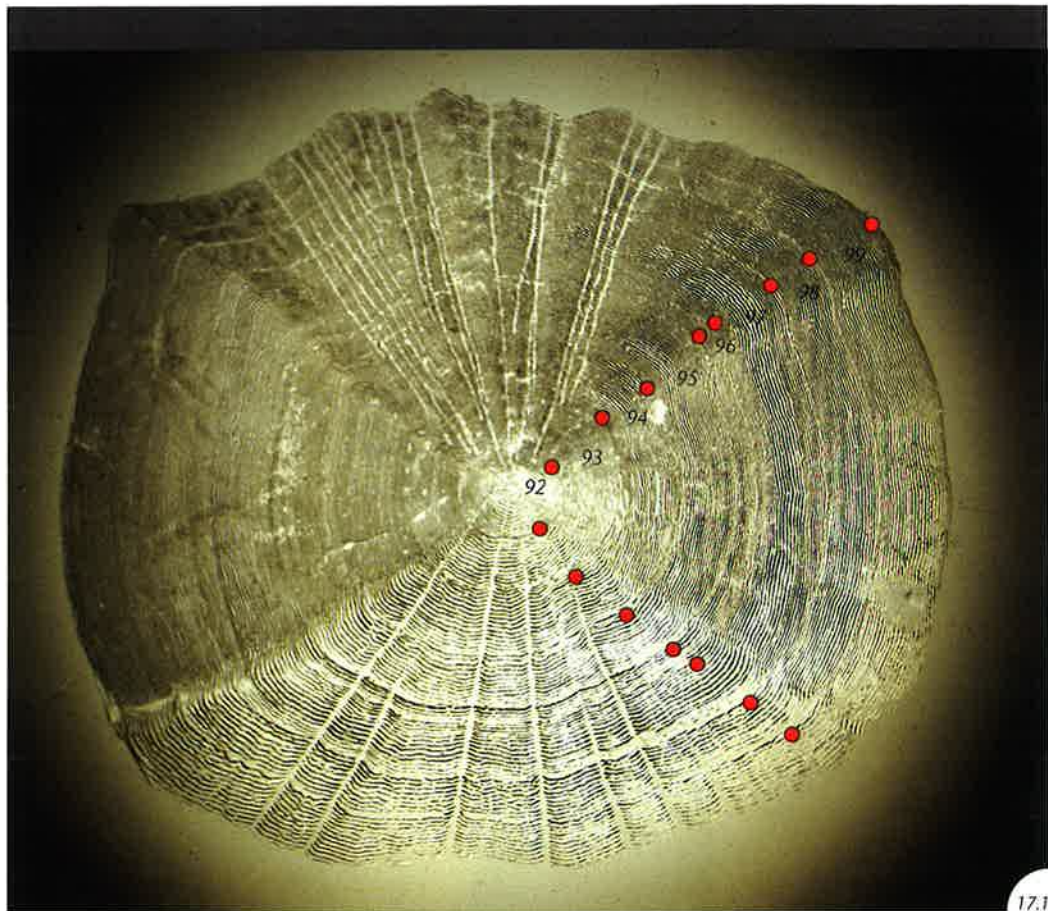
16.2

**Kuvataulu 16.**

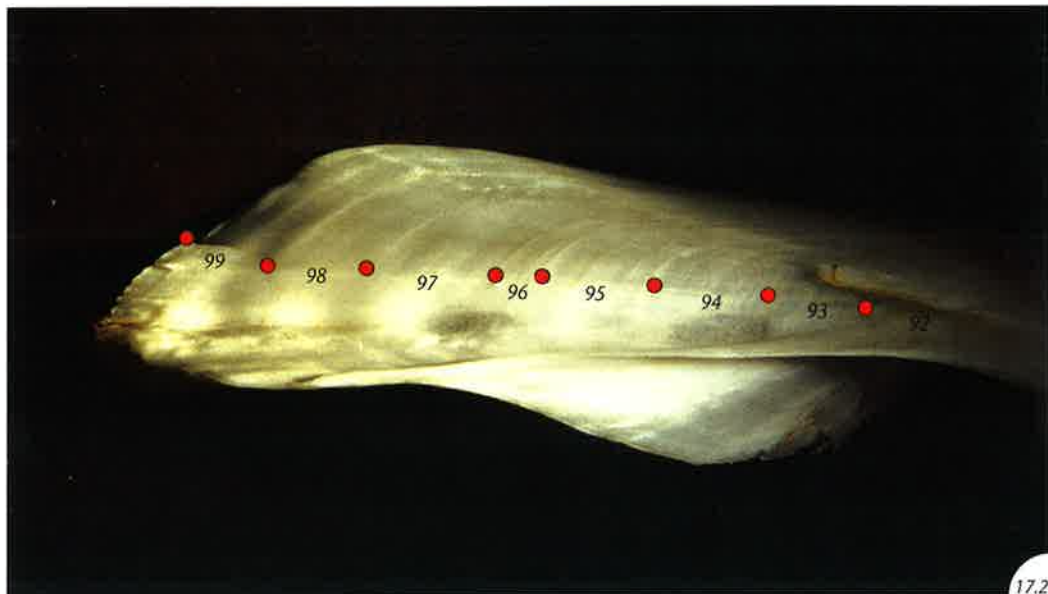
*Hiidenvedeltä syyskuussa 1999  
saadun pasurin (ikäarvio 12+,  
pituus 26 cm, paino 183 g)  
suomu (16.1.), otoliitin neutraali-  
punavärjätty poikkileikkaus (16.2)  
ja cleithrum(16.3).*



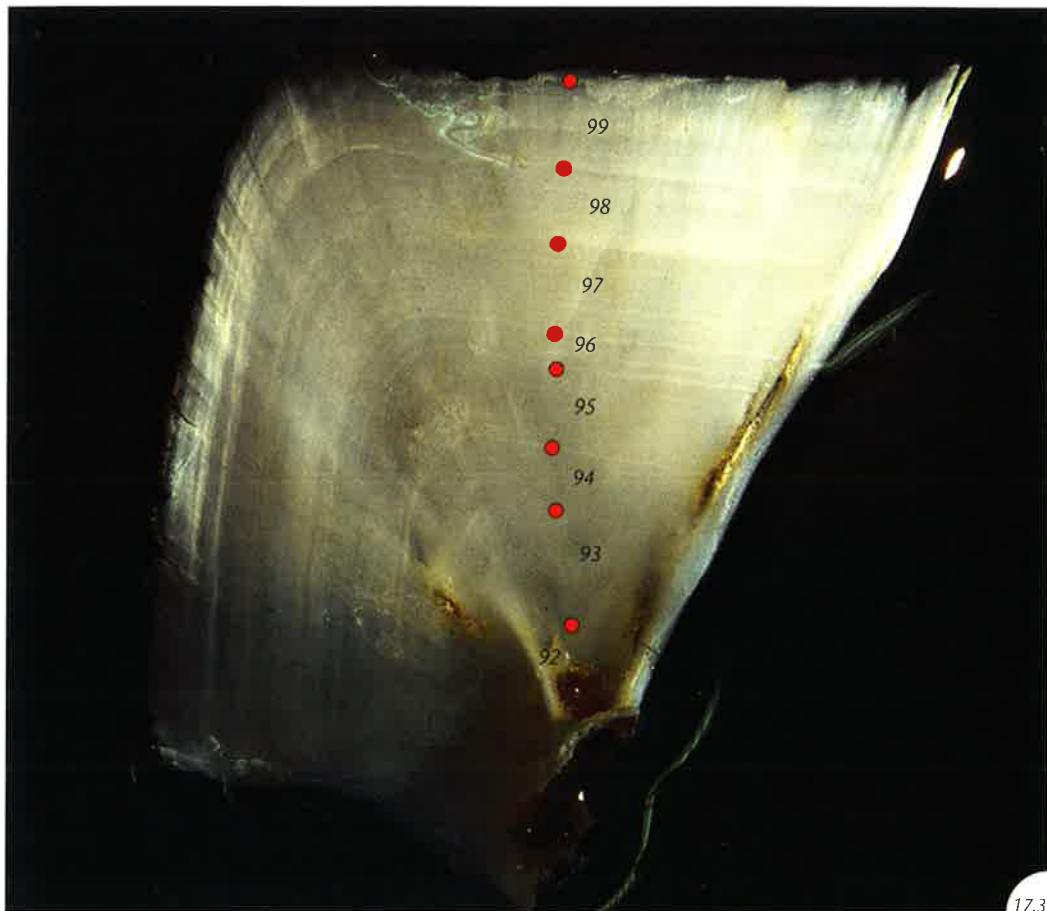
16.3



17.1



17.2



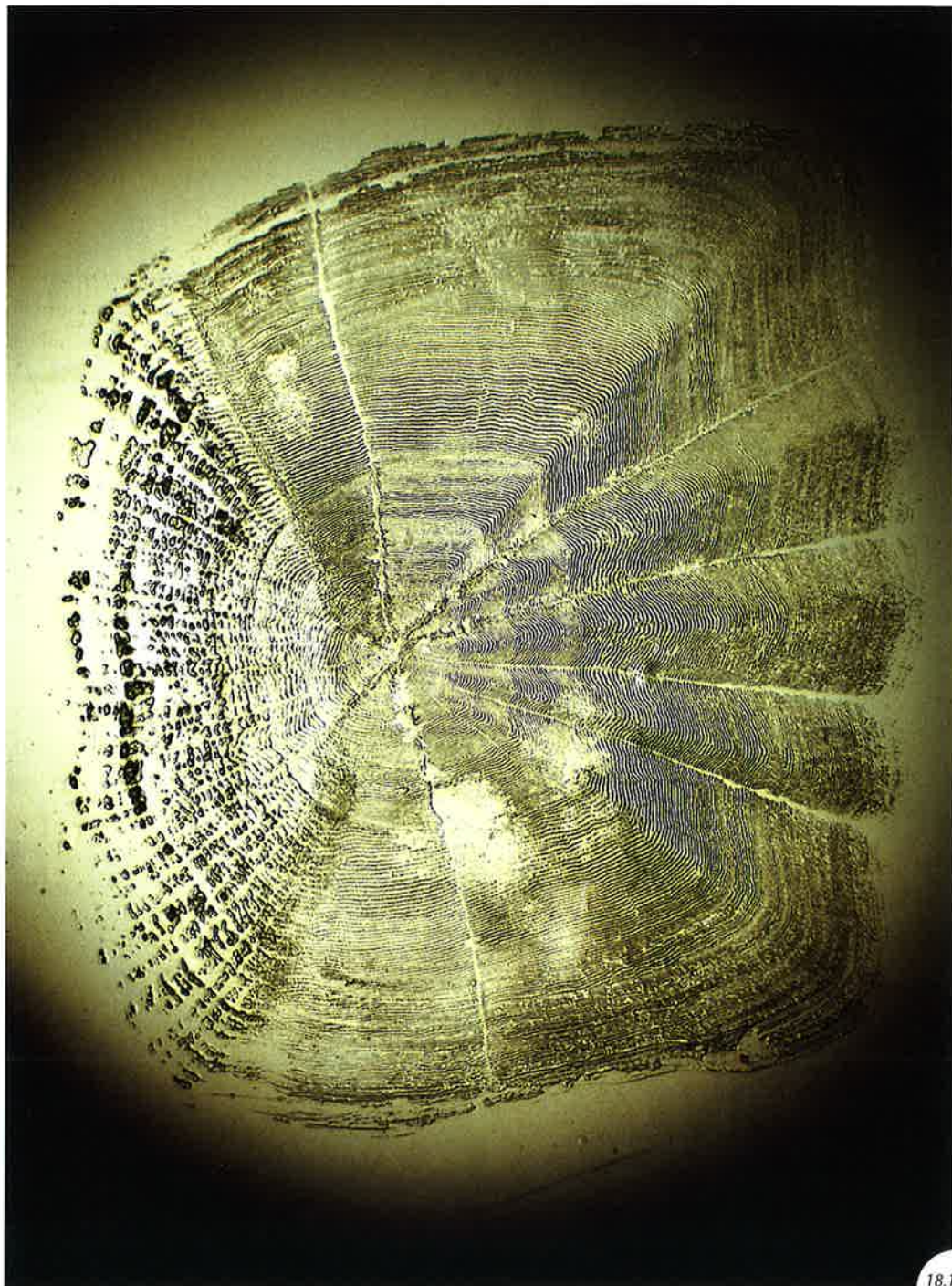
17.3



17.4

**Kuvataulu 17.**

Suomenlahdelta (Tammisaari) tammikuussa 2000 saadun toutaimen (ikäarvio 8; pituus 51,5 cm; paino 1403 g) somu (17.1), cleithrum (17.2), operculum (17.3) ja eväruodon poikkileikkauspinta (17.4).



18.1

**Kuvataulu 18.**

*Gallträskistä (Kauniainen) saadun ruutanan (ikäarvio 31+; pituus 31,3 cm; paino 653 g) suomu (18.1) sekä*

*asteriscus-otoliitti hiottuna ja neutraalipunalla värjättyinä (18.2).*

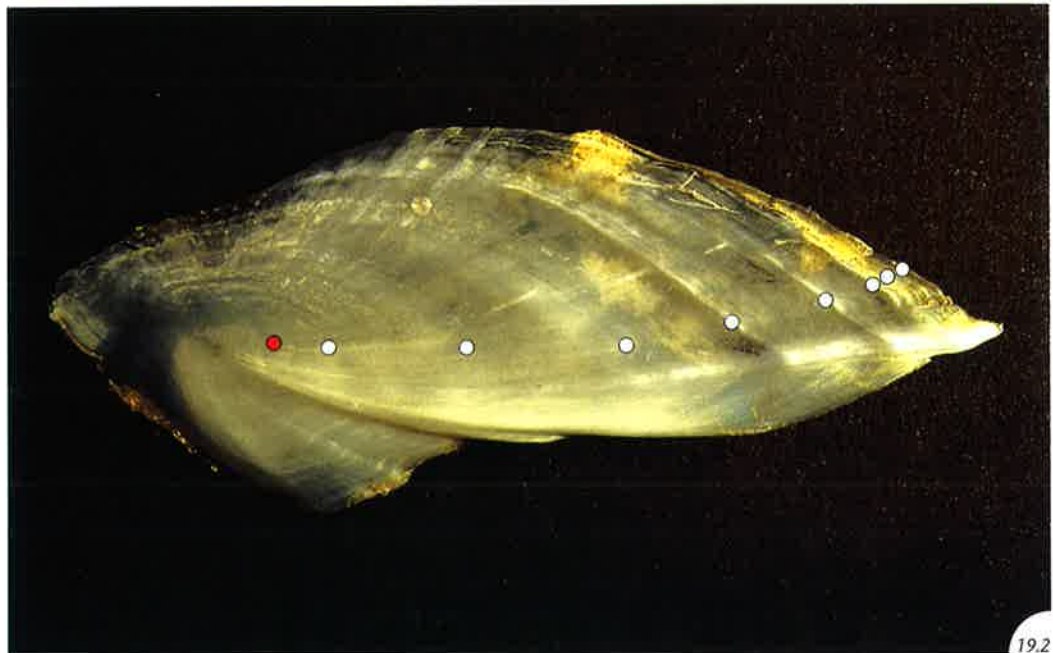




18.2



19.1

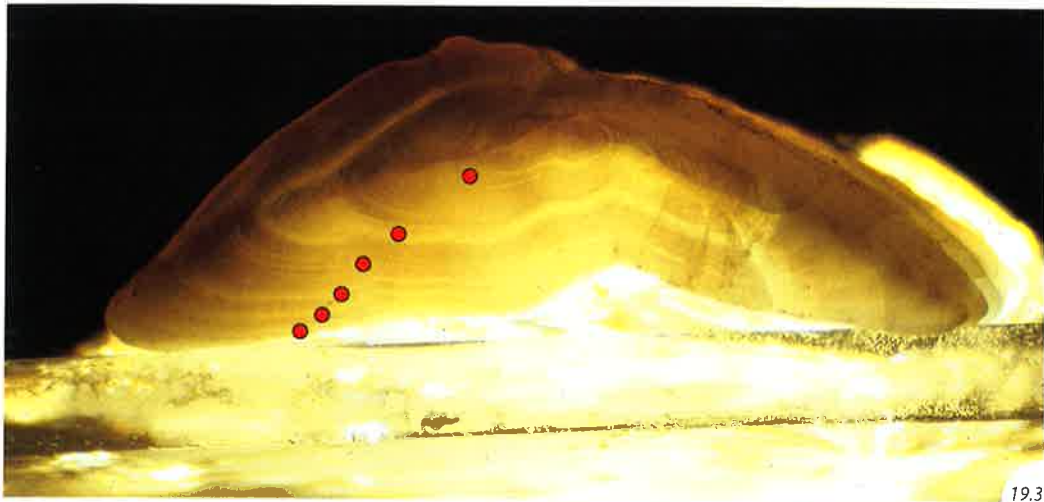


19.2

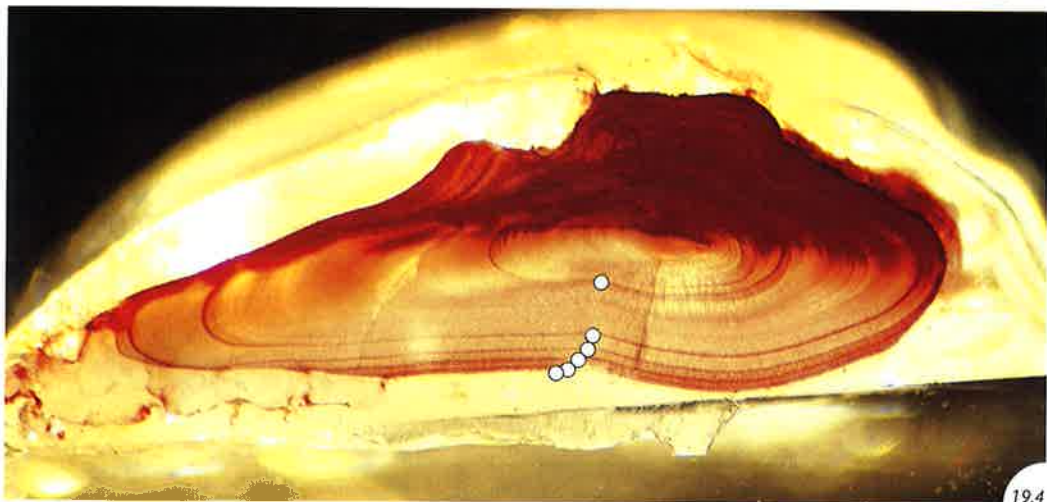
### Kuvataulu 19.

Suomenlahdelta (Porkkala) helmikuussa 1999 saadun mateen (ikäarvio 8+; pituus 78 cm; paino 3,8 kg) neutraalipunalla värjätty otoliitti (19.1) ja suboperculum (19.2). Poikasrenkas merkitty punaisella ympyrällä. Huovarista helmikuussa 1968 saadun turskan (ikäarvio 6;

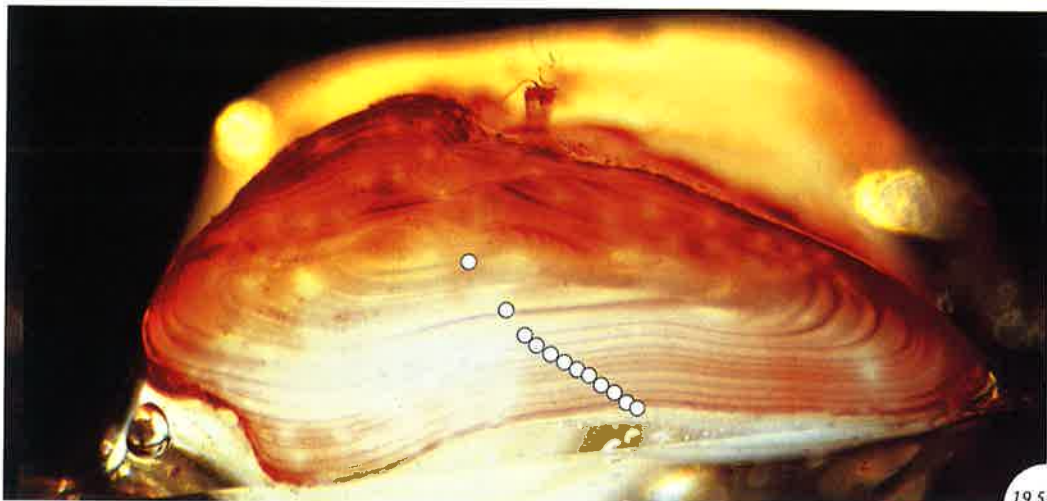
pituus 75 cm; paino 5,2 kg) otoliitin poikkileikkaukspinta (19.3). Suomenlahdesta (Hanko) saatujen härkäsimppujen (19.4: ikäarvio 6; pituus 28,6 cm; paino 296 g ja 19.5: ikäarvio 12, pituus 29 cm, paino 300 g) neutraalipunalla värjätty otoliittien poikkileikkaukspinnat.



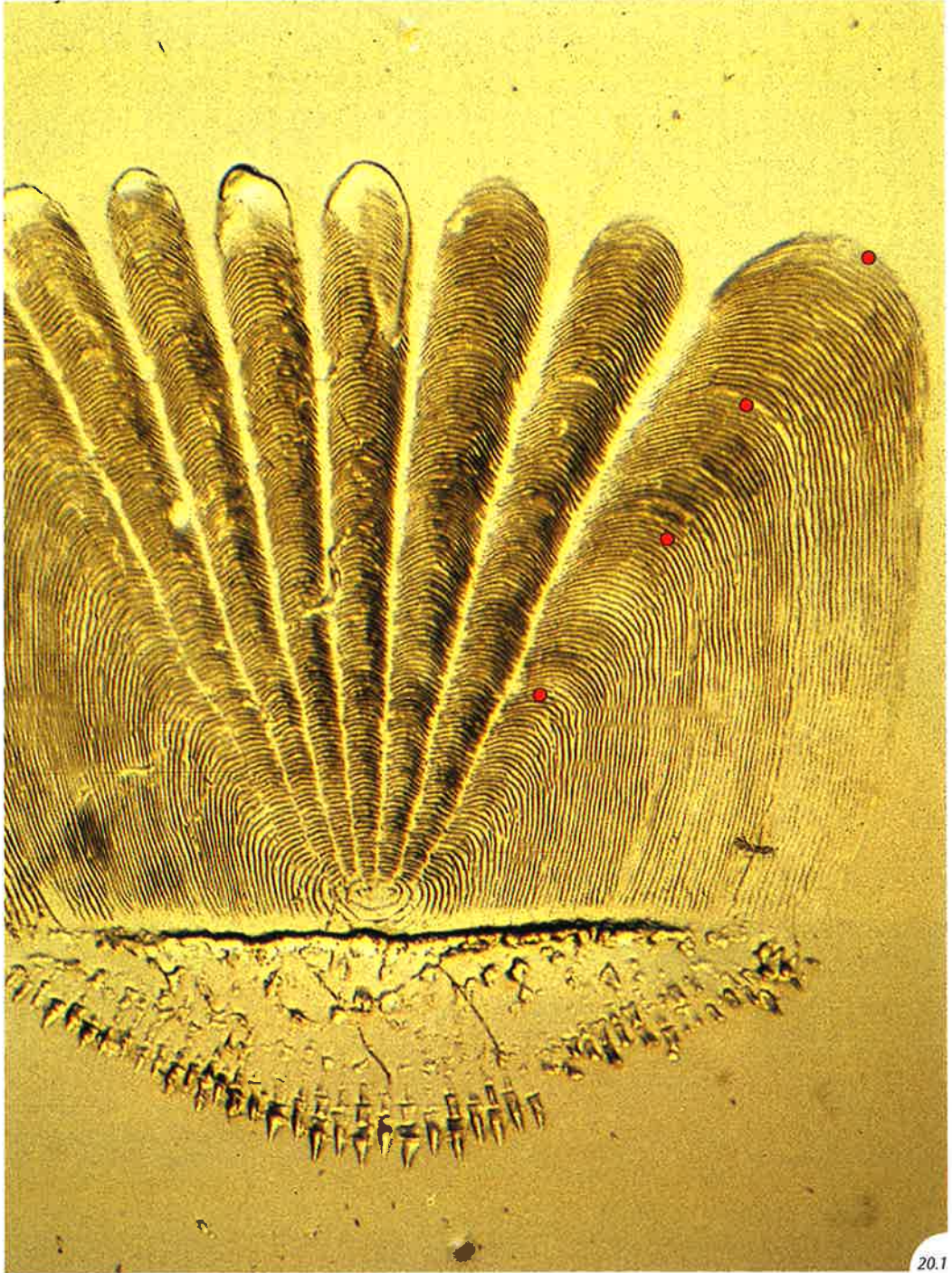
19.3



19.4



19.5

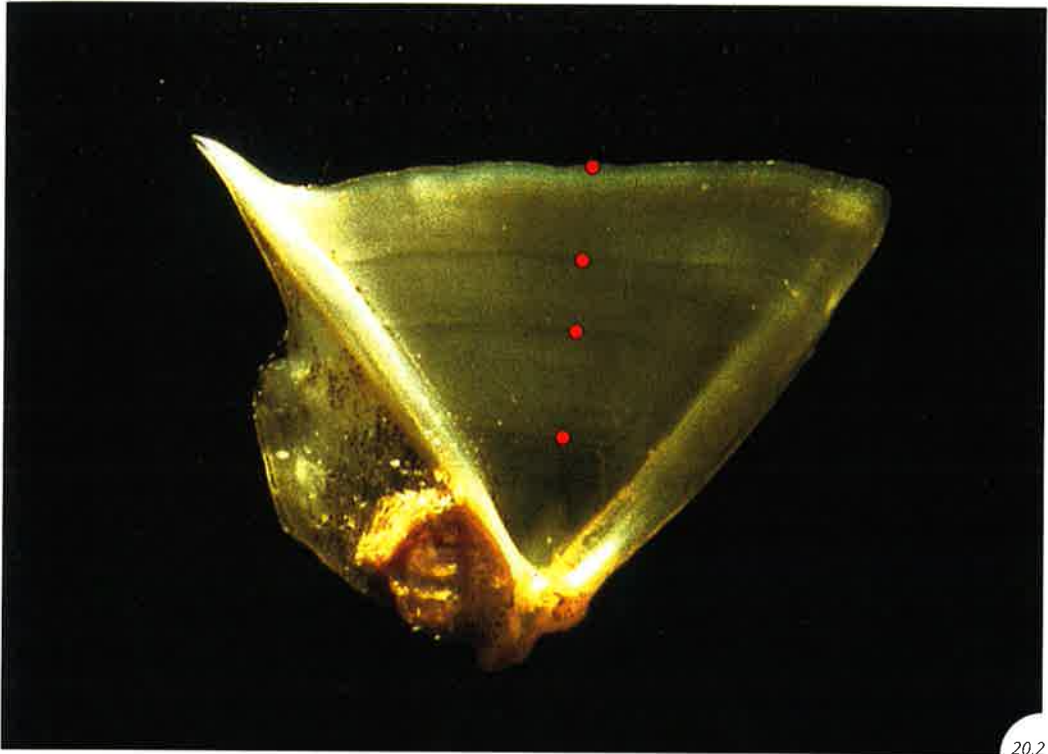


20.1

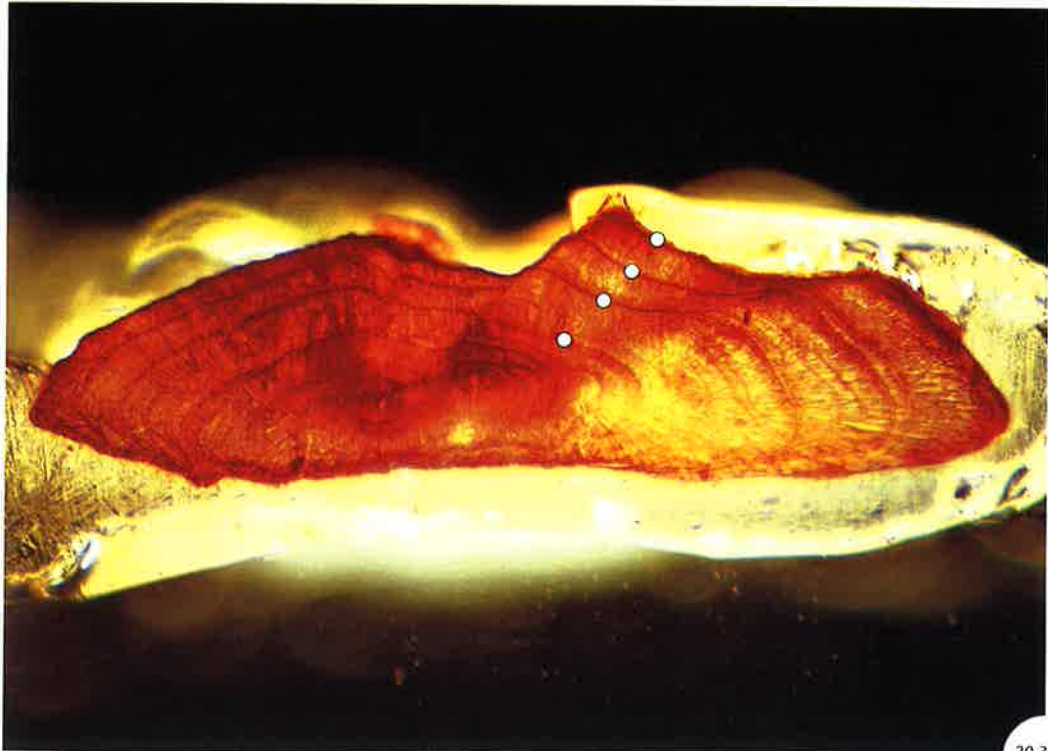
**Kuvataulu 20.**

Evon Nimetön-järvestä toukokuussa 1993 saadun ahvenen (ikäarvio 4; pituus 14,5 cm; paino 31 g)

suomu (20.1), operculum (20.2) ja neutraalipuna-värjätty otoliitin poikkileikkaus (20.3).



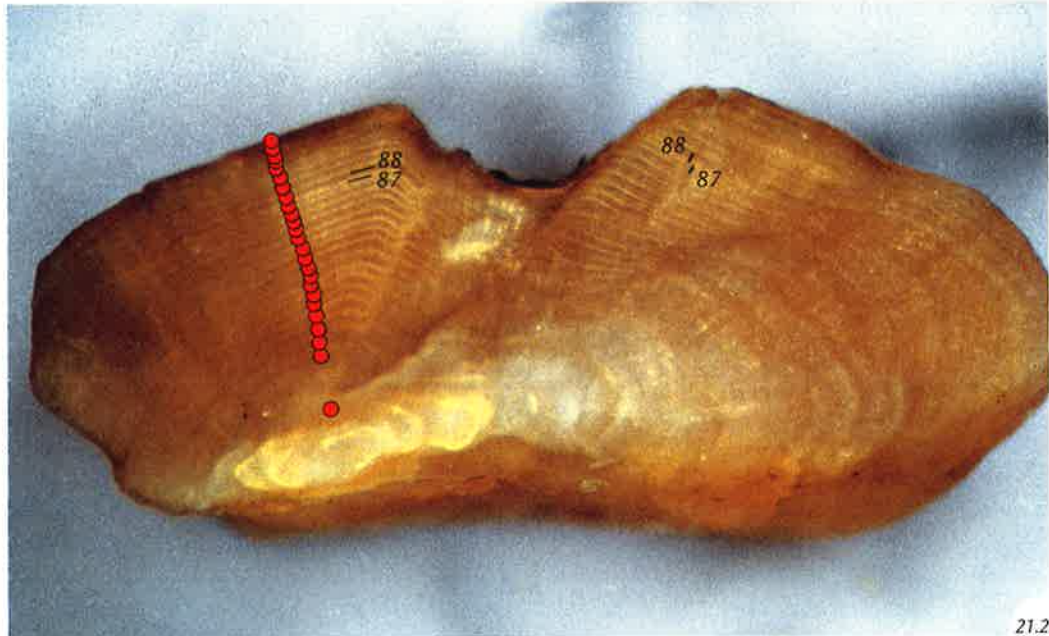
20.2



20.3



21.1

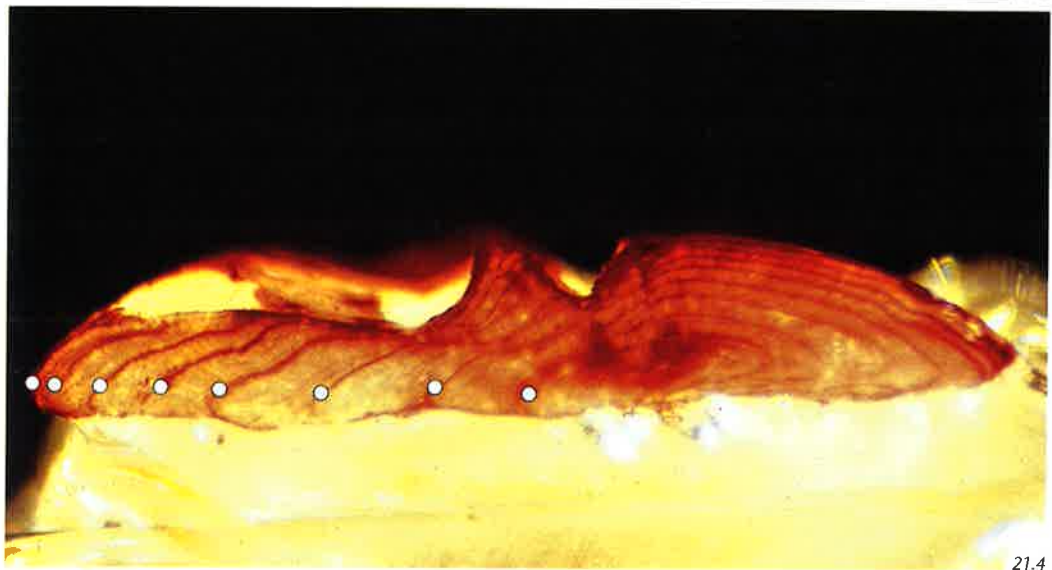
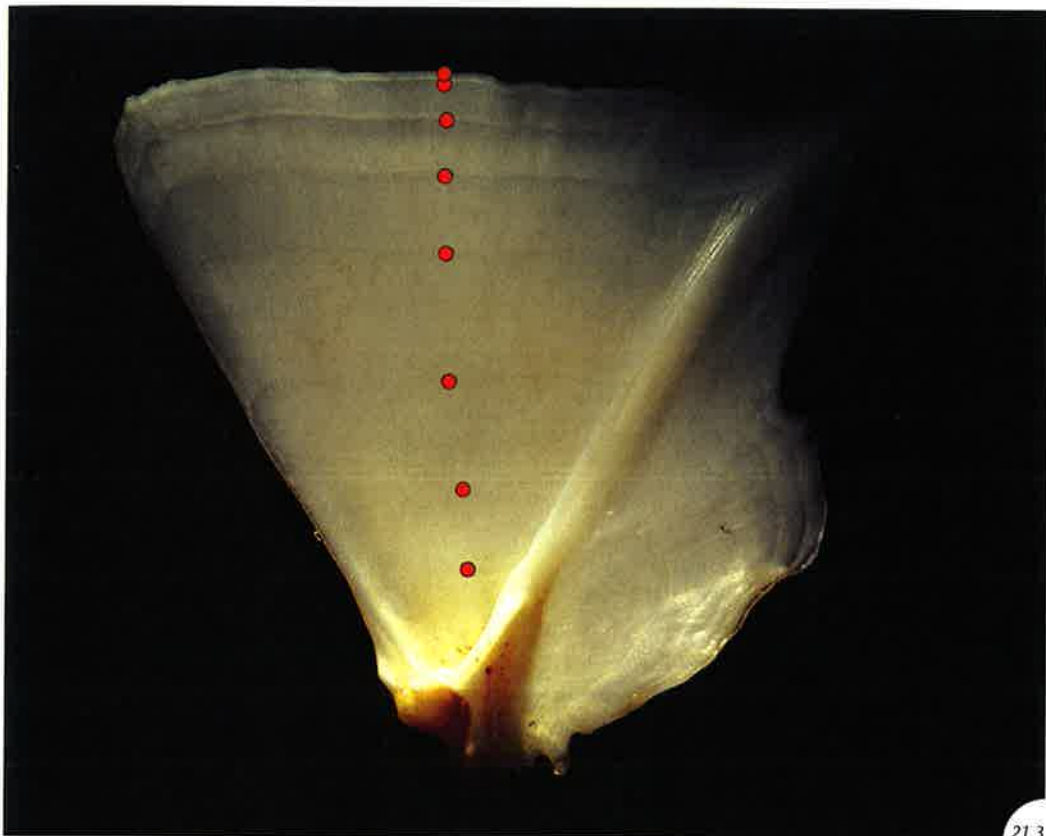


21.2

**Kuvataulu 21.**

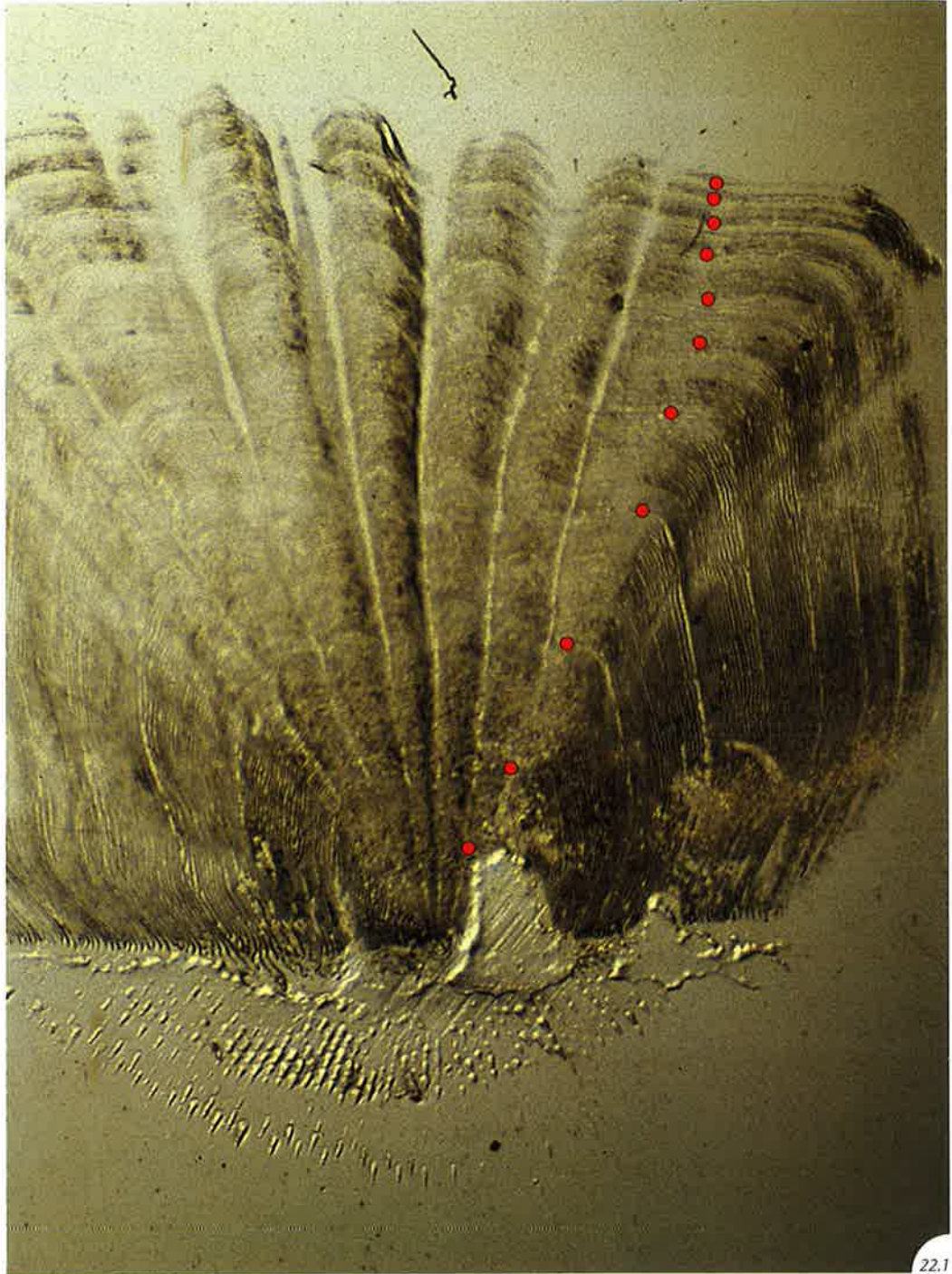
Kuhmon Saukkolammesta elokuussa 1995 saadun 25-vuotiaan (25+) ahvenen (pituus 20,1 cm;

paino 96 g) operculum (21.1) ja paahdetun otoliitin poikkileikkaus (21.2) sekä Espoosta, happamoituneesta Orajärvestä kesäkuussa 1994 saadun 8-vuotiaan ja



poikkeuksellisen kookkaan ahvenkoiraan (pituus 36,7 cm; paino 681 g) operculum (21.3) ja neutraalipunavärjätty otoliitin poikkileikkaus (21.4). Huomaa hitaasti

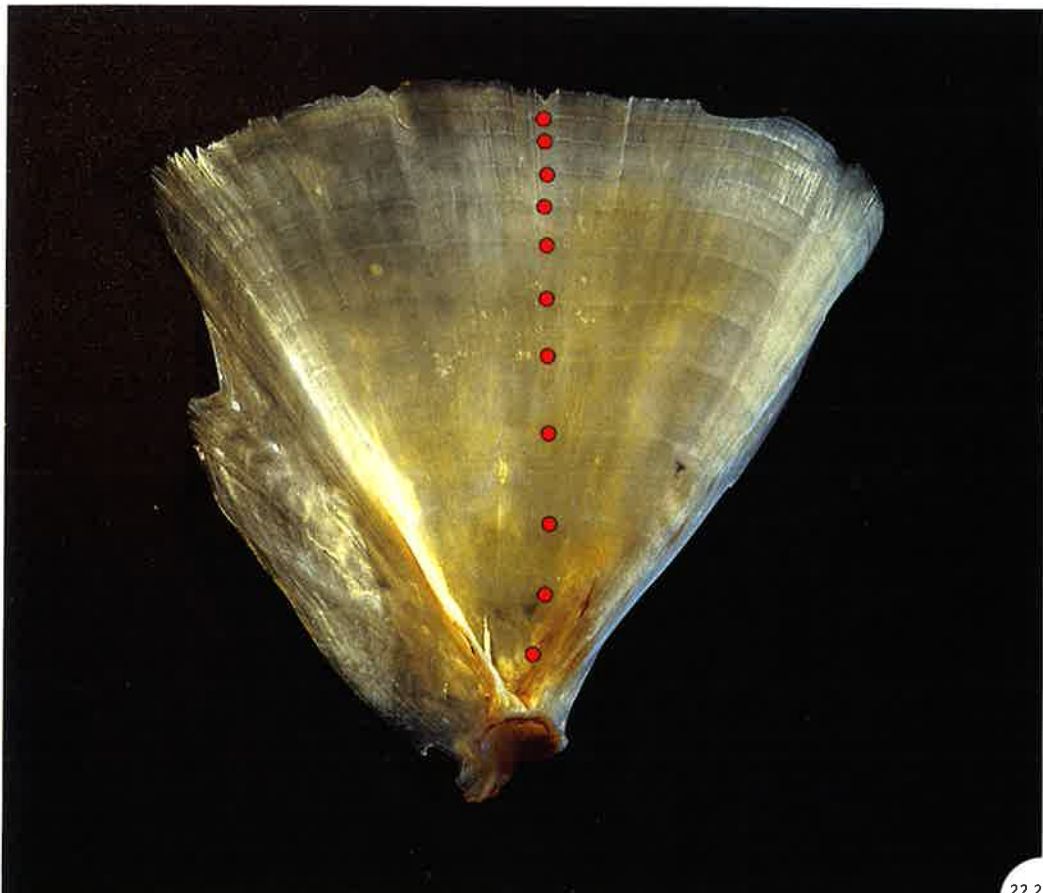
kasvaneen, vanhan ahvenen otoliitin paksuus (21.2) verrattuna nopeasti kasvaneen ahvenen otoliittiin (21.4).

**Kuvataulu 22.**

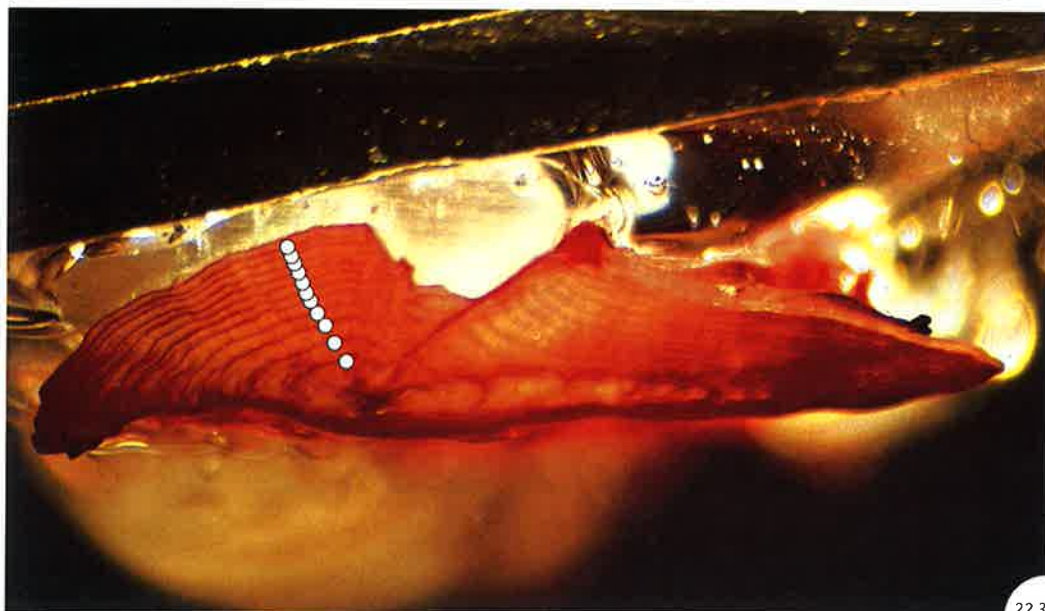
Evon Iso-Ruuhijärvestä marraskuussa 1999 saadun kuhan (tunnettu ikä 11+ (polttomerkki); pituus 76 cm;

paino 4,8 kg) suomi (22.1), operculum (22.2) ja neutraalipunavärjätty otoliitin poikkileikkaus (22.3).

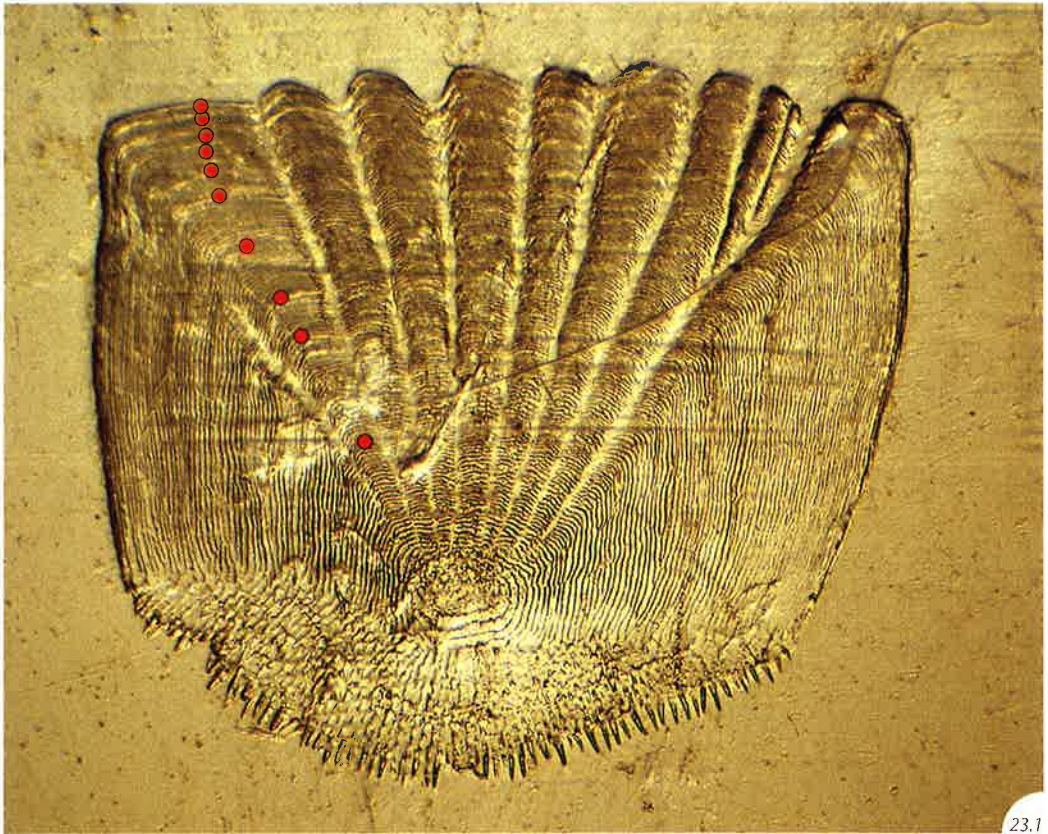




22.2



22.3



23.1

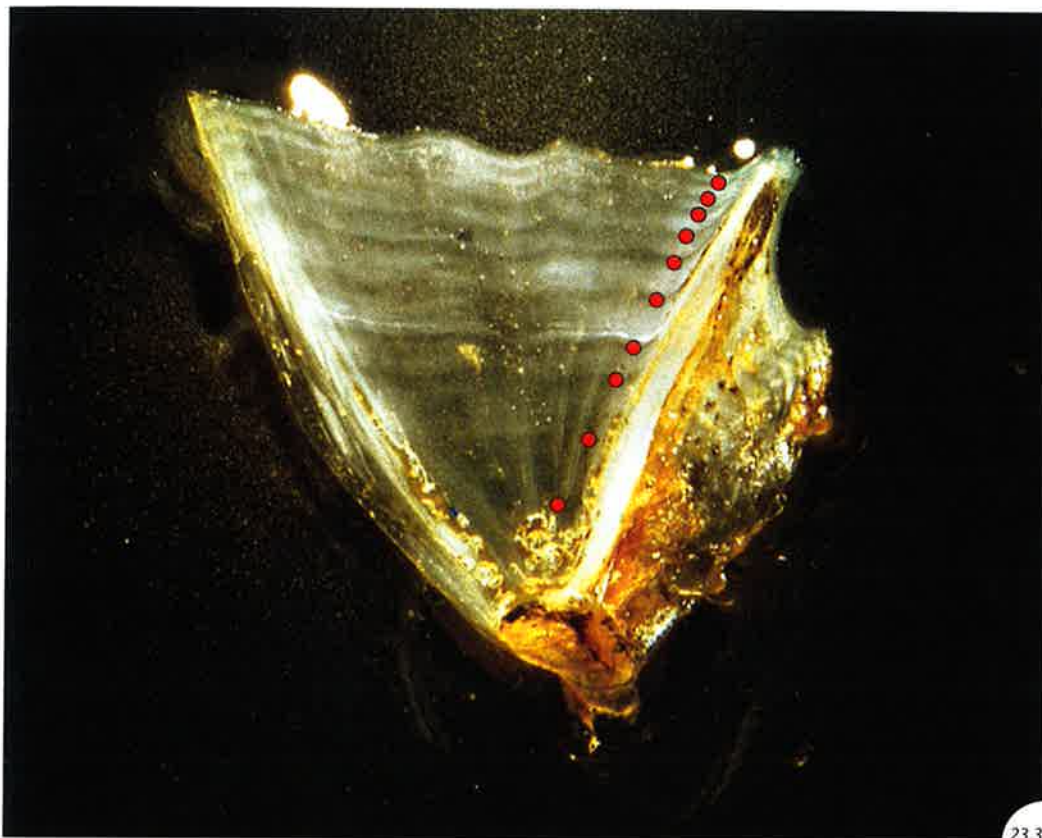


23.2

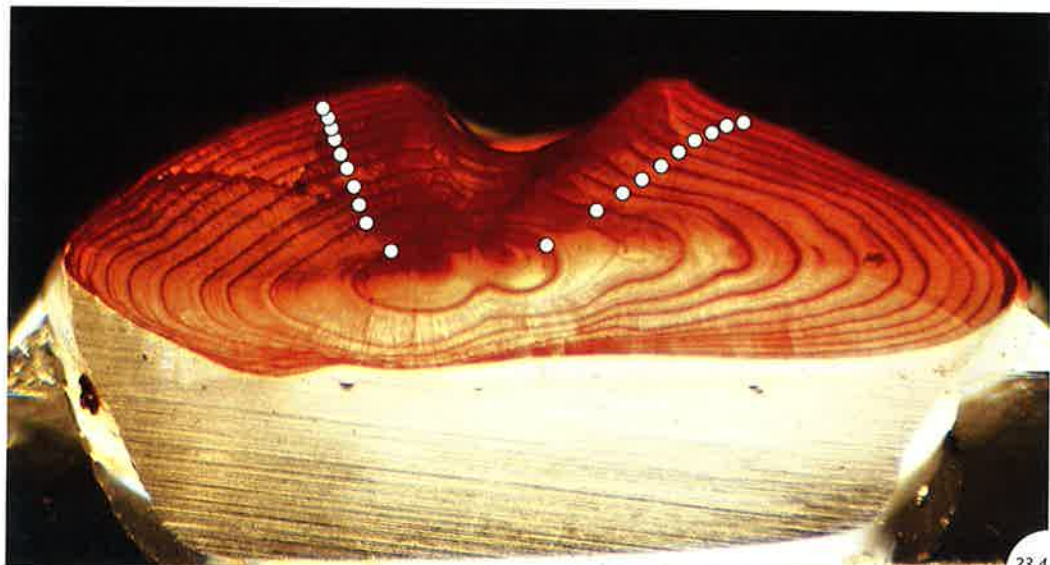
**Kuvataulu 23.**

Lokan tekoaltaasta joulukuussa 1994 saadun kiisken (ikäarvio 10+; pituus 18,5 cm; paino 104 g) suomi

(23.1), paahdetun otoliitin poikkileikkaus (23.2), operculum (23.3.) ja neutraalipunavärjätyn otoliitin



23.3



23.4

*poikkileikkaus (23.4). Suomu on regeneroitunut ensimmäisen kasvukauden aikana.*

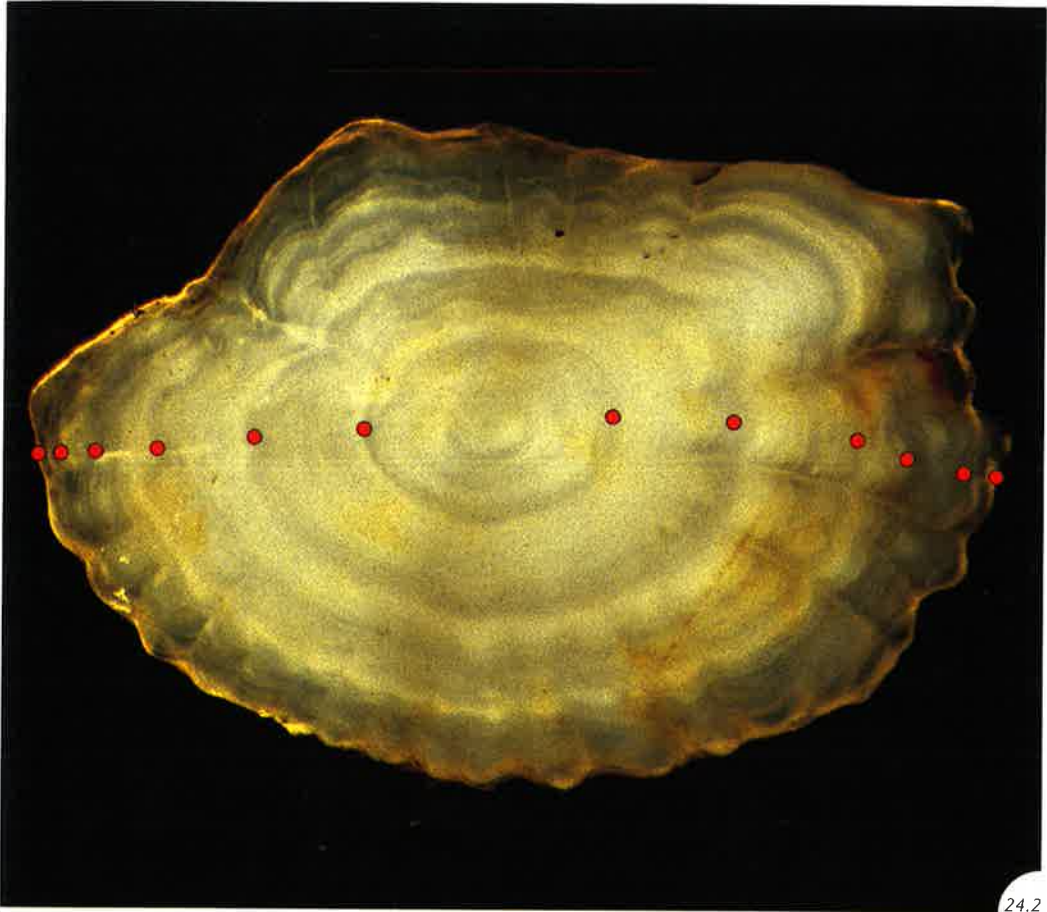


24.1

**Kuvataulu 24.**

Suomenlahdelta (Hanko) helmikuussa 2000 saadun kiviniilkan (ikäarvio 10; pituus 21,7 cm; paino 42 g) otoliitin neutraalipunavärjätty poikkileikkauspinta (24.1). Ensimmäinen selvä, ulompiin vuosirenkasiin verrattavissa oleva rengas on vuosirengas. Sen sisäpuolella olevista

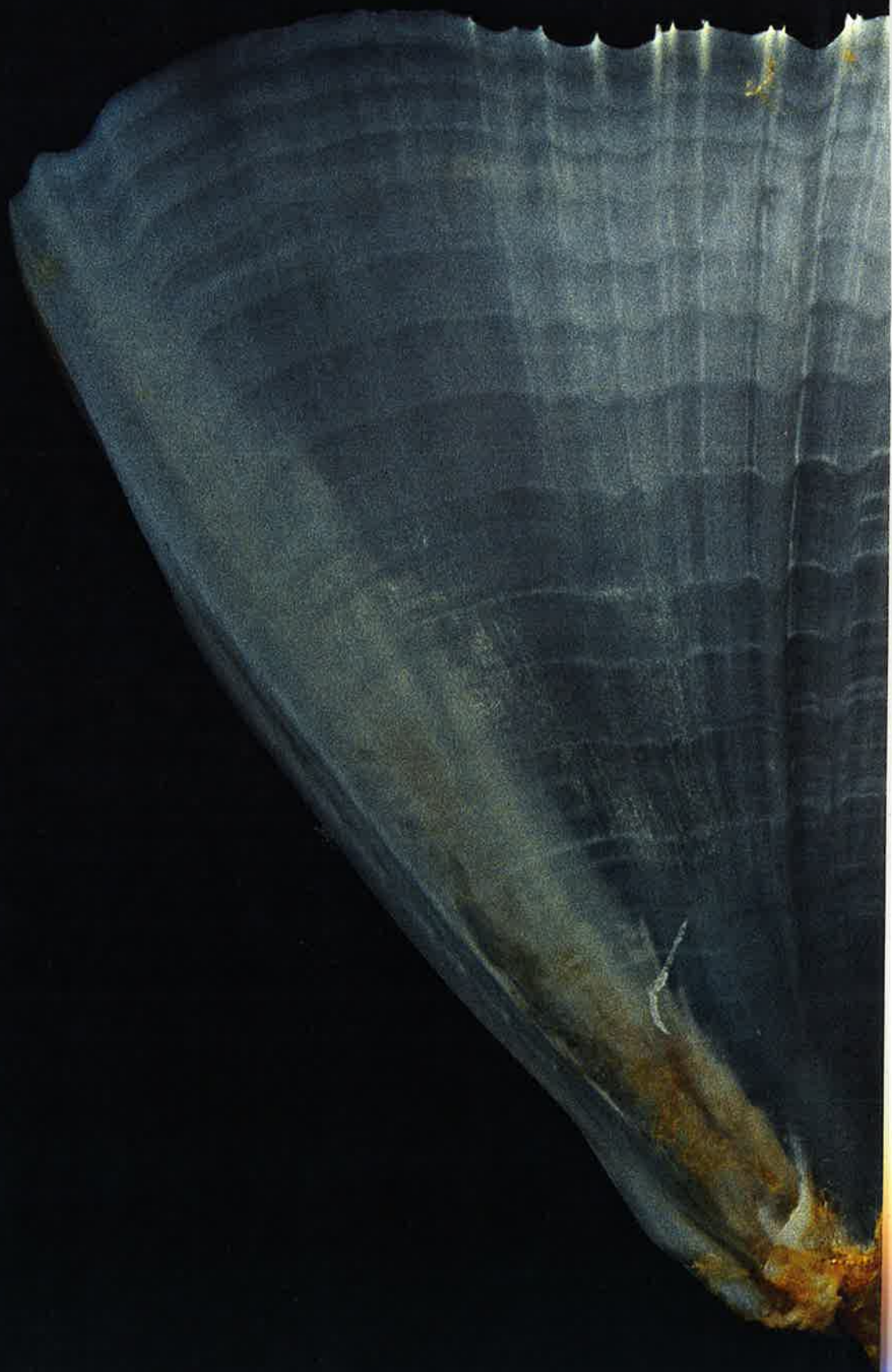
renkaista (2–3 kpl, merkitty mustilla ympyröillä) kahden on selitetty liittyvän mätimunasta kuoriutumiseen ja syntymiseen. Melkistä kesäkuussa 1998 saadun kampelan (ikäarvio 6; pituus 23,2 cm; paino 128 g) kokonainen otoliitti (24.2) ja neutraalipunavärjätty otoliitin poikkileikkauspinta (24.3).



24.2



24.3





*Kuhan operculum*



# KIRJALLISUUS

Aass, P. 1972. Age determination and year-class fluctuations of cisco, *Coregonus albula* L., in the Mjøsa hydroelectric reservoir, Norway. Institute of Freshwater Research, Drottningholm, report no. 52, p. 5-22

Abdel-Aziz, S.H. 1992. The use of vertebral rings of the brown ray *Raja miraletus* (Linnaeus, 1758) off Egyptian Mediterranean coast for estimation of age and growth. *Cybiurn* 16(2), p. 121-132.

Al-Absy, A.H. & Carlander, K.D. 1988. Criteria for selection of scale-sampling sites in growth studies of yellow perch. *Transactions of the American Fisheries Society* 117(2), p. 209-212.

Alm, G. 1946. Reasons for the occurrence of stunted fish populations (With special regard to the perch). *Rep. Inst. Freshw. Fish. Res. Drottn.* 25, p. 1-146.

Anon. 1963. Ennätyskaloja Ruotsissa. *Metsästys ja kalastus* 52, s. 74.

Anon. 1998. Report of the Baltic herring age-reading study group. *ICES CM 1998/H2.* 86 p.

Anon. 1999. Report of the Study Group On Baltic Cod Age Reading. *ICES CM 1999/H4* 24 p.

Anon. 2000. Pikku-uutisia. Jättiläishauki Höytiäisestä. *Suomen Kalastuslehti* 1:2000.

Antunes, C., Tesch, F.-W. 1997. A critical consideration of the metamorphosis zone when identifying daily rings in otoliths of European eel, *Anguilla anguilla* (L.). *Ecology of Freshwater Fish* 6, p. 102-107.

Appelberg, M., Berger, H.-M., Hesthagen, T., Kleiven, E., Kurkilahti, M., Raitaniemi, J. & Rask, M. 1995. Development and intercalibration of methods in Nordic freshwater fish monitoring. *Water, Air and Soil Pollution* 85, p. 401-406.

Appelberg, M., Kleiven, E., Berger, H.M., Bergstrand, E., Nyberg, K., Saksgård, R., Svensson, R.-M. & Ångström, C. 1999. Precision and accuracy in ageing Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) and roach (*Rutilus rutilus* L.): Differences between structures and readers. 2nd International Symposium on Fish Otolith Research and Application, Bergen, Norway, 20-25 June 1998. *Esitelmä.*

Aprahamian, M.W. 1987. Use of the burning technique for age determination in eels (*Anguilla anguilla* (L.)) derived from the stocking of elvers. *Fisheries Research*: 6, p. 93-96.

Aps, R. 1977. Kui vanaks elab Läänemere kilu? *Eesti loodus* 1, p. 40-42.

Arnold, J. 1913. Makean veden kalojen iän määraamisestä. *Suomen Kalatalous* 2, s. 13-26.

Ausen, V. 1976. Age, growth, population size, mortality and yield in the whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) of Haugatjern - a eutrophic Norwegian lake. *Norw. J. Zool.* 24, p. 379-405.

Baccante, D. & Sandhu, J. 1983. Annulus formation and growth characteristics of tagged walleye in lightly exploited lake. Ontario fisheries technical report series. Toronto ON 9 6 p.





- Backe-Hansen, P. 1982. Age determination, growth and maturity of the bleak *Alburnus alburnus* (L.) (Cyprinidae) in Lake Oeyeren, SE Norway. *Fauna Norv., Ser A.* 3, p. 31-36.
- Bagenal, T.B. & Tesch, F.W. 1978. Age and growth. In: Bagenal, T., ed. *Methods for assessment of fish production in fresh waters.* Blackwell, Oxford. p. 101-136.
- Bailey, M. 1972. Age, growth, reproduction and food of the burbot, *Lota lota* (Linnaeus), in southwestern Lake Superior. *Transactions of the American Fisheries Society* 101(4), p. 667-674.
- Baker, E.A. & McComish, T.S. 1998. Precision of ages determined from scales and opercles for yellow perch *Perca flavescens*. *J. Great Lakes Res.* 24(3), p. 658-665.
- Baker, T.T. & Timmons, L.S. 1991. Precision of ages estimated from five bony structures of Arctic char *Salvelinus alpinus* from the Wood River System, Alaska. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 48, p. 1007-1014.
- Balon, E.K. 1975. Terminology of intervals in fish development. *J. Fish. Res. Board Can.* 32, p. 1663-1670.
- Barber, W.E. & McFarlane, G. 1987. Evaluation of three techniques to age Arctic char from Alaskan and Canadian waters. *Transactions of the American Fisheries Society* 116(6), p. 874-881.
- Barbour, S.E., & Einarsson, S.M. 1987. Ageing and growth of charr, *Salvelinus alpinus* (L.), from three habitat types in Scotland. *Aquaculture and Fisheries Management* 18(1), p. 63-72.
- Barker, L.A., Morrison, B.J., Wicks, B.J. & Beamish, F.W.H. 1997. Age discrimination and statolith diversity in sea lamprey from streams with varying alkalinity. *Transactions of the American Fisheries Society* 126(6), p. 1021-1026.
- Barnes, M.A. & Power, G. 1984. A comparison of otolith and scale ages for western Labrador lake whitefish, *Coregonus clupeaformis*. *Environmental Biology of Fishes* 10, p. 297-299.
- Beamish, F.W.H. & Medland, T.E. 1988. Age determination for lampreys. *Transactions of the American Fisheries Society* 117, p. 63-71.
- Beamish, R.J. & McFarlane, G.A. 1995. A discussion of the importance of aging errors, and application to walleye pollock: The world's largest fishery. In: Secor, D.H., Dean, J.M. & Campana, S.E. (eds.) *Recent developments in fish otolith research.* The BelleW. Baruch Library in marine science number 19. The University of South Carolina Press. p. 545-565.
- Beamish, R.J. & McFarlane, G.A. 2000. Reevaluation of the interpretation of annuli from otoliths of a long-lived fish, *Anoplopoma fimbria*. *Fisheries Research* 46, p. 105-111.
- Bedford, B.C. 1983. A method for preparing sections of large numbers of otoliths embedded in black polyester resin. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 41, p. 4-12.
- Bennett, J.T., Boehlert, G.W. & Turekian, K.K. 1982. Confirmation and longevity of *Sebastes diploa* from <sup>210</sup>Pb/<sup>226</sup>Ra measurements in otoliths. *Marine Biology* 71, p. 209-215.
- Berg, R. 1985. Age determination of eels, *Anguilla anguilla* (L.): comparison of field data with otolith ring patterns. *Journal of Fish Biology* 26, p. 537-544.
- Bernard, R.L. & Myers, K.W. 1996. The performance of quantitative scale pattern analysis in the identification of hatchery and wild steelhead (*Oncorhynchus mykiss*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53, p. 1727-1735.
- Bigelow, P.E. & White, R.G. 1996. Evaluation of growth interruption as a means of manipulating scale patterns for mass-marking hatchery trout. *N. Am. J. Fish. Manage.* 16(1), p. 142-153.
- Blacker, R.W. 1969. Chemical composition of the zones in cod (*Gadus morhua* L.) otoliths. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 33, p. 107-108.
- Bouain, A. & Siau, Y. 1988. A new technique for staining fish otoliths for age determination. *Journal of Fish Biology* 32, p. 977-978.
- Bougis, P. 1989. Determination of age and growth in selachians (Determination de l'age et de la croissance chez les selaciens). *Oceanis. Serie de documents oceanographiques, Paris, vol.15. no 3, p. 321-261.*
- Burnham-Curtis M.K. & Bronte, C. R. 1996. Otoliths reveal a diverse age structure for humper lake trout in Lake Superior. *Transactions of the American Fisheries Society* 125, p. 844-851.
- Byström, P., Persson, L. & Wahlström, E. 1998. Competing predators and prey: juvenile bottlenecks in whole-lake experiments. *Ecology* 79 (6), p. 2153-2167.



- Cala, P. 1971. Scale formation as related to length of young- of the -year ide *Idus idus* (L.) and roach *Rutilus rutilus* (L.). *J. Zool.* 165, p. 337-341 (ref. Eloranta 1975).
- Campana, S.E. 1984. Comparison of age determination methods for the starry flounder. *Transactions of the American Fisheries Society* 113(3), p. 365-369.
- Campana, S.E., Chouinard, G.A., Hanson, J.M., Fréchet, A. & Brattey, J. 2000. Otolith elemental fingerprints as biological tracers of fish stocks. *Fisheries Research* 46, p. 343-357.
- Casselman, J.M. 1987. Determination of age and growth. In: Weatherley, A.H. & Gill, H.S. (eds.). *The biology of fish growth*. Academic Press, London. p. 209-242.
- Casselman, J. M. 1990. Growth and relative size of calcified structures of fish. *Transactions of the American Fisheries Society* 119, p. 673-688.
- Casselman, J.M. & Kendall, R.L. (toim.) 1978. Effects of environmental factors on growth, survival, activity, and exploitation of northern pike. Selected coolwater fishes of North America, *Am. Fish. Soc. Spec. publ.*, Publ. by: American Fisheries Society; Washington, DC (USA) 11, p. 114-128.
- Christensen, J.M. 1964. Burning of otoliths, a technique for age determination of soles and other fish. *Journal du Conseil, International pour L'exploration de la Mer* 29, no 1, p. 73-81.
- Cochran, W.G. 1977. *Sampling techniques*. 2. ed. John Wiley and Sons. New York. 428 p.
- Courtney, D.L., Mortensen, D.G., Orsi, J.A. & Munk, K.M. 2000. Origin of juvenile Pacific salmon recovered from coastal southeastern Alaska identified by otolith thermal marks and coded wire tags. *Fisheries Research* 46, p. 267-278.
- Curry-Lindahl, K. 1985. *Våra fiskar*. P.A. Norstedt & Söners. Stockholm. 528 s.
- Dahl, K. 1927. General information and observations on the occurrence and nature of the "bleke". *Vid.-Akad. Skr. I. M.* -N. Kl. No 9, p. 5-25, 4 l.
- Dannevig, E.H. 1956. Chemical composition of the zones in cod otoliths. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (Copenhagen)* 21, p. 156-159.
- Deelder, C.L. 1981. On the age and growth of cultured eels, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture (Netherlands)* 26, p. 13-22.
- Dery, L.M. 1988. Age determination methods for northwest Atlantic species: Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *NOAA Tech. Rep. NMFS* 72, p. 77-84.
- Doering, P., Ludwig, J. 1990. Shape analysis of otoliths - a tool for indirect ageing of eel, *Anguilla anguilla* (L.)? *Int. Rev. Gesamt. Hydrobiol.* 75(6), p. 737-743.
- Dorman, J. A. 1989. Some aspects of the biology of the garfish *Belone belone* (L.) from southern Ireland. *Journal of Fish Biology* 35(5), p. 621-630.
- Dorn, M.W. 1992. Detecting environmental covariates of Pacific whiting *Merluccius productus* growth using a growth - increment regression model. *Fishery Bulletin* 90, p.260-275.
- Draganik, B. & Kuczynski, J. 1993. A review of growth rate of the Baltic flounder (*Platichthys flesus* (L.)) derived from otolith measurements. *Bull. Sea Fish. Inst. Gdynia* 130, p. 21-36.
- Dutil, J.D. & Power, G. 1977. Validite de la lecture des otolithes comparee a celle de la lecture des ecailles pour la determination de l'age de l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*). *Naturaliste canadien.* 104(4), s. 361-367.
- Eloranta, A. 1975. Kalojen iänmääritys. Suomen kalastusyhdistys no 60. Vammala 1975. 68 s.
- Eloranta, A. 1982a. Kiiskan (*Gymnocephalus cernua* (L.)) suomenkehitys. Jyväskylän yliopiston Biologian laitoksen tiedonantoja 30, s. 3-13.
- Eloranta, A. 1982b. Mateen sagittan kasvuvyöhykkeiden muodostuminen. Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja 30, s. 15-36.
- Eloranta, A. 1982c. Mateen (*Lota lota* (L.)) iästä, kasvusta ja ravinnosta erässä Järvi-Suomen ja Utsjoen vesissä. Jyväskylän yliopiston Biologian laitoksen tiedonantoja 30, s. 37-70.
- Elson, P.F. 1939. Order of appearance of scales in speckled trout. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 4(4), p. 302-308.
- Erickson, C.M. 1983. Age determination of Manitoban Walleyes Using Otoliths, Dorsal Spines and Scales. *North American Journal of Fisheries Management* 3, p. 176-181.



- Faustino, M. & Power, D.M. 1999. development of the pectoral, pelvic, dorsal and anal fins in cultured sea bream. *J. Fish Biol.* 54, p. 1094-1110.
- Fitzgerald, T.J., Margenau, T.L., Copes, F.A. 1997. Muskellunge scale interpretation: The question of aging accuracy. *North American Journal of Fisheries Management* 17(1), p. 206-209.
- Fosså; J.H. 1991. The ecology of the two-spot goby (*Gobiusculus flavescens* Fabricius): the potential cod enhancement. *Int. Counc. Explor. Sea Ma. Sci. Symp.* 192, p. 147-155.
- Fouda, M.M. & Miller, P.J. 1981. Age and growth of the common coby, *Pomatoschistus microps*, on the south coast of England. *Estuar., Coast. Shelf Sci* 12(2), p. 121-129.
- Francis, R.I.C.C. 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. *Journal of Fish Biology* 36, p. 883-902.
- Francis, R.I.C.C. 1995. The analysis of otolith data – a mathematician's perspective (What, precisely, is your model?). In: Secor, D.H., Dean, J.M. & Campana S.E., eds. *Recent developments in fish otolith research*. The Belle W. Baruch Library in marine science number 19. The University of South Carolina Press. p. 81-95.
- Franklin, D.R. & Smith, L.L., Jr. 1960. Note on development of scale patterns in the Northern pike, *Esox lucius* L. *Transactions of the American Fisheries Society* 89, p. 83.
- Fraser, C.McL. 1916. Growth of the spring salmon. *Trans. Pacif. Fish. Soc. Seattle*, for 1915, p. 29-39 (ref. Bagenal & Tesch 1978).
- Friedland, K.D. & Reddin, D.G. 1994. Use of otolith morphology in stock discriminations of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51(1), p. 91-98.
- Friman, T., Koljonen, M.-L., Nyberg, K. & Saura, A. 1999. Kalojen merkintätutkimukset. Teoksessa: Böhling, P. & Rahikainen, M. (toim.). *Kalataloustarkkailu. Periaatteet ja menetelmät. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki.* s. 103-135.
- Frost, W.E. & Kipling, C. 1959. The determination of the age and growth of pike (*Esox lucius* L.) from scales and opercular bones. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 24, p. 314-341.
- Fry, F.E.J. 1943. A method for the calculation of the growth of fishes from scale measurements. *Univ. of Toronto Stud., Biol. Ser., Pub. Ont. Fish. Res. Lab., No.* 61, p. 5-18.
- Gettel, G.M., Deegan, L.A. & Harvey, C.J. 1997. A comparison of whole and thin-sectioned otolith aging techniques and validation of annuli for Arctic grayling. *Northwest science* 71(3), p. 224-232.
- Gobkov, P.K. & Skopets, M.B. 1989. A method for determining the age of smolting by back calculation of the age of anadromous char of the genus *Salvelinus*. *Journal of ichthyology* 29(6), p. 68-76.
- Gottberg, G. 1910. Kalojen iän määrittämisestä. *Suomen Kalastuslehti* 19, s. 41-45.
- Gottberg, G. 1912. Tutkimus mateen (*Lota lota* L.) iästä, kudusta ja ravinnosta. *Suomen Kalatalous* 1, s. 141-158.
- Graynoth, E. 1996. Determination of the age of brown and rainbow trout in a range of New Zealand lakes. *Mar. Freshwat. Res.* 47(5), p. 749-756.
- Griffiths, D. & Kirkwood, R.C. 1995. Seasonal variation in growth, mortality and fat stores of roach and perch in Lough Neagh, Northern Ireland. *Journal of Fish Biology* 47(3), p. 537-554.
- Hamrin, S.F., Arneri, E., Schatz, M. & Van Heel, M. 1998. Fish ageing by otolith shape analysis. Third european marine science and technology conference (MAST conference), Lisbon, 23-27 May 1998: Project synopsis Vol. 6: Fisheries and Aquaculture (FAIR: 1994-98), selected projects from the research programme for Agriculture and Fisheries including agro-industry, food technology, forestry, aquaculture and rural development FAIR, European Commission DG 12 Science, Research and Development, Luxembourg (Luxembourg), 1998, vol.6. p. 259-261.
- Hansen, L.-P. 1978. Age determination of roach, *Rutilus rutilus* (L.) from scales and opercular bones. *Arch. Fichereiwiss.* 29(1-2), p. 93-98.
- Harka, A. 1984. Studies on the growth of the sheatfish (*Silurus glanis* L.) in River Tisza. *Aquacult. hung.* 4, p. 135-144.
- Harka, A. & Biro, P. 1990. Probable sources of biased estimates of growth in wels (*Silurus glanis* L.) using fin rays. *Aquacult. hung.* 6, p. 35-39.



- Harrison, E.J. & Hadley, W.F. 1979. A comparison of the use of cleithra to the use of scales for age and growth studies. *Transactions of the American Fisheries Society* 108, p. 452-456.
- Hassager, T.K. 1991. Comparison of three different otolith-based methods for age determination of turbot (*Scophthalmus maximus*). *Dana* 9, p. 39-43.
- Hederström, H. 1959. Observations on the Age of Fishes. *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm* 40, p. 161-164.
- Helfman, G. S., Collette, B.B. & Facey, D.E. 1997. *The Diversity of Fishes*. Blackwell Science Inc., 528 p.
- Hellevaara, E. 1912. Tutkimuksia Lounais-Suomen silakasta. *Suomen Kalatalous* 1, s. 19-59.
- Hesthagen, T. 1985. Validity of the age determination from scales of brown trout (*Salmo trutta* L.). Report - Institute of Freshwater Research, Drottningholm 62, p. 65-70.
- Hile, R. 1950. A nomograph for the computation of the growth of fish from scale measurements. *Transactions of the American Fisheries Society* 78, p. 156-162.
- Hindar, K. & L'Abée-Lund, J.H. 1992. Identification of hatchery-reared and naturally produced Atlantic salmon, *Salmo salar* L., juveniles based on examination of otoliths. *Aquaculture and Fisheries Management* 23, p. 235-241.
- Horppila, J. & Nyberg, K. 1999. The validity of different methods in the backcalculation of the lengths of roach - a comparison between scales and cleithra. *Journal of Fish Biology* 54, p. 489-498.
- Horppila, J. & Peltonen, H. 1992. Optimizing sampling from trawl catches: contemporaneous multistage sampling for age and length structures. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49, p. 1555-1559.
- Horppila, J., Nyberg, K., Peltonen, H. & Turunen, T. 1996. Effects of five years of intensive trawling on a previously unexploited smelt stock. *Journal of Fish Biology* 49, p. 329-340.
- Horppila, J., Ruuhijärvi, J., Rask, M., Karppinen, C., Nyberg, K. & Olin, M. 2000. Seasonal changes in the diets and relative abundances of perch and roach in the littoral and pelagic zones of a large lake. *Journal of Fish Biology* 56, p. 51-72.
- Hudd, R., Hilden, M., Urho, L., Axell, M.-B. & Jäfs, L.-A. 1984. Kyrönjoen suisto- ja vaikutusalueen kalatalous-selvitys 1980-1982. Vesihallitus-National Board of Waters, Finland. *Tiedotus* 242 A. 275 s.
- Huuskonen, H. 1999. Is otolith microstructure affected by latitude?. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 177, p. 309-310.
- Huuskonen, H. & Karjalainen, J. 1995. Age determination of vendace (*Coregonus albula* (L.)) and whitefish (*C. lavaretus* L.) larvae from otoliths. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 46, p. 113-121.
- Huuskonen, H. & Karjalainen, J. 1998. A preliminary study on the relationships between otolith increment width, metabolic rate and growth in juvenile whitefish (*Coregonus lavaretus* L.). *Arch. Hydrobiol.* 142(3), p. 371-383.
- Hyvärinen, P. & Leinonen, T. (toim.) 1999. Ryhmämerkkien käyttö kalojen istutustutkimuksissa. Kirjallisuus-selvitys. Kala- ja riistaraportteja no 163. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Paltamo 1999, 69 s.
- Härkönen, T. 1986. Guide to the otoliths of the bony fishes of the Northeast Atlantic. *Danbiu Aps. Hellerup.* 256 p.
- Jones, C.M. 2000. Fitting growth curves to retrospective size-at-age data. *Fisheries Research* 46, p. 123-129.
- Jonsson, B. 1976. Comparison of scales and otoliths for age determination in brown trout, *Salmo trutta* L. *Norw. J. Zool.* 24, p. 295-301.
- Jonsson, B. 1985. Life History Patterns of Freshwater Resident and Sea-Run Migrant Brown Trout in Norway. *Transactions of the American Fisheries Society* 114, p. 182-194.
- Jonsson, B., Henning L'Abée-Lund, J., Heggberget, T.G., Jensen, A.J., Johnsen, B.O., Næsje, T.F. & Sættem, L.M. 1991. Longevity, body size, and growth in anadromous brown trout (*Salmo trutta*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48, p. 1838-1845.
- Järvi, T.H. 1938. Vaihtelut Itämeren lohikannassa (1921-1935). *Maataloushallituksen tiedonantoja* 261 (Suomen Kalatalous 13), 170 s.
- Järvi, T.H. & Menzies, W.J.M. 1936. The interpretation of the zones on scales of salmon, sea trout and brown trout. *Rapp. P.-Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 97, p. 2-63.



- Kafemann, R., Adlerstein, S. & Neukamm, R. 2000. Variation in otolith strontium and calcium ratios as an indicator of life-history strategies of freshwater fish species within a brackish water system. *Fisheries Research* 46, p. 313-325.
- Kaminski, M.T., Peters, E.J. & Holland, R.S. 1990. Pectoral-spine embedding to facilitate sectioning for age analysis of young channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Transactions of the Nebraska Academy of Sciences* 18(0), p. 99-100.
- Kas'yanov, A.N., Izyumov, Y.G. & Kas'yanova, N.V. 1995. Growth of roach, *Rutilus rutilus*, in Russia and adjacent countries. *J. ichthyol.* 35(9), p. 256-272.
- Kaukoranta, M. 1998. Viisiipiikki. Teoksessa: Raitaniemi, J. (toim.). Suomen luonto - eläimet. Weilin+Göös, Porvoo. s. 179.
- Kaukoranta, M., Koljonen, M-L., Koskiniemi, J. & Pennanen, J.T. 1998. Kala-atlas. Kalatutkimuksia no 150. Riistan- ja kalantutkimus, 57 s.
- Koli, L. 1990. Suomen kalat. WSOY 1990. 357 s.
- Korhonen, P. 1999. Päijänteen säännöstelyn vaikutukset haukikantaan (osa 1). Teoksessa: Suomen ympäristö 321. Päijänteen ja Konnivesi-Ruotsalaisen säännöstelyjen kehittäminen. Suomen ympäristökeskus. 108 s.
- Korhonen, P. & Mutenia, A. 1999. Vastakuoriutuneiden hauenpoikasten istutustutkimus Lokan tekojärvellä vuonna 1998. Kala- ja riistaraportteja nro 148. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki 1999. 12 s.
- Korkosh, V.V. & Pronenko, S.M. 1998. Determining the age and evaluating the growth rate of the Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedti*) and the starred sturgeon (*A. stellatus*) from the Sea of Azov. *J. Ichthyol. Vopr. Ikhtiol.* vol. 38, no 4, p. 309-414.
- Kristoffersen, K. & Klemetsen, A. 1991. Age determination of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) from surface and cross section of otoliths related to otolith growth. *Nordic J. Freshw. Res.* 66, p. 98-107.
- Kristofferson, R. & Oikari, A. 1975. Notes on the biology of the eelpout *Zoarces viviparus* (L.), in the brackish water of Tvärminne, Gulf of Finland. *Ann. Zool. Fennici* 12, p. 143-147.
- Kruse, C.G., Hubert, W.A. & Rahel, F.J. 1997. Using otoliths and scales to describe age and growth of Yellowstone cutthroat trout in a high-elevation stream system, Wyoming. *Northwest science.* Cheney WA 71(1), p. 30-38.
- Kuosmanen, P. (toim.) 1995. Guinness Suuri ennätyskirja 1996. Gummerus, Jyväskylä. 237 s.
- Kurkilahti, M. & Rask, M. 1996. A comparative study of the usefulness and catchability of multimesh gillnets and gillnet series in sampling of perch (*Perca fluviatilis* L.) and roach (*Rutilus rutilus* L.). *Fisheries Research* 27, p. 243-260.
- Kurkilahti, M. & Rask, M. 1999. Verkkokoekalastukset. Teoksessa: Böhling, P. & Rahikainen, M. (toim.). Kalataloustarkkailu - periaatteet ja menetelmät. Riistan- ja kalantutkimus, Helsinki 1999. s. 151-161.
- L'Abée-Lund, J.H. 1986. Age determination and growth in the tench *Tinca tinca* (L.) in Lake Jorkjenn, southern Norway. *Fauna Norv., Ser A.* 6, p. 13-17.
- Lagler, K.F. 1947. Lepidological studies 1. Scale characteristics of the families of Great Lakes fishes. *Transactions of the American Microscopical Society* 66, no. 2, p. 149-171.
- Laine, A.O., Momot, W.T. & Ryan, P. 1991. Accuracy of using scales and cleithra for aging northern pike from an oligotrophic Ontario Lake. *North American Journal of Fisheries Management* 11(2), p. 220-225.
- Lanzig, W.J. & Wright, R.G. 1976. The ultrastructure and calcification of the scales of *Tilapia mossambica* (Peters). *Cell Tissue Res.* 167, p. 37-47.
- Lappalainen, J. 1998. Kuha. Teoksessa: Raitaniemi, J. 1998 (toim.). Suomen luonto. Kalat, sammakkoeläimet ja matelijat. WSOY-yhtymä Weilin + Göös Oy, Porvoo. s. 202-205.
- Lappalainen J., Erm V., Kjellman J. & Lehtonen H. 2000. Size-dependent winter mortality of age-0 pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in Pärnu Bay, the Baltic Sea. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57, p. 451-458.
- Laurila, S. & Holopainen, I.J. 1990. Features of embryonic and larval development of crucian carp, *Carassius carassius* (L.) with a note on species identification. *Ann. Zool. Fennici* 27, p. 361-367.
- Lea, E. 1910. On the methods used in herring investigations. *Publ. Cironst. Cons. Perm. int. Explor. Mer.* no 53.



- Le Cren, E.D. 1947. The determination of the age and growth of the perch (*Perca fluviatilis*) from the opercular bone. *J. Anim. Ecol.* 16, p. 188-204.
- Le Cren, E.D. 1958. Observations on the growth of perch (*Perca fluviatilis* L.) over twenty-two years with special reference to the effects of temperature and changes in population density. *Journal of Animal Ecology* 27, s. 287-334.
- Le Cren, E.D. 1992. Exceptionally big individual perch (*Perca fluviatilis*) by means of scales. *Fishery Invest.*, Lond., Ser. II, 4, 32 p. (ref. Bagenal & Tesch 1978).
- Lehtonen, H., Böhling, P. & Hilden, M. 1983. Saaristomeren pohjoisosan kalavarat. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Monistettuja julkaisuja 9, s. 86-140.
- Lehtonen, H. & Nylund, V. 1995. An atlas of fish scales. 2. Salmonid species found in European fresh waters. Samara Publishing Limited, Cardigan, Great Britain. 54 p.
- Liew, P.K.L. 1974. Age determination of American eels based on the structure of their otoliths. In: *Ageing of Fish* (ed. Bagenal, T.B.) Surrey: Unwin Brothers Limited. p. 124-136.
- Luczynski, M., Falkowski, S. & Kopecki, T. 1988. Larval development in four coregonid species (*Coregonus albus*, *C. lavaretus*, *C. muksun* and *C. peled*). *Finnish Fish. Res.* 9, p. 61-69.
- Maceina, M.J. 1992. A simple regression model to assess environmental effects on fish growth. *J. Fish Biol.* 41, p. 557-565.
- Magnan, P. & Fitzgerald, G.J. 1983. Age scalaire et otolithique de l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*). Comparaison et interpretation des faux annuli. *Naturaliste canadien.* 110(2), s. 149-254.
- Magnin, E. & Clement, A.M. 1978. Croissance, reproduction et regime alimentaire des touladis *Salvelinus namaycush* (Walbaum) du nord du Quebec. *Nat. Can.* 105(1), s. 1-17.
- Makkonen, J. 1999. Otolittimerkinnät - kudosvärjäys ja lämpökäsittely. Teoksessa: Hyvärinen, P. & Leinonen, T. (toim.) 1999. Ryhmämerkkin käyttö kalojen istutustutkimuksissa. Kirjallisuusselvitys. Kala- ja riista-raportteja no 163. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Paltamo 1999, s. 2-15.
- Mann, R.H.K. 1973. Observations on the age, growth, reproduction and food of the roach, *Rutilus rutilus* (L.) in two rivers in southern England. *Journal of Fish Biology* 5, p. 707-736.
- Mann, R.H.K. 1974. Observations on the age, growth, reproduction and food of the dace, *Leuciscus leuciscus* (L.) in two rivers in southern England. *Journal of Fish Biology* 6, p. 237-253.
- Mann, R.H.K. 1976. Observations on the age, growth, reproduction and food of the chub *Squalius cephalus* (L.) in the River Stour, Dorset. *Journal of Fish Biology* 8, p. 265-288.
- Marcogliese, L.A. & Casselman, J.M. 1998. Scale methods for discriminating between Great Lakes stocks of wild and hatchery rainbow trout, with a measure of natural recruitment in Lake Ontario. *North American Journal of Fisheries Management* 18, p. 253-268.
- Mavrin, A.S. 1989. Scale formation during the first year of life in the blue bream, *Abramis ballerus*. *Journal of ichthyology.* 29(2), p. 77-85.
- McKern, J.L., Horton, H.F., & Koski K.V. 1974. Development of steelhead trout (*Salmo gairdneri*) otoliths and their use for age analysis and for separating summer from winter races and wild from hatchery stocks. *J. Fish. Res. Board Can.* 31(8), p. 1420-1426.
- Medland, T.E. & Beamish, F.W.H. 1987. Age validation for the mountain brook lamprey (*Ichthyomyzon greeleyi*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44, p. 901-904.
- Meunier, F.J. 1992. Ageing Chondrichthyes: Methodology and bibliography. *Colloques et séminaires. Institut français de Recherche scientifique pour le Développement en Coopération.* Paris, p. 281-297. In: Bagliniere, J.-L., Castanet, J., Conand, J. & Meunier, F.J. (eds.) 1992. Hard tissues and individual age of vertebrates (*Tissus durs et âge individuel des vertébrés*).
- Mills, C.A. 1988. The effect of extreme northerly climatic conditions on the life history of the minnow, *Phoxinus phoxinus* (L.). *Journal of Fish Biology* 33, p. 545-561.
- Mills, C.A. & Eloranta, A. 1985. The biology of *Phoxinus phoxinus* (L.) and other littoral zone fishes in Lake Konnevesi, central Finland. *Ann. Zool. Fennici* 22, p. 1-12.



- Mills, K.H. & Beamish, R.J. 1980. Comparison of fin-ray and scale age determinations for lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) and their implications for estimates of growth and annual survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37, p. 534-544.
- Monastyrsky, G.N. 1926. K. metodike opredeleniya rosta ryb po izmereniyam cheshui (Methods of determining fish growth from scale measurements). In *Sbornik statei po metodike opredeleniya vozrasta i rosta ryb*. Krasnoyarsk (ref. Bagenal & Tesch 1978).
- Monastyrsky, G.N. 1930. O metodakh opredeleniya lineinogo rosta po cheshue ryb (Methods of determining the growth of fish in length by their scales). *Trudy nauch. ryb. Khozy.* 5, p. 5-44 (ref. Bagenal & Tesch 1978).
- Moreira, F., Costa, J.L., Almeida, P.R., Assis, C. & Costa, M.J. 1991. Age determination in *Pomatoschistus minutus* (Pallas) and *Pomatoschistus microps* (Kroyer) (Pisces: Gobiidae) from the upper Tagus Estuary, Portugal. *J. Fish Biol.* 39(3), p. 433-440.
- Morrow, J.V. Jr, Kirk, J.P., Killgore, K.J. & George, S.G. 1998. Age, growth and mortality of shovelnose sturgeon in the Lower Mississippi River. *North American Journal of Fisheries Management*, 18(3), p. 725-730.
- Mosegaard, H. 1986. Growth in salmonid otoliths. *Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science* 52. Uppsala. 18 p.
- Mosegaard, H., Appelberg, M. & Ångström-Klevbom C. 1989. Skillnader i åldersbestämning från fjäll och otoliter hos mört. *Information från Sötvattenslaboratoriet Drottningholm*. No. 3, s. 19-27.
- Mosegaard, H., Svedäng, H. & Taberman, K. 1988. Uncoupling of somatic and otolith growth rates in arctic char (*Salvelinus alpinus*) as an effect of differences in temperature response. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45, p. 1514-1524.
- Mulcahy, S.A., Killingley, J.S., Phleger, C.F. & Berger, W.H. 1979. Isotopic composition of otoliths from a benthopelagic fish, *Coryphaenoides acrolepis*, Macrouridae: Gadiformes. *Oceanol. Acta* 2(4), p. 423-427.
- Murray, C.B. 1994. A method for preparing chinook salmon otoliths for age determination, and evidence of its validity. *Transactions of the American Fisheries Society* 123(3), p. 358-367.
- Nagiec, M., Czerkies, P., Murawska, E. & Kujawa, R. 1998. Mass-marking of whitefish (*Coregonus lavaretus*) larvae by thermally induced otolith banding. 2nd International Symposium on Fish Otolith Research and Application, Bergen, Norway, 20-25 June 1998. Contribution 211, abstract.
- Nash, R.D.M. 1984. Aspects of the biology of the black goby, *Gobius niger* L., in Oslofjorden, Norway. *Sarsia* 69(1), p. 55-61.
- Neave, F. 1940. On the histology and regeneration of the teleost scale. *Quart. J. Microscop. Sci.* 81, p. 541-568 (ref. Wallin 1957).
- Neja, Z. 1989. The growth rate of ruffe, *Gymnocephalus cernuus* (L., 1758) in the Szczecin Lagoon, the Odra Mouth and Lake Dabie. *Acta ichthyologica et piscatoria. Szczecin* 19(1), p. 3-19.
- Northcote, T.G. 1995. Comparative biology and management of Arctic and European grayling (Salmonidae, Thymallus). *Reviews in fish biology and fisheries* 5(2), p. 141-194.
- Nyberg, K. 1998a. Reisjärven kuhan ja siian kasvu-tutkimukset vuonna 1996. Teoksessa: Sarell, J & Nyberg, K. 1998: Reis- ja Vuohtojärvellä tehtyjen rapu- ja kuhakompensaatioiden tuloksellisuus. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Alueelliset ympäristöjulkaisut 101, 89 s.
- Nyberg, K. 1998b. Räyriinjärven särjen kasvututkimus. Tehokalastuksen vaikutus särjen kasvuun vuonna 1996 tehdyn poistopyynnin perusteella. Länsi-Suomen ympäristökeskus. Alueelliset ympäristöjulkaisut 84, 30 s.
- Nyberg, K., Markkanen, S - L., Ojala, A., Rask, M. & Somppi, K. 1993: Eräiden Kuhmon järvien limnologia ennen valuma-alueiden metsätaloudellisia käsittelyjä. Teoksessa: Lappalainen, A. & Rask, M. (toim.): Metsätalouden vaikutukset kaloihin ja kalatalouteen. Osahankkeiden raportit vuosien 1990 - 1992 tuloksista. Kalatutkimuksia 69, RKTL. Painatuskeskus, Helsinki 1993. s. 33-60.
- Nyberg, K., Raitaniemi, J., Rask, M., Mannio, J. & Vuoremaa, J. 1995. What can perch population data tell us about the acidification of a lake? *Water, Air and Soil Pollution* 85, p. 395-400.
- Ottaway, E.M. & Simkiss, K. 1977. A method for assessing factors influencing 'false check' formation in fish scales. *Journal of Fish Biology* 11, p. 681-687.



- Pahkinen, E. & Lehtonen, R. 1989. Otanta-asetelmat ja tilastollinen analyysi. Gaudeamus. Helsinki. 286 s.
- Panfili, J., Ximenes, M.C. 1994. Age and growth estimation of the European eel (*Anguilla anguilla* L.) in continental waters: methodology, validation, application in Mediterranean area and comparisons in Europe. [Evaluation de l'âge et de la croissance de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.) en milieu continental: méthodologies, validation, application en Méditerranée et comparaisons en Europe [otolithes, otolithométrie, variabilité] = Evaluación de la edad y del crecimiento de la anguila europea en medio continental: metodologías, validación y aplicación en el mar mediterráneo y comparaciones en Europa]. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 67, s. 43-66.
- Paulsen, H. 1998. Eye size related to growth rate and nutritional status in a growth stunted population of the fresh water clupeid *Limnothrissa miodon*. 2nd International Symposium on Fish Otolith Research and Application, Bergen, Norway, 20-25 June 1998. Esitelmä.
- Pauly, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fish. Tech. Pap.* 234. 52 p.
- Pawson, M.G. 1990. Using otolith weight to age fish. *Journal of Fish Biology* 36, p.521-531.
- Peltonen, H., Nyberg, K. & Lehtonen, H. 1996. Villikkalanjärven kalatutkimukset vuonna 1996. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto. Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos. 27 s.
- Pierce, C.L., Rasmussen, J.B. & Legget, W.C. 1996. Back-calculation of fish length from scales: empirical comparison of proportional methods. *Transactions of the American Fisheries Society* 125, p. 889-898.
- Power, G. 1978. Fish population structure in arctic lakes. *J. Fish. Res. Board Can.* 35, p. 53-59.
- Priegel, G.R. 1964. Early scale development in the walleye. *Transactions of the American Fisheries Society* 93, p. 199-200.
- Probst, R.T. & Cooper, E.L. 1954. Age, growth and production of the lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) in the lake Winnebago region, Wisconsin. *Transactions of the American Fisheries Society* 84, p. 207-227.
- Pycha, R.L. & Smith, L.L. 1955. Early life history of the yellow perch *Perca flavescens* (Mitchell) in the Red Lakes, Minnesota. *Transactions of the American Fisheries Society* 84, p. 249-260.
- Rahikainen, M. 1999a. Populaatiomallit. Teoksessa: Böhling, P. & Rahikainen, M. (toim.). *Kalataloustarkkailu - periaatteet ja menetelmät. Riistan- ja kalantutkimus*, Helsinki 1999. s. 171-191.
- Rahikainen, M. 1999b. Kasvututkimukset. Teoksessa: Böhling, P. & Rahikainen, M. (toim.). *Kalataloustarkkailu. Periaatteet ja menetelmät. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos*, Helsinki. s. 77-90.
- Rahikainen, M. 1999c. Tilastollinen päättely. Teoksessa: Böhling, P. & Rahikainen, M. (toim.). *Kalataloustarkkailu - periaatteet ja menetelmät. Riistan- ja kalantutkimus*, Helsinki 1999. s. 275-285.
- Raitaniemi J. 1995. The growth of young pike in small Finnish lakes with different acidity-related water properties and fish species composition. *Journal of Fish Biology* 47, p. 115-125.
- Raitaniemi, J. 1997. Rannikon siikojen iänmäärittämisen luotettavuus. *Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar* no. 121, 23 s.
- Raitaniemi, J. & Heikinheimo, O. 1998. Variability in age estimates of whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) from two Baltic populations - differences between methods and between readers. *Nordic Journal of Freshwater Research*. 74, p. 101-109.
- Raitaniemi, J., Bergstrand, E., Flöystad, L., Hokki, R., Kleiven, E., Rask, M., Reizenstein, M., Saksgård, R. & Ångström, C. 1998. The reliability of whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) age determination - differences between methods and between readers. *Ecology of Freshwater Fish. Ecology of Freshwater Fish* 7, p. 25-35.
- Raitaniemi, J., Rask, M. & Vuorinen, P.J. 1988. The growth of perch, *Perca fluviatilis* L., in small Finnish lakes at different stages of acidification. *Ann. Zool. Fennici* 25, p. 209-219.
- Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1989. Biometria. Tilastotiedettä ekologeille. 5. painos. Yliopistopaino, Helsinki. 569 s.





- Reddin, D.G. 1986. Discrimination between Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) of North American and European origin. *J. Cons. Int. Explor. Mer* 43(1), p. 50-58.
- Reddin, D., de Pontual, H. & Prouzet, P. 1992. A comparison of two techniques to discriminate continental origin of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) off West Greenland. *Aquat. Living Resour.* 5(2), p. 81-89.
- Reimchen, T.E. 1992. Extended longevity in a large-bodied stickleback, *Gasterosteus*, population. *Canadian Field-Naturalist* 106(1), p. 122-125.
- Reimers, N. 1979. A history of a stunted brook trout population in an Alpine lake: a lifespan of 24 years. *California fish and game* 64(4), p. 196-215.
- Reznick, D., Lindbeck, E. & Bryga, H. 1989. Slower growth results in larger otoliths: An experimental test with guppies (*Poecilia reticulata*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46, p. 108-112.
- Richter, H. & McDermott, J.G. 1990. The staining of fish otoliths for age determination. *Journal of Fish Biology* 36, p. 773-779.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Fish. Res. Bd. Can. Bulletin No.* 191. 382 p.
- Ricker, W.E. 1979. Growth rates and models. In: Hoar, W.S., Randall, D.J. & Brett, J.R. (eds.). *Fish Physiology*, Vol. VIII. Academic Press, New York, San Francisco, London. p. 677-743.
- Rien, T.A. & Breamesderfer, R.C. 1994. Accuracy and precision of white sturgeon age estimates from pectoral fin rays. *Transactions of the American Fisheries Society*, vol 123, no 2, p. 255-265.
- Rijnsdorp, A.D. & Leeuwen 1992. Density-dependent and independent changes in somatic growth of female North Sea plaice *Pleuronectes platessa* between 1930 and 1985 as revealed by back-calculation of otoliths. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 88(1), p. 19-32.
- Robert, F & Vianet, R. 1988. Age and growth of *Psetta maxima* (Linne, 1758) and *Scophthalmus rhombus* (Linne, 1758) in the Gulf of Lion (Mediterranean). *J. Appl. Ichthyol.* 4(3), p. 111-120.
- Robillard, S.R. & Marsden, J.E. 1996. Comparison of otolith and scale ages for yellow perch from Lake Michigan. *J. Great Lakes Res.* 22(2), p. 429-435.
- Rossiter, A., Noakes, D.L.G. & Beamish, F.W.H. 1995. Validation of age estimation for the lake sturgeon. *Transactions of the American Fisheries Society* 124(5), p. 777-781.
- Rubec, P.J. & Qadri, S.U. 1982. Comparative age, growth and condition of brown bullhead, *Ictalurus nebulosus*, in sections of the Ottawa River, Canada. *Canadian Field-Naturalist* 96(1), p. 6-18.
- Saksgård, R. & Hesthagen, T. 1995. Differences in response to liming in a lake-dwelling fish community. *Water, Air and Soil Pollution* 85, p. 973-978.
- Sandlund, O.T. Jónasson, P.M., Jonsson, B., Malmquist, H.J., Skúlason, S. & Snorrason, S.S. 1992. Threespined stickleback *Gasterosteus aculeatus* in Thingvallavatn: habitat and food in a lake dominated by arctic charr *Salvelinus alpinus*. *Oikos* 64, p. 365-370.
- Sandlund, O.T., Jonsson, B., Naesje, T.F. & Aass, P. 1991. Year-class fluctuations in vendace, *Coregonus albula* (Linnaeus): Who's got the upper hand in intraspecific competition? *Journal of Fish Biology* 38(6), p. 873-885.
- Scarnecchia, D.L., Stewart, P.A. & Power, G.J. 1996. Age structure of the Yellowstone-Sakakawea paddlefish stock, 1963-1993, in relation to reservoir history. *Transactions of the American Fisheries Society* 125(2), p. 291-299.
- Schmitt, D.N. & Hubert, W.A. 1982. Comparison of cleithra and scales for age and growth analysis of yellow perch. *Progressive Fish Culturist* 44, p. 87-88.
- Schonborner, A., Boivin, G. & Baud, C.A. 1979. The mineralization processes in teleost fish scales. *Cell Tissue Res.* 202, p. 203-212.
- Schram, S.T. & Fabrizio, M.C. 1998. Longevity of Lake Superior lake trout. *North American Journal of Fisheries Management* 18, p. 700-703.
- Secor, D.H. & Dean, J.M. 1989. Somatic growth effects on the otolith - fish size relationship in young pond-reared striped bass, *Morone saxatilis*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46, p. 113-121.



- Seelbach, P.W. & Whelan, G.E. 1988. Identification and contribution of wild and hatchery steelhead stocks in Lake Michigan tributaries. *Transactions of the American Fisheries Society* 117, p. 444-451.
- Segerstråle, C. 1933. Über Scalimetrische Methoden zur Bestimmung des linearen Wachstums bei Fischen. *Acta Zoologica Fennica* 15. 168 s.
- Segerstråle, C. 1950. Om braxens (*Abramis brama* L.) och idens (*Leuciscus idus* L.) tillväxtart i södra Finlands kustvatten samt i vattnen kring Åland. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 25. 1948-1949 Helsingforsiae, s. 156-165.
- Seppovaara, O. 1963. Kalavanhuksista - kalojen iästä. Eränkävijä. Otava, Helsinki. s. 53-55 ja 89.
- Sharp, D. & Bernard, D.R. 1988. Precision of estimated ages of lake trout from five calcified structures. *North American Journal of Fisheries Management* 8, p. 367-372.
- Shearer, W.M. 1992 (toim.). Atlantic salmon scale reading guidelines. *Int. Counc. Explor. Sea Coop. Res. Rep.* 188, 46 p.
- Shiao, J.C., Tzeng, C.S., Leu, C.L. & Chen F.C. 1999. Enhancing the contrast and visibility of daily growth increments in fish otoliths etched by proteinase K buffer. *Journal of Fish Biology* 54, p. 302-309.
- Shirvell, C.S. 1981. Validity of fin-ray ageing for brown trout. *Journal of Fish Biology* 18, p. 377-383.
- Sifa, L. 1983. The scale formation process and its relation to the growth of five species of fish. *J. Fish. China* 7(4), p. 343-351.
- Skistrom, C.B. 1983. Otolith, pectoral fin ray, and scale age determinations for Arctic grayling. *Prog. Fish-Cult.* 45(4), p. 220-223.
- Silva, M.N. & Gordo, L.S. 1997. Age, growth and reproduction of the black goby, *Gobius niger*, from Obidos Lagoon, Portugal. *Cahiers de biologie marine* 38(3), p. 175-180.
- Sjöberg, G. 1985. Linear growth of pike in a regulated Swedish river. *Inf. Sötvattenslab. Drottningholm* 12. 25 p.
- Skopets; M.B. 1993. Biological characteristics of subspecies of Arctic grayling in northeastern Asia. *Journal of ichthyology* 31(2), p. 87-102.
- Skopets, M.B. & Prokop'yev, N.M. 1990. Biological characteristics of subspecies of the Arctic grayling in northeastern Asia. I. The Kamchatkan grayling - *Thymallus arcticus mertensi*. *Journal of ichthyology* 30(5), p. 43-58.
- Skurdal, J., Vøllestad, L.A. & Qvenlid, T. 1985. Comparison of scales and otoliths for age determination of whitefish *Coregonus lavaretus*. *Fish. Res.* 3, p. 237-243.
- Smedstad, O.M. & Holm, J.C. 1996. Validation of back-calculation formulae for cod otoliths. *Journal of fish biology* 49(5), p. 973-985.
- Smith, B.D., McFarlane, G.A. & Saunders, M.W. 1990. Variation in Pacific hake (*Merluccius productus*) summer length-at-age near Southern Vancouver Island and its relationship to fishing and oceanography. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47, p. 2195-2211.
- Smith, M.W. & Saunders J.W. 1955. The American eel in certain fresh waters of the maritime provinces of Canada. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 12(2), p. 238-269.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1995. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research.* 3rd edn. W.H. Freeman and Company. New York. 887 p.
- Steinmetz, B. & Müller, R. 1991. An atlas of fish scales and other bony structures used for age determination. Non-salmonid species found in European fresh waters. Samara Publishing Limited, Cardigan, Great Britain. 51 p.
- Svalastog, D. 1991. A note on maximum age of brown trout, *Salmo trutta* L. *Journal of Fish Biology* 38, p. 967-968.
- Svedäng, H., Ojaveer, H. & Urtans, E. 1997. Interpretation of the otolith structures in viviparous blenny *Zoarces viviparus*. *J. Appl. Ichtyol.* 13, p. 137-142.
- Svedäng, H., Wickström, H., Reizenstein, M., Holmgren, K. & Florenius, P. 1998. Accuracy and precision in eel age estimation, using otoliths of known and unknown age. *Journal of fish biology* 53, p. 456-464.
- Svenning, M.-A., Smith-Nielsen, A & Jobling, M. 1992. Sea water migration of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) - correlation between freshwater growth and seaward migration, based on back-calculation from otoliths. *Nordic J. Freshw. Res.* 67, p. 18-26.
- Svärdson, G. 1976. Översikt av laboratoriets med plan för år 1976. *Inf. Sötvattenslab. Drottningholm* 1. 38 p.



- Sztrakowski, J. 1990. Growth of *Psetta maxima* (Linnaeus, 1758) from the Gulf of Pomerania. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 20(1), p. 13-28.
- Tesch, F.W. 1968. Age and growth. Teoksessa Ricker, W.E. (toim.). *Methods for assessment of fish production in freshwaters*. IBP Handbook. No. 3. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh. p. 93-123.
- Tsepkin, Ye.A. & Sokolov, L.I. 1971. The maximum age of some sturgeons. *J. Ichthyol.* 11, p. 444-446.
- Tulonen, J. 1998. Ankerias. Teoksessa: Raitaniemi, J. (toim.). *Suomen luonto-Eläimet. Kalat, sammakkoeläimet ja matelijat*. WSOY-yhtymä Weilin+Göös Oy, Porvoo. s. 74-77.
- Tzeng, W.N.; Wu, H.F.; Wickstroem, H. 1994. Scanning electron microscopic analysis of annulus microstructure in otolith of European eel, *Anguilla anguilla*. *Journal of fish biology* 45, p. 479-492.
- Underwood, A. J. 1997. *Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press. 504 p.
- Wallin, O. 1957. On the growth structure and developmental physiology of the scale of fishes. *Institute of Freshwater Research, Drottningholm. Report* 38, p. 385-447.
- Valta, I. & Niemelä, E. 1998. Taannehtivien pituuksien laskentamenetelmät. Esimerkkiaineistona Utsjoen 1-vuotiaat lohenpoikaset. *Kala- ja riistaraportteja* No. 114, 19 s.
- Walton, I. 1653. *Oivallinen onkimies (suomentanut Kaila, K. 1974; alkup. The Compleat Angler or the Contemplative Man's Recreation)*. Otava, Helsinki. 218 s.
- Van Oosten, J. 1928. Life history of the lake herring (*Leucichthys artedi* Le Seur) of Lake Huron as revealed by its scales, with critique of the scale method. *Bull. Bur. Fish., Wash.* 44, p. 265-427.
- Weisberg, S. 1986. A linear model approach to backcalculation of fish length. *Journal of the American Statistical Association.* 81(396), p. 922-929.
- Weisberg, S. 1993. Using hard-part increment data to estimate age and environmental effects. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50, p. 1229-1237.
- Vilizzi, L. & Walker, K.F. 1995. Otoliths as potential indicators of age in common carp, *Cyprinus carpio* L. (Cyprinidae: Teleostei). *Transactions of the Royal Society of South Australia.* 119(2), p. 97-98.
- Williams, J. E. 1955. Determination of age from the scales of northern pike (*Esox lucius* L.). *Dissertation Abstracts, University Microfilms, Ann Arbor, Mich.* 15 (9), p. 1684.
- Williamson, C.J. & Macdonald, J.S. 1997. The use of three ageing techniques to estimate the growth rates for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and bull trout (*Salvelinus confluentus*) from selected locations near Takla Lake, B.C. *Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences*. *Imprint varies.* 26 p.
- Vinni, M., Horppila, J., Olin, M. & Ruuhijärvi, J. The food and abundance of five co-existing cyprinids in lake basins of different morphometry and water quality. *Käsitöitä.*
- Vitnsh, M. 1986. Otolith marking for the investigation of the growth variability in the eastern Baltic flounder. *Fischerei-Forschung* 24(2), p. 69-72.
- Vollestad, L.A. & L'Abée-Lund, J.H. 1990. Geographic variation in life-history strategy of female roach, *Rutilus rutilus* (L.). *Journal of Fish Biology* 37(6), p. 853-864.
- Worthington, D.G. Doherty, P.J. & Fowler A.J. 1995. Variation in the relationship between otolith weight and age: implications for the estimation of age of two tropical damselfish (*Pomacentrus moluccensis* and *P. wardi*). *Can. J. Aquat. Sci.* 52, p. 233-242.
- Wright, R.M. & Giles, N. 1991. The population biology of tench, *Tinca tinca* (L.), in two gravel pit lakes. *Journal of Fish Biology* 38, p. 17-28.
- Zhang, Z. & Moksness, E. 1992. Preliminary notes on age information from sections of decalcified otoliths of Atlantic herring. *Fisheries Research* 15, p. 181-186.
- Zhang, Z. Beamish, R.J. & Riddell, B.E. 1995. Differences in otolith microstructure between hatchery-reared and wild chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52(2), p. 344-352.



## NÄYTTEENOTTO KENTÄLLÄ – TARVIKKEET

- Alumiinifoliota
- Astiat (ämpärit, DYNO-laatikot tms.) ja pesuharja
- Kalastuspöytäkirjat (kokonaissaalis, kasvunäyte, pituusjakauma)
- Kannettava tietokone (+ vara-akku)
- Käsittelyalusta (koko vähintään 40 \* 80 cm, puuta tai muovia)
- Kuminauhoja
- Kylmälaukku (kylmäpatruunat, jäämurska)
- Kynät (lyijykynä, tussit)
- Mittalauta ja rullamitta
- Näytepusseja
  - muovipussit (Minigrip, useita kokoja tai rullapusseja)
  - suomupussit (paperia, koko 70 \* 100 mm)
- Näytteiden säilytyslaatikot (kannelliset)
- Näytteenkeittovälineet (esim. Trangia -retkikeitin) ja polttoneste (Sinol)
- Pinsettejä (kellosepänpinsetit ja tavalliset vahvemmat)
- Talouspaperia, jätösäkkejä
- Teipit (tavallinen ja maalarinteippiä)
- Tulitikkuja ja sytytin
- Vaaka (+ paristot), varavaaka (herkkä jousivaaka)
- Veitsiä (ruokailuveitsi, leikkausveitsi, fileointiveitsi), puukko
- Vesipullo (muovinen puristettava)
- (Veden)lämpömittari



## NÄYTTEENOTTO JA LUUTUMIEN KÄSITTELY LABORATORIOSSA

- Bunsenlamppu (sprii tai kaasu)
- Immersionesteet (vesi, etanoli, 1,2-propaanidioli, immersioöljy tms.)
- Keittölevy, mikroaaltouuni, kattila
- Kylmävalolaite (kaksisarvinen)
- Leikkausveitsi (lansetti)
- Mikrokortinlukulaite (ainakin kahdella suurennoksella)
- Preparointimikroskooppi
- Muoviset otoliittipussit (salpapussi, koko 40 x 80 mm)
- Objektilasit (peitinlasit)
- Otoliiitin liimausaineet (liimapuikko, kaksikomponenttiliima, Crystalbond)
- Peitinlevyt (ohutta rautapeltiä)
- Petriمالjoja
- Pinsetit (kellosepänpinsetit ja tavalliset vahvemmat)
- Pitkävartinen lusikka (spaatteli) otoliittien paahtamiseen
- Sinitarraa
- Suomuprässilevy (läpinäkyvä 1 mm paksuinen polykarbonaattimuovi)
- Suomupuristin eli suomuprssi
- Tulitikut ja sytytin
- Vaaka
- Vesihiomapaperia (karkeudet 600-1200)
- Vesipullo (muovinen puristettava)
- Videokamera + näyttöpäätte + tietokone
- Viiloja (hieno (metalliviila) ja karkea (puuviila))
- Viivotin tai työntömitta
- Värjäysaineet (neutraalipuna ym.) ja tarvittavat hapot



# KESKEISTÄ TERMISTÖÄ

Lähteenä mm. Elorannan (1975) sanasto, englanninkieliset tai tieteelliset sanat kursivoitu

**Alimmainen kiduskannenluu** eli *suboperculum* Varsinaiseen kiduskannen luuhun (*operculum*) sen alapuolelle kiinnittynyt pieni luu.

**Annulus** (mon. *annuli*; *annual ring*, *year mark*) Vuosirengas, vuosikasvuyöhykkeiden rajakohta.

**Anterior** Etu-

**Aragoniitti** Kalsiumkarbonaatin ( $\text{CaCO}_3$ ) nelikulmainen kidemuoto, josta otoliitti on pääosin muodostunut.

**Asteriscus** Yksi kalojen kolmesta parillisesta otoliitista, joka sijaitsee sagitan takaosan läheisyydessä

**Binokulaari** Nimitystä käytetään yleensä preparointimikroskoopista, jossa on kaksi okulaaria, ks. stereomikroskoopi.

**Cauda** Sagitta-otoliitin keskusuurteen takaosa.

**Cleithrum** (*cleithral bone*) Hartian lulkoluu. Kiduskannen takana sijaitsevat parilliset luut, ts. kalojen hartiat, joihin rintaevät nivELYVÄT. Käytetään erityisesti särkikalojen ja hauen iänmäärityksessä.

**Ctenii** Ks. suomupiikit.

**Cutting over** Kasvurenkaiden leikkauslinja. Suomessa linja jolla uusi vuosirengas ikäänkuin leikkaa edellisen vuosikasvuyöhykkeen viimeisiä kasvurenkaita, usein suomun sivulohkoilla.

**Epidermi** (*epidermis*) Ihon orvaskesi, kalan pinnan limaa tuottava kerros.

**Etsaus** (*etching*) Otoliitin hionta- tai sahauspintaa syövytetään hapolla => proteiinipitoiset vuosirenkaat saadaan näkyviin.

**Eväruoto** (*fin ray*) Jäykät piikkiruodot tai pehmeät nivelruodot muodostavat yhdessä eväkalvon kanssa evän. Paksuimpia eväruotoja (tyviosan poikkileikkauspinta) on käytetty iänmäärityksessä.

**Focus** Suomun keskus, josta kasvurenkaat puuttuvat.

**Ganoidisuomu** Ks. kiillesuomu.

**Ganoiini** Hammaskiilteen kaltainen aine, joka peittää kiillesuomujen pintaa.

**Guaaniini** Aineenvaihdunnan hajoamistuote, jota kiteytyy suomujen alapuolelle. Saa aikaan epidermin värisolujen (kromatoforit) kanssa kaloissa esiintyvät värit.

**Hammassuomu** (*placoid scale*) Kovan kiilteen peittämä rustokaloille (häit ja rauskut) tyypillinen suomutyyppi.

**Hartian lulkoluu** eli *cleithrum* (*cleithral bone*) Kiduskannen takana sijaitsevat parilliset luut, ts. kalojen hartiat, joihin rintaevät nivELYVÄT. Käytetään erityisesti särkikalojen ja hauen iänmäärityksessä.

**Hyaliniivyöhyke** tai **-kerros** (*translucent zone*, *hyaline zone*) Kalojen luissa ja otoliiteissa läpikuultava ja yleensä kapea tai kapeahko vyöhyke, joka syntyy useimmilla lajeilla talviaikaan hitaan kasvun aikana. Mustaa alustaa vasten näkyy sivuvalossa tummana.



**Ikä-pituus-avain** (*age-length key*) Eri pituusluokkiin kuuluvia yksilöitä poimitaan iänmäärittelyyn. Pituus mitataan suuresta määrästä kaloja. Iänmäärittelyolosuhteista muodostetaan ikä-pituus-avain, jonka avulla yhdessä kalanäytteen pituusjakauman kanssa voidaan arvioida kalanäytteen ikäjakauma.

**Ikäryhmä** (*age-group*) Kaikkien samanikäisten kalojen ikä vuosina. Ne muodostavat yhdessä ikäryhmän, kuten esimerkiksi 2-vuotiaat (ikä merkitään viimeisen kasvuvyöhykkeen näkymisestä riippuen 2 tai 2+), mutta eivät välttämättä ole syntyneet samana vuonna (ks. vuosiluokka).

**Immersioaine** Poistaa heijastumia mikroskooppilla tarkasteltavan luutumanäytteen pinnalta (mm. 1,2-propanidioli, etanoli, vesi, immersioöljy).

**Istutusrengas** Syntyy luonnonravintolammikossa kasvatettuihin kaloihin usein istutuksen yhteydessä kalan kasitteen seurauksena.

**Kampasuomu** (*ctenoid scale*) Ahvenkaloilla tavattava suomutyypin, jonka pyrstönpuoleisesta osasta ei voi havaita kasvurenkaita. Suomun pinnalla olevat pienet suomupiikit tekevät ahvenkalojen pinnan karkeaksi.

**Kasvurengas** eli **stria** (*circular ridge, circulus, sclerite*) Suomun keskusta ympärillä samankeskisesti kiertävät ja suomun sisäpinnassa sijaitsevat harjanteet, joiden muodostumisnopeutta ja etäisyyttä kalan kasvu säätelee. Vuoden aikana suomun syntyneet kasvurenkaat muodostavat yhdessä vuosikasvuvyöhykkeen.

**Keskusuurre** (*sulcus*) Useilla kaloilla sagitta-otoliitin sisäpuolisella sivulla oleva pitkittäinen uurre.

**Kesävyöhyke** (*summer ring*) Nopean kasvun aikana suomuihin toisistaan etäälle muodostuneiden kasvurenkaiden vyöhyke tai muihin luutumiin muodostunut vaalea opaakkivyöhyke.

**Kiillesuomu** (*ganoid scale*) Sampikaloilla esiintyvä suomutyypin.

**Kokofrekvenssianalyysi** eli **Petersenin menetelmä** (*length-frequency, size-frequency distribution*) Kalapopulaation pituusjakauman huippujen tulkintaan perustuva iänmäärittelymenetelmä.

**Kokonaispituus, -mitta** (*total length*), **RT-mitta** (*rostrum totale*) Kalan suurin pituus, joka mitataan kuonon kärjestä pyrstön yhteenpuristettujen ruotojen uloimpaan kärkeen saakka.

**Korvautunut suomu** Ks. regeneroitunut suomu.

**Kosmoidisuomu** (*cosmoid scale*) Useissa kalafossileissa, esimerkiksi keuhkokaloissa tavattu suomutyypin.

**Kromatoforit** eli **värisolut** Kalan ihon orvaskedessä (*epidermis*) esiintyvät väriaineita sisältävät solut.

**Ktenoidisuomu** Ks. kampasuomu.

**Kutumerkki, kuturengas** (*spawning mark, spawning ring*) Lohikalojen suomuissa kutuvaeliuksen aikana tapahtuvan syöpmisen ja kulumisen (resorptio) seurauksena syntyneet vauriot, joiden perusteella myöhemmin pyydetyn kalan voidaan osoittaa käyneen kudulla.

**Kuulokivi** eli **kuuloluu** Ks. otoliitti.

**Kylkiviivan suomut** Kalan kyljessä kulkevan suomurivin suomut, joissa on hermokanavan reikiä keskiosassa. Eivät useimmiten sovellu iänmäärittelyyn.

**Labyrintti** Ks. sisäkorva.

**Lapillus** Yksi kalojen kolmesta parillisesta otoliitista. Käytetään särkikalojen iänmäärittelyssä.

**Leen ilmiö** (*Rosa Lee's phenomenon*) Tilanne, jossa takautuvasti lasketut pituudet tietyssä ikäryhmässä ovat systemaattisesti sitä pienempiä, mitä vanhempia ovat kalat, joista pituudet on laskettu.

**Lihasjaoke** (*myomere*) Kalan kylkilihaksen koostuu erillisistä monitahoisista lihasjaokeista, joiden mukaisesti suomujen pitkittäis-, poikkita- ja viistorivit kulkevat.

**Lisäkasvu** Kahden ajankohdan (yleensä 1.1.-31.12.) välinen pituuden tai painon lisäys tai luutuman kasvu. Lisäkasvu voi olla myös negatiivista (esim. kalan paino, lohien suomun resorptio).

**Lovipituus, -mitta** (*fork length*), **RC-mitta** (*rostrum cauda*) Kalan pituus, joka mitataan kuonon kärjestä pyrstön loveen saakka.

**Maxillare** Yläleuan luu (ahvenen iänmäärittelyssä mahdollinen luutuma).

**Metapterygoideum** Nielukaaren luu (hauen iänmäärittelyssä käytetty luutuma).



**Mikrokortinlukulaite** (*microfiche reader*) Suomujen tai suomujäljenteiden tutkimusväline, jolla alkuperäinen näyte voidaan suurentaa riittävän kookkaaksi tarkastelua varten.

**Migraatio** Vaellus (mm. kutu- tai syönnösvaellus).

**Myomeeri** Ks. lihasjaoke.

**Neutraalipuna** (*neutral red*) Väriaine, jota käytetään otoliittien vuosirenkaiden värjäyksessä.

**Nikama** Vartalonikamat (*vertebra thoracica*) ja pyrstönikamat (*vertebra caudalis*) muodostavat kalan selkärangan. Nikamansolmujen kasvuvyöhykkeitä käytetään iänmäärittelyseen ja niitä voidaan myös mitata kasvumäärittelyä varten.

**Normaali-, standardi-** (*standard scales*) tai **vakiosuomut** Parhaiten iänmäärittelyyn soveltuvat suomut, joiden sijainti vaihtelee lajikohtaisesti.

**Nucleus** Otolitiin tai luun keskusta eli kasvukeskus (vrt. suomun keskus eli *focus*).

**Oikeellisuus** (*validity*) Iänmäärittelymenetelmä on oikeellinen, jos sillä voidaan tehdä luotettavia, todenmukaisia iänmäärittelyksiä.

**Opaakkivyöhyke tai -kerros** (*opaque zone*) Kalojen luissa ja otoliiteissa vaaleana näkyvä läpinäkymätön ja yleensä leveämpi vyöhyke, joka syntyy kesäaikaan nopean kasvun aikana.

**Operculum** (*opercular bone*) Varsinainen kiduskannen luu, useiden kalalajien iänmäärittelyssä käytetty luutuma.

**Ostium** Sagitta-otoliitin keskusuurteen etuosa.

**Otoliini** Otolitiissa esiintyvä valkuisaine.

**Otoliitti** (*ear-stone, otolith*) Kuulokivi (-luu), tasapainokivi. Parittaiset otoliitit (*asteriscus, lapillus* ja *sagitta*) ovat suurelta osin kiteisestä kalsiumkarbonaatista, aragoniitista, koostuvia muodostumia, jotka lepäävät sisäkorvan (labyrintti) kalvopusseissa aistinkarvojen muodostamalla alustalla. Useimmilla lajeilla suurin otoliitti on *sagitta*, joka sijaitsee alimpana. Sen ulkosivulla on *asteriscus*, ja usein vinosti eteen, sivulle ja ylös edellisistä on *lapillus*.

**Paahtaminen** (*burning*) Menetelmä, jossa otoliittia kuumentamalla sen kasvuvyöhykkeet (opaakki ja hyaliini) saadaan erottumaan toisistaan. Erityisesti otoliitin proteiinipitoisimmat osat tummuvat muuta otoliittia enemmän.

**Petersenin menetelmä** Ks. kokofrekvenssianalyysi.

**Plakoidisuomu** Ks. hammassuomu.

**Plus (+) -kasvu** Luutuman ulkoreunaan kasvukauden alettua ilmaantuva, uutta kasvua ilmentävä vyöhyke.

**Poikasrenkas, toukkarenkas** (*fry ring, larval ring*) Luutumiin toisinaan ennen ensimmäisen vuosirenkaan syntymistä muodostuva renkas. Poikasrenkaita voi olla useita.

**Posterior** Taka-.

**Preparointimikroskooppi** Mikroskooppi, jossa tarkasteltavia kohteita on mahdollista käsitellä tarkastelun aikana.

**1,2-propanidioli** Alkoholi, jota käytetään parantamaan vuosirenkaiden erottuvuutta luissa.

**Pyrstönvarsi** (*caudal peduncle*) Peräevän ja pyrstöevän välinen alue.

**Pyörösuomu** (*cycloid scale*) Suomutyyppi, jossa kasvurenkaat kiertävät samankeskisesti koko suomua (mm. hauki sekä särki- ja lohikalat).

**Radius** 1) Suomun säteettäisura, 2) säde, jolta vuosirenkaiden sijainnit mitataan takautuvaa kasvunmäärittelyä varten.

**RC-mitta** (*rostrum cauda*) Ks. lovipituus.

**Regeneroitunut suomu** (*replacement scale, regenerated scale*) Uusiutunut, korvautunut suomu. Paikaltaan irronneen suomun tilalle on kasvanut uusi iänmäärittelyyn kelpaamaton suomu, jonka keskiosasta kasvurenkaat puuttuvat.

**Resorptio** "Takaisinimeytyminen", lohikalojen aineenvaihdunnan muutoksesta johtuva suomujen haurastuminen ja syöpyminen kalan kutuvaelluksen ja kudun aikana.

**Rostrum** Sagitta-otoliitin etummainen kärki, havaittavissa useilla kaloilla vatsanpuoleisessa osassa otoliittia.

**RT-mitta** (*rostrum totale*) Ks. kokonaispituus.

**Sagitta** Yksi kalojen kolmesta parillisesta otoliitista. Yleensä suurikokoisin ja yleisimmän iänmäärittelyssä käytetty otoliitti.

**Samankeskinen** Esimerkiksi kasvurenkaat kiertävät samankeskisesti suomun keskustaa.





**Sisäkorva eli labyrintti** Kuulo-, tasapaino- ja liikeaistien aistimukset tapahtuvat sisäkorvassa, missä on kolme kaarikäytävää. Niiden yhteydessä on pullistumia, joissa parittaiset otoliitit sijaitsevat.

**Smolttivuosisuokka** Samana vuonna smolttituneet lohikalat.

**Smolttivyöhyke** Syntyy lohen suomuun joessa ennen merivaelluksen alkua.

**Somaattinen kasvu** (*somatic growth*) (Kalan) koon, ts. luuston, lihaksiston, sisäelinten, mutta ei sukurauhasten, kasvu.

**Standardipituus** (*standard length*) Kalan pituus kuononkärjestä pyrstönvarteen, suomupeatteen ja pyrstöevän rajaan saakka.

**Standardisuomut** Ks. normaali- ja vakiosuomut.

**Statoliitti** (*statolith*) Nahkaisilla otoliitin ohella käytetty nimitys tasapainokivistä, aiemmin myös luukalojen otoliiteista käytetty nimitys.

**Stereomikroskooppi** Mikroskooppi, jossa on kolmiulotteinen näkökenttä (preparointimikroskooppi, binokulaari).

**Stereoskooppinen** Kolmiulotteinen, syvyysvaikutelman antava.

**Stria** Ks. kasvurengas.

**Suboperculum** Alimmainen kiduskannenluu.

**Sulcus** Ks. keskusuurre.

**Suomujäljenne** Ohuelle muovilevyllä suomupuristimen avulla aikaan saatu suomun ulkopinnan kuva, josta suomun kasvu- ja vuosirenkaat ovat luettavissa esim. mikrokortinlukulaitteen avulla.

**Suomukynsi** Joidenkin kalojen suomuissa tavattavat etureunan kynsimäiset ulokkeet, mm. ahvenen kampsuomussa sekä harjuksen ja hauen pyörösuoimuissa.

**Suomun keskus** Ks. *focus*.

**Suomujäljenne** Ohuelle muovilevyllä suomupuristimen avulla aikaan saatu suomun sisäpinnan kuva, josta suomun kasvu- ja vuosirenkaat ovat luettavissa esim. mikrofiliinilukulaitteen avulla.

**Suomupiikit** (*ctenii, conical teeth*) Ahvenkalojen kampsuomujen takaosan suomupiikit aiheuttavat kalan pinnan karheuden.

**Suomupuristin eli suomuprässi** Kahdesta säätöruuvilla varustetusta metallisynteristä ja näihin hammasratasvälityksellä kiinnitetystä vääntöveivistä valmistettu mankeli, jolla voidaan puristaa eli prässätä suomujäljenteitä muovilevyille.

**Suomutasku** (*scale pocket*) Kalan verinahan muodostama tasku, missä suurin osa suomusta (etuosa) sijaitsee.

**Sykloidisuomu** Ks. pyörösuoimu.

**Syntymäpäivä** Vaikka kalat eivät todellisuudessa synny vuoden ensimmäisenä päivänä (1.1.), ko. päivämäärä on valittu yleiseksi kalojen syntymäpäiväksi. Säännöstä soveltaan joitakin poikkeuksia (esim. lohi, made).

**Säteittäisura** (*radius*) Useilla lahoilla, kuten karpikkaloilla (*Cypriniformes*), suomun keskuksesta tai ulompaa reunaan suomun säteen suuntaisesti ulottuvia uria, joissa kasvurenkaat katkeavat.

**Taannehtiva eli takautuva kasvunmääritys** (*back-calculation of growth*) Menetelmät, joilla esimerkiksi 5-vuotiaasta kalasta voidaan laskea taannehtivasti pituus 1-, 2-, 3- ja 4-vuotiaana. Pituudet eri ikävuosina arvioidaan kalan pituuden, määrityksessä käytettävän luutuman vuosirenkaiden sijaintien sekä pituuden ja luutuman säteen riippuvuuden perusteella.

**Talvivyöhyke** (*winter ring*) Hitaan kasvun aikana suomuihin lähelle toisiaan muodostuneiden kasvurenkaiden vyöhyke tai muihin luutumiin muodostunut läpikuultava hyaliinivyöhyke.

**Tasapainokivi** Ks. otoliitti.

**Todenmukaisuus** (*accuracy*) Todenmukaiset iänmääritykset vastaavat kalojen todellisia ikäiä.

**Totaalimitta** Ks. kokonaispituus.

**Toukkarengas** Ks. poikasrengas.

**Uusiutunut suomu** Ks. regeneroitunut suomu.

**Vakiosuomut** Ks. normaali- ja standardisuomut.



**Valerengas** (*pseudoannulus, false ring*) Luutumaan kesken kasvukauden syntynyt vuosirenkaan kaltainen rengasmuodostuma.

**Varmennusmääritys** (aikaisemmin kaksoismääritys) Kalan ikä määritetään yhtenevästi kahdesta tai useammasta luutumasta, jolloin iänmäärittysten luotettavuus paranee.

**Varsinainen kiduskannen luu** Ks. *operculum*.

**Vuorokausirengas** (*daily ring*) Vuorokausirenkaita muodostuu sopivissa olosuhteissa otoliittiin vuorokausittain.

**Vuosiluokka** (*year-class*) Tiettynä vuonna syntyneet kalat kuuluvat samaan vuosiluokkaan (esim. vuosiluokka 2000). Vrt. ikäryhmä.

**Vuosikasvuvyöhyke** Vuoden aikana luutumaan muodostuva vyöhyke, joka koostuu nopean kasvun ja hitaan kasvun vyöhykkeistä, ts. kesä- ja talvivyöhykkeestä.

**Vuosirengas** (*annulus, annual ring*) Vuosikasvuvyöhykkeiden rajakohta.

**Värisolu** Ks. kromatoforit.

**Yläleuanluu** Maxillare.

**Yhtenevyys** (*precision*) Jos kaksi (tai useampi) henkilöä määrittää samat kalat samanikäisiksi, määritykset ovat yhteneviä.