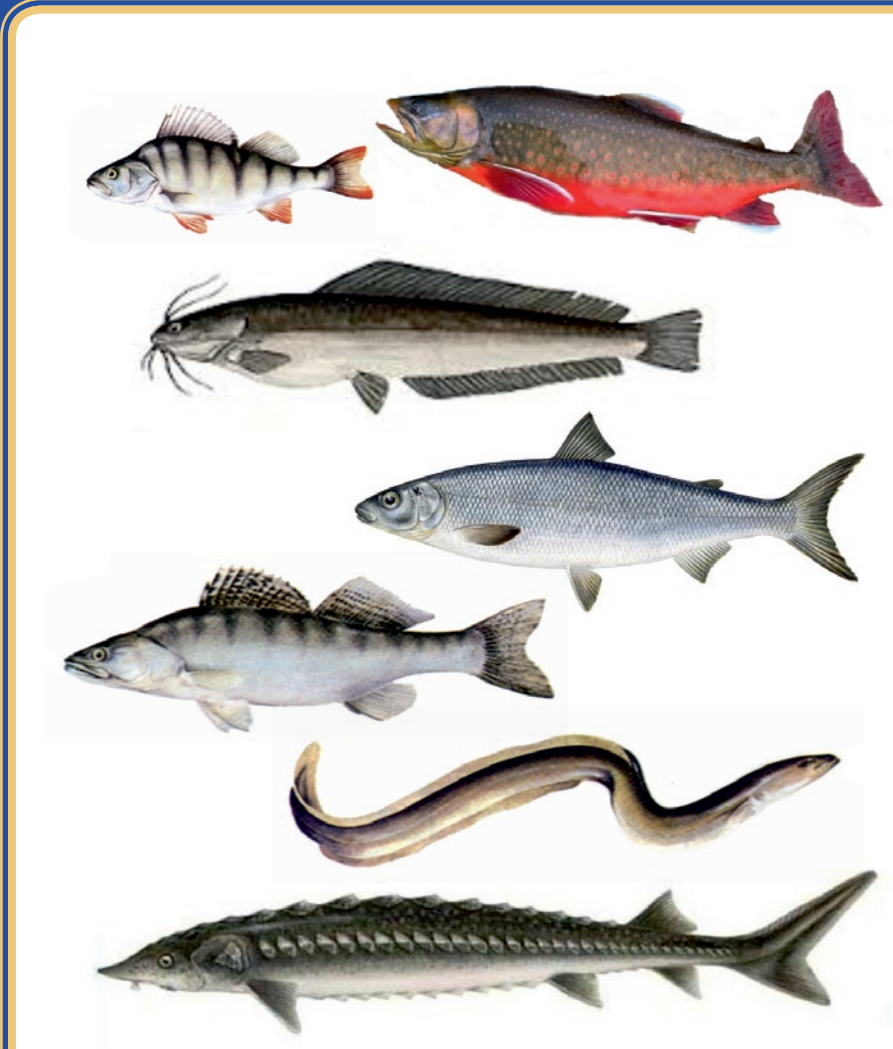
KALAKASVATUS

Perspektiivsed liigid



Kalanduse teabekeskus

Kai Ginter Riho Gross Ain Järvalt
Ats Kruusamägi Tiit Paaver Priit Päkk

KALAKASVATUS

Perspektiivsed liigid

Koostaja: Priit Päkk

Kalanduse teabekeskus
Pärnu 2015

Koostaja: Priit Päkk
Autorid: Kai Ginter, EMÜ teadur
Riho Gross, EMÜ molekulaargeneetika professor
Ain Järvalt, EMÜ Limnoloogiakeskuse juhataja
Ats Kruusamägi, kalakasvataja (AS Simuna Ivax)
Tiit Paaver, EMÜ kalakasvatuse professor
Priit Päkk, EMÜ kalade haiguste lektor
Retsensent: Ene Saadre, RMK Põlula kalakasvatusosakond

Toimetaja: Airi Männik (OÜ Päevakera)
Joonised: Marje Aid
Fotod: Härmo Hiiemäe, Ats Kruusamägi,
Tiit Paaver, Jaan Parts, Priit Päkk
Küljendus: Eesti Loodusfoto OÜ

Väljaandja: Kalanduse teabekeskus, 2015
www.kalateave.ee

ISBN 978–9949–9568–1–4 (trükis)
ISBN 978–9949–9568–2–1 (pdf)

Kalanduse teabekeskus
www.kalateave.ee

EUROOPA
KALANDUSFOND
JÄTKUSUUTLIKU KALANDUSE HEAKS

Toetab Euroopa Liit

Sissejuhatus

2013. aastal valminud Eesti vesiviljeluse sektori arengustrateegia aastateks 2014–2020 sisuline osa keskendub muuhulgas sektori tegevuse analüüsile, tulevikuvisioonidele ja eesmärkide väljatoomisele. Koostatud dokumendis leitakse, et Eesti vesiviljeluse turgu, eeskätt vikerforelli müüki, mõjutab olulisel määral konkurents Põhjamaade lõhe ja vikerforelli impordi näol. Osa imporditavast kalast läheb suurema lisandväärtusega eksporti, osa jääb Eesti turule. Samuti tõdetakse, et Eesti vesiviljeluse toodete eksport on olnud suhteliselt tagasihoidlik. Peamiseks ekspordi artikliks on olnud angerjas, mida on müüdud Hollandi töötlejale. Väikestes kogustes on eksporditud ka tuurlasi ja jõevähki. Eesti tingimustes tuleks fookus seada eeskätt nende toodete arendamisele ja juurutamisele, mis otseselt ei konkureeri Põhjamaadest, peamiselt Norrast imporditava toorkalaga. Võimalusteks on näiteks mahetooted, kõrgema lisandväärtusega kalatooted, teatud tingimustel üleminek vikerforelli kasvatuselt teistele liikidele, uued liigid jne.

Ekspordi kasvu peamise võimalusena nähaksegi strateegias just Eesti viljelustingimustega sobivate ja kõrge välisnõudlusega liikide nagu näiteks angerjas, jõevähk, tuurlased, siig ja täiesti uute perspektiivsete liikide viljelemist ning seda toetavat arendustööd. Strateegia töötubades osalenute hinnangul ei ole ühte, teistest selgelt eristuva potentsiaaliga liiki. Rahvusvahelise konkurentsivõime poolest hinnati enim jõevähki ja siiga, turu atraktiivsuse poolest angerjat ja tuura. Kokkuvõttena tõdeti, et otsingud perspektiivsete liikide osas on jätkumas. Võimalik, et nendeks kujunevad hoopiski seni kasvatuses vähe levinud kalad nagu näiteks ahven ja koha.

Eelnenust tulenevalt tahavad raamatu „Kalakasvatus. Perspektiivsed liigid“ autorid anda omapoolse panuse strateegias välja toodud probleemide lahendamisse. Raamatu koostamisel on teinud koostööd TÜ Kalanduse teabekeskuse, EMÜ Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi ning EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituudi teadlased ja õppejõud. Käesolev raamat on suunatud EMÜ vesiviljeluse ja kalanduse, rakendushüdrobioloogia ja loomaarstiõppe üliõpilastele aga samuti TTÜ EestiMereakadeemia ja Järvamaa Kutsehariduskeskuse õppureile. Autorid loodavad samuti, et raamat leiab sooja vastuvõtu alustavate või uutele väljakutsetele avatud, aga ka kogenud kalakasvatajate seas. Autorid tänavad koostöö ja avatuse eest Toomas Armulikku ja Silver Sirpi ning panuse eest kujundamisse Marje Aidi ja asjakohaste kommentaaride eest Ene Saadret.

Autorite nimel Priit Päkk ja Tiit Paaver
Tartus 2015 aasta vastlakuul

Sisukord

1. Kalade geneetika ja aretus — Riho Gross

Miks on vaja tunda geneetika ja aretuse põhimõtteid? 9
Lühiülevaade kalade kodustamise ja aretuse ajaloost 9
Pärilikkuse ja geneetilise muutlikkuse alused 10
Valik ehk selektsioon 12
Inbriiding ja inbriidingdepressioon 14
Autbriiding ja heteroos 16
Ristamine ja hübridiseerimine 17
Aretusprogrammi planeerimine 19
Biotehnoloogilised manipulatsioonid kaladega 20
Kasutatud kirjandus 25

2. Ahvenakasvatus — Kai Kinter, Priit Päkk

2.1. Bioloogiline iseloomustus **27**
Taksonoomia ja kirjeldus 27
Levik ja elupaik 27
Paljunemine 28
Areng 30
Toitumine 30
Kasv ja vanus 31

2.2. Kasvatamine **31**
Kasvatuse ajalugu ja praegune olukord 31
Sugukari 32
Paljundamine ja kudemine tehistingimustes 33
Kudemisaja mõjutamine temperatuuri- ja valgusrežiimi abil 35
Kudemise hormonaalne stimuleerimine 35
Mari 36
Niisk 38
Tõuaretus 39
Kasvatamise etapid 42
Kaubakalade kasvatamine 47
Toitumise eripärad 48
Kalade suremus 48
Haigused ja nende kontroll 48

2.3. Toodangu turustamine **48**
Ahvena käitlemine ja töötlemine 48
Tootmiskulud 49
Turustamine 49

2.4. Kasvatamine varude rikastamiseks **49**
Kasvatamisega seotud keskkonnaprobleemid 50
Kasvatusega seotud suundumused 50
Kasutatud kirjandus 51

3. Angerjakasvatus Tiit Paaver, Ain Järvalt

3.1. Bioloogiline iseloomustus **53**

3.2. Kasvatamine **55**
Kasvatamine RASis 56
Söötmine ja kasv 57
Tervishoid 59

3.3. Toodangu turustamine **59**
Kasutatud kirjandus 59

4. Angersägakasvatus Priit Päkk

4.1. Bioloogiline iseloomustus **61**

4.2. Kasvatamine **63**
Paljundamine 64
Sugukari 64
Kunstlik paljundamine 64
Kasutatud kirjandus 67

5. Paaliakasvatus — Ats Kruusamägi, Priit Päkk

5.1. Bioloogiline iseloomustus **68**
Taksonoomia ja kirjeldus 68
Elupaik, toitumine ja kasv 70
Paljunemine 72

5.2. Kasvatamine **72**
Kasvukeskkond 73
Paljundamine 76
Levinud haigused ja terviseprobleemid 81
Arktika paalia kasvatamise kogemused Eestis 81

5.3. Toodangu turustamine **82**
Kasutatud kirjandus 83

6. Kohakasvatus — Kai Ginter

6.1. Bioloogiline iseloomustus **85**
Taksonoomia ja kirjeldus 85
Levik ja elupaik 85
Paljunemine 86
Areng 88
Toitumine 88
Kasv ja vanus 90

6.2. Kasvatamine **91**
Kasvatuse ajalugu ja praegune olukord 91
Sugukari 91
Paljundamine tehistingimustes 92
Mari 95
Niisk 97
Tõuaretus 98
Kasvatamise etapid 99
Vastsete kasvatamine 99
Maimude kasvatamine 101
Noorkalade kasvatamine 101
Kaubakala kasvatamine 102
Toitumise eripärad 104
Kalade kadu 105
Haigused ja nende kontroll 106

6.3. Toodangu turustamine **106**
Koha käilemine ja töötlemine 106
Turustamine 106

6.4. Kasvatamine varude rikastamiseks **107**
Kasvatamisega seotud keskkonnaprobleemid 108
Kasvatamisega seotud suundumused 109
Kasutatud kirjandus 109

7. Siiakasvatus Kai Ginter

7.1. Bioloogiline iseloomustus **112**

7.2. Kasvatamine **113**
Kasvatamise ajalugu ja praegune olukord 113
Sugukari 114
Paljundamine tehistingimustes 114
Marja lüpsmine ja inkubeerimine 115
Niisk 117
Kalade valik 117
Kasvatamise etapid 118
Vastsete kasvatamine 118
Kaubakalade kasvatamine 119
Söötmine 121
Toitumise eripärad 122
Kalade suremus 122

7.3. Toodangu turustamine **123**

7.4. Kasvatamine varude rikastamiseks **123**
Kasvatamisega seotud keskkonnaprobleemid 124
Kasvatamisega seotud probleemid ja suundumused 124
Kasutatud kirjandus 125

8. Tuurakasvatus

Tiit Paaver, Priit Päkk

8.1. Bioloogiline iseloomustus **128**

8.2. Kasvatamine **129**

Kaubakalaks kasvatatavad tuurlased 129
Püük ja kasvatus maailmas ja Eestis 130
Liikide eristustunnused 131
Paljundamine 132
Eri vanuserühmade tootmine 137
Tõuaretus 139
Haigused ja nende vältimine 141

8.3. Toodangu turustamine **141**

Käsitsemine ja sorteerimine 141
Transport 142
Kasutatud kirjandus 143

Kalade geneetika ja aretus

Riho Gross

1

Miks on vaja tunda geneetika ja aretuse põhimõtteid?

Kasvatatavate kalade produktiivsus sõltub suurel määral nende geneetilisest potentsiaalist, mida mõjutavad märkimisväärselt paljundamisel rakendatud aretusvõtted ja sugukalade valiku põhimõtted. Üha tihenevas konkurentsis on edukamad need kalakasvatajad, kelle käsutuses on turu nõudlusele ja kasvatustingimustele (kliima, kasvatustehnoloogia jne) vastav tõumaterjal. Et aretustöö on töömahukas ja kallis, siis on mõttekas sellega sihipäraselt tegeleda ainult aretuskeskustes ja piisava tootmismahu korral. Siiski tegelevad aretusega kõik kalakasvatajad (sageli seda endale teadvustamata), kes peavad sugukarja, sest nad mõjutavad kalade geneetilist potentsiaali iga kord, kui teevad otsuse, milliseid sugukalu nad paljundamiseks kasutavad ja kuidas nad neid paaritavad. Ebakompetentse tegevuse korral on tõenäoline hoopis produktiivsuse vähenemine inbriidingu, juhusliku geenitriivi ja kaudse valiku tagajärjel. Käesoleva peatüki eesmärk on tutvustada kalakasvatajatele geneetika ja aretuse põhialuseid, et nad saaksid aru, millised on nende tegevuse tagajärjed ja kuidas nende tegevus mõjutab kalade produktiivsust.

Lühiülevaade kalade kodustamise ja aretuse ajaloost

Võrreldes põllumajandusloomade ja -lindudega on enamikku kalaliike kasvatatud suhteliselt lühikest aega. Tõelisi tõuge selle sõna tavapärases tähenduses on kaladel vaid üksikuid ja seetõttu kasutatakse mingite omaduste põhjal eristuvate karjade tähistamiseks enamasti mõistet *liin* (ingl *strain*). Kasvatuskaladest võib pidada kodustatuks vaid karpkala, kelle ulukeellast, doonau sasaani hakati Rooma impeeriumi tiikides pidama ja paljundama I sajandi paiku. Ka Hiinas on karpkalu kasvatatud väga pikka aega, kuid seal oli kodustatud teine ulukkarpkala alamliik – ida- või kagu-aasia sasaan. XII–XVI sajandini rajati Euroopas palju karpkalatiike ja teatud määral tehti ka aretustööd, mille tulemusena ilmusid kõrge keha ja erineva soomuskattega vormid. Sihipäraselt hakati karpkala produktiivomadusi parandama alles XX sajandil Nõukogude Liidus (1930 – Ukraina karpkalatõud, 1949 – külmakindel ropša karpkala, 1960ndad – punataudiresistentne krasnodari karpkala ja kesk-vene karpkala), hiljem ka Iisraelis, Ungaris, Tšehhoslovakkias ja teistes Ida-Euroopa maades.

Teise tähtsa kasvatuskala, vikerforelli kodustamise alguseks võib pidada XIX sajandi lõppu, mil teda hakati USAs Californias kunstlikult paljundama ja üle kogu maailma levitama. Sihipäraselt hakati vikerforelli produktiivomadusi parandama 1932. a USAs Washingtoni osariigis, kus aretati tema looja,

prof L. R. Donaldsoni nime kandev donaldsoni liin. Vikerforelli aretusega tegeletakse tänapäeval paljudes maades, olemas on isegi riiklikud aretusprogrammid (nt Norras ja Soomes).

Ülejäänud oluliste kasvatuskalade kodustamise ja aretuse ajalugu on veel lühem. Nii alustati atlandi lõhe aretust 1971. a Norras (1990ndatel ka Tšiilis, Islandil, Iirimaal ja Šotimaal) ja kisutši aretust 1979. a USAs. Paljusid kalaliike – kanalisäga (USA), niiluse tilaapiat (Hiina, Egiptus, Indoneesia, Filipiinid, Tai), kammeljat (Hispaania, Norra) ja linaskit (Tšehhi) – hakati aretama alles XX sajandi lõpul ja XXI sajandi algul.

Seetõttu on geneetiliselt parandatud omadustega kaladel maailma vesiviljelustoodangus siiani suhteliselt väike osa.

Pärilikkuse ja geneetilise muutlikkuse alused

Nagu teistelgi organismidel, säilitab kaladel pärilikku teavet **DNA** (desoksüribonukleiinhape), mille kogupikkus luukaladel varieerub 0,4–4,4 miljardi aluspaarini (võrdluseks, inimese genoom sisaldab 3 miljardit aluspaari). Tuntumatest kasvatuskaladest on genoomi suurus karpkalal 1,7, vikerforellil 2,7 ja lõhel 3,0 miljardit aluspaari. DNA paikneb rakutuumas **kromosoomides**, mille arv erineb samuti liigiti (nt karpkalal 50, vikerforellil ja lõhel 30 erinevat kromosoomi). Enamik kalaliike on diploidsed (2*n*), st neil on iga kromosoomi kaks (üks emalt ja teine isalt). Esineb ka polüploidseid kalaliike, kellel on iga kromosoomi kolm (3*n* ehk triploidid, nt mõni hõbekogre vorm), neli (4*n* ehk tetraploidid, nt vene ja siberi tuur) või isegi enam. Kogu DNAst on funktsionaalne (st sisaldab valkude sünteesiks vajalikku teavet või reguleerib geenide aktiivsust) vaid vähem kui ⅓, ülejäänud DNA funktsioon on enamasti teadmata. DNA molekuli funktsionaalset lõiku, mis sisaldab teavet ühe valgu sünteesiks, nimetatakse **geeniks**. Enamiku kalaliikide puhul ei teata veel geenide koguarvu genoomis, kuid see on kindlasti varieeruv, st sõltub kalaliigist.

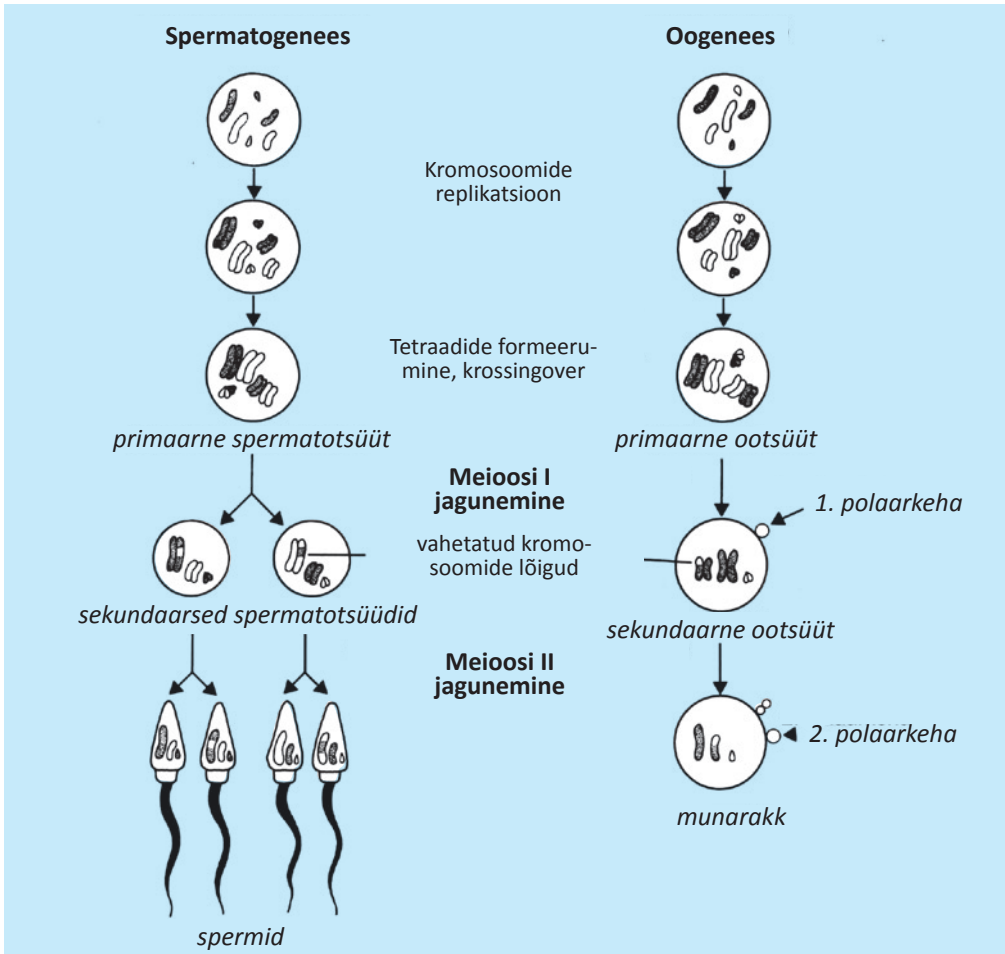
Mutatsioonide tõttu võib mingi geeni DNA järjestus olla erinev, st geen võib esineda mitme alternatiivse variandi ehk **alleelina**. Seetõttu võib erineda ka geeni poolt kodeeritud valgu aminohappeline koostis ja seega ka funktsioon. Geeni või mis tahes muu eristatava DNA nukleotiidijärjestuse (geneetilise markeri) asukohta kromosoomil nimetatakse **lookuseks** ja indiviidi geneetiliste lookuste alleelne koosseis määrab tema **genotüübi**. Diploidsetel organismidel eristatakse iga geeni suhtes homosügootset genotüüpi (indiviid pärib mõlemalt vanemalt sama geenivariandi ehk alleeli, nt *AA* või *aa*) ja heterosügootset genotüüpi (indiviid pärib kummaltki vanemalt erineva alleeli, nt *Aa*). Koostoimes keskkonnatingimustega määrab genotüüp indiviidi **fenotüübi** ehk morfoloogiliste, füsioloogiliste, keemiliste, etoloogiliste ja arenguliste tunnuste variantide ja avaldumistasemete kogumi.

Vanemad annavad geneetilist informatsiooni järglastele sugurakkudega (spermide ja munarakkudega), mis üldjuhul sisaldavad vaid ühte (haploidset) kromosoomikomplekti. Haploidsed sugurakud saadakse **meioosi** tule-

musel, mis kujutab endast kahekordset rakujagunemist. Seejuures on isas- ja emassugurakkude kujunemise protsess veidi erinev: kui ühest primaarsest spermatotsüüdist saadakse kahe järjestikuse jagunemise tulemusena **neli spermi**, siis ühest primaarsest ootsüüdist moodustub vaid **üks munarakk**, sest mõlema jagunemise käigus elimineeritakse üks tütarrakk ehk nn polaarkeha (joonis 1.1).

Kui imetajatel on mõlemad munaraku ehk ootsüüdi meiootilised jagunemised kehasisesed, siis **kalade eripärana** toimub enne kudemist vaid meioosi I jagunemine, vette heidetakse sekundaarsed ootsüüdid ja meioosi II jagunemine toimub kehaväliselt alles pärast spermatosoidide kinnitumist. Need iseärasused võimaldavad kalade puhul hõlpsasti teostada mitmesuguseid biotehnoloogilisi manipulatsioone, nt kutsuda esile triploidsust, tetraploidsust ja günogeneesi.

1.1. Meioos kaladel. Kahekordse rakujagunemise tulemusena moodustuvad diploidse kromosoomistikuga primaarsetest gametotsüütidest haploidse kromosoomistikuga sugurakud ehk gameedid.



Valik ehk selektsioon

Valiku all mõistetakse indiviidide või perekondade valimist aretusrühma ehk sugukarja eesmärgiga muuta mingi kvantitatiivse tunnuse (nt kehamass, lihasaagis või viljakus) keskmist väärtust järglaste populatsioonis. Valik seisneb soovimatute genotüüpide praakimises võimalikult noores eas, et takistada nende alleelide pärandumist järgmisele põlvkonnale. Seevastu soovitavate omadustega isenditele luuakse kõik võimalused paljunemiseks – need loomad moodustavad järgmise põlvkonna vanemate rühma (aretusrühma). Valiku eesmärk on suurendada populatsiooni soovitud omadusi määravate alleelide sagedust soovimatuid omadusi määravate alleelide sageduse arvel (nende samaaegse vähendamisega). Valikuga ei ole võimalik luua uusi alleele (need võivad moodustuda ainult mutatsioonide teel), muudetakse ainult lähtepopulatsiooni alleelisagedusi, millega kaasneb ka genotüübisageduste muutus.

Valikumeetodeid võib liigitada:

- *valikutunnuste arvu põhjal*: valik ühe või mitme tunnuse alusel;
- *valikuüksuste tüübi põhjal*: individuaal- või rühmavalik (perekonnavalik);
- *informatsiooniallika põhjal*: valik isendi enda (massvalik) või sugulaste (eellased, külgsugulased, järglased) fenotüübi järgi;
- *valiku eesmärgi põhjal*: suunav (sihipärane), lõhestav (disruptiivne) või stabiliseeriv (ühtlustav) valik.

Vajaduse korral võib valikumeetodeid ka omavahel kombineerida.

Suunav valik on kalade aretuses enim kasutatud valikumeetod ja selle eesmärk on suurendada või vähendada järglastel tunnuse keskmist fenotüübiväärtust. Seejuures võib sõltuvalt tunnuse **päritavuskoefitsiendist** h^2 (tabel 1.1) kasutada kas **individuaalvalikut** (suure h^2 korral) või **perekonnavalikut** ($h^2 \leq 0{,}15$). **Massvalik** on võimalik juhul, kui tunnuse fenotüübiväärtust on võimalik isendi enda puhul mõõta (nt kehamass), vastasel korral (kui tunnuse mõõtmise tagajärjel kala hukkub; nt lihasaagise, liha kvaliteedi,

Tabel 1.1. **Mõne produktiivomaduse päritavuskoefitsiendid (h^2 ± standardviga) lõhel ja vikerforellil (Gjedrem, 2000)**

Tunnus	Atlandi lõhe	Vikerforell
Kehakaal turustamisel	0,35 ± 0,10	0,21
Suguküpsuse saavutamise vanus	0,15	0,05
Liha rasvasisaldus	0,30 ± 0,09	0,47
Liha värvus	0,09 ± 0,05	0,27
Üldine ellujäämus	0,00 ± 0,02	0,16 ± 0,03
Ellujäämus furunkuloosi nakatumisel	0,04 ± 0,17	–

ellujäämuse ja haiguskindluse hindamisel) tuleb valida lähisugulasi. Kui eesmärk on parandada mitut tunnust, siis võib kasutada **tandemvalikut** (kõigepealt valitakse ühe tunnuse põhjal soovitud tulemuse saavutamiseni, seejärel teise tunnuse põhjal soovitud tulemuse saavutamiseni jne), **valikut sõltumatute piiride järgi** (igale valikutunnusele kehtestatakse miinimumpiir, millest allapoole jäävad isendid praagitakse) või **valikut sõltuvate piiride järgi** ehk **selektsiooniindeksi meetodit** (iga isendi jaoks arvutatakse **selektsiooniindeks**, mis arvestab eri tunnuste päritavust ja varieeruvust, nende geneetilisi korrelatsioone ja tunnuste majanduslikku tähtsust).

Kui mingi tunnuse h^2 on teada, siis on võimalik ennustada **selektsioonieefekti** ehk **valikuedu (*R*)**, st populatsiooni keskmise fenotüübiväärtuse oodatavat nihet põlvkonna kohta:

$$R = Sh^2,$$

kus ***S*** on **selektsioonidiferents** ehk sugukarja valitud kalade keskmiste fenotüübiväärtuste erinevus lähtepopulatsiooni keskmisest.

1. Näide:	**1+ vikerforelli kasvukiiruse valikuedu arvutamine**	
Lähteandmed:	1+ kalade keskmine kehamass	454 g,
	valitud emaste keskmine kehamass	604 g,
	valitud isaste keskmine kehamass	692 g, $h^2 = 0{,}3$
Arvutuskäik:	• selektsioonidiferents	$S = (604 + 692) / 2 - 454 = 194$ g
	• oodatav valikuedu	$R = 194 \times 0{,}3 = 58$ g
	• järgmise põlvkonna oodatav 1+ kalade keskmine mass = 454 + 58 = 512 g	

Mida suurem on tunnuse päritavuskoefitsient h^2, seda efektiivsem on selektsioon ja suurem oodatav valikuedu (kui $h^2 = 1$, siis $R = S$; kui aga $h^2 = 0$, siis $R = 0$). Tuleb aga silmas pidada, et h^2 väärtused ei ole põlvkonniti püsivad, vaid sõltuvad alleelisageduste ja keskkonna muutustest (kaladel eelkõige temperatuurimuutustest). Seega tuleb hinnata h^2 keskkonnas, kus valikut tehakse, ning see kehtib ainult konkreetse populatsiooni või tõu kohta. Samas sõltub h^2 väärtus ka kala vanusest tunnuse fenotüübi määramise ajal, mistõttu ei saa näiteks samasuviste kalade kehamassi h^2 automaatselt üle kanda kolmesuviste kalade kehamassile. Tabelis 1.2 on toodud näiteid kasvukiiruse valikuedust mõne kalaliigi puhul.

Et aretusprogrammi edukust korrektselt hinnata, tuleb kasutada **kontrollrühma**. See võimaldab eristada, millal on tunnuse keskmise väärtuse muutus populatsioonis tingitud valikuedust (st tunnuse parandamine valiku tulemusel) ja millal paremast keskkonnast (parem tehnoloogia, paremad söödad jne). Kontrollrühma moodustamiseks võetakse lähtepopulatsioonist enne valiku algust juhuslik valim, mille paljundamisel välditakse valikut.

Tabel 1.2. **Näiteid kasvukiiruse valikuedust kaladel**

Kalaliik	Keskmine kehamass, g	Valikuedu põlvkonna kohta, %	Põlvkondade arv
Vikerforell	4000	13,0	2
Vikerforell (magevees)	1060–2600	7,9	2
Vikerforell (merevees)	1050	4,9	2
Atlandi lõhe	4500	14,4	1
Atlandi lõhe	5700	11–15	3
Kanalisäga	400–600	12,0–18,0	1
Kanalisäga	67	20	1
Tilaapia	180	7	9
Kisutš	250	10,1	4

Allikad: Gjedrem, 2000; Kause jt, 2005; Ponzoni jt, 2011

Inbriiding ja inbriidingdepressioon

Inbriiding ehk suguluspaaritus on populatsiooni (või tõu) keskmisest lähemas suguluses isendite paaritamine. Et igal isendil on kaks vanemat, neli vanavanemat jne, siis läheb isegi väikse põlvkondade arvu puhul eellaste arv nii suureks, et seda ei mahuta ükski tegelik populatsioon. Seega on iga isendi vanemad seotud ühiste eellaste kaudu lähemast või kaugemast minevikust ning võivad kanda ühe või mitme ühise eellase geenide koopiaid. Inbriiding **suurendab populatsiooni keskmist homosügootsust,** st suurendab homosügootsete genotüüpide sagedust (ja vastavalt vähendab heterosügootsete genotüüpide sagedust), kuid **ei muuda alleelide sagedust**. Inbriidingutaset mõõdetakse **inbriidingukoefitsiendiga** (*F*) ja selle all mõistetakse vanemate geneetilisest sugulusest tingitud homosügootsuse suurenemise tõenäosust järglastel võrreldes lähtepopulatsiooniga. Kui iseviljastamisel on *F* väärtus 0,5, siis vanema ja järglase või õe ja venna paaritamisel 0,25 ning poolõe ja poolvenna paaritamisel 0,125.

Isendi inbriidingukoefitsienti on kalade puhul raske leida, sest vanemate põlvnemisandmeid enamasti ei ole. Seetõttu leitakse kaudselt **populatsiooni keskmine inbriidingukoefitsiendi** suurenemine põlvkonna kohta, mis sõltub populatsiooni efektiivsest suurusest (N_e):

$$\Delta F = 1 / (2N_e)$$

Populatsiooni (sugukarja) efektiivne suurus vastab nn ideaalse populatsiooni suurusele, kus isendid paaruvad vabalt, sugude vahekord on 1 : 1, kõigi isendite panus järglaskonda on võrdne ja populatsiooni suurus ei kõigu põlvkonniti. Populatsiooni efektiivset suurust iseloomustab samasugune inbriidingukoefitsiendi suurenemine ja geneetilise mitmekesisuse vähenemine nagu konkreetses reaalses populatsioonis. Et reaalsetes populatsioonides esineb alati kõrvalekaldeid nimetatud tingimustest, siis on nende efektiivne suurus peaaegu alati väiksem populatsiooni isendite tegelikust arvust. Liiga väike populatsiooni efektiivne suurus on suure viljakuse tõttu sageli

probleemiks just kaladel, sest kasvatamiseks vajaliku arvu järglasi võib saada vaid väheseid sugukalu kasutades. Kui valida nende järglaste hulgast järgmise põlvkonna sugukalad, siis nende järglaste sigivus, ellujäämus ja produktiivsus on suure tõenäosusega väiksem ning neil ilmneb vanempopulatsiooniga võrreldes enam pärilikke defekte. Seda nimetatakse **inbriidingdepressiooniks**, mis on põhjustatud kahjuliku mõjuga retsessiivsete alleelide homosügotiseerumisest, sest heterosügootsena nende mõju ei avaldu. Näiteks vikerforelli jaoks on kriitiline inbriidingutase 18%, sellest suurem inbriiding põhjustab märkimisväärset inbriidingdepressiooni (kuni 57%) ellujäämuse, kasvu ja marjaterade suuruse osas (Kincaid, 1976).

Tõuaretuses kasutatakse **kontrollitud inbriidingut**, et suurendada tunnuste fenotüübilist ühtsust. Inbriiding suurendab tõenäosust, et dominantse fenotüübiga indiviidid on dominantse alleeli suhtes homosügootsed. Seega fikseerib inbriiding suurenenud homosügootsuse tõttu tunnuseid ja inbriidsete vanemate järglased on suurema tõenäosusega vanemate sarnased kui autbriidsete vanemate järglased (vähemalt dominantsetest geenidest sõltuvate tunnuste poolest). **Kontrollimatut inbriidingut** tuleb aga igal juhul vältida ja selleks tuleb järgida järgmisi põhimõtteid:

- tagada võimalikult suur N_e igas põlvkonnas, et hoida summaarne $\Delta F \leq 0{,}05$ kogu aretusprogrammi vältel (see aitab ära hoida ka geneetilise mitmekesisuse vähenemist juhusliku geenitriivi tagajärjel). **Aretustöös peaks sugukarja N_e olema 60–250** (sõltuvalt aretusprogrammi pikkusest), ohustatud liikide taastootmisel 344–500 sõltuvalt taastootmisprogrammi pikkusest, et säilitada geneetiline mitmekesisus (tabel 1.3, näide 2);
- paaritamisel kasutada võimalikult võrdset sugupoolte vahekorda (ideaalne oleks paaritada üks emane ühe isasega, mis tagab maksimaalse N_e sama sugukalade koguarvu puhul);

Tabel 1.3. **Minimaalne sugukarja efektiivne suurus N_e aretustöös ja looduslike kalavarude taastootmisel, et hoida inbriidingukoefitsient $F \leq 0{,}05$ ja säilitada 99% tõenäosusega alleele, mille sagedus on 0,05 (aretustöös) või 0,01 (taastootmisel) (Tave, 1993)**

Põlvkondade arv	Aretustöö	Kalavarude taastootmine
1	45	
5	61	
10	100	344
15	150	364
20	200	378
25	250	390
50		500
60		600
70		700
80		800
90		900
100		1000

2. Näide: leida N_e, et hoida 10 põlvkonna jooksul $F \leq 0{,}05$

Arvutuskäik:
» lubatav F põlvkonna kohta: $F = 0{,}05 / 10 = 0{,}005$
» N_e, et saada $F = 0{,}005$ põlvkonna kohta: $N_e = 1 / (2F) = 1 / 0{,}01 = 100$

- tagada võimalikult võrdne arv sugukalu järjestikustes põlvkondades (st vältida populatsiooni suuruse pudelikaelu), sest sugukalade arvu suurendamine mingis põlvkonnas ei kaota inbriidingut, vaid kõigest pidurdab selle edasist suurenemist;
- tagada sugukalade võrdne panus järglaskonna (järgmise põlvkonna sugukarja) moodustamisel.

Inbriidingu likvideerimiseks on ainuke võimalus ristata inbriidset populatsiooni populatsiooniga, mis ei ole sellega suguluses, ehk autbriidse populatsiooniga.

Autbriiding ja heteroos

Autbriiding ehk mittesuguluspaaritus on populatsiooni keskmisest kaugemas suguluses isendite paaritamine. Autbriiding **suurendab populatsiooni keskmist heterosügootsust,** st suurendab heterosügootsete genotüüpide sagedust (ja vastavalt vähendab homosügootsete genotüüpide sagedust). Heterosügootsuse suurenemine tingib üldiselt populatsiooni (ja ka üksikisendi) parema kohanemis- ja eluvõime, kiirema kasvu, parema haiguskindluse ja suurema produktiivsuse ning põhjustab **heteroosi**, mille all mõistetakse järglaste suuremat ellujäämust ja produktiivsust võrreldes nende vanematega. Heteroosiefekt mingi tunnuse jaoks leitakse järgmise valemi abil:

$$\frac{\text{(järglaste keskmine – vanemate keskmine)}}{\text{vanemate keskmine}}$$

Heteroosiefektil põhineb üks ristamismeetodeid, nn **tarberistamine**, mille puhul hoitakse vanemliine või -tõuge puhtana ja ristatakse neid vaid kauba-

3. Näide: karpkala 0+ kasvukiiruse heteroosiefekti arvutamine

Saksa peegelkarpkala ja ropša karpkala ning nende ristandite kasvatamisel Ilmatsalu kalamajandis saadi 0+ kaladel järgmised keskmised kehamassid:

- saksa peegelkarpkala (SP) 16,8 g
- ropša karpkala (R) 28,2 g
- ristand SP × R 31,6 g

vanemate keskmine kehamass: (16,8 + 28,2) / 2 = 22,5 g
heteroosiefekt = (31,6 – 22,5) / 22,5 × 100 = 40,4%

kala tootmiseks (vt järgmist alapeatükki). Tarberistamine on häid tulemusi andnud karpkala puhul, kelle kasvatatavad liinid on sageli üsna kõrge inbriidingutasemega, sest karpkala suure viljakuse tõttu kasutatakse vähest arvu sugukalu. Ristamine suurendab seetõttu järglaste heterosügootsust ja võib anda heteroosiefekti.

Ristamine ja hübridiseerimine

Ristamist kasutatakse aretustöös järgmistel eesmärkidel:

- populatsiooni või tõu geneetilise variatsiooni (päriliku heterogeensuse) suurendamiseks, et tagada selektsiooni efektiivsus ja/või likvideerida inbriidingdepressioon;
- uue tõu aretamiseks, kes ühendaks lähtetõugude kasulikke omadusi;
- olemasoleva tõu mingi produktiivomaduse parandamiseks;
- parima vanemate kombinatsiooni leidmiseks, mis annab järglastel soovitud (mingit produktiivomadust parandava) alleelide kombinatsiooni (genotüübi).

Uue tõu aretamisel kasutatakse nn **uudikristamist**, st ristatakse liine, tõuge või populatsioone, et ühendada nende kasulikke omadusi ja suurendada tunnuste aditiivset geneetilist dispersiooni, mis on selektsiooni efektiivsuse tagamise eeldus. Näiteks ropša karpkalatõu aretusel ristati Ida-Euroopa päritoluga kodustatud karpkala (nn galiitsia karpkala) amuuri sasaaniga, et ühendada amuuri sasaani külmakindlus ja hea ellujäämus galiitsia karpkala hea välimiku ja kasvuomadustega, Soome vikerforelli aretamise programmi lähtepopulatsiooni moodustamiseks ristati aga 1980ndate lõpul neli kvaliteetset liini. Aretatava tõu heterogeensuse säilitamiseks tuleks aretatav tõurühm jagada vähemalt kaheks liiniks, teha valikut eraldi igas liinis, lubades mõõdukat inbriidingut, ning ristata aeg-ajalt eri liine omavahel (seda on kasutatud nt ropša, krasnodari ja kesk-vene karpkalatõu aretusel). Aretuse varastel etappidel võib moodustada ka nn geenifondi reservi (piisavalt suur rühm kalu, kus välditakse inbriidingut) ning aretusliinide geneetilise heterogeensuse vähenedes ristata isendeid reservfondi kaladega.

Juba eksisteeriva tõu või liini parandamiseks kasutatakse sõltuvalt eesmärgist sisestavat või vältavat ristamist. **Sisestava ristamise** puhul on eesmärk säilitada parandatava tõu põhiomadused, kasutades parandaja tõugu vaid mõne omaduse parandamiseks. Seetõttu ristatakse parandatavat tõugu parandaja tõu isenditega vaid üks kord ja ristandeid paaritatakse seejärel parandatava tõu isenditega. **Vältava** ehk **ümberkujundava ristamise** eesmärk on ulatuslikult parandada nõuetele mittevastava kohaliku tõu omadusi. Selleks ristatakse parandatavat tõugu parandaja tõu isenditega mitme põlvkonna vältel. Omal käel ei maksa kalakasvatajal ristamisi ette võtta, sest katset korralikult planeerimata ja sobiva baasita ei ole võimalik ristamiste tulemusi usaldusväärselt hinnata. Seetõttu võib juhuslik katsetamine produktiivomadusi hoopis halvendada ja põhjustada liinide genofondi segunemise. Nii juhtus kahjuks ka Eesti NSVs kasvatatud vikerforelliliinidega.

Praktilistel eesmärkidel võib kalakasvatuses kasutada nn **tarberistamist**, mille puhul paaritatakse kahe või mitme tõu või liini isendeid, et saada heade produktiivomadustega kaubakalad. Sellise ristamise eesmärk on luua soodsad alleeli- ja geenikombinatsioonid, et saavutada järglastel heteroosiefekt. Seejuures on oluline meeles pidada, et vanemtõuge või -liine tuleb säilitada puhtana ja mitte valida sugukarja ristandisendeid, vastasel korral heteroosiefekt väheneb või kaob üldse. Kalakasvatuses on tarberistamist edukalt kasutatud eelkõige karpkalal (nt Ukraina karpkalatõugude, eesti soomuskarpkala ja saksa peegelkarpkala ristandid ropša karpkalaga, kodustatud Euroopa karpkalatõugude või -liinide ristandid amuuri sasaaniga, Ungari ja Tšehhi karpkalaliinide ristandid), kelle esimese põlvkonna (F_1) ristandid on sageli kiirema kasvu ja parema ellujäämusega kui vanemtõud või -liinid. NSVLis oli väga populaarne just kultuurkarpkala ja amuuri sasaani ristamine, mis tagas F_1-kaladel parema ellujäämuse, parema talvekindluse ja kiirema kasvu. Teadmatusest või hoolimatusest valiti sugukaladeks ka ristandeid, mistõttu paljudes majandites kadusid puhtad karpkalaliinid ja edasised ristamised muutusid ebaefektiivseks.

Hübridiseerimise all mõistetakse kalaliikide ristamist eesmärgiga ühendada nende kasulikud omadused (nt suurendada kasvukiirust ja haiguskindlust, parandada lihakvaliteeti), reguleerida sugupoolte vahekorda või saavutada steriilsus.

Hübriididele on sageli iseloomulik osaline või täielik steriilsus, mis on enamasti tingitud vanemliikide erinevast kromosoomide arvust.

Kasulike omaduste ühendamise eesmärgil kasvatatakse näiteks järgmisi hübriide:

- aafrika angersäga (*Clarias gariepinus*) ja tai säga (*Clarias macrocephalus*) hübriid, viljakas (kuna mõlemal vanemliigil on sarnane kromosoomide arv: 2*n* vastavalt 56 ja 54) ning aafrika angersäga kiire kasvu ja tai säga hea lihakvaliteediga, 80% sägatoodangust Tais;
- beluuga (*Huso huso*) ja sterleti (*Acipenser ruthenus*) hübriid bester, viljakas (kuna mõlemal vanemliigil on sarnane kromosoomide arv: 2*n* = 116–118), beluuga kiire kasvuga ja sterleti kiire sugulise küpsemisega;
- arktika paalia (*Salvelinus alpinus*) ja ameerika ojapaalia (*Salvelinus fontinalis*) hübriid (nn elsassi paalia), viljakas (kuna mõlemal vanemliigil on sarnane kromosoomide arv: 2*n* vastavalt 80 ja 84), omadustelt mõlema vanemliigi vahepealne (sõltudes siiski ka sellest, kumb liik on emasvanemaks), tarbijad hindavad kõrgelt eriti Saksamaal;
- ameerika järvepaalia (*Salvelinus namaycush*) ja ameerika ojapaalia (*Salvelinus fontinalis*) hübriid (ingl *splake*), viljakas (kuna mõlema vanemliigi kromosoomide arv on identne: 2*n* = 84), kiirema kasvuga kui vanemliigid ja talub madalat vee pH-d, asustatakse Põhja-Ameerika veekogudesse sportliku kalapüügi eesmärgil.

Steriilsed on näiteks jõeforelli (*Salmo trutta*) ja ameerika ojapaalia (*Salvelinus fontinalis*) hübriidid ehk nn tiigerforellid, kuna jõeforelli kromosoomide arv

(2*n* = 60) on väga erinev ameerika ojapaalia omast (2*n* = 84). Tiigerforellile on iseloomulik noorjärkude halb ellujäämus, kuid kasvukiirus on neil hea ja dekoratiivsuse tõttu on nad väga populaarsed õngesportlaste hulgas. Steriilsuse tõttu ei ohusta nende asustamine looduslikesse veekogudesse teiste lõheliste genofondi.

Sugupoolte vahekorra reguleerimise eesmärgil kasvatatakse näiteks Iisraelis laialdaselt niiluse tilaapia (*Oreochromis niloticus*) ja sinise tilaapia (*Oreochromis aureus*) hübriide, kes on valdavalt isased ja kiirema kasvuga kui emaskalad, samuti aitab tilaapia hübriidide kasvatamine ära hoida nende kontrollimatut paljunemist tiikides.

Kalakasvatajad peaksid hübriidide tootmisega olema siiski ettevaatlikud, sest viljakate hübriidide pääsemine looduslikesse veekogudesse võib ohustada looduslike kalaliikide genofondi. Et sageli on hübriide vanemliikidest välimuse järgi raske eristada, esineb ka juhtumeid, kus kalakasvataja paljundab viljakat hübriidi puhta liigi pähe. Näiteks geneetiliste markerite abil tehtud uuringud näitasid, et mitmes Baieri kalakasvanduses peetavas arktika paalia ja ameerika ojapaalia sugukarjas esines palju nende hübriide ehk nn elsassi paaliaid, keda kalakasvatajad pidasid puhtaks liigiks (Gross jt, 2004). Ilma geneetiliste uuringuteta on sageli võimatu eristada ka lõhe ja meriforelli hübriide vanemliikidest ning mõnikord ka lõhe ja meriforelli noorkalu teineteisest. Nii kasutati 1970. aastatel Ivangorodi kalahaudemajas ekslikult meriforelli sugukalu lõhe kunstlikul paljundamisel ja toodeti asustamiseks hübriide.

Aretusprogrammi planeerimine

Aretusprogrammi planeerimiseks tuleb määratleda aretuse eesmärgid, st milliseid tunnuseid soovitakse parandada. Seejuures peab neil tunnustel muidugi esinema geneetiline variatsioon (kas aditiivne või dominantne), vastasel juhul ei ole võimalik tunnuseid valiku või ristamistega parandada. Aretuse edukuse prognoosimiseks ja kõige tulemuslikuma valikumeetodi valimiseks peab teadma ka tunnuste geneetilise ja fenotüübilise variatsiooni ulatust ja suhet (päritavuskoefitsient) ning nendevaheliste seoste (korrelatsioonid) suunda ja tugevust.

Mida parandada?

Aretuse peaeesmärk on suurendada ettevõtte kasumit. Sellest lähtuvalt määratletakse ka konkreetse liigi või populatsiooni aretamise programmi eesmärgid ja valitakse tunnused, mida soovitakse parandada, näiteks söödakasutusefektiivsus (söödakogus 1 kg juurdekasvu kohta), kasvukiirus (kehamass turustamisel), haiguskindlus (ellujäämus kogu kasvuperioodi vältel või ellujäämus nakatuskatsetes), lihakvaliteet (liha rasvasisaldus ja värvus, lihasaagis), suguküpsuse saavutamise vanus (varase küpsemise sagedus). Arvestada tuleb ka tunnuse mõõtmise maksumust. Näiteks söödakasutusefektiivsust on väga keeruline ja kallis individuaalselt mõõta ning seetõttu

on selle parandamine harva aretuse omaette eesmärk. Samas on uuringud näidanud, et kiirema kasvuga kaaasneb tavaliselt suuremsöödakasutusefektiivsus, mistõttu on seda võimalik parandada, kui teha valikut eesmärgiga suurendada kasvukiirust.

Milliseid aretusmeetodeid kasutada?

Selektsiooni efektiivsuse eeldus on aditiivse geneetilise muutlikkuse (geenide aditiivsest ehk kumulatiivsest toimest tingitud muutlikkuse) olemasolu vaadeldaval tunnusel. Valikumeetoditest on kalade puhul olulisemad individuaalne ja perekonnavalik. Perekonnavalik on individuaalsest valikust tulemuslikum väikese päritavuskoefitsiendiga tunnustel (suguküpsuse saavutamise vanus ja ellujäämus) ja lihakvaliteediga seonduvatel tunnustel, mida ei saa mõõta eluskaladel. Individuaalne valik on efektiivne tunnustel, mille $h^2 > 0{,}2$ (nt kehamass). Ristamiste kasutamine aretusprogrammis sõltub mitteaditiivse geneetilise muutlikkuse osatähtsusest (heteroosiefekti esinemisest) ning selle väljaselgitamiseks tuleb teha ristamiskatseid. Soovitatav on vältida lähisugulusristamisi, sest paljudel kalaliikidel kaasneb inbriidingukoefitsiendi 10%lise suurenemisega 3–6%line inbriidingdepressioon hulga oluliste tunnuste puhul.

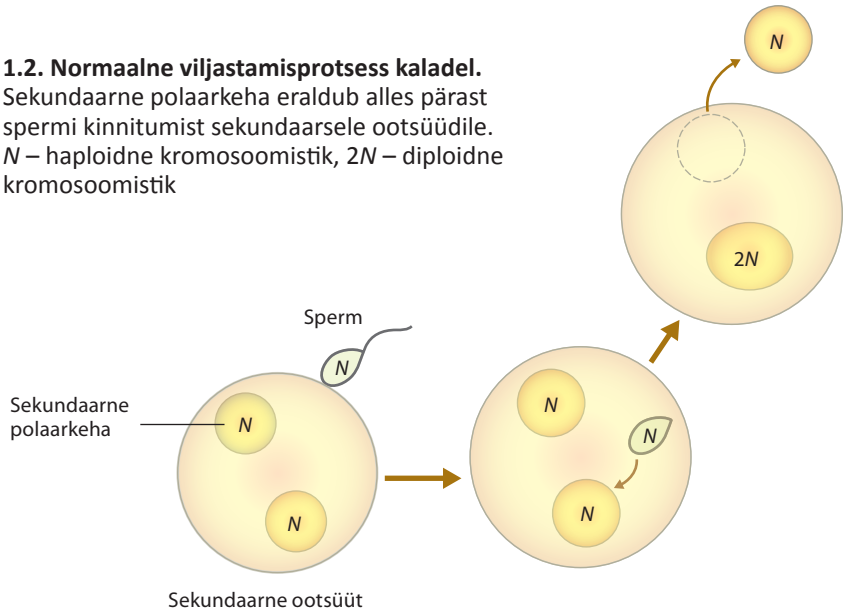
Keda valida sugukarja?

Parimate indiviidide, perekondade või liinide valikuks tuleb hinnata nende **aretusväärtust**. Lihtsaim on hinnata tunnuse fenotüübiväärtust üksikindiviidil. Sageli on see aga üsna ebatäpne (ei ole võimalik eristada tunnuse geneetilistest teguritest ja keskkonnast tingitud muutlikkust) ning sobib eelkõige aretusel ühe tunnuse põhjal, mille h^2 on suur. Keerulisem ja kallim on hinnata aretusväärtust indiviidi selektsiooniindeksi põhjal, kuid see on mitut tunnust hõlmava aretuse puhul parim meetod, sest arvestab nende erinevat majanduslikku tähtsust, päritavust ja omavahelist korrelatsiooni. Perekonnavalikut tehes hinnatakse perekonna aretusväärtust tunnuse keskmise fenotüübiväärtuse põhjal.

Biotehnoloogilised manipulatsioonid kaladega

Kaladel on palju bioloogilisi iseärasusi, mille tõttu on nendega võimalikud mitmesugused biotehnoloogilised manipulatsioonid:

- geneetiliselt määratletud sugu on suguhormoonide (steroidide) manustamise abil võimalik muuta;
- kehaväline viljastamine ja embrüonaalne areng võimaldab manipuleerida sugurakkude, viljastatud sügoodi ja embrüoga;
- erinevalt imetajatest, kellel mõlemad meiootilised jagunemised toimuvad keha sees, toimub enamikul kalaliikidel enne kudemist vaid meioosi I jagunemine ja kehast väljutatakse sekundaarsed ootsüüdid. Meioosi II jagunemine toimub alles pärast spermatosoidide kinnitumist ootsüüdile ning see võimaldab tõkestada sekundaarse polaarkeha eraldumist (joonis 1.2) .



1.2. Normaalne viljastamisprotsess kaladel. Sekundaarne polaarkeha eraldub alles pärast spermi kinnitumist sekundaarsele ootsüüdile. *N* – haploidne kromosoomistik, 2*N* – diploidne kromosoomistik

Ühesooliste populatsioonide tootmine

Paljudel kasvatatavatel kalaliikidel on hulk produktiivomadusi (nt kasvukiirus, suguküpsuse saavutamise vanus, lihasaagis ja -kvaliteet ning värvus) sooti erinevad ning seetõttu on kasulikum kasvatada ja turustada ainult produktiivsemat või atraktiivsemat sugupoolt. Näiteks vikerforelli- ja lõhekasvatuses (aga ka karpkalakasvatuses) on kasulik toota ainult emaskaladest (ingl *all-female*) koosnevaid populatsioone, et vältida varem suguküpsuse saavutavaid isaskalu, kelle kasv pidurdub ja lihakvaliteet halveneb; tilaapia- ja kärpsägakasvatuses on aga kasulik toota ainult isaskaladest (ingl *all-male*) koosnevaid populatsioone, et elimineerida emaskalad, kes kasvavad aeglasemalt kui isased. Samuti võidakse ühesoolisi populatsioone toota eesmärgiga vältida soovimatut või kontrollimatut paljunemist (nt introdutseeritud liigid, transgeensed kalad ja hübriidid).

Ühesoolisi populatsioone on võimalik toota nii otseselt kalade fenotüübilist sugu muutes (manustades neile söödaga anaboolseid steroide või kasvatades neid hormoonilahuses) kui ka kaudselt, pööratud sooga sugukalade abil. Otsesel meetodil saadakse ainult isastest koosnevaid populatsioone androgeenide (nt 17α-metüültestosteroon) ja ainult emastest koosnevaid populatsioone östrogeenide abil. Androgeene on praktikas kasutatud tilaapiakasvatuses, kus vastseid söödetakse 30–60 päeva söödaga, milles 17α-metüültestosterooni kontsentratsioon on 60 mg/kg. Östrogeene (12 toimeainet) on katsetatud 56 kalaliigil. Kuigi turustatava kala hormoonisisaldus on tühine ega ole inimese tervisele ohtlik, esineb siiski turustamisprobleeme. Seega on tänapäeval eelistatum kasutada kaubakala tootmisel pööratud sooga sugukalu. Sõltuvalt soo geneetilise määramise süsteemist ja järglastel

soovitavast sugupoolest kasutatakse eri meetodeid. Kaladel esineb koguni üheksa soomääramissüsteemi, neist ühe puhul kontrollitakse sugu autosoomsetes (tavalistes) kromosoomides paiknevate sugu määravate geenide abil (nt huntahvena puhul), ülejäänud kaheksa süsteemi puhul aga spetsiaalsete sugukromosoomide ehk gonosoomide abil. Sugukromosoomide alusel soo määramise süsteemidest esineb kaladel (nt vikerforell, lõhe, karpkala, koger ja niiluse tilaapia) kõige sagedamini XY-süsteem, kus emased on homogameetne (XX) ja isased heterogameetne (XY) sugupool. Teine paljudel kalaliikidel (nt angerjas, roosärg, sinine tilaapia (*Oreochromis aureus*), gambuusia ehk moskiitokala) esinev süsteem on ZW, kus vastandina XY-süsteemile on emased heterogameetne (ZW) ja isased homogameetne (ZZ) sugupool. Ülejäänud sugukromosoomide alusel soo määramise süsteemid on haruldased ja esinevad vaid üksikutel kalaliikidel.

Ainult emaskaladest koosneva populatsiooni tootmiseks XY-soomääramissüsteemi puhul (nt lõhe, forell ja karpkala) söödetakse vastsetele androgeene, mille tulemusena saadakse lisaks normaalsetele XY-sugukromosoomidega isastele ka XX-sugukromosoomidega isaskalad. Nende kromosoomistiku tüüpi testitakse järglaste põhjal (vikerforellil pole see vajalik, sest XX-„isastel" on väljaarenemata seemnejuha ja seetõttu on niisa saamiseks vaja nad lahti lõigata), XY-isased (järglaskonnas 50% emaseid ja 50% isaseid) praagitakse ja XX-„isased" jäetakse sugukaladeks. Normaalsete XX-emaste marja viljastamisel XX-„isaste" niisaga saadakse ainult emaskaladest (XX-kromosoomidega) koosnev järglaskond. Ainult emaskaladest koosnevate populatsioonide kasvatamisel põhineb suur osa vikerforellitoodangust Šotimaal (> 90%), Taanis ja USAs. Ka Eestis kasutavad paljud kalakasvatajad viimastel aastatel ainult emaskaladest koosnevate liinide asustusmaterjali.

Ainult isaskaladest koosneva populatsiooni tootmiseks XY-soomääramissüsteemi puhul (nt kärpsäga, mosambiigi ja niiluse tilaapia) söödetakse vastsetele östrogeene, mille tulemusena saadakse XX-emased ja XY-„emased". Nende kromosoomistiku tüüpi testitakse järglaste fenotüübi põhjal. XX-emased (järglaskonnas 50% emaseid ja 50% isaseid) praagitakse, XY-„emaste" (järglaskonnas 25% emaseid ja 75% isaseid) järglaskonnast testitakse veel kord isaseid (XY- ja YY-kromosoomistikuga isaste segu), et välja selgitada **nn superisased (YY)**, kes jäetakse sugukaladeks. XX-emaste marja viljastamisel YY-superisaste niisaga saadakse ainult isaskaladest (XY-kromosoomidega) koosnev järglaskond. Ainult isaskaladest koosnevate populatsioonide kasvatamisel põhineb oluline osa niiluse tilaapia toodangust maailmas.

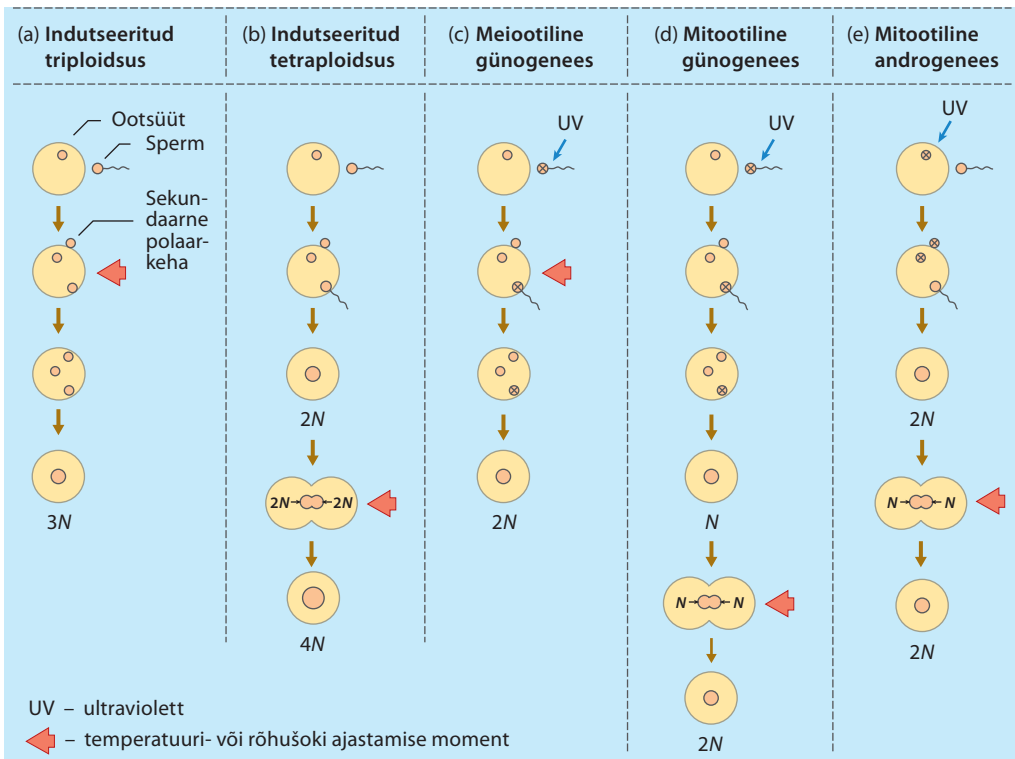
Sekundaarse polaarkeha eraldumise tõkestamisel põhinevad kromosoomistiku manipulatsioonid: indutseeritud triploidsus ja meiootiline günogenees

Ootsüütide meioosi II jagunemise käigus tekkinud sekundaarne polaarkeha eraldub kaladel alles pärast viljastamist (spermatosoidi kinnitumist sekundaarsele ootsüüdile). See võimaldab rõhu- või temperatuurišoki abil sekundaarse polaarkeha eraldumist tõkestada, mille tagajärjel munaraku ja sekundaarse polaarkeha haploidsed tuumad jäävad sama munaraku sisse. Viljas-

tamisel moodustavad sügoodi munaraku, sekundaarse polaarkeha ja spermi haploidsed tuumad, mille tulemusena saadakse kolmekordne ehk **triploidne** kromosoomistik (joonis 1.3a). Šoki tüüp, ajastus ja kestus sõltub inkubeerimistemperatuurist ja kalaliigist. Triploidsed kalad on enamasti **steriilsed**, mistõttu võib nende kasvatamine aidata vältida kasvu aeglustumist ja lihakvaliteedi halvenemist suguküpsuse varajase saabumise tõttu või kontrollimatut paljunemist võõrliikide puhul.

Meiootilise günogeneesi esilekutsumiseks inaktiveeritakse spermide tuumas sisalduv DNA ultraviolett-, röntgeni- või gammakiirtega. Kiiritatud spermidega aktiveeritakse sekundaarse ootsüüdi edasine areng (II meiootiline jagunemine) ning vahetult pärast „viljastamist" kasutatakse rõhu- või temperatuurišokki, mis tõkestab sekundaarse polaarkeha eraldumise nagu triploidide saamiselgi (joonis 1.3c). Selle tulemusena moodustavad diploidse kromosoomistikuga sügoodi munaraku ja sekundaarse polaarkeha haploidsed tuumad. Et mõlemad kromosoomikomplektid pärinevad emalt, siis on XY-soomääramissüsteemiga kaladel kõik günogeneetiliselt saadud järglased geneetiliselt ainult emased (XX), ZW-süsteemiga kaladel aga 50% isased (ZZ) ja 50% nn superemased (WW). Kuigi meiootiline günogenees suurendab tunduvalt järglaste homosügootsust (isegi rohkem kui iseviljastumine),

1.3. Kromosoomistiku biotehnoloogilised manipulatsioonid kaladel.
N, 2*N*, 3*N*, 4*N* – haploidne, diploidne, triploidne ja tetraploidne kromosoomistik



ei ole need meioosi I jagunemise profaasis toimunud rekombinatsiooni ehk krossingoveri tõttu 100% homosügootsed. Günogeneesi on võimalik kasutada kalade soomääramissüsteemide uurimiseks ning ka inbriidsete liinide kiireks saamiseks.

Sügoodi I mitootilise jagunemise tõkestamisel põhinevad kromosoomistiku manipulatsioonid: indutseeritud tetraploidsus, mitootiline günogenees ja androgenees

Normaalselt algab pärast meioosi II jagunemist ja munaraku viljastamist sügoodi mitootiline jagunemine (embrüonaalne areng). Rõhu- või temperatuurišoki abil on aga võimalik I mitootilist jagunemist tõkestada, mille tagajärjel jäävad tütarrakkude diploidsed tuumad sama raku sisse ja ühinevad, moodustades **tetraploidse** (neljakordse kromosoomistikuga) raku (joonis 1.3b). Et tetraploidsed kalad on viljakad ja toodavad erinevalt normaalsetest kaladest diploidse kromosoomistikuga sugurakke, siis on nende abil lihtne toota triploide, viljastades näiteks tetraploidse kala marja diploidse kala niisaga.

Mitootilise günogeneesi esilekutsumiseks inaktiveeritakse spermide tuumas sisalduv DNA UV-, röntgeni- või gammakiirtega. Kiiritatud spermidega aktiveeritakse sekundaarse ootsüüdi edasine areng (II meiootiline jagunemine) ning rõhu- või temperatuurišokk ajastatakse hetkele, mil „viljastatud" haploidse sügoodi tuumas on kromosoomid replitseerunud ja see hakkab kaheks jagunema (joonis 1.3d). Selle tulemusena tõkestatakse raku jagunemine ja tütartuumad (kumbki ühekordse ehk haploidse kromosoomistikuga) ühinevad, moodustades kahekordse ehk diploidse kromosoomistikuga raku. Et mõlemad kromosoomikomplektid pärinevad emalt, siis XY-soomääramissüsteemiga kaladel on kõik järglased geneetiliselt ainult emased (XX), ZW-süsteemiga kaladel aga 50% isased (ZZ) ja 50% nn superemased (ZW). Olulise erinevusena meiootilisest günogeneesist on mitootilise günogeneesi teel saadud järglased 100% homosügootsed ja seetõttu halva ellujäämusega.

Sarnaselt mitootilise günogeneesiga on võimalik esile kutsuda ka **mitootilist androgeneesi**, kiiritades munarakkude tuumas sisalduvat DNAd UV-, röntgeni- või gammakiirtega. Inaktiveeritud DNAga munarakk viljastatakse normaalse spermaga ning rõhu- või temperatuurišokk ajastatakse jällegi I mitootilisele jagunemisele, mis tõkestab raku jagunemise (joonis 1.3e). Haploidsete tütartuumade ühinemise tulemusena moodustub diploidne rakk, mille homoloogilised kromosoomid on identsed, st kõik androgeneetilised järglased on 100% homosügootsed. Et mõlemad kromosoomikomplektid pärinevad isalt, siis XY-soomääramissüsteemiga kaladel on 50% androgeneetiliselt saadud järglasi geneetiliselt emased (XX) ja 50% nn superisased (YY), ZW-süsteemiga kaladel aga 100% isased (ZZ). Androgeneetiliselt saadud nn superisaseid on võimalik kasutada ainult isastest koosneva populatsiooni tootmiseks XY-süsteemiga kaladel, viljastades nende spermaga normaalsete emaste (XX) marja.

Üks huvitav androgeneesi rakendamise valdkond on hävinenud liikide taastamine: lähedase liigi kiiritatud munarakud viljastatakse hävinenud liigi sügavkülmutatud spermaga ja saadakse seega hävinenud liigi DNAd sisaldava tuumaga sügoot. Ainuke erinevus hävinenud liigist on see, et sellisel viisil taastatud liigi rakud sisaldavad võõrliigi mitokondriaalset DNAd, mis ei paikne mitte rakutuumas, vaid rakuplasmas olevates mitokondrites ja pärandub seega munarakuga mööda emaliini.

Androgeneetilisi järglasi on võimalik saada ka lihtsama meetodi abil, viljastades kiiritamisega inaktiveeritud munaraku tetraploidse kala niisaga, mis on diploidse kromosoomistikuga. Sellisel viisil saadud järglased ei ole aga 100% homosügootsed, sest tetraploidsete kalade spermides olevad homoloogilised kromosoomid ei ole täiesti identsed.

Geenitehnoloogia

Geenitehnoloogia (geenide siirdamine ühelt organismilt teisele) on tänapäeval ülikiirelt arenev teadusvaldkond ja paljud selle rakendamise võimalused pakuvad huvi ka kalakasvatuse seisukohalt. Transgeense ehk võõrgeeniga kala saamiseks tuleb soovitud geen (nt kasvuhormooni kodeeriv geen) kõigepealt kloonida. Selleks lõigatakse geen doonorliigi kromosoomist välja ja sisestatakse plasmiidi DNAsse, mis omakorda viiakse paljundamiseks bakteritesse. Seejärel plasmiidid isoleeritakse ja puhastatakse ning sellisel viisil paljundatud geen lõigatakse välja ja süstitakse viljastatud munaraku (sügoodi) tuuma või tsütoplasmasse, et see integreeruks retsipiendi kromosoomi ja oleks seal võimeline ekspresseeruma. Sellisel viisil on võimalik näiteks märkimisväärselt kiirendada kalade kasvu, tõhustada söödakasutusefektiivsust ja parandada haiguskindlust, kuid eelkõige tarbijate ja looduskaitsjate tugeva vastuseisu tõttu ei ole transgeensete kalade kasvatamine veel laialdaselt levinud.

Kasutatud kirjandus

Balon, E. K. (2004). About the oldest domesticates among fishes. Journal of Fish Biology, 65 (Supplement A), 1–27.

Beaumont, A., Boudry, P., Hoare, K. (2010). Biotechnology and Genetics in Fisheries and Aquaculture, 2nd edition. New York: Wiley-Blackwell, 202 p.

Donaldson, L. R., Olson, P. R. (1957). Development of rainbow trout brood stock by selective breeding. Transactions of the American Fisheries Society, 85, 93–101.

Dunham, R. (2004). Aquaculture and Fisheries Biotechnology. Genetic Approaches. CABI Publishing, 372 p.

Gjedrem, T. (2000). Genetic improvement of cold-water fish species. Aquaculture Research, 31, 25–33.

Gjedrem, T. (2005). Selection and Breeding Programs in Aquaculture. Berlin: Springer, 364 p.

Gross, R., Gum, B., Reiter, R., Kühn, R. (2004). Genetic introgression between Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) and brook trout (*S. fontinalis*) in Bavarian hatchery stocks inferred from nuclear and mitochondrial DNA markers. Aquaculture International, 12, 19–32.

Hulata, G. (2001). Genetic manipulations in aquaculture: a review of stock improvement by classical and modern technologies. Genetica, 111, 155–173.

Kause, A., Ritola, O., Paananen, T., Wahlroos, H., Mäntysaari, E. A. (2005). Genetic trends in growth, sexual maturity and skeletal deformations, and rate of inbreeding in a breeding programme for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Aquaculture, 247, 177–187.

Kincaid, H. L. (1976). Effects of inbreeding on rainbow trout populations. Transactions of the American Fisheries Society, 105, 273–280.

Kirpitshnikov, V. S. (1987). Genetika i selektsija rõb. Leningrad: Nauka. 520 lk.

MacCrimmon, H. R. (1971). World distribution of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 28, 663–704.

Ponzoni, R. W., Nguyen, N. H., Khaw, H. L., Hamzah, A., Bakar, K. R. A., Yee, H. Y. (2011). Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the WorldFish Center with the GIFT strain. Reviews in Aquaculture, 3, 27–41.

Tave, D. (1993). Genetics for Fish Hatchery Managers, 2nd edition. New York: Chapman & Hall, 415 p.

Ahvenakasvatus

Kai Ginter, Priit Päkk

2

2.1. Bioloogiline iseloomustus

Taksonoomia ja kirjeldus

Ahven (*Perca fluviatilis* L.) kuulub koos koha ja kiisaga ahvenlaste (*Percidae*) sugukonda. Ahven on jässaka, külgedelt lamendunud kehaga. Keha on kõige kõrgem esimese seljauime kohal. Tema pea on lühike ja kooniline. Suu on suur ja otsseisune. Ülalõug ulatub silma keskpunkti vertikaalini. Lõualuul on arvukalt tihedates ridades väikseid harjaselisi hambaid. Keel on sile. Ahvenal on kaks seljauime, neist esimene on pikem ja teravate ogakiirtega, teine lühem ja peamiselt pehmete kiirtega. Seljauimi eraldab üksteisest sälk. Soomus on väike, tugev ja kõvasti kinnitunud. Küljejoon ei ulatu sabauimele. Pealagi ja selg on oliiv- või mustjasrohelised, küljed heledamad, 5–8 tumeda püstvöödiga, kõht on valkjas või hõbedane. Seljauimed on hallikad, sabapoolsel must laik. Rinnauimed on tumekollased, kõhuuimed ja pärakuuim ereoranž. Värvus võib suuresti sõltuda vee värvusest. Tumeda veega veekogudes võib ahven olla peaaegu must, heleda läbipaistva veega veekogudes palju heledam (Pihu, Turovski, 2001).

Levik ja elupaik

Ahven on laialt levinud eri tüüpi veekogudes – nii vooluvetes, järvedes, läbivooluga tiikides kui ka rannikumeres. Ahvenat peetakse eurütermseks, st suuri temperatuurikõikumisi taluvaks liigiks. Sellest tulenevalt esineb ahvenat paljudes kliimavöötmetes. Ta on laialt levinud Euraasia kesk- ja põhjaosa mage- ja riimvetest kuni Kolõma jõeni idas. Euroopas puudub ahven vaid mõnes piirkonnas - Pürenee poolsaarel, Itaalias, Islandil, Šotimaal ja Lääne-Norras. Ahvena loodusliku leviku lõunapiir on juuli 31 °C isotermil (samasoojusjoonel). Siiski on liiki introdutseeritud ka lõunapoolkerale, Edela- ja Kagu-Austraaliasse, Tasmaaniasse, Uus-Meremaale ja Lõuna-Aafrikasse. Loodusliku levila põhjapiir asetseb juuli 11 °C isotermil (võrdluseks – Eesti asub juuli 16 °C isotermil).

Eesti veekogudes on ahven koos haugiga kõige levinum kalaliik, kes esineb 92% järvedes. Peale selle elab ahven peaaegu pooltes meie vooluveekogudes ja kõikjal rannikumeres. Ahven on üsna vähenõudlik ja vastupidav kala, kes võib olla ainus kalaliik mõnes metsa- või rabajärves, sest saab sigida ka seal, kus tavamõistes normaalseid kudemispaiku pole.

Kuigi ahvenale kõlbab elamiseks lai temperatuurivahemik, peetakse tema noorjärkudele sobivaimaks veetemperatuuriks 25–30°C, täiskasvanud isenditele sobiva temperatuuri optimum jääb 18–27 °C vahele. On täheldatud, et soojad suved mõjuvad ahvena asurkonnale hästi nii meil kui ka Soomes.

Ahven eelistab pigem madalaid veekogusid, mis on mõõdukalt eutroofsed. Veekogude eutrofeerumisel ahvena arvukus esmalt kasvab, kuid eutrofeerumise jätkudes hakkab vähenema (Jeppesen jt, 2000). Siiski on ahven elupaiga suhtes leplik, ta võib asustada ka üle 40 m sügavusi järvi ja soolast vett. Ahvenale sobivad mitmekesised elupaigad, kus on suurtaimi, varjevõimalusi jne. Eluks sobivad tingimused jäävad järgmistesse piiridesse: hapnikusisaldus 1,3–13,5 mg/l, soolsus alla 10‰, vee pH 6–9 piires, voolukiirus noorjärkudel alla 2,5 cm/s ja täiskasvanud kaladel alla 60 cm/s, sobivaim valgustustase 10–11 luksi). Ahvenale sobivad paremini veekogud, mille vesi ei sisalda humiinaineid, sest seal märkab ta toiduobjekte paremini.

Ahvena puhul ei saa selgelt välja tuua liigi eelistust elupaiga suhtes. Kratochvíl jt (2008) on leidnud, et pärast kudemist litoraalis liiguvad ahvena maimud avavette, kus on arvukamalt toiduks sobivaid zooplanktereid. Mõne aja pärast jaguneb populatsioon kaheks: osa isendeid pöördub tagasi litoraali, teised jäävad elama pelagiaali. Seetõttu eristataksegi ahvenal kahte ökoloogilist vormi: litoraalne ehk roovorm ja pelaagiline ehk järvevorm. Mõnel juhul kutsutakse neid ka rohuahvenaks (rooahven) ja süvaveeahvenaks (järveahven). Esimene on enamasti väiksem ja aeglasekasvuline, tumedama keha ja eredamate uimedega ning toitub peamiselt zoobentosest. Teine on röövtoiduline ning kasvab kiiremini ja suuremaks, kuid mitte pikkusesse, vaid pigem laiemaks ja kerekamaks, mistõttu tundub tihti küürakas (Pihu, Turovski, 2001; Mikelsaar, 1984).

Paljunemine

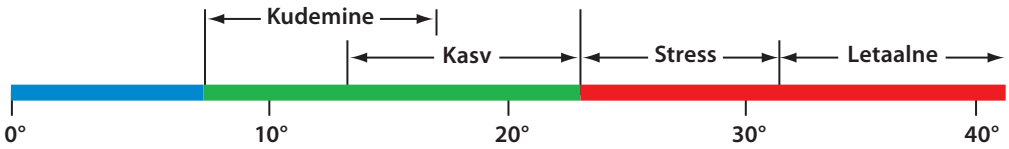
Emased ahvenad saavutavad suguküpsuse keskmiselt 3- ja isased 2-aastaselt (Toner, Rougeot, 2008). Eestis saavad emased suguküpseks keskmiselt 3–5-aastaselt (kogupikkus TL 14–21 cm), isased aasta nooremalt (TL 9–17 cm) (Pihu, Turovski, 2001).

Ahvena paljunemisel peetakse kõige määravamaks vee temperatuuri. Suguproduktide valmimiseks vajab ahven vähemalt 160-päevast jaheda vee perioodi, temperatuur peab siis jääma alla 8 °C. Ahvena kudemine algab siis, kui veetemperatuur tõuseb u 8 °C-ni (joonis 2.1). Nii algab Kreekas ja Inglismaal kudemine juba märtsi keskel ning Eestis mõni päev pärast jääminekut, tavaliselt aprilli lõpus. Litoraaliahven koeb mõnevõrra varem. Kudemisperiood kestab ahvenal üldjuhul 3–4 nädalat ning lõpeb siis, kui vee temperatuur on tõusnud 14–20 °Cni. Eestis kestab see tavaliselt mai keskpaigani, kuid on täheldatud, et mõningates järvedes nihkub kudemise lõpp juuni alguseni (Pihu, Turovski, 2001). Veetemperatuurile lisaks peetakse ahvena paljunemisel oluliseks ka valgusaega. On täheldatud, et 90% isendeid koeb õhtul kella 9 ja hommikul kella 4 vahel.

Ahvena kudu on võrkjas toru, mis vees kokkulangenuna paistab limaja lindina (marjalint). Väikestel isenditel on see mõnikümmend sentimeetrit pikk, suurtel ulatub 1,5 meetrini (joonis 2.2). Litoraaliahven (rooahven) koeb enamasti madalas, kuni 1 m sügavusega vees, pelagiaaliahven (järveahven)

Ahven
Perca fluviatilis

2.1. Ahvena füsioloogiat mõjutavad temperatuurivahemikud

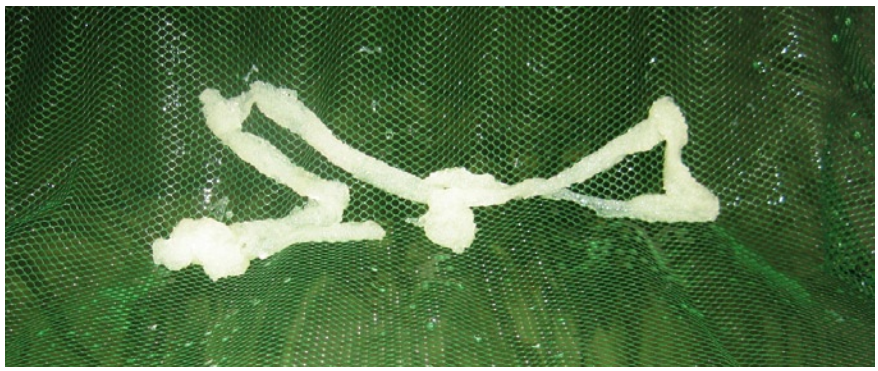


4–6 m sügavuses. Küpsed, 1,3–1,6 mm läbimõõduga helekollased marjaterad väljutatakse torujate lintidena, mis kinnituvad vees olevatele esemetele (kivid, oksad, mahajäetud püünised, tugevamad veetaimed jne) ning jäävad seejärel osaliselt vette hõljuma.

Mõnedel andmetel võib ahven kudeda ka vabasse ja sügavasse vette. Tänu sellisele kudemisviisile on ahven võimeline sugu jätkama ka niisugustes mudase põhjaga veekogudes, kus teistel kaladel ei ole võimalik kudeda. On teada, et ahvena kudu võib kleepuda veelindude jalgade külge ja selliselt, lindude abiga, jõuda teistest veekogudest eraldatud umbjärvedesse ja tiikidesse, kus seda kala varem üldse pole esinenud. Kuna ahvena kudu on kaetud halvamaitselise limaga, on see kaitstud marjasööjate kalade eest, nagu kiisk, ogalik ja ahven ise. Ahvena absoluutne viljakus jääb 10 000 – 120 000 (30 000 – 300 000) marjatera vahele, suhteline viljakus on keskmiselt 102 000 marjatera kehamassi kilogrammi kohta. Inkubatsiooniperiood kestab neil üldjuhul 2–3 nädalat.

Marja ja vastsete kvaliteet on üsna varieeruv, sõltudes paljuski kudemise ajast. Marja kvaliteet halveneb tunduvalt kudemisperioodi teises pooles. Liiga hilisel kudemisel on viljastumisvõime väiksem ja muutub marjakesta tugevus, sest kala koeb ka küpsemata marja, mis ei ole veel valmis viljastuma.

2.2. Ahvena marjalint ehk kudu



Areng

Ahvena arengus eristatakse lootelist ehk embrüonaalset, eelvastse-, vastse-, maimu-, noorkala- ja suguküpsuse staadiumi. Lootelise arengu staadiumi iseloomustab endogeenne toitumine rebukoti toiduvarude arvel. Koorunud 5–7 mm pikkused eelvastsed on väikese rebukotiga ja hästi arenenud. Vastsestaadium algab üleminekuga välistoidule. Vastsed vajavad vaid paaripäevast kosumisaega, misjärel kogunevad parvedesse ja asuvad toitu otsima. Maimustaadiumis kaovad vastseelundid ning selle lõpuks kujunevad välja kõik liigiomased tunnused.

Toitumine

Esimesel eluetapil on ahvena toiduks zooplankton. Ahvenad hakkavad zooplanktereid haarama eelvastse staadiumis. 11–20 mm pikkune (standardpikkus SL) ahven toitub paljude uuringute kohaselt esmalt aerjalgsete noorjärkudest. Ahvena kasvades muutuvad eelistatumaks vesikirbulised, nt *Daphnia sp.* ja *Diaphanosoma brachyurum*, litoraali piirkonnas aga *Eudiaptomus gracilis*. Eesti suurjärvedes toituvad ahvena noorjärgud peamiselt suuremõõtmelistest zooplankteritest nagu *Daphnia galeata, Leptodora kindti, Bosmina longirostris* ja *Mesocyclops leuckarti* (Ginter, 2012; Ginter, avaldamata andmed). Zoobentose osakaal ahvena toidus on vastseperioodil Eesti suurjärvedes väga väike. Kalade magudest on vähesel määral leitud *Chironomus plumosus*'e vastseid. Zoobentose osakaal toidus on mõnevõrra suurem litoraaliahvena vastsetel. Ahven võib zooplanktonist toituda isegi teise eluaastani (Ginter, 2012; Ginter, avaldamata andmed).

Toitumisnihke ehk zooplanktonist toitumiselt zoobentos- ehk põhjaloomatoidule ülemineku aeg võib suuresti varieeruda. Põhjaloomi on leitud juba 3 cm (SL) pikkuste ahvenate maost, üldiselt aga läheb ahven põhjaloomatoidule üle siis, kui tema kogupikkus on 7–9 cm. Põhjaloomadest sööb ahven kõige sagedamini kiililisi ja surusääsevastseid. Arvukad on toidus ka suurtiivalised, ühepäevikulised, ehmestiivalised, teod, kirpvähilised. Enamasti esineb paraalleelselt putukatega toidus ka zooplanktereid.

Kuigi on teada, et juba varases maimueas (TL 2–3 cm) võivad ahvenad haarata teiste kalade (esmajoones särje, aga ka liigikaaslaste) vastseid, ei toimu meie järvede ahvenatel tõsiseltvõetavat nihet kalatoidule üldjuhul esimese eluaasta jooksul (Ginter, 2012; Ginter, avaldamata andmed). Röövtoidule läheb ahven üle tihti alles teisel või kolmandal eluaastal, kui tema kogupikkus on 10–15 cm. Ahven püüab saakkalu nii üksikult varitsedes kui ka parves jälitades. Edukamalt tabab ta saaki paremas valguses. Sisevetes on peamised saakkalad väiksemad ahvenad, kiisk ja särg. Suurjärvedes lisandub tint, rannikumeres räimemaimud, ogalik, luukarits, mudilad ja teised arvukamad ning kergemini kättesaadavad kalad. Meie kaladest on ahven kahtlemata suurim kannibal, kellele on väiksemad liigikaaslased just põhitoiduks. Saakkalad on enamasti 5–8 cm pikkused (TL). Väiksem ahven (TL

kuni 13–15 cm) võib toituda ka marjast, ehkki hoopis vähemal määral kui näiteks kiisk.

Nihked ahvena toitumises võivad esineda väga erinevas vanuses ning nende ajastus sõltub eelkõige konkreetse veekogu toidubaasist, kuid ka konkurentide olemasolust. Bergmani (1988) uuringute kohaselt võib tugev konkurents zooplanktoni pärast (nt särgede suure arvu korral) kiirendada ahvena üleminekut zoobentostoidule ning tihe konkurents põhjaloomade pärast näiteks kiisaga sunnib ahvenat palju varem üle minema kaladest toitumisele. Isendid, kellel õnnestub varakult üle minna kalatoidule, kasvavad enamasti suuremaks ning asurkonnas tekib suuruseline ja toitumuslik diferentseerumine.

Ahvena toitumine ja kasv sõltuvad aastaajast. Kõige intensiivsem on toitumine hiliskevadel ja suve alguses ning suve teisest poolest kuni sügiseni (augustist septembrini). Oktoobris ja novembris väheneb toitumisaktiivsus märgatavalt seoses veetemperatuuri langusega. Ahvena toitumise intensiivsus oleneb kellaajast. Kõige aktiivsem toitumisperiood on Kratochvíli jt (2008) uuringute kohaselt päev ja õhtupoolik.

Kasv ja vanus

Üldiselt kasvab ahven teiste ahvenlastega võrreldes aeglaselt. Looduses on aastased kalad enamasti 6–7 cm pikkused ja 2–3 g raskused, kolmeaastased vastavalt 14–15 cm ja 28–37 g, viieaastased 19–20 cm ja 80–110 g, seitsmeaastased 24–26 cm ja 170–240 g, kümneaastased 31–33 cm ja 400–450 g ning viieteistkümneaastased 37–40 cm ja 700–920 g. Emased kasvavad isastest 20% kiiremini ja elavad neist ka kauem. Ahvenatele on iseloomulik, et nende kasv varieerub suurel määral sõltuvalt toitumistingimustest ja elupaigast. Eesti vetes kasvab ahven kõige kiiremini Peipsi järves: viieaastaste pelagiaaliahvenate kaal on 250–300 g, ent sama vanade litoraaliahvenate kaal vaid 100–120 g. Ahvenad kasvavad enamasti 20–35 cm pikkuseks ja 0,2–3 kg raskuseks, suurimad kuni 51 cm pikkuseks ja 3,6 kg raskuseks ning nende eluiga võib küündida isegi 20–25 aastani. Eesti suurim, 2,8 kg raskune ahven püüti Peipsist 1964. aastal; maailmarekord kuulub aga Soomele, kust on püütud 3,6 kg raskune ahven.

2.2. KASVATAMINE

Kasvatuse ajalugu ja praegune olukord

Ahvena kasvatamise ajalugu ei ole kuigi pikk, kogemused on vähesed ning metoodika arendamine on algusjärgus. Ajalooliselt on peetud ahvenat kasvanduste tiikides ebasoovitatavaks lisaliigiks, sest ta konkureerib kasvatatavate liikidega toidu pärast (zooplankton ja zoobentos) ning kasvades toitub teiste kalade noorjärkudest. Hiljem on hakatud ahvenat kasvatama tiikides

kui biomelioraatorit. Tänapäeval on ahvenakasvatus levinud Tšehhis, Iirimaal ja Prantsusmaal. Spetsiaalne väikefarm on ehitatud ka Eestisse.

Kuigi ahvenat väärtustatakse toidukalana veel vähestes riikides, on ta perspektiivne kasvatusobjekt Euroopas, sest ahvena liha peetakse piirkonniti väga maitsvaks. Ahven sobib vähese rasvasuse (1–3%) ja kalorsuse (80–90 kcal) tõttu dieetkalaks.

Sugukari

Järgnevates alalõikudes tuginevad autorid peamiselt D. Toneri ja C. Rougeot' (2008) soovitustele, E. Pihu ja A. Turovski (2007) andmetele ning S. Sontakilt, O. Soolalt jt (2014) saadud teabele ja soovitustele.

Ahvenal puudub selge sooline dimorfism. Vahetult enne kudemist on siiski märgata mõningaid väliseid sootunnuseid: emastel on kõhupiirkond mõnevõrra paisunud ning suguküpsetel isastel eritub kätte võttes niiska. Sugukalade valimisel lähtutakse sellest, et püütud isendid oleksid suguküpsed ning heas füüsilises ja tervislikus seisundis (joonis 2.3).

Emased ahvenad saavutavad looduses suguküpsuse keskmiselt 3- ja isased 2-aastaselt. Eestis saavad emased suguküpseks 3–5-aastaselt ja 14–21 cm (TL) pikkusena, isased aasta nooremalt ning 9–17 cm pikkusena. Tehistingimustes on suguküpsuse saabumise aega võimalik kuni ühe aasta võrra lühendada. Paljundamiseks sobivad enim emased ja isased, kes kaaluvad vastavalt 200 ja 100 g. Väiksemate isaste spermaproduktsioon on suhteliselt suurem kui kogukamatel kaladel.

2.3. Sugukalade valik (AS Pärnu laht)

Sugukalad võivad pärineda kas teistest kasvandustest või loodusest. Kalad püütakse looduslikest veekogudest sügisel või kevadel. Äärmiselt oluline on neid seejuures ettevaatlikult käsiteda. Mõistlik on kudekalu püüda veest, kus ahvenad on kiirema kasvuga ja kus nende populatsioon on geneetiliselt vaesestumata. On täheldatud, et sugukalade kvaliteet paraneb, kui püütud kaladel lastakse enne suguproduktide võtmist mõnda aega kasvanduse oludega kohaneda. Katsed on näidanud, et loodusest püütud sugukalade pidamine vee korduvkasutusega süsteemis (RAS, ingl *recirculating acquaculture system*) vähemalt 360 päeva jooksul parandas järglaste kvaliteeti tunduvalt ja kiirendas kasvu kuni 35% tingimusel, et kaladele anti vaid kvaliteetset sööta.

Kõige otstarbekam on ahvena sugukarja pidada RASis, kus on kergesti võimalik muuta elutingimusi – vee temperatuuri, valgustatust jm. Sobivaks paigutustiheduseks loetakse 20 kg/m^3, hapnikutasemeks vähemalt 80%list küllastatust normaalrõhul. Sobivad on basseinid, mille maht on vähemalt 1,5 m^3. Varem kasutati söödaks külmutatud surusääsevastseid ja kala. Õige sööt ning mõjutamine temperatuuri- ja valgusrežiimiga valmistab sugukalad ette paljunemiseks. Sobivates tingimustes on 90% emastest paljunemisvõimelised ega vaja lisastimulatsiooni hormoonide näol. Kuivsööda, nt tursale ja meriahvenale välja töötatud sööda kasutamisel väheneb ovuleerivate emaste arv söödast olenevalt 20–45%le. Sööt, mis on rikastatud E- ja C-vitamiini või kvaliteetsete rasvhapetega, suurendab mõnevõrra paljundamise edukust. Kuivsööt mõjutab eelkõige emaste kalade ovulatsioonitsüklit, samuti marja viljastumise protsenti ning koorumise edukust. Tänapäeval valmistavad kõik suuremad söödatootjad ahvenatele väga erineva suuruse ja toitainesisaldusega kuivsöötasid. Viimased uuringud on näidanud, et söödad, mida on rikastatud oomega-3-rasvhapetega, nagu DHA (dokosaheksaeenhape), EPA (eikosapentaeenhape) ja ARA (arahhidoonhape) vahekorras 2 : 1 : 1, on peaaegu sama efektiivsed kui külmutatud surusääsevastsed ja kala.

Loodusest püütud ahvena sugukari on üsna stressitundlik. Marja ja niisa lüpsmisel võib osutuda vajalikuks kalad uinutada. Selleks kasutatakse kõigusoojaste loomade uinutamiseks kasutatavaid vahendeid, näiteks nelgiõli (ingl *clove oil*) (annus 0,03 ml/l, toimeaeg 3–4 minutit).

Kalu peaks käsitsema vaid kinnastatud kätega, ruumid peaksid olema hämarad ja madala müratasemega.

Paljundamine ja kudemine tehistingimustes

Toneri ja Rougeot' (2008) kohaselt kasutatakse ahvena tehistingimustes paljundamisel mitut meetodit:

- *Kontrollimata ehk spontaanne looduslik paljunemine*. Kudejad paigutatakse pinnasetiikidesse. Pärast kudemist jäetakse kalad tiiki veel 6–8 nädalaks.
- *Kontrollitud looduslik paljundamine*. Ahvenatel lastakse kudeda väiksematesse pinnasetiikidesse ehitatud tehiskoelmutel. Pärast kudemist viiakse kudepesad teise tiiki või haudemajja.

- *Kontrollitud paljundamine basseinides*. Mõni nädal kuni mõni päev enne ovulatsiooni paigutatakse emased ja isased sugukalad ühte basseini, soovitatavalt võiks emaste ja isaste vahekord olla 1 : 1. Basseinidesse võib paigutada tehiskoelmuid (puuoksi), mis on kudejatele sobiv varjepaik ja mille külge on marjalindil hea kinnituda.

- *Kunstlik paljundamine*. Kunstliku paljundamise korral hoitakse emaseid ja isaseid paljundamise ajal eraldi basseinides. Emaste aktiveerimiseks kasutatakse hormoonsüste ning mari lüpstakse käsitsi. Suguküpsetel isastel eraldub niisk lüpsmisel tavaliselt ilma hormoonsüstita. Pärast marja lüpsmist viljastatakse mari lintidena.

  Ahvena puhul kasutatakse marja viljastamiseks nii kuiv- kui ka märgviljastamist. Kuivviljastamisel (vt joonis 2.7) kasutatakse 2 ml niiska 100 g marja kohta. Kuigi ühe isase niisast piisaks paljude emaste marja viljastamiseks, kasutatakse enamasti mitme isase niiskade segu, et tagada võimalikult paljude marjaterade viljastumine juhul, kui mõne isaskala niisa viljastusvõime on väike. Spermide liikuvust on mõistlik enne niisa kasutamist kontrollida. Soovitatav on segada kokku umbes kolme isase niisk. Mari ja niisk segatakse, hoitakse 2–3 minutit, lisatakse vesi, segatakse taas ettevaatlikult ja hoitakse vee all liikumatult kuni 10 minutit. Vesi aktiveerib munarakud ja spermatosoidid. Viimased liiguvad seejärel aktiivselt ja on viljastamisvõimelised ligikaudu minuti vältel. Häid tulemusi annab see, kui vee asemel kasutada marja ja niisa segamiseks ning aktiveerimiseks ovariaalvedelikuga sarnase kontsentratsiooniga füsioloogilist lahust (0,9% NaCl ja 0,02% $CaCl_2$), sest selles püsivad spermatosoidid kauem liikumisvõimelised. Seejärel loputatakse marja ettevaatlikult puhta veega ja jäetakse paisuma. Marjaterad imavad vett, paisuvad kuni 40%, marjakestad muutuvad kõvemaks. See võtab aega 3–4 tundi. Seejärel eemaldatakse marja kleepuvus. Viljastumisprotsent on enamasti u 45% (Paaver jt, 2006).

  Kasutatakse ka märgviljastamist, mille puhul pannakse sperma ja mari vette ühel ajal. Sellise meetodi kasutamisel peab viljastumine toimuma kahe minuti jooksul, mille järel spermatosoidid kaotavad viljastamisvõime. Märgviljastumise protsent on 80–97%.

  Poolkunstliku paljundamise korral hoitakse võrdne arv emaseid ja isaseid ahvenaid koos. Emastele süstitakse hormoonstimulaatoreid. Kalad koevad basseini asetatud substraadile. Marja viljastumise protsent on u 65%.

- *Hooajaväline paljundamine*. See on uusim kunstliku paljundamise meetod, mida kasutatakse eelkõige RASis ja sellistes kasvandustes, kus on võimalik vett jahutada. See meetod võimaldab saada uusi põlvkondi soovitud ajal, s.o loodusliku kudemise ajast varem või hiljem. Varem kasutati suguproduktide hooajavälise küpsemise esilekutsumiseks hormoonsüste, kuid uuemate uuringute järgi peetakse parimaks viisiks mõjutamist temperatuuri- ja valgusrežiimi reguleerimise teel.

Kudemisaja mõjutamine temperatuuri- ja valgusrežiimi abil

Õige temperatuuri- ja valgusrežiimi korral on võimalik ahvenate kudemist sünkroniseerida, et saada homogeenne noorjärkude toodang. Vee temperatuuri- ja valgusrežiim mõjutavad ahvena sugurakkude valmimist, kudemisaega, marja kvaliteeti ja isegi sugukarja suremust. Nende keskkonnatingimustega manipuleerimine võimaldab stimuleerida sugurakkude küpsemist hooajavälisel ajal.

Temperatuurirežiimi reguleerimiseks on palju võimalusi, kuid kõige tõhusamaks peetakse temperatuuri sujuvat vähendamist kahes etapis, sellele järgnevat jahedat perioodi ja kiiret soojendamist. Esmalt vähendatakse kolme nädala jooksul vee temperatuuri 23 °C-lt 14 °C-le ning 9 nädala pärast 14 °C-lt 6 °C-le. Jahe periood (6 °C) peaks kestma umbes viis kuud. Pikk jahedaveeline periood tagab lõpuks kõige suurema viljastumisprotsendi, võrreldes lühemate temperatuuri langetamise perioodidega. Emaste ja isaste kalade gametogeneesi ajal tõstetakse ühe kuu jooksul temperatuur 6 °C-lt 14 °C-le. Selline temperatuurirežiimi muutmine võimaldab kutsuda sugukaladel iga 8 kuu tagant (või hiljem) esile suguproduktide küpsemise ehk lühendada sobivas vanuses kalade reproduktsioonitsüklit mõne kuu võrra. Siiski on täheldatud, et hooajavälise paljundamise korral on kalade suguproduktide kvaliteet ning paljunemise edukus mõnevõrra halvem kui normaalse pikkusega (u 12 kuud) tsüklite korral.

Lisaks veetemperatuuri muutmisele aitab gametogeneesile kaasa valgustingimuste muutmine. Migaud jt (2009) on kindlaks teinud, et erinevalt kohast on ahvena sigimise ajastamisel valgusrežiimi muutmisel oluline roll. Katsed on näidanud, et suguproduktid ei arene ei emastel ega isastel ahvenatel, kui ööpäev läbi on valge. Kui püsivalt on 16 tundi valgust ja 8 tundi pimedust, oli suguproduktide valmimine ebaühtlane 54% emastel ja 30% isastel. Selline valgusrežiim põhjustas ka kudemise edasilükkumist, võrreldes normaalsete oludega, ning 45% emaseid ja 65% isaseid ei paljunenud üldse. Kui 12 tundi oli valgust ja 12 tundi pimedust, oli marja kvaliteet halb. Seevastu päeva muutuva pikkuse korral, st normaalse valgusperioodi (NF) ja kunstlikult tekitatud normaalse režiimi (KNF) puhul paljunesid 100% nii isastest kui ka emastest sugukaladest ning nende paljunemine oli üsna ühtlane. Siiski täheldati kunstlikult tekitatud normaalse režiimi korral ahvenate paljunemise mõningast hilinemist ja väiksemat efektiivsust kui normaalse valgusperioodi korral.

Kudemise hormonaalne stimuleerimine

Hormonaalse stimulatsiooni eesmärk on sünkroonida paljundamist sugukarjas ning kudeaega nihutada. Ahvenate puhul on hormonaalse stimulatsiooni kasutamist uuritud, kuid seda on praktikas vähe kasutatud. Siiski peetakse hormoonsüste võimaluseks, kuidas vältida suguproduktide valmimise hilinemist, mille puhul marja ja vastsete kvaliteet on väga varieeruv ja halveneb märkimisväärselt kudemisperioodi teises pooles.

Ahvenate kudemise hormonaalseks stimulatsiooniks kasutatakse hüpofüüsist valmistatud gonadotroopseid hormoonpreparaate (FAO, 2013). Hüpofüüs ehk ajuripats on sisenõrenääre, mis toodab paljusid hormoone, sealhulgas suguproduktide arengut stimuleerivaid gonadotropiine. Kasutatakse valmispreparaate: koriogoniini (hCG, ingl *human chorionic gonadotropins*) 200–600 ühikut ühe kilogrammi kala kehamassi kohta või karpkala ajuripatsist valmistatud preparaati (CPE, ingl *carp pituitary extract*) 2–5 mg/kg. Sama häid tulemusi annab karpkala, säina või mõne muu karpkalalase ajuripatsist ise valmistatud preparaat. Ajuripats veetustatakse keemiliselt puhta atsetooni abil ja kuivatatakse. Hästi suletud klaas- või plastanumas on ajuripats jahedas hoituna kasutuskõlblik mitu aastat.

Hormonaalset stimulatsiooni rakendatakse emaste puhul, kes on vähemalt 200 g raskused, isastele ei ole hormoonsüste vaja teha. Kalu süstitakse seljapiirkonda. Hormonaalse stimulatsiooni ja ovulatsiooni vaheline aeg sõltub nii süstitavast doosist kui ka vee temperatuurist ning võib varieeruda 14 tunnist (hCG ja CPE, 10 °C) kuni 103 tunnini (GnRH 15 °C). Süstimiseks kaalutakse vajalik kogus kuivatatud hüpofüüsi, hõõrutakse uhmris pulbriks ja lahustatakse kas füsioloogilises lahuses (0,6% keedusoolalahus), destilleeritud vees või 0,5% novokaiinis. Enamasti doseeritakse gonadotroopseid hormoonpreparaate järgmiselt: CPE 4000 µg/kg; hCG 5700 IU/kg; hCG + CPE 500 IU/kg + 4000 µg/kg. Neid doose kasutatakse 10 °C vee puhul. GnRH-d kasutatakse 15 °C juures koguses 50 µ/kg. Sellise hormonaalse stimulatsiooni puhul toimub ovulatsioon enamasti 100% juhtudel, viljastumise tõenäosus jääb vahemikku 60–89%.

Mari

Suguproduktide lüpsmiseks kalad uinutatakse, sest väljapüük, kinnihoidmine ning muud protseduurid tekitavad neil stressi. Kalad paigutatakse vanni, milles on nende täielikuks sukeldamiseks piisav kogus uinutuslahust. Lahuses vaibuvad kalade liigutused minuti-kahe jooksul. Pärast käsitsemise lõppu lastakse kalad võimalikult kiiresti taas puhtasse hapnikurikkasse vette. Seal taastub nende normaalne ujumine 5–10 minuti jooksul. Uinuti lõdvestab kala kõhulihaseid ja sel moel on kergem marja kõhuõõnest välja lüpsta (joonis 2.4) ning kättesaadava marja kogus (tarbeviljakus) on suurem (Paaver jt, 2006).

Ahvena marja inkubatsiooniaeg on sarnane teiste ahvenaliste omaga. Marja hautamine kestab sõltuvalt vee temperatuurist 4–21 päeva (80–160 kraadpäeva): 25 °C juures 4 päeva ja 13 °C juures 14 päeva. Soovituslik temperatuur on 15–16 °C.

Marja inkubeeritakse haudemajades, kuhu paigutatakse sõltuvalt mahutist kas üksikud marjalindid või ühe partii marjalindid. Marjalindid paigutatakse mahutites laiali laotatult ujuvatele kandikutele või traatkanduritele, et tagada hea hapnikuvarustus (joonis 2.5).

Veevool peaks mahutites olema piisavalt aeglane. Vee pH peaks jääma alla 8 (vältida marjale kaltsiumi ladestumist) ning temperatuur ja hapnikusisaldus peaksid olema konstantsed. Viljastatud marjaterad imavad endasse esialgu palju vett ja paisuvad tuntavalt. Ahvena marja areng on kiire ning vajab seetõttu pidevat kontrolli, et tagada vastsete hea kvaliteet. Kontrolli käigus eemaldatakse marjakogumid, mis ei arene korralikult. Iiri ja Taani kasvatuskogemuste põhjal soovitatakse marjalinte kolm päeva pärast viljastamist desinfitseerida jodofooride, nt buffodiini lahusega. Desinfitseerimine hävitab marjaterade pinnalt võimalikud viirus-, bakteriaal- ja seeninfektsioonide tekitajad ning vähendab ohtu kooruvatele vastsetele.

2.4. Ahvena lüpsmine

2.5. Marjalindi paigutamine ja sirutamine haudeaparaadi võrgule

Ahvena marja koorumist tuleb pidevalt jälgida. Mõnikord tuleb marjakest mehaaniliselt lõhkuda, et aidata vastsetel kooruda. Selleks paigutatakse mari anumasse, kus selle hoogsa segamisega vabastatakse kestast veel koorumata vastsed. Pärast koorumist eraldatakse vastsed koorumata marjast voolikuga ning paigutatakse vastsete kasvatamiseks mõeldud rennidesse.

Niisk

Niisa kogumine on suhteliselt hõlbus ja selleks ei ole vaja hormonaalset stimulatsiooni. Niisa kätte saamiseks piisab kala alakõhule surumisest; väljuv niisk kogutakse süstlaga (joonis 2.6). Niisas sisalduvad spermatosoidid on enne veega kokkupuutumist inaktiivsed. Niiska on võimalik lühikest aega säilitada tavalises külmikus (+4 °C). Seejuures peab niisale tagama hapniku juurdepääsu, st hoiustada ei tohi tihedalt suletud nõus juhul, kui ei ole

2.6. Ahvenatelt niisa kogumine (AS Pärnu laht)

2.7. Marja kuivviljastamine (AS Pärnu laht)

hapnikku lisatud. Hästi sobivad hermeetiliselt suletavad 100–200 ml soonkinnisega kilekotid, millesse lüpstud niisale lisatakse hapnikku ja siis suletakse kott õhukindlalt. Uriini või verega saastumata niisk on 2–4 °C juures viljastamisvõimeline kuni 24 tundi.

Pikemaks säilitamiseks on võimalik niiska külmutada vedelas lämmastikus. Esmalt niisk lahjendatakse. Selleks sobivad analoogsed kemikaalid, nagu kasutatakse teistel kasvatatavatel kaladel – glükoos, sahharoos ja kaaliumkloriidi lahus.

> *Näiteks* glükoosiga lahjendamisel kasutatakse glükoosi vesilahust, mis on valmistatud vahekorras 1 : 6 (üks osa glükoosi ja kuus osa vett). Niiska lisatakse 300 mM (10^{-3} mooli) liitri glükoosi vesilahuse kohta.

Seejärel lisatakse niisale külmutuskaitseks dimetüülsulfoksiidi (DMSO), mille sisaldus peaks moodustama 10% külmutatava aine kogusest. Segul lastakse toimida umbes 3 minutit ja seejärel niisk pipeteeritakse 0,5 ml kõrtesse. Kõrred paigutatakse lämmastikul olevale penoplastraamile, kus temperatuur on –165 °C. 10 minuti pärast asetatakse niisaga kõrred juba otse lämmastiku sisse, kus neid säilitatakse kuni kasutuseni. Niisa kasutamiseks tuleb seda sulatada 40 °C veejoa all 8 sekundit. Külmutatud ja seejärel sulatatud niisaga on võimalik marja edukalt viljastada.

Niisa lüpsmisel on probleemiks selle saastumine uriiniga, mille tagajärjel võib sugurakkude hukkumine ulatuda isegi 50%-ni (Bokor jt, 2012). Niisa segunemist uriiniga saab vältida, kui kasutada lüpsmisel silikoontorukest, mis suunatakse otse kõhuõõnes olevasse seemnejuhasse. Seemnerakkude hukkumist suurendab ka külmutamine (u 28%).

Tõuaretus

Ahvenakasvatuse laiemat levikut on takistanud väike produktiivsus ja üsna heterogeenne kasv. Probleemide kõrvaldamiseks tehakse mitmekülgseid uuringuid ja võetakse kasutusele mitmesuguseid geneetilisi meetodeid.

Emased ahvenad saavutavad suguküpsuse hiljem kui isased, kuid kasvavad u 20% kiiremini ja nende maksimaalsed mõõtmed on suuremad. Seetõttu oleks ainult emastest koosnev kalakari majanduslikult tasuvam. Nii ongi tänapäeval kasutusel hulk geneetilisi meetodeid, et suurendada kasvatuse produktiivsust. Enim kasutatakse ühesoolise kalakarja ja steriilse kalakarja loomist. Geneetilisi meetodeid kasutatakse enamasti eesmärgiga saada ainult emaseid kalu. Selliselt suurendatakse kalaliha väärtust, vähendatakse kalakarja agressiivsust, ühtlustatakse kalakarja keskmist suurust ja struktuuri jne. Meetoditest on enim levinud hormoonmanipulatsioon, günogenees kui üks kromosoomistiku manipulatsiooni meetodeid, sugukalade valik ja hübridiseerimine. Senised katsed ainult emaskaladest koosneva karja kasvatamisega RASis on näidanud selle ligi 30% suuremat tootlikkust – selline ahvenakari kasvab kiiremini.

Üks produktsiooni suurendamise võimalusi on luua triploidse või tetraploidse kromosoomistikuga kalakari. Sellise kromosoomistikuga kalakari on steriilne, seega ei kuluta kalad energiat gonaadide ja suguproduktide kasvatamisele, mille arvelt tuleb kiirem kasv ning paraneb ka liha kvaliteet. Kalakarja produktiivsuse suurendamiseks ja kvaliteedi parandamiseks kasutatakse ka hübridiseerimist. Selle põhiline eesmärk on kombineerida eri kalade positiivseid omadusi, näiteks kiirem kasv, parem söödakasutusefektiivsus, parem lihasaagis, suurenenud stressitaluvus ja vastupidavus nakkustele. Toodangu suurendamiseks toimub ka pidev sugukarja valik, see on ka hilisema aretustöö aluseks ning oluline geenibaaside loomiseks. Euroopas on väga mitmekesiste geneetiliste omadustega ahvenapopulatsioone. Katsete tulemusel ja pideva valiku käigus moodustatakse parimad sugukarjad.

Hormoonmanipulatsioon

Hormoonmanipulatsioon on ahvenakasvatuses kõige levinum viis ainult emaskaladest koosneva karja loomiseks. Siiani on enim kasutatud hormoonide, näiteks 17α-metüültestosterooni (17 MT) otsest manustamist. Meetod on tõhus, kuid selle eetilisus on seatud kahtluse alla. Seetõttu kasutatakse laiemalt kaudset hormoonmanipulatsiooni, mille käigus muudetakse esmalt hormoonide abil isaskalade sugu ning alles nende isendite abil, kes annavad tavaliste emastega ristates ainult emaseid järglasi, luuakse järgmine, ainult emastest koosnev ahvenakari.

Kaudne hormoonmanipulatsioon on kolmeastmeline:

- *esimesel aastal* pööratakse normaalsete isendite sugu. Selle tulemusel tekib funktsionaalselt ainult isastest koosnev kari, kellest 50% on isas- (XY) ja 50% emasgenotüübiga (XX);
- *teisel aastal* ristatakse pööratud sooga isendid normaalsete emastega. Sellele järgneb järglaste geneetiline analüüs. Kui kudepaari järglastel esineb normaalne sugude jaotus (50 : 50), on tegu olnud normaalse isasega. Kui järglased on vaid emased, on tegu olnud emasgenotüübiga isasega;
- *kolmandal aastal* luuakse emasgenotüübiga isastest sugukari, keda ristatakse tavaliste emastega. Tulemuseks on ainult emastest koosnev ahvenapopulatsioon.

Hormoonmanipulatsiooni edukus sõltub eelkõige kolmest tegurist: ajastusest, doosidest ja hormoonide kasutamise kestusest. Kui hormoonmanipulatsiooni kasutatakse perioodil, kui kalade hormoonide tase on madal, on ka tulemused tagasihoidlikumad või olematud. Liiga väikeste dooside ja lühikese manipulatsiooniaja korral on tulemus samuti kesine. Liiga suured doosid ja pikk manipulatsiooniaeg võib luua aga hoopis steriilseid, gonaadideta kalu. Katsete tulemuste põhjal soovitatakse kasutada isassuguhormooni 17α-metüültestosterooni (MT) järgmiselt:

- manipuleeritakse 40–70 mg kaaluvaid isendeid. Katsed on näidanud parimaid tulemusi 70 mg kaaluvate isendite puhul (45 mg kaalub ahven

32 päeva pärast koorumist 17 °C juures, 70 mg 36 päeva pärast koorumist, 150 mg 42 päeva pärast koorumist);
- 17 MT doos: 5–30 mg 1 kg sööda kohta. Kõige paremad tulemused on olnud doosidega 5–10 mg 1 kg sööda kohta (80% emasgenotüübiga isaseid). Suuremate doosidega kui 40 mg 1 kg sööda kohta täheldati juba 25% suurenenud steriilsust;
- manipulatsiooni kestus: 30 või 80 päeva. Parimad tulemused 30-päevase manustamise korral; 80 päeva korral täheldatakse juba 25% suurenenud steriilsust;
- veetemperatuur 23 °C.

Günogenees

Günogenees on meetod, mis võimaldab luua ainult emastest koosneva kalakarja. Selleks töödeldakse spermat ultraviolett- või gammakiirtega. See põhjustab muutusi DNAs ning võimaldab luua soovitud kalakarja. Uuringute kohaselt on sperma töötlemine UV-kiirtega andnud paremaid tulemusi. Sperma töötlemiseks kasutatakse UV-kiirgust võimsusega 15 ja 30 W ning selle toimeaeg jääb vahemikku 8–20 minutit. Kuigi kiiritamine mõjutab mingil määral sperma kvaliteeti, oli töödeldud spermast u 57% viljastamisvõimeline, samal ajal kui ilma töötluseta spermal oli see u 73%. Viljastamise järel tekkisid 99% juhul haploidse kromosoomistikuga eelvastsed (Grozea jt, 2009).

Triploidne kromosoomistik

Ahvenate kasvatamise edukust on võimalik suurendada triploidse kromosoomistikuga kalakarja loomise abil. Seda meetodit sobib kasutada parasvöötme piirkonnas, kus veetemperatuur jääb vahemikku 4–25 °C. Soojemates piirkondades (väljaspool looduslikku leviala) ei saavuta ahven suguküpsust ka normaalse, diploidse kromosoomistikuga (puudub madala temperatuuri periood, mis on gonaadi arengu eelduseks). Triploidse kromosoomistikuga kalakarja saamiseks mõjutatakse marja temperatuuri või rõhuga; kasutatakse ka diploidse ja tetraploidse kromosoomistikuga kalade ristamist.

Kõige tõhusam viis triploidse kromosoomistikuga kalakarja loomiseks on temperatuurišokk. See tekitatakse kunstlikult viljastatud marjale: mari ja sperma segatakse kuivalt, aktiveeritakse veega 16–17 °C juures, seejärel lastakse viljastuda paari minuti jooksul ning loputatakse. Triploidse kromosoomistiku saamiseks töödeldakse marja 5 minutit pärast viljastamist 30 °C veega 25 minuti jooksul. Pärast temperatuurišokki viiakse mari haudejaama normaaltingimustesse (17 °C, $O_2 \geq 6$ mg/l). Manipulatsiooni edukust saab kontrollida kas kromosoomide loendamisega mikroskoobi all, läbivoolutsütomeetril või nukleonide analüüsi abil.

Hübridiseerimine

Ahvenakarja produktiivsust saab suurendada ja kvaliteeti parandada hübridiseerimisega, milleks kasutatakse kunstlikku viljastamist. Seni on euroopa ahvenat ristatud kollase ahvenaga ning katsed on näidanud hübriidide

kiiremat kasvu: hübriidid saavutasid 100-grammise kehamassi 11 kuuga, euroopa ahven kasvas sama suureks aga 12 kuuga. Pärast 800-päevast kasvatamist olid hübriidid juba 40% raskemad, samuti oli nende suremus mõnevõrra väiksem. Hübriidid kasvavad kaubakalaks 320 päevaga.

Selle meetodi puudus on asjaolu, et hübriidide liha kvaliteet võib muutuda ning nende tootmiseks on vaja eriluba. Hübriide tuleb tingimata kasvatada kinnises süsteemis, et vältida nende pääsemist looduskeskkonda.

Geenipangad

Ahvena kasvatuspotentsiaali parendamiseks kasutatakse geenipankade andmeid. Senised katsed on näidanud, et parem kalakari on pärit näiteks Belgiast ja Kirde-Prantsusmaalt, seevastu Itaalia ja Kagu-Prantsusmaa ahvenad on palju aeglasema kasvuga ning nende suremus on suurem. Eestis on ahvenaviljeluse seisukohalt oluline katsetada eri piirkondadest pärit sugukaladega, et leida kasvatamiseks parimate tunnustega ahvenapopulatsioone.

Kasvatamise etapid

Pärast marjast koorumist kasvatatakse ahvenat kahes etapis. Esimene etapp on vastsete kasvatamine koorumisest kuni maimustaadiumi lõpuni (kui kala kaalub 1,5–3 g) ja teine etapp on järelkasvatus kuni turustamiseks sobiva suuruseni. Keskkonnatingimustele esitatavad nõuded on nendel etappidel erinevad. Kasvatusmeetodid võivad olla ekstensiivsed (näiteks pinnasetiikides), poolintensiivsed või intensiivsed (näiteks RASis).

Vastsete kasvatamine

Pärast koorumist eraldatakse vastsed koorumata marjast voolikuga ning paigutatakse vastsete kasvatamiseks mõeldud rennidesse. Vastsete kasvatust on põhjalikult kirjeldanud Toner ja Rougeot (2008).

- **Ekstensiivne meetod**

Vastseid kasvatatakse pinnasetiikides, kuhu paigutatakse koorunud vastsed või viljastatud mari (silmtäppstaadiumis või paar päeva enne koorumist). Silmtäppstaadiumis mari asetatakse tiiki väikestes sumpades (0,4 × 0,4 × 0,4 m), mille võrgusilma läbimõõt on 1,5 mm. Viljastatud marjalindid asetatakse tiigis laiali spetsiaalsetele tugedele. Seda tehakse enamasti aprillis. Paigutustihedus on varieeruv, 10 000 – 60 000 marjatera 100 m^2 tiigipinna kohta. Oluline on silmas pidada, et tiiki paigutataks samas arengustaadiumis marja. Vanuseline erinevus võib olla kuni kolm päeva.

Ahvena kasvatamiseks kasutatakse läbivoolseid tiike, kus vee äravoolu seatakse põhjaveelasu regulaatorite (vanemas kirjanduses nn munkade) abil. Tiigi laius ja pikkus võivad varieeruda sõltuvalt konkreetsetest oludest. Enamasti on tiigid 0,1–0,8 ha suurused. Tiigi sügavus jääb vahemikku 0,5–2 m, keskmiselt 1,5 m. Kaks kuud enne vastsete tiiki paigutamist lastakse see tühjaks ning substraati töödeldakse desinfitseerimiseks kloorilahuse või lubjaga. Töötlemine eemaldab tiigist putukad, kes võivad marja ja vastseid

ohustada, ning tagab zooplanktoni õigeaegse arengu. Iga kahe aasta tagant puhastatakse tiike põhjalikumalt – kooritakse tiikide põhjasubstraat koos arenenud taimestikuga ja veetakse välja. 7–15 päeva enne marja või vastsete tiiki paigutamist täidetakse see kaevuvee või loodusliku pinnaveega, et tagada ahvenavastsetele sobivaim toit ja toiduküllus (u 100 zooplankterit liitris). Selliseid tiike väetatakse ka orgaaniliste või anorgaaniliste väetistega. Viimastest võiks eelistada vedelaid väetisi, sest need mõjuvad kiiremini ja on efektiivsemad. Väetamisvajadus oleneb vee koostisest. Anorgaanilise väetisega (nt 52% lämmastikku ja 32% difosforpentaoksiidi (P_2O_5)) väetatakse kuni 7 päeva, orgaanilise väetisega (sõnnik) 10–15 päeva enne marja või vastsete tiiki paigutamist. Väetamine tagab fütoplanktoni arengu, millele järgneb keriloomade ja aerjalgsete noorjärkude arvukuse kiire kasv. Väetada tuleb ka edaspidi, et tagada sobiv lämmastiku ja fosfori suhe (20 : 1) – liitris vees 600 µg lämmastikku ja 30 µg fosforit. Lisaks sellele on vaja pidevalt jälgida tiigivee kvaliteeti, mõõtes iga päev selle hapnikusisaldust ja pH-taset. Vesi võib päeval hapnikuga üleküllastuda kuni 200%ni, öösel aga hapnikutase langeda kuni 50%ni küllastatusest normaalrõhul. See on ahvena noorjärkudele juba letaalne. Laias laastus sobib ahvenakasvatuseks selline tiigivesi, mis sobib ka karpkalakasvatuseks.

Tabel 2.1. **Olulisemad vee keskkonnanäitajad**

pH	6–9
NH_4^+	< 0,04 mg/l
NH_3	< 0,025 mg/l
NO_2^-	< 0,03 mg/l
Lahustunud hapnik	> 4 mg/l
CO_2	5–10 mg/l
Hõljum	< 80 mg/l
Kloriidid	> 4 mg/l
Kloor	> 0,003 mg/l

Kui asustusmaterjal on ühevanune, on ahvenate kasv üsna homogeenne ja ei esine kannibalismi ega suurt kasvuerinevust. Pidevalt on vaja jälgida zooplanktoni arvukust. Kannibalismi vältimiseks eemaldatakse ahvenad tiikidest pisut enne zooplanktoni arvukuse vähenemist. Vastsete kogumiseks lastakse tiigid tühjaks ning kalad kogunevad kastidesse, mis on seatud väljavoolu juurde. Senised kogemused on näidanud, et olenemata paigutustihedusest toodetakse sellistes tiikides 100 m² tiigipinna kohta 0,5–1,5-grammiseid isendeid 1000–1500, ellujäämus on 5–20%. Kui väljapüük jääb septembrisse, suureneb kannibalismi osakaal ja väljapüütavate ahvenate kasvuerinevus – nende kehamass jääb vahemikku 2–40 g.

Ekstensiivset meetodit kasutatakse eelkõige sugukarja või asustusmaterjali tootmiseks. Sel meetodil kasvatatakse ahvenaid nii monokultuurina väiksemates tiikides kui ka polükultuurina teiste kalaliikidega koos suuremates tiikides. Meetod on levinud Prantsusmaal, Iirimaal ja Tšehhis. USAs kasvatatakse tiikides kollast ahvenat, kuid seal hakatakse 17–20 mm pikkustele ahvenatele andma lisasöödaks tursale mõeldud kuivsööta. Lisasööt on uuringute kohaselt tõhus, kuna ellujäämus paraneb. Alla 50 mm (TL) pikkustel isenditel täheldati positiivset fototaksist, mille tõttu hakati öösiti söötmispaiku valgustama. Iirimaal leiti, et selle meetodiga kaasnevad kalade kasvuerinevused, mistõttu on vaja neid sorteerida.

- **Poolintensiivne meetod**

Poolintensiivse kasvatuse puhul kasvatatakse ahvenavastseid esialgu sama moodi nagu ekstensiivse kasvatuse puhul. Vastsed kooruvad tiigis ning toituvad looduslikust söödast. Juuni teisel poolel, u 8 nädalat pärast koorumist, kui ahvenavastsed on kasvanud umbes 0,3–1 g raskuseks, lastakse tiik tühjaks. Vastsed kogutakse kokku ning paigutatakse sobivatesse basseinidesse. Nendes harjutatakse kalu sööma granuleeritud kunstsööta, alustades 0,8–1 mm läbimõõduga, ahvenale või tursale mõeldud söödaga. Enne basseinidesse paigutamist vannitatakse kalu 20 minuti jooksul soolalahuses (12 g/l). Töötlemine puhastab lõpuseid ning vähendab ümberpaigutamise käigus tekkivat stressi. Vastsete ümberpaigutamise käigus sorteeritakse nad suuruse järgi, et vähendada hilisemat kannibalismi. Iirimaal hoitakse ahvenaid kunstsöödaga harjutamise ajal 650-liitristes silinderjates klaaskiudmahutites. Mahutite veetemperatuur peaks olema u 17 °C ning paigutustihedus 10 kala liitris. Õige paigutustihedus hõlbustab üleminekut kunstsöödale ning vähendab kannibalismi. Söömaõpetamine kestab umbes viis päeva. Pärast seda paigutatakse ahvenamaimud ümber RASi (nt 5 m^3 mahutid koos automaatsöötjatega). Sellises süsteemis kasvavad ahvenad kuni järelkasvatussüsteemi üleviimiseni. Aeg-ajalt on vaja kalu suuruse järgi sorteerida.

Veenäitajad peaksid olema järgmised:

Temperatuur	17 °C
NH_3	< 0,025 mg/l
NO_2^-	< 0,03 mg/l
Lahustunud hapnik	≥ 6 mg/l
Vee juurdevool	1,0–1,8 m^3/h

Selle meetodi eelis on võimalus toota tiigis suurel hulgal vastseid, kusjuures kulud on palju väiksemad kui RASis. Samuti on kunstsöödale üleminek üsna edukas (ellujäämus 70–90%) ning tiigis koorunud ja esimese kasvuetapi läbinud vastsete kvaliteet on parem, nad on tervemad ja esineb vähem arengudeformatsioone. Siiski põhjustab tiigist basseini üleviimine kaladele stressi, mis muudab nad haigustele vastuvõtlikumaks. Samuti on kunstsöödaga harjutamise ajal vaja kalu sageli käsitsi sööta, puhastada basseine ning teha muid lisatöid. Meie oludes on selline kasvatusviis seotud ilmastikuolude ebastabiilsusest tingitud riskidega.

Ahvenavastsete kasvatamiseks kasutatakse ka mesokosme, näiteks 50 ja 100 m^3 suuruseid ja 50 cm sügavusi välibasseine. Süsteemis kasutatakse jõeja/või kaevuvett. Basseinidel on soojavaheti, mis soojendab süsteemi vett (soe vesi on pärit kas kuumaveeallikast või elektrijaama jahutussüsteemist), hapnikupihusti ning degasaator. Süsteemis hoitakse püsivat veetemperatuuri ja gaasisisaldust. Basseinidel on kate kaitseks liigse päikesekiirguse eest ning niitjate vetikate vohamise vältimiseks.

15 päeva enne viljastatud marja paigutamist basseinidesse täidetakse basseinid veega ja väetatakse kanakakagraanulitega (u 1,5 kg basseini kohta). Veetemperatuur hoitakse 23 ja 27 °C vahel, et stimuleerida fütoplanktoni ja väiksemõõtmeliste zooplankterite (keriloomad, aerjalgsete vastsed) arengut. Sellistes oludes on zooplanktoni tihedus peagi 2000–6000 isendit liitris. Sel

perioodil ei vahetata süsteemis vett. Viljastatud marjalindid asetatakse basseinidesse kandikutel silmtäppstaadiumis (6 päeva pärast viljastamist 15 °C juures), paigutustihedus 4000–6000 marjatera ruutmeetri kohta; veetemperatuur 17 °C. 2–3 päeva jooksul mari koorub, ka sel perioodil ei vahetata süsteemis vett. Hiljem lisatakse kaevuvett ning 80% basseinist kaetakse kattega. Iga päev peaks kontrollima vee hapnikusisaldust ja temperatuuri, nitraatide ja nitritite sisaldust aga kaks korda nädalas.

Kolm päeva pärast ahvenavastsete koorumist hakatakse neile lisasöödana andma ka soolavähikese (*Artemia salina*) vastseid (viis korda päevas ühest toitmiskohast), et täiendada toidulauda. 9 päeva pärast koorumist hakatakse automaatsöötjate abil vastsetele andma 45–65% valgu- ja 18–20% rasvasisaldusega kunstsööta. Nii vähikvastsete kui ka graanulsöödaga toidetakse seni, kuni vastsed on saanud 23 päeva vanuseks. Edaspidi kasutatakse vaid kunstsööta. Söödagraanulite suurus tuleb valida vastsete suuruse järgi: 200–300 µm graanulid sobivad kuni 2 nädala vanustele vastsetele, 300–500 µm graanulid kuni 3-nädalastele ja 500–700 µm kuni 6 nädala vanustele vastsetele.

44 päeva pärast kogutakse vastsed süsteemist. Selleks alandatakse veetaset poole võrra, veele lisatakse soola (3 g/l) ning vastsed püütakse kahvaga kokku. Kannibalismile üle läinud isendid (u 2,5 korda suuremad kui teised) eemaldatakse ja paigutatakse järelkasvatamiseks uutesse tingimustesse.

Meetodi edukus sõltub suuresti temperatuurist. Kõrgemal temperatuuril on kasv küll kiirem, aga väheneb noorkalade ellujäämus, mis oli 44-päevase kasvatamise järel 23 °C juures ainult 18,9%, kuid kasvatamisel 17 °C juures 38,5%. Kõrgemal temperatuuril on patogeenid aktiivsemad ning ka kalade kasvuerinevus ja sellest tulenevalt kannibalism suurem. Üldiselt on meetod produktiivne, soovituslik paigutustihedus on 4000 marjatera ruutmeetri kohta ja veetemperatuur 17 °C.

Poolintensiivset meetodit ei ole seni kasvandustes kasutatud, Belgias ja Iirimaal on tehtud vaid mõningaid katseid juhtprojektidena. Siiski on meetodi vastu suur huvi, kuna vastsete järelkasvatamine on suhteliselt odav. Meetod kujutab endast inimese kontrollitud keskkonda ning hõlmab ekstensiivse ja intensiivse meetodi positiivseid külgi.

- **Intensiivne meetod**

Intensiivmeetodil kasvatatakse ahvenavastseid enamasti RASis. Intensiivseks kasvatuseks võidakse kasutada eri materjalist (PVC, klaaskiud) basseine, mis võivad olla nii ümmargused kui ka kandilised, või sumpasid, mille võrgusilma suurus on 250–300 µm ja mis asetatakse suurtesse betoonkanalitesse. Eelistatakse suuri basseine, mille mahutavus ulatub 300 liitrist mõne kuupmeetrini, kuna väga väikestes mahutites hoiab ahven seina äärde ega toitu. Soovitatav on kasutada heledamast materjalist mahuteid, et sööt paremini silma paistaks. Kõikidel mahutitel peaks olema eraldi vee juurdevoolu ja hapnikusisalduse reguleerimise võimalus ning vee parameetreid peaks kontrollima iga päev.

Ahvena mari paigutatakse mahutitesse silmtäppstaadiumis (15 °C juures 6 päeva pärast viljastamist). Kandikutel marjalindid asetatakse mahutisse, kus vee temperatuur peaks olema sama mis inkubatsioonil. Ühe päeva jooksul tõstetakse süsteemis veetemperatuur järk-järgult 20 °Cni. Vastsestaadiumi jooksul peakski temperatuur püsima vahemikus 19–23 °C. RASis kasutatakse sellist valgusrežiimi, kus 16 tundi on valge ja 8 tundi pime. Valguse intensiivsus veepinnal peab jääma vahemikku 90–400 luksi. Vahel kasutatakse vee pindpinevuse vähendamiseks ka pihusteid, et hõlbustada vastsete juurdepääsu õhule ujupõie täitmiseks. See on ahvena kasvatamisel siiski vähem oluline kui koha puhul.

Paigutustihedus jäetakse vahemikku 20–50 isendit liitris. Kõige esimeses etapis võib paigutustihedus olla ka suurem, kuni 100 isendit liitris, kuid seda tuleb kalade kasvades vähendada. 1–2 päeva pärast koorumist hakatakse ahvenavastseid toitma väikesemõõtmeliste (350–380 µm) soolavähikese (*Artemia salina*) vastsetega, et tagada maksimaalne eksogeensele toidule üleminek. Mõningatel juhtudel on enne vähikvastsetega toitmist söödana kasutatud keriloomi (*Brachionus calyciflorus*), kuid see muudab kasvatamise tuntavalt kallimaks. Väikesemõõtmelisi vähikvastseid kasutatakse kuni kolm päeva, seejärel hakatakse ahvenamaime söötma normaalsuuruses (420–450 µm) vähikvastsetega. Nendega söödetakse ahvenaid enamasti käsitsi, esimesel nädalal antakse 500–1000 isendit kala kohta. Teisel kuni kolmandal nädalal vähendatakse toiduportsu: päevane sööt vähikvastsete (kuivmass) näol moodustab 10–35% kalade massist. 21 päeva pärast koorumist hakatakse lisaks andma graanulsööta (300–500 µm), vähendades samal ajal elussööda osakaalu. Vastsed peaksid kunstsöödale üle minema nelja päeva jooksul.

2.8. Ahvena noorjärgud (AS Pärnu laht)

Intensiivsel vastsekasvatusel on palju eeliseid: võimalus kasutada hooajavälist paljundamist, stabiilsed kasvutingimused, stabiilsem noorjärkude produktsioon, parem kontroll kannibalismi üle jne. Siiski on mõni kitsaskoht, mis mõjutab ahvena intensiivse kasvatamise edukust. Esiteks on tõsine probleem vastsestaadiumile sobiva kunstsööda puudumine. Seetõttu on esialgu vaja kasutada elussööta. 60–70% isenditest suudab kohe hakata toituma väiksematest (350–380 µm) vähikvastsetest. Seejärel antakse juba normaalsuuruses (420–450 µm) vähikvastseid ning alles seejärel kunstsööta. Mõningatel juhtudel on enne vähikvastsetega toitmist kasutatud veel väiksemate mõõtmetega toitu, nt keriloomi (*B. calyciflorus*). Sellised vaheetapid söötmises muudavad kasvatamise märksa kallimaks. Teiseks, kui vastsete suurus on väga erinev ning paigutustihedus liiga suur, kasvab märkimisväärselt kannibalismi osakaal ja seega ka suremus. Kannibalismi soodustab looduslikul paljundamisel saadud marja kasutamine – varieeruvad marjatera suurus ja kudemisaeg. Seega tuleks RASi puhul eelistada kunstlikku viljastamist, mis mõnevõrra vähendab vastsete kasvuvahet.

Kaubakalade kasvatamine

Ahvenakasvatuse järgmine etapp kestab kuni turustamiseks sobiva suuruse saavutamiseni. Enamasti kasutatakse kasvatamisel intensiivmeetodit. Sel perioodil on optimaalne temperatuur 23 °C (Mélard jt, 1996).

Kasvatamine RASis

RASi arendatakse siiani ja katseid tehakse peamiselt Šveitsis, Iirimaal ja Prantsusmaal ning ühes Eesti ettevõttes.

Šveitsis tehtud katsete kohaselt (Graber, Welti, 2008) soovitatakse ahvena intensiivse kasvatuse korral kasutada 2,6 m^3 (2 × 2 × 0,65 m) suuruseid rohelisi, läbivooluga klaaskiudmahuteid, mille põhjas on tühjendamisava. Neisse mahutitesse paigutatakse u 3-grammised ahvenad, keda hoitakse 16 tundi valguse käes ja 8 tundi pimedas. Mahutite vesi peab pidevalt vahetuma, u 8% päevas. Ahvenate paigutustihedus on u 19 kg/m^3.

Kalu söödetakse käsitsi hommikuti ning automaatsöötjate abil ülejäänud päeva jooksul (Graber, Welti, 2008). Sobiv sööt sisaldab 9–4,5% rasvu ja 57–44% valku (Mélard jt, 1996).

Kuigi loodusoludes on ahvenad vee hapnikusisalduse ja muude näitajate suhtes üsna leplikud, on intensiivse kasvatuse korral need võrreldavad lõhelaste kasvatuses ette nähtud tingimustega. Kõige intensiivsem on ahvenate kasv 23 °C juures (1–300 g raskuste kalade juurdekasv 0,06–1,80 g kala kohta päevas) (Mélard jt, 1996). Graberi ja Welti (2008) katsete põhjal peaksid veenäitajad ahvena järelkasvatuses olema järgmised:

pH	6,4–8,1	NH_4^+	< 0,2 mg/l
Temperatuur	23 °C	NO_3^-	< 50 mg/l
Lahustunud hapnik	≥ 6 mg/l	NO_2^-	< 0,03 mg/l

Ahvenaid kasvatatakse RASis turustamiseks sobiva suuruseni. Šveitsis peetakse selleks 100-grammiseid ahvenaid, Saksamaal, Itaalias ja Prantsusmaal eelistatakse mõnevõrra suuremaid, u 200-grammiseid kalu.

Toitumise eripärad

Ahven võib saaki püüda nii üksikult varitsedes kui ka parves jälitades, saagitabamus on suurem paremas valguses (Bergman, 1988). Seega tuleks kasvanduse rajamisel eelistada heledaid mahuteid, mille taustal toit paremini silma paistab, samuti tuleb tagada õige valgustus ja valgusrežiim.

Ahvena toitumine ja seega kasv tiikides sõltub aastaajast. Kõige aktiivsem on toitumine hiliskevadel ja suve alguses; suve teisest poolest kuni sügiseni (august – september), oktoobris ja novembris väheneb toitumisintensiivsus märgatavalt. Ahvena toitumises on täheldatud ka ööpäevarütmi. Kõige aktiivsem toitumisperiood on Kratochvíli jt (2008) uuringute kohaselt päev ja õhtu.

Kalade suremus

Stress, mida põhjustab ahvenakarja käsitsemine paljundamisprotseduuridel, võib põhjustada sugukarja kadu 10% ulatuses, loodusest püütud emaste sugukalade suremus võib olla isegi kuni 17%. Suremus on suurim kuni 7 päeva pärast kudemist. Katsete tulemused näitavad, et ahvena suremus kasvatamise esimesel etapil, marjastaadiumis enne koorumist, kui silmad on juba pigmenteerunud, on eelkõige seotud vee temperatuuriga. Suremus on suurem, kui vee temperatuur jääb alla 8 °C või tõuseb üle 12 °C. 1–200-grammiste ahvenate puhul on massilist suremist esinenud kasvatamise eri etappidel. Keskmine suremus jääb vastsestaadiumis 50% piiresse. Suuremate ahvenate kasvatamisel väheneb see olulisel määral, jäädes alla 7%.

Haigused ja nende kontroll

Ahvenad on haigustele ja parasiitidele suhteliselt vastupidavad. Nakatumisohtu suurendavad kehvad toitumistingimused ja hooldus, vale hapnikusisaldus jms. Ahvenakasvatuses esineb suremust kõige sagedamini parasitaarsete, bakteriaalsete ja seenhaiguste tõttu. Parim haiguste vältimise ja leevendamise viis on tagada kaladele sobivad tingimused. Haiguste ennetamiseks kasvandustes on hädavajalik paigutada loodusest püütud sugukalad karantiini.

2.3. Toodangu turustamine

Ahvena käitlemine ja töötlemine

Turustamiseks sobivas suuruses (100–200-grammised) ahvenad püütakse ning töödeldakse. Ahvena rookimisel on saagis järgmine: sisikonnast puhastatud, peaga kala puhul 88–89% kogumassist, roogitud, peata kala puhul 64–67% kogumassist, nahaga filee puhul 51–53% ja nahata filee puhul

42–43% kogumassist. Ahvenaliha peetakse väga väärtuslikuks. Loodusest püütud ahvena filee sisaldab 17% valku ja 0,3% rasva; RASis kasvatatud ahvena filee 20% valku ja 1,3% rasva (Jankowska jt, 2007). Rasvasisaldus sõltub söödast.

Tootmiskulud

Ahvenakasvatus on veel algusjärgus. Sellealaseid uuringuid on tehtud vähestes riikides, nagu Šveitsis, Iirimaal ja Prantsusmaal. Senine kogemus on näidanud, et olulise osa tootmiskuludest moodustavad vastsete kasvatamise kulud. Ahvena tootmine on umbes sama kulukas kui meriahvena tootmine, kuid odavam kui näiteks koha tootmine. Ahvenaviljeluse suurim eelis ka Eestis on see, et tootmisprotsess on lühike, sest turustamiseks sobib juba 100-grammine kala. Täpsemad näited eelarvetest on toodud Iiri vesiviljelusajakirjas Farming of Eurasian Perch (2008).

Turustamine

Väikese rasvasisalduse (tavaliselt 1–2%) ja kalorsuse tõttu (80–90 kcal) on ahven hinnatud söögikala, eriti dieetkalana. Ahvena liha on väga maitsev ega tüüta sööjat, nii et seda võiks süüa iga päev. Siiski hinnatakse tema liha veel vähestes riikides (Šveits, Saksamaa, Prantsusmaa, Austria). Suurem osa tänapäeva turundusvõrgus saada olevast ahvenast on pärit looduslikest vetest. Püütud kalast enamik pärines Soomest, Venemaalt ja Eestist. FAO 2012. aasta andmetel kasvatati ahvenat maailmas 435 tonni (sh Venemaal 235, Ukrainas 82, Šveitsis 50 tonni), mille väärtus oli 1 591 000 USA dollarit. FAO andmetel on ahvenakasvatuse tootlus ning hinnad veel üsna ebastabiilsed.

Ahvenat imporditakse enamasti jahutatud või külmutatud fileena, vähemal määral terve kala või rümbana. On täheldatud, et väiksem filee (15 g) läheb paremini kaubaks prantsuskeelsetes riikides, kuid suuremad fileeportsjonid (40 g) sobivad turgudele riikides, kus räägitakse saksa keelt.

Ahvena müügihinnad on võrreldes teiste kaladega üsna kõrged, mis viitavad ahvenakasvatuse võimalikult heale kasumlikkusele (FAO, 2007).

2.4. Kasvatamine varude rikastamiseks

Levinud on ka ahvena kasvatamine selle varude taastamiseks veekogudes ja loodusliku populatsiooni suurendamiseks. Varude taastamiseks on parim meetod tiigikasvatus. Vastsete kasvatamisel tiikides arenevad neil paremini välja eluks vajalikud võimed, näiteks võime kohaneda kisklusega ning uurida ümbritsevat keskkonda. Samuti hakkavad nad kiiremini toituma elussöödast. Sellised omadused aitavad väikestel ahvenatel loodusoludes märksa paremini hakkama saada ning nad ei jää looduslikus veekogus elavatest noorjärkudest kasvus maha.

Kasvatamisega seotud keskkonnaprobleemid

Ahvena paljundamist ja kasvatamist pinnasetiikides peetakse keskkonnale üldiselt ohutuks piirkondades, kus ta on ka looduslikult levinud. Ahvena kasvatamine RASis ei kujuta ohtu keskkonnale, kuna kogu protsess toimub suletud süsteemis, mille vesi pärineb enamasti kaevudest. Seega puudub nii ahvena põgenemise kui ka haiguste levitamise risk.

Ahvena kasvatamine pinnasetiikides võib mõjuda keskkonnale negatiivselt siis, kui teda kasvatatakse riikides, kus ahven looduslikult ei levi, näiteks USAs. Ahven võib looduskeskkonda pääsedes muutuda võõrliigiks, kes tippkiskjana põhjustab nihkeid looduslikes kooslustes. Näiteks USAs tehtud uuringutes on esile tõstetud järgmised probleemivaldkonnad:

- ahven konkureerib zooplanktoni ja zoobentose nišis lepiskaladega;
- ahven konkureerib toidu pärast looduslike röövkaladega, nagu haug ja kollane ahven;
- ahven konkureerib elupaiga pärast looduslike liikidega.

Mitmes piirkonnas ongi pärast ahvena introdutseerimist täheldatud kohalike liikide väljasuremist, looduslike populatsioonide nõrgenemist (Austraalia) ja muutusi toiduobjektide kooslustes (Uus-Meremaa).

Kasvatusega seotud suundumused

Ahvenakasvatuse arengus on määrava tähtsusega paljunemistsükli kontroll. Paljunemistsükli põhjalik tundmine ja kontroll võimaldaks suures koguses kvaliteetsete vastsete tootmist ning hooajavälist paljundamist ja tõuaretust, et suurendada saaki ja kalaliha kvaliteeti. Nii on ka suurem osa Euroopas ahvena kasvatamist arendavatest uurimisasutustest keskendunud just nendele valdkondadele.

Teisalt on keeruline saavutada ahvenakarja homogeenset kasvu (Mélard jt, 1996). Kasvuerinevuste ja kannibalismi tõttu on vaja kalu sageli sorteerida. See aga suurendab karja suremust 5–6% võrra.

Ahvenakasvatuse levikut takistab kala aeglane kasv. 80–100-grammise kaubakala tootmiseks RASis 23 °C juures kulub tervelt aasta. Loodusoludes kulub nii suure kala kasvatamiseks aga juba 800 päeva. Seega on kasvatuse produktiivsus üsna väike, 350–400 g kala basseini kuupmeetri kohta päevas. See kehtib isegi siis, kui paigutustihedus on suur, näiteks 60–80 kg/m^3.

Kasvu homogeensuse ja parema produktiivsuse saamiseks tehakse katseid ja uuringuid, et juurutada geneetilisi meetodeid, näiteks ainult emastest koosneva kalakarja moodustamine, hübridiseerimine ja sugukalade valik.

Lisaks peab ahvenakasvatus vastama FAO kohuseteadliku kalanduse koodeksi 9. artikli nõuetele. Sellest tuleneb eelkõige vajadus jälgida kalade seisundit, ennetada nende haigusi ja haiguste levikut kasvandusest väljapoole. Samuti peetakse FAO nõuete kohaselt oluliseks tagada toodangu suur toiteväärtus ja kalakarja geneetiline mitmekesisus.

Kasutatud kirjandus

Bergman, E. (1988). Foraging abilities and niche breadths of two percids, *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernua,* under different environmental conditions. Journal of Animal Ecology, 57, 443–453.

Bokor, Z., Urbányi, B., Horváth, L., Müller, T., Horváth, Á. (2012). Sperm Cryopreservation of Two European Predator Fish Species, the Pikeperch (*Sander lucioperca*) and the Wels Catfish (*Silurus glanis*). Current Frontiers in Cryopreservation, Prof. Igor Katkov (Ed.), ISBN: 978-953-51-0302-8, InTech, DOI: 10.5772/28479. Available from: http://www.intechopen.com/books/current-frontiers-in-cryopreservation/sperm-cryopreservation-of-two-european-predator-fish-species-the-pikeperch-sander-lucioperca-and-the

Borcherding, J., Maw, S. K., Tauber, S. (2000). Growth of 0+ perch (*Perca fluviatilis*) predating on 0+ bream (*Abramis brama*). Ecology of Freshwater Fish, 9, 236–241.

Estlander, S., Nurminen, L., Olin, M., Vinni, M., Immonen, S., Rask, M., Ruuhijärvi, J., Horppila, J., Lehtonen, H. (2010). Diet shifts and food selection of perch *Perca fluviatilis* and roach *Rutilus rutilus* in humic lakes of varying water colour. Journal of Fish Biology, 77, 241–256.

FAO Statistics (2007). http://www.percid.be/ppt_lucy_watson.pdf

Ginter, K. (2012). The diet of juvenile pikeperch *Sander lucioperca* in lakes Peipsi and Võrtsjärv: relations between long-term changes in the fish communities and food resources in large shallow lakes. PhD thesis. Tartu. 136 pp.

Graber, A., Welti, C. (2008). Production of Eurasian Perch (*Perca fluviatilis*) in Aquaponic. Poster presentation at the workshop „Percid fish culture – from research to production", Namur (Belgium) 23–24 January 2008.

Grozea, A., Bănăţean-Dunea, I., Ada Cean, Korbuly, B., Bura, M., Osman, A., Părău, D. (2009). Genetical inactivation of pikeperch (*Sander lucioperca*) sperm using UV irradiation. Zootehnie şi Biotehnologii, 42, 40–46.

Guma'a, S. A. (1978). The effects of temperature on the development and mortality of eggs of perch, *Perca fluviatilis*. Freshwater Biology, 8, 221–227. DOI: 10.1111/j.1365-2427.1978.tb01443.x

Jankowska, B., Zakęś, Z., Żmijewski, T., Szczepkowski, M., Kowalska, A. (2007). Slaughter yield, proximate composition, and flesh colour of cultivated and wild perch (*Perca fluviatilis* L.). Czech Journal of Animal Science, 52 (8), 260–267.

Jeppesen, E., Jensen, J. P., Søndergaard, M., Lauridsen, T., Landkildehus, F. (2000). Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient. Freshwater Biology, 45, 201–218.

Kratochvíl, M., Peterka, J., Kubečka, J., Matěna, J., Vašek, M., Vaníčková, I., Čech, M., Seďa, J. (2008). Diet of larvae and juvenile perch, *Perca fluviatilis* performing diel vertical migrations in a deep reservoir. Folia Zoologica, 57 (3), 313–323.

Lehtonen, H. (1996). Potential effects of global warming on northern European freshwater fish and fisheries. Fisheries Management and Ecology, 3, 59–71.

Mélard, C., Kestemont, P., Grignard, J. C. (1996). Intensive culture of juvenile and adult Eurasian perch (*P. fluviatilis*): effect of major biotic and abiotic factors on growth. Journal of Applied Ichthyology, 12, 175–180. DOI: 10.1111/j.1439-0426.1996.tb00085.x

Migaud, H., Wang, N., Gardeur, J-N., Fontaine, P. (2006). Influence of photoperiod on reproductive performances in Eurasian perch *Perca fluviatilis*. Aquaculture, 252, 385–393.

Mikelsaar, N. (1984). Eesti NSV kalad.

Paaver, T., Kasesalu, J., Gross, R., Puhk, M., Tohvert, T., Liiv, A., Aid, M. (2006). Kalakasvatus ja kalade tervishoid. Tartu: Halo Kirjastus. 191 lk.

Peterka, J., Matěna, J. (2009). Differences in feeding selectivity and efficiency between young-of-the-year European perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus*

rutilus) — field observations and laboratory experiments on the importance of prey movement apparency vs. evasiveness. Biologia, 64, 786–794.

Pihu, E., Turovski, A. (2001). Eesti mageveekalad. Tallinn: Kalastaja Raamat. 240 lk.

Rezsu, E., Specziár, A. (2006). Ontogenetic diet profiles and size-dependent diet partitioning of ruffe *Gymnocephalus cernuus*, perch *Perca fluviatilis* and pumpkinseed *Lepomis gibbosus* in Lake Balaton. Ecology of Freshwater Fish, 15, 339–349.

Zakęś, Z., Demska-Zakęś, K. (2009). Controlled reproduction of pikeperch *Sander lucioperca* (L.): a review. Archives of Polish Fisheries, 17, 153–170.

Toner, D., Rougeot, C. (ed.) (2008). Farming of Eurasian Perch. Volume 1: Juvenile production. Aquaculture Explained, Special Publication. Dublin. http://www.percid.be/Aquaculture.pdf

U.S. Fish and Wildlife Service (2012). Zander (*Sander lucioperca*). Ecological risk screening summary.

Angerjakasvatus

Tiit Paaver, Ain Järvalt

3

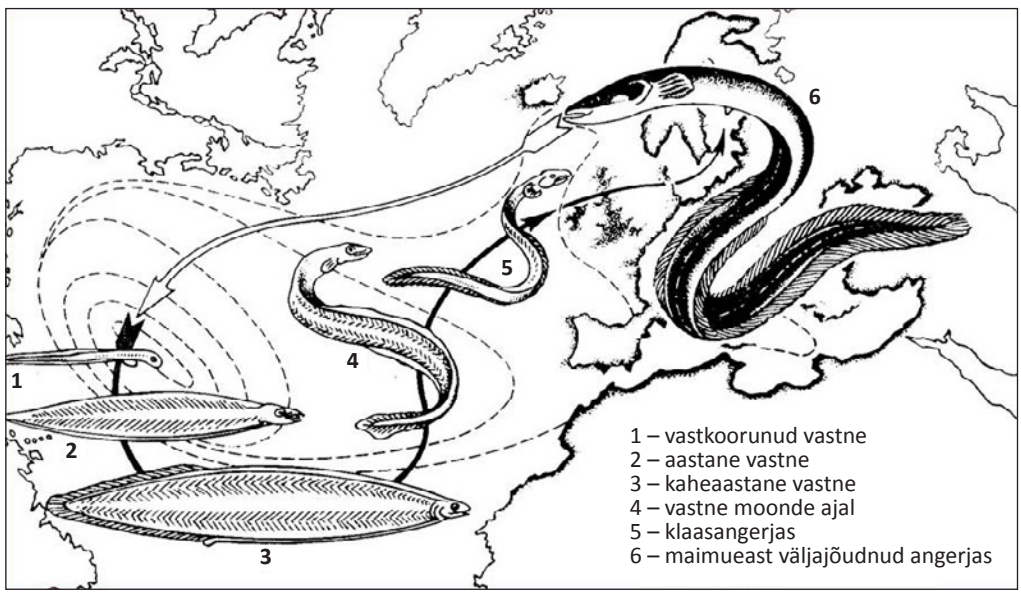
Angerjakasvatus on erinevalt forelli- või karpkalakasvatusest loodusest püütud vastsete (klaasangerjate) kasvatusel põhinev (ingl *capture based*) kalakasvatuse haru. Nii teiste maade kui ka Eesti angerjakasvatuse tulevikku mõjutavad seetõttu klaasangerjate hind ja kättesaadavus. Et angerjavaru väheneb ja angerjas on sattunud ohustatud liikide hulka, on Euroopa Liidus kehtestatud angerjamajandust mõjutavad regulatsioonid. Neist olulisemaid oli nõue, et 40% sisevetesse toodud angerjatest peaks pääsema tagasi ookeani kudema. Eesti teadlased on märgistatud angerjate taaspüükide abil näidanud, et Eesti järvedesse asustatud angerjad pääsevad kudealadele.

3.1. Bioloogiline iseloomustus

Euroopa angerjas (*Anguilla anguilla*) kuulub angerjaliste seltsi. Angerjalised on pika maokujulise kehaga kalad. Pikk seljauim ja pärakuuim on neil liitunud sabauimega, rinnauimed on väheldased ja ümarad, kõhuuimed puuduvad. Väikesed soomused paiknevad sügaval nahas, nahk on limane ja libe.

Angerjakasvatuse ja laiemalt ka angerjamajanduse teeb raskeks tema keeruline, moondega kulgev elutsükkel (joonis 3.1). Angerjalised on katadroomsed siirdekalad, kes koevad meres ja kasvavad suguküpseks magedas vees. Euroopa angerjas koeb Atlandi ookeani keskel asuvas Sargasso meres rohkem kui 500 m sügavusel. Pärast kudemist angerjad hukkuvad.

3.1. Euroopa angerja elutsükkel ja ränne



Vastsed tõusevad sügavatest veekihtidest pinnale ja Golfi hoovus kannab nad Euroopa rannikule. Selle 2–3 aastat aega võtva rände ajal teevad angerjavastsed läbi moonde, muutudes vahepeal läbipaistva pajulehe kujuliseks *Leptocephalus*'eks (joonis 3.2) ja seejärel täiskasvanud angerja sarnaseks, kuid läbipaistvaks klaasangerjaks.

Klaasangerjad jõuavad Euroopa rannikule ning tõusevad eeskätt Hispaania, Portugali, Prantsusmaa ja Inglismaa jõgedesse, kust neid püütakse ja viiakse ka teistesse maadesse edasikasvatamiseks. Enne Euroopa Liidu piirangute kehtestamist saadeti palju klaasangerjaid kasvatamiseks Hiinasse ja Jaapanisse. Et klaasangerjate täpset vanust ei teata, arvestatakse angerjamajanduses kalade vanust alates nende klaasangerjastaadiumis magevette (kasvandusse) asustamisest.

Magedasse vette jõudes on noorel angerjal instinkt tõusta vastuvoolu (reotaksis), mille tõttu ta ronib üles paisudest ja tungib kaugete sisemaal paiknevate veekogudeni. Rändevajadus ilmneb ka kasvanduses: noored angerjad üritavad ronida mööda basseiniseina üles.

Kui angerjad on kasvanud 30 cm pikkuseks, reotaksis kaob ja kalad lähevad üle paiksele eluviisile. Eestis leidub looduslikul teel siia levinud angerjaid põhiliselt rannikumerre suubuvate jõgede, eriti Pärnu jõe vesikonnas. Enne Narva jõele hüdroelektrijaama rajamist tõusid noored angerjad piki Narva jõge ka Peipsi vesikonda. Tänapäeval pärineb Eesti sisevete angerjasaak suuremalt jaolt Lääne-Euroopast ostetud ja Eesti vetesse asustatud noorkaladest. Ametliku statistika järgi on Eesti vetest viimastel aastatel püütud kokku 15–30 tonni angerjat, sellest valdav osa Võrtsjärvest. Võrtsjärve angerjasaak sõltub otseselt asustatud noorkala kogusest. Rekordsaak (104 tonni) saadi Võrtsjärvest 1988. a. Neljast väikejärvest, kuhu angerjat on asustatud viimase kümne aasta jooksul igal aastal, on väljapüük küündinud nelja tonnini aastas. Teiste väikejärvede ja Peipsi saak on seni olnud tagasihoidlik. Angerja esinemist on siiski täheldatud 74 Eesti järves. Rannikumere angerjasaak, mis oli enne II maailmasõda üle 500 tonni, on nüüd kahanenud mõnele tonnile.

Emaskalad kasvavad Eestis erandjuhtudel kuni 1,5 m pikkuseks ja 6 kg raskuseks, isaskalad on väiksemad, kuni 50 cm pikkused. Suguküpseks saavad isased 5–7-, emased 7–12-aastase magevee-elu järel. Suguküpsed angerjad siirduvad kudemisrändele tagasi Atlandi ookeani. Magevees on angerja

3.2. Angerja vastne *Leptocephaluse* staadiumis

selg tavaliselt rohekat ja kõht kollakat tooni ning nende puhul kasutatakse terminit *kollane angerjas*. Rändangerja selg muutub sinakasmustaks ja kõht valgeks ning neid nimetatakse hõbeangerjateks. Eesti sõjaeelne angerjasaak koosneski peamiselt rändangerjast. Kuderände ajal angerjad ei toitu, nende kehaehitus muutub, silmad suurenevad, suguproduktid küpsevad ja moodustavad suure osa kehamassist.

3.2. Kasvatamine

Angerjate püük nii sisevetest kui ka kuderände ajal merest ning klaasangerja püük nii otse toiduks kui ka Euroopa ja Aasia kasvanduste jaoks on põhjustanud Euroopa vete angerjavaru kõikumist. Looduslikul teel Läänemerre jõudvate angerjate hulk on pidevalt vähenenud. Klaasangerjasaagi vähenemine ja püügi piiramine tõstis nende hinda ja piiras angerjakasvatuse laienemist. Kas loodusolude muutumise või Euroopa regulatsioonide tõttu on klaasangerjate arvukus uuesti kasvanud ja turuhind langenud.

Euroopa angerjat ei osata veel inimese kontrollitavates tingimustes paljundada. Vaikses ookeanis elava jaapani angerjaga (*Anguilla japonica*) on see juba õnnestunud. Euroopa angerja puhul on korda läinud indutseerida marja ja niisa küpsemist, viljastada marja ja saada isegi angerjavastseid, kuid 2014. aastaks polnud veel õnnestunud kasvatada neid üle *Leptocephalus*'e staadiumi klaasangerjaks. Intensiivne teaduslik uurimistöö viib loodetavasti varsti ka selle probleemi lahendamiseni. Seni sõltub kogu angerjakasvatus loodusest püütavatest klaasangerjatest.

Klaasangerjaid transporditakse niiskes keskkonnas isotermilistes vahtpolüstüreenkastides. Et hoida vajalikku madalat temperatuuri (2–4 °C) ja vältida maimude kuivamist, lisatakse kastidesse jääd. Niiskes keskkonnas ja madalal temperatuuril püsivad klaasangerjad anabioosiseisundis (kalad on liikumatud, nende südame- ja hingamistegevus on vaevu märgatav) elujõulised mõnikümmend tundi.

Angerjat kasvatatakse nii kaubakalaks kui ka maimuna loodusesse asustamiseks (joonis 3.3). Angerja asustamise eesmärk on luua kaluritele püügivaru ja kasutada sisevete toidubaas ära vääriskala tootmiseks. Loodusesse on asustatud nii klaasangerjaid kui ka kasvanduses mõnda aega suuremaks kasvatatud maime.

Järve lastud klaasangerjas jõuab püüki keskmiselt kuuenda järveeluaasta sügisel 55 cm pikkusena. Suhteliselt väikese tagasipüügi juures on majanduse seisukohalt oluline ka rändangerjate väljaränne meie sisevetest ja riigi panustamine ohustatud liigi taastootmisse. Tsükli lühendamiseks ja asustusangerjate ellujäämuse (seega ka tagasipüügi) osakaalu suurendamise huvides võib olla otstarbekas kasvatada klaasangerjatest enne järve laskmist kasvanduses noorkalad. Angerjas on ainus kala, kelle järelkasvatatud maimude asustamine loodusesse veekogudes karjatamiseks on olnud majanduslikult tasuv. Kui asustusmaterjali hind klaasangerja kohta on üle

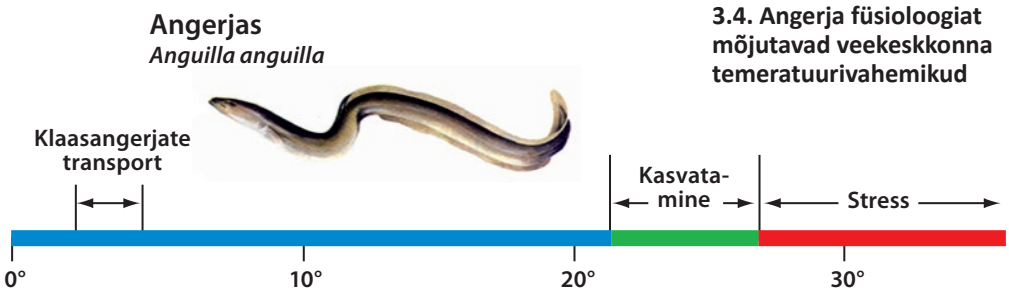
0,25 euro ja järelkasvatatute puhul üle 0,6 euro, ei ole nende asustamine enam tasuv, arvestades Eesti veekogudes klaasangerjana asustatud angerjate 5% ja järelkasvatatuna asustatute kuni 15% tagasipüüki. Samal ajal võib kalakasvatajal olla majanduslikult tasuvam jätkata angerjate kasvatamist, kuni nad saavutavad Euroopa turul müümiseks piisava suuruse. Probleemiks võib kujuneda aga isaste angerjate aeglasem kasv.

Angerja kasvatamine RASis

Praegu on Eestis kolm tegutsevat soojaveelist vee korduvkasutuse süsteemiga angerjakasvandust. 2000. aastate algul selles valdkonnas esimesena tegevust alustanud Triton PR ASi kasvanduse kavandatud võimsus oli kuni 2 miljonit järelkasvatatud angerjat looduslikesse vetesse asustamiseks või 70 tonni kaubaangerjat. Tegelik toodang jäi aga väiksemaks ja on praegu märkimisväärselt vähenenud. Viimastel aastatel on angerjakasvandused rajatud veel Viiratsisse ja Vändrasse. Kaubaangerjat toodeti Eestis algul Lääne-Euroopa, eeskätt Hollandi standarditest lähtudes. Seal tarbitakse 120–300 g raskust angerjat. 2000. aastatel eksporditi peaaegu kogu Eestis kasvatatud angerjas Hollandisse. Kuna Euroopa turul on vähenenud nõudlus kaubaangerja järele ja turuhind on langenud, turustatakse Eesti angerjatoodangut peamiselt Eestis. Eesti ametlik statistika ei kajasta angerjakasvatuse mahtu.

Angerja kasvutempo sõltub suuresti vee temperatuurist, sest angerjas on soojalembene kala (joonis 3.4). Sooja kliimaga maades, nt Itaalias, on võimalik kasvatada angerjaid ka avatud tiikides ja basseinides, eriti kui saab kasutada ka tööstuslikku termaalvett. Eestis on intensiivne angerjakasva-

3.3. Noorte angerjate asustamine veekogusse



3.4. Angerja füsioloogiat mõjutavad veekeskkonna temeratuurivahemikud

tus tasuv vaid RASis, kus saab hoida püsivalt umbes 25 °C temperatuuri. Vee pH peab olema 7,0 või veidi alla selle, kõrgema pH-taseme puhul tekib kaladel ammoniaagimürgistuse oht. Et Eesti põhjavee pH on 7,5 ja pärast aereerimist tõuseb see 8,5ni, tuleb neutraliseerimiseks algul lisada vette soolhapet. Kui angerja juurdekasvu tõttu tõuseb kalade mass üle 75 kg/m^3, siis langeb nende väljahingatava süsihappegaasi mõjul pH alla 7 ja keskkonna reaktsiooni tuleb $CaHCO_3$ lisamisega tõsta. Hapnikusisaldus on soovitatav hoida 8 mg/l, kuigi angerjas talub hapnikusisaldust vahemikus 3–15 mg/l.

RASis on kalakasvatusbasseinist väljuva vee kvaliteedi taastamise tsükli põhilised lülid tahke sette eemaldamine, lahustunud lämmastikuühendite, eeskätt ammoniaagi nitrifitseerimine ja denitrifitseerimine, vee desinfitseerimine ja hapnikuga rikastamine. Põhimõtteline veeringlusskeem on järgmine. RASiga kasvandus paikneb hoones. Vesi võetakse puurkaevust. Vee pideva ringluse tagavad pumbad. Kalakasvatusbasseinidest väljuv vesi suunatakse terasvõrgust trummelfiltrisse (nt Triton PR ASi puhul on võrgusilmad 40 µm läbimõõduga), kus eemaldatakse tahked jäägid, eeskätt sõnnik, mis võrgu regulaarsel läbipesul suunatakse hoidlasse. Trummelfiltrist väljunud vesi pumbatakse biofiltrisse. Biofiltris kasutatakse tahket, kas liikumatut või liikuvat suure eripinnaga filtrielementi, millele kasvab nitrifitseerivate bakterite kiht. Bakterid muudavad ammooniumiooni algul nitritiks ja seejärel nitraadiks. Lõplikuks veepuhastamiseks kasutatakse tihti ka eraldi väikest denitrifikatsioonifiltrit, kus bakterid muudavad nitraadi lämmastikuks. Biofiltri läbinud vesi kogutakse põrandapinnast allpool asuvasse varuveebasseini, sealt pumbatakse ta hapnikurikastisse ja suunatakse taas kalabasseinidesse. Osa vett aurub kalabasseinidest ja trummelfiltri pesuks kulub samuti vett. Kao asendamiseks lisatakse puurkaevuvett, kuid see ei ületa ööpäevas enamasti 5% kogu veemahust.

Angerjate tihedus kasvatusbasseinides võib olla väga suur, ulatudes 100 kilogrammini kuupmeetris basseinimahus.

Söötmine ja kasv

Kasvandusse toodud klaasangerjaid söödetakse algul tursamarjaga. Tursa marjaterad on piisavalt väikese läbimõõduga, et angerjavastsele suhu mahtuda,

ja samal ajal tugeva lõhnaga, mis kalu ligi meelitab. Noored, kuni 10–20 g raskused angerjad toituvad eeskätt haistmismeele järgi. Suuremad angerjad orienteeruvad toitumisel ka nägemise järgi. Kalade kasvades hakatakse neid söötma startersöödaga ja minnakse üle järjest suurema läbimõõduga söödaosakestele. Angerjad haaravad ujuvaid või aeglaselt uppuvaid graanuleid. Söödagraanulite suurus on vastavalt kala suurusele 0,4–3 mm. Angerja varased noorjärgud söövad päevas 5% kehamassist, täiskasvanud kalad 1,3%.

Eestis kasutatakse Taani firma Biomar angerjasööta. Angerjasööta toodavad ka teised ettevõtted ja nende tootevalik on teataval määral erinev. Angerjasöötade puhul kehtib kalade söötmise üldine seaduspärasus, et noorkalade sööt sisaldab rohkem valku ja kaubakala söödas kasvab vastavalt kala suurusele energiasisaldus, st eeskätt rasvade osatähtsus. Angerjasöödad on kõigil kasvatusetappidel vikerforellisöötadest veidi energiarikkamad. Kõige nooremate angerjate söömaõpetamiseks ja söötmiseks kasutatavad startersöödad on 0,3–0,4 mm läbimõõduga ja valgurikkad (51–57% valku, 21–27% rasva, 18–19 MJ/kg metaboliseeruvat energiat). Kaubaangerja 1–3 mm läbimõõduga sööt sisaldab 46–48% valku ja 28–32% rasva ning metaboliseeruvat energiat on üle 20 MJ/kg. Eestisse toodavad klaasangerjad kaaluvad olenevalt toomise ajast ja päritolust 0,15–0,3 g. Nelja-viie grammi raskuse, järve asustamiseks sobiva noorangerja kasvatamiseks kulub RASis umbes neli kuud. Lääne-Euroopa standardile vastava kaubaangerja kasvatamiseks kulub RASis keskmiselt 25-kraadise vee puhul aasta.

3.5. Angerja tihedus kalakasvanduse basseinis

Kuna isendid on suuruselt väga erinevad, on hädavajalik neid mitu korda sorteerida. Näiteks olid Triton PR ASi angerjakasvanduses 2002. aasta suvel sorteerimise ajal väiksema rühma kalad 120–150 g, suurema rühma omad aga 500–600 g raskused.

Tervishoid

Kasvatatavat angerjat ohustavad paljud tavalised kalade haigused. Neil esineb bakteriaalhaigustest aeromonoosi ja pseudomonoosi, parasitaarhaigustest võivad tekitada probleeme ihtüoftirioos, hilodonelloos ja *Ichthyobodo* (endine nimetus *kostioos*), kuid need on suhteliselt kergesti tõrjutavad. Spetsiifiline angerjaparasiit on ujupõies elav *Anguillicola crassus*. Sellega võivad olla nakatunud juba klaasangerjad. Parasiidid – mustad ussid – avaldavad mõju nii kalade kasvule kui ka ellujäämusele, kuigi nad pole surmavalt ohtlikud. See parasiit vähendab ka rookimata angerja kaubanduslikku väärtust.

3.3. Toodangu turustamine

Euroopa Liidu regulatsioonide, angerjamajanduse kavade ja Lääne-Euroopa muutunud turusituatsiooni tõttu on Eestis kasvatatud angerja turustamine viimastel aastatel märkimisväärselt muutunud. Lääne-Euroopas on nii kasvatamine, tarbimine kui ka turuhind vähenenud. Kuigi Eestis kasvatatud angerjat müüakse kohalikule tarbijale ka suitsutatult ja marineeritult, ei ole siinse turu maht suur. Tavatarbija jaoks kõrge hinna (16–20 €/kg) kõrval on selle põhjuseks ka Eesti inimeste tarbimisharjumused – umbusaldatakse magevees ja eriti kasvanduses toodetud kala ning eeldatakse, et angerjas peab olema üle poole kilo, soovitatavalt aga isegi kilone. FAO 2012. a andmetel toodeti euroopa angerjat 4783 tonni (Holland 1800, Taani 1061, Rootsi 93 tonni) väärtusega 58 813 000 USA dollarit.

Kasutatud kirjandus

Aarestrup, K., Økland, F., Hansen, M., Righton, D., Gargan, P., Castonguay, M. Bernatchez, L., Howey, P., Sparholt, H. McKinley, R. 2009. Oceanic spawning migration of the European eel (*Anguilla anguilla*). Science, v 326, issue: 5955, 936–936.

Aid, M., Gross, R. Kasesalu, J., Liiv, A., Paaver, T., Puhk. M., Tohvert. T. 2006. Kalakasvatus ja kalade tervishoid. Halo Kirjastus, Tartu. 191 lk.

Aida, K., Tsukamoto, K. & Yamauchi, K. (Eds.). 2003. Eel biology. Springer Tokyo, pp 488.

Dekker W. 2003. Did lack of spawners cause the collapse of the European eel, *Anguilla anguilla*? Fisheries Management and Ecology. 10. 365–376.

Fort T. 2006. Angerjaraamat. Olion. 232 lk.

Frost, H., Nielsen, M., Jensen, C.M., Vestergaard, N. 2000. An economic cost-benefit analysis of the use of glass eel. FOI Report NO 118. Copenhagen, Denmark, Danish Institute of Food Economics.

Järvalt, A., 2004. Angerja (*Anguilla anguilla)* asustamise tulemuslikkuse hindamine väikejärvedes, III etapp. EPMÜ Zooloogia ja Botaanika Instituudi ja SA KIK vahel sõlmitud lepingu 04-04-10/1035 aruanne. 56 lk.

Järvalt, A., Bernotas, P., Kask, M., & Silm, M. 2013. Võrtsjärve kalavarude seisund ja Eesti angerjamajandamiskava täitmise analüüs. Keskkonnaministeeriumi poolt finantseeritud lepingu nr 4-1.1/95 18.04.2012 aruanne.

Kangur, A. 1977. Klaasangerjate laskmisest järvedesse. Eesti Loodus 9. 584–586.

Kangur, A., 1998. European eel *Anguilla anguilla* (L.) fishery in Lake Võrtsjärv: current status and stock enhancement measures. Limnologica 28 (1), 95–101.

Kangur, A., Kangur, P. & Kangur K., 2002. The stock and yield of the European eel *Anguilla anguilla* (L.) in large lakes of Estonia. Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol., 51/1. 45–61.

Kangur A., Kangur P. & Kangur K. 2002. Prevalence and intensity of *Anguillicola crassus* infection of the European eel, *Anguilla anguilla* (L.), in Lake Võrtsjärv (Estonia). Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol. 62–73.

Kask M. 2010. Angerja (*Anguilla anguilla*) ränne Peipsi vesikonnas. Magistritöö. Eesti Maaülikool, Limnoloogiakeskus. 77 lk.

Moriarty, C. & Dekker, W. (Eds.) 1997. Management of European eel. Ir. Fish. Bull., (Dublin) 15, pp 110.

Nielsen, T., Prouzet, P. 2008. Capture-based aquaculture of the wild European eel (*Anguilla anguilla*). In: Capture- based aquaculture. Global overview, ed. Lovatelli A. and Holthus P.F., FAO Fisheries Technical Paper No. 508. Rome, 54: 13–17.

Ojaveer E., Pihu E. & T. Saat (Eds.). 2003. Fishes of Estonia. Eel. Pp 159–163.

Pihu, E. 2006. Meie kalad olelusvõitluses. Kalastaja raamat, Tallinn, 288 lk.

Rindom, S., Tomkiewicz, J. ,Munk, P., Aarestrup, K., http://www.dtu.dk/english/Service/Phonebook/Person?id=41545 Pedersen, M., Ingemann., Graver, C., 2013. Eels in culture, fisheries and science in Denmark. In: Eels and humans. Springer, Tokyo 41–61.

Tesch, F.W. 2003. The Eel. Blackwell Science, Oxford, Fifth edition. 408 pp.

Wootton, R.J. 1998. Ecology of Teleost Fishes. Kluwer Academic Publishers. Second edition. 386 pp.

Angersägakasvatus

Priit Päkk

4

4.1. Bioloogiline iseloomustus

Aafrika angersäga (lad *Clarias gariepinus*, ingl *African sharptooth catfish*) on kalaliik sägaliste (*Siluriformes*) seltsi angersägalaste (*Clariidae*) sugukonnast angersägade (*Clarias*) perekonnast.

Liigi ladinakeelne nimetus koosneb perekonnanimest *Clarias*, mis tuleneb kreekakeelsest sõnast *chlaros* 'elav', ja konkreetsele liigile viitavast „eesnimest", mis on pandud Lõuna-Aafrikas asuva Oranje jõe kohaliku nime Gariep järgi. Angersäga on tüüpiline veepinnalt hingav sägaline. Tema väliskuju iseloomustab suur pea, justkui väljavenitatud keha ja pikk anaaluim (joonis 4.1). Kala keha värvus varieerub seljauimedel helepruunist tumepruunini, mis on sageli kirjude, heleroheliste ja hallide varjudega. Kõhualuse värvid varieeruvad kahvatust helepruunist valgeni.

Aafrika angersäga looduslik elupaik asub Aafrikas ja Lähis-Idas, kus ta elutseb järvedes, jõgedes ja soodes, samuti settetiikides ja linnade kanalisatsioonisüsteemides. Nagu teisedki angersägalased, on aafrika angersägad võimelised liikuma lühikesi vahemaid mööda maismaad ning kaevuma kuivaperioodideks niiskesse mutta. Nad tekitavad krooksuvat-kraaksuvat häälitsust. 1980. aastatel hakati aafrika angersäga laialdaselt kasvatama väljaspool tema algupärast areaali, nt Brasiilias, Vietnamis, Indoneesias ja Indias. Tänapäeval on sägakasvatust arendatud väga laialdaselt, peamiselt Aasias. Populaarne on selle kala kasvatamine üleujutatud riisipõldudel, kusjuures

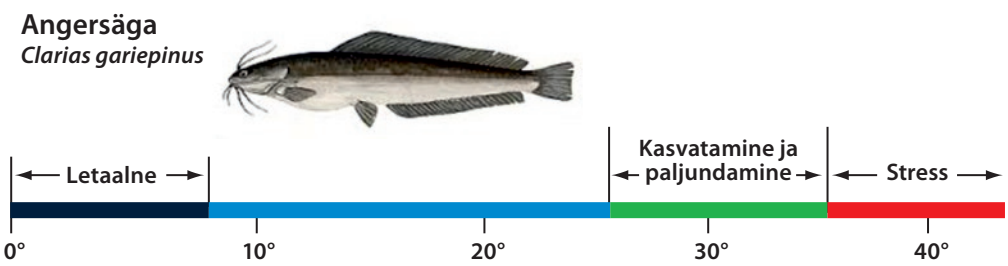
4.1. Angersäga

mitte üksnes kalaliha pärast, vaid ka selleks, et kalad väetaksid põlde oma väljaheidetega. Angersäga on omnivoor, st ta sööb nii taimset kui ka loomset toitu. On teada, et tema toidulauale võivad kuuluda nii viljad ja seemned, veeselgrootud, väiksed imetajad kui ka plankton (Bruton, 1979; Skelton, 2001). Suuremate isendite toiduvalik on elupaigaspetsiifilisem. Passiivseks toidu otsimiseks kasutavad angersägad poiseid. Nad võivad olla edukad kiskjad, pidades jahti üksikult või parves koos tegutsedes. Täheldatud on toitumisrännet (Bruton, 1979a; Merron, 1993). Angersäga toitumisaktiivsus on öisel ajal 70% võrra suurem kui päeval.

Paljunema suunduvad kalaparved ülesvoolu või üleujutatud kaldaaladele. Kudemisränne leiab aset kiiresti pärast vihmaperioode. Esimest korda koeb angersäga 12 kuu vanuselt. Marja ja niisa küpsemiseks on vaja veetemperatuuri kiiret tõusu. Stabiilsetes keskkonnaoludes on angersägadelt leitud kudemisvalmis suguprodukte kogu aasta vältel. Ideaalsetes tingimustes on kalade viljakus kuni 60 000 marjatera kilo emaskala eluskaalu kohta. Agressiivne pulmamäng ja kudemine toimuvad enamasti öösel. Mari kinnitatakse veetaimedele ja hooajaliselt üleujutatud aladel vee alla jäänud kaldataimestikule. Mari inkubeerub pärast kudemist kiiresti, 24–35 (20–60) tunni jooksul. Angersägadel puudub lõimetishoole ja koorunud noorjärgud peavad ise hakkama saama. Rebukott imendub 3–4 päeva jooksul, 5–6 päevaga on noorjärgud läinud täielikult üle välistoidule. Sooline diferentseerumine algab 10–15 päeva vanuselt pärast koorumist. Vastsed toituvad soojas (tavaliselt üle 24 °C) planktonirikkas vees ja kasvavad suhteliselt kiiresti (30 ööpäeva jooksul 3–7 grammiseks).

Angersäga võib kasvada väga suureks, suurim registreeritud pikkus on 170 cm ja kehamass 60 kg. Suuremad angersägad kasvavad väga kiiresti nii pikkuses kui ka kaalus. Kasvukiirus sõltub tugevalt ümbritsevast keskkonnast (Bruton, Allanson, 1980; Hecht, Appelbaum, 1987; Britz, Pienaar, 1992). On täheldatud teatavat positiivset seost kalade kasvukiiruse ja nende asustustiheduse vahel (Hecht, Appelbaum, 1987). Üksikute isendite aastane pikkuskasv (SL) looduses võib küündida kuni 200 mm-ni (Bruton, Allanson, 1980; Skelton, 2001). Kolm aastat kestnud vaatluste tulemusena selgus, et isased on kiirema kasvuga kui emased (Skelton, 2001). Aafrika angersäga võib elada kuni kaheksa aasta vanuseks.

Aafrika angersäga talub kalade kohta äärmuslikke keskkonnatingimusi. Ta suudab elada väga madala hapnikutasemega vees ja on lühikest aega võimeline elus püsima ka veeta keskkonnas. Aafrika angersäga kasutab hingamiseks spetsiaalset elundit. See organ on suur kongrueeritud kamber, mis on kohanenud õhu hingamiseks ja võimaldab tal põua ajal isegi maapinnal liikuda. Aafrika angersäga talub veetemperatuuri, mis jääb vahemikku 8–35 °C (joonis 4.2), soolsust kuni 10‰ ja suurt pH-taseme kõikumist. Sobivaim on aafrika angersägale aga 30 °C vesi ja kõige kiiremini kasvab ta temperatuurivahemikus 25–33 °C. Selle kala võime taluda äärmuslikke tingimusi võimaldab tal ellu jääda isegi niiskes liivas ja mudas (Bruton, 1979c; van der Waal, 1998).



4.2. Angersäga füsioloogiat mõjutavad veekeskonna temperatuurivahemikud

4.2. Kasvatamine

Angersägasid on sajandeid tuntud kui traditsioonilisi püügiobjekte ja tähtsat liiki Aafrika sisevete kalanduses. Esimesed ja suhteliselt edukad kodustamiskatsed algasid 1940. aastal Lõuna-Aafrikas Jonkershoeki uurimisjaamas (Jonkershoek Fish Research Station). Läbimurre angersäga kasvandustingimustes pidamisel saabus aga Greenwoodis (1955) ning 1970 hakati angersäga kasvatama laialdaselt juba kogu Aafrikas (Hecht jt, 1988). Keskkonnavajaduste, kontrollitud paljundamise ja hormoonstimulatsiooniga seotud uuringuid on tehtud nii Aafrikas kui ka Euroopas (FAO, 2012). Angersägade viljelus on laialt levinud kogu maailmas. Sellele on aidanud kaasa uuringud vee korduvkasutusega süsteemis (RAS, ingl *recirculating acquaculture system*) paljundamise ja kasvatamise ning lähedaste liikidega, nagu vundu (*Heterobranchus longifilis*), hübridiseerimise võimaluste kohta (Hecht, Lublinkhof, 1985), samuti triploidsete (Henken jt, 1987) ja tetraploidsete (Varadi jt, 1999) järglaste saamise katsetused. Enamikus aafrika angersäga tootvates riikides on kasutusel hübriidid nimega *Heteroclarias*. See ristand saadakse vundu emastelt kogutud ootsüütide viljastamisel aafrika angersäga niisaga. Hübriidid on vanematega võrreldes kiirema kasvuga, kuid nad on vanematest agressiivsemad ja eri isendite kasvukiirus varieerub märkimisväärselt. Viimane asjaolu soodustab kannibalismi või tuleneb sellest ja seetõttu on teatud vanuserühmades kalade kadu suhteliselt suur.

Aafrika angersäga kasvatatakse maailmas seisva veega tiikides, läbivooluga tiikides või sumpades ning RASi soojaveelistes basseinides. Eestis, nagu ka mujal Euroopas, on angersäga füsioloogiliste vajaduste tõttu neist viisidest võimalik vaid viimasena nimetatu.

Belgias ja Hollandis on RASis kasutusel plast- või klaaskiudbasseinid, kus kalade kasvatamiseks kulub 0,15 m^3 vett ühe kilogrammi kala kohta. Kasvatamise algfaasis on maimude paigutustihedus 80–200 tk/m^3, veevahetus hoitakse 2–10 l/s piires. Sellise väga intensiivse kasvatamise korral saadakse aastatoodanguks 700–1000 kg/m^3. Meie oludes eeldab selle kalaliigi kasvatamine vee soojendamist.

Paljundamine

Eesti oludesse üle võetav angersägade kunstlik paljundamine sai maailmas alguse 1970. aastate lõpus. Kontrollitud paljundamine sobib nii suurtele kui ka väikestele kalakasvandustele ja on ainumõeldav paljunduskeskustes, kus seda saab kasutada aasta ringi asustusmaterjali saamiseks. Alljärgnevalt on peamiselt refereeritud Poola uurija Jerzy Adameki (2013) kogemusi ja soovitatud paljundamisvõtteid.

Sugukari

Sugukari moodustatakse asenduskaladest, kelle kasvuperioodi juurdekasv ja kasvukiirus oli hinnanguliselt kõige suurem. Kuigi emaskaladel saabub suguküpsus pärast 6.–7. elukuud, on mõistlik valida sugukaladeks 1,5–2-aastased isendid. Hästi kasutatavad sugunäärmed (niisk) formeeruvad ka isastel 1,5–2 aasta vanuselt. Sugukalu kasvatatakse eraldi basseinides veetemperatuuril 23–25 °C. Neid söödetakse tasakaalustatud kunstsöödaga, mille valkude sisaldus ei tohiks jääda alla 35–38% ja mille ööpäevane kogus hoitakse 1–1,5% tasemel kalade biomassist. Aretuskeskustes võiks sugukalade arv olla saja isendi ringis.

Kunstlik paljundamine

Suguproduktide üheaegseks saamiseks stimuleeritakse kalu suguhormoonisüstidega. Enne protseduuri pannakse emased eraldi basseinidesse, kus neid 1–2 ööpäeva ei söödeta. Hüpofüüsi suspensiooni ühekordne süstekogus

4.3. Eesti esimene angersägakasvandus Sõmerpalus

on 4–4,5 mg kala kehamassi kilogrammi kohta. Samuti soovitab Adamek kasutada ühekordseks süstimiseks preparaati **Ovopol** koguses 1 graanul kilogrammi kehamassi kohta. Graanul lahustatakse füsioloogilises lahuses ning süstitakse lihastesse (intramuskulaarselt, IM) või kõhuõõnde (intraperitoneaalselt, IP) 0,3 mg kala kehamassi kilogrammi kohta. Isaseid võib enne kudemist hoida üldjuhul samas basseinis koos.

Marja lüpsmine

Marja küpsemist ja ovulatsiooni tekkimist soodustab temperatuurivahemik 25–26 °C. Ovulatsioon tekib sellel temperatuuril 10–12 tunni järel pärast stimulatsiooni. Enne marja lüpsmist kalad uinutatakse, kasutades anesteetikumi, nt Propiscin (1 mg liitri vee kohta).

Iga emaskala mari lüpstakse eraldi nõusse. Enamasti on saadud marja kogus 10–20% emaskala kehamassist. Niisa saamiseks isaskalad surmatakse ja sugunääre prepareeritakse kõhuõõnest. Spermid säilitavad piisava aktiivsuse 24 tundi, kui neid hoida temperatuuril 4 °C. Pärast marja lüpsmist on soovitatav vannitada emaseid kaaliumpermanganaadi ($KMnO_4$) lahuses (0,5 g 100 liitri vee kohta) üks tund.

Viljastamine

Saadud mari on soovitatav jagada 200–300 g portsjoniteks, millele lisada 2–3 ml 2–3 isaselt võetud nn seguniiska. Sugurakkude aktiveerimiseks ja viljastumise alustamiseks lisatakse sugurakkude nõusse vett ja segatakse 3–5 minutit. Kleepuvuse eemaldamiseks loputatakse viljastatud marja tanniinilahuses (7–10 g 10 l vee kohta) 20–30 sekundi jooksul.

Marja inkubeerimine

Kleepuvuseta mari inkubeeritakse Weissi pudelites või haudeaparaadi raamidel. Raamidele tõmmatud võrgu silmasuurus ei tohiks olla üle 0,5 mm ja mari hajutatakse sellele õhukese kihina. Vee läbivool Weissi pudelites võiks olla 2–3 l/min, haudeaparaadis 5–10 l/min. Vastsed kooruvad 25–27 °C juures 23–27 tunni pärast.

Eelvastsete hoidmine

Rebukoti imendumiseni hoitakse eelvastseid kaks ööpäeva ümarates basseinides või hauderennides. Pärast seda tuleks vastsed paigutada rennidesse. Kogu selle aja hoitakse eelvastseid pimedas. Pikemaajalisel hauderennides pidamisel ei puhastata vastsetega renne marjakestadest enne, kui 2–3 päeva pärast rebukoti imendumist. Rebukoti imendumise lõpule viitab vastsete aktiveerumine.

Vastsete kasvatamine (1. etapp)

Vastsete kasvatamise 1. etapp kestab tinglikult 2–3 nädalat, s.o hetkeni, kui noorkala hakkab tarbima atmosfäärihapnikku (Adamek, 2013). Kalade kaal peaks selleks ajaks olema 400–500 mg. Selles kasvatusetapis hoitakse kalade

tihedust 50–150 tk/l, vee hapnikusisaldus peab olema 50–70% lahustuvusest normaalrõhul, vesi peaks vahetuma 1–2 korda tunnis. Vastseid peetakse kuni 1000-liitristes basseinides 50–60 cm sügavusega vees ja soovitatavalt hämaras.

Vastsete söötmine. Esimesed 2–4 päeva söödetakse vastseid aktiveeritud soolavähikeste (*Artemia salina*) vastsete või väheharjasussidega (*Tubifex*), mille järel minnakse üle startersöödale. Startersööt peab sisaldama vähemalt 50–55% valku ja maksimaalselt 14% rasvu. Pärast kahenädalast kasvatamist vähendatakse vastsete tihedust nii, et neid on 20–50 tk/l. Päevane söödakogus peaks sellel ajal olema 12–15% kalade biomassist. Noorjärkusid söödetakse kas käsitsi või automaatsöötjatega. Angersägadel on kannibalism üsna levinud.

Vastsete sorteerimine. Iga käsitsemine, sealhulgas sorteerimine tekitab vastsetel sügavat stressi. Sorteerimist alustatakse siis, kui noorkalade keskmine kaal on 0,3–0,5 g. Pärast sorteerimist tuleks vastsetele teha antibiootikumivanne (oksütetratsükliin 50 g 1000 l vee kohta, ekspositsiooniaeg 1 tund). Sellest olenemata tuleb basseinides säilitada eeskujulik puhtus.

Maimude kasvatamine (2. etapp)

Maimude kasvatamise aeg kestab 3–5 nädalat. See sõltub peaasjalikult töökorraldusest ja tootmise iseärasustest kasvanduses. Maimude kasvatamine algab sorteeritud (300–500 mg) vastsete paigutamisest puhastesse basseinidesse. Vastsed peaksid suuruse alusel olema jagatud vähemalt kahte rühma.

Vastsete tihedus. Vastsete tihedus sõltub noorkalade keskmisest massist, basseini mahust, sorteerimissagedusest ja tootmistsüklist.

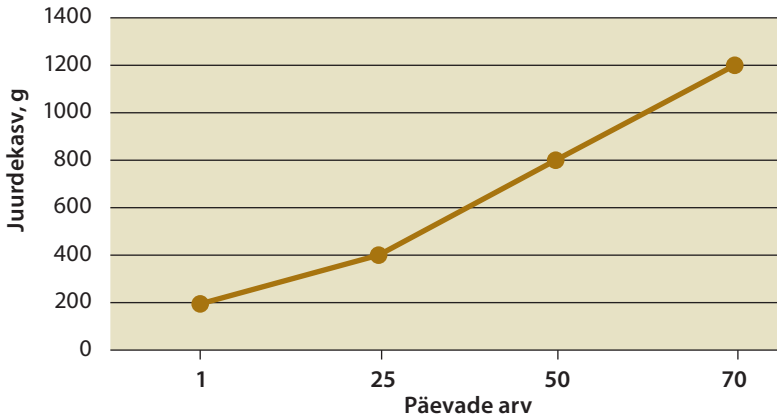
Vastsete söötmine. Optimaalne söödakogus hoitakse 4,5–5% tasemel basseini kalade biomassist. Ööpäevane söödakogus jagatakse kolme-nelja söötmiskorra vahel. Söödetakse käsitsi või automaatsöötjatega.

Noorjärkude kasvatamine (3. etapp)

Kolmas etapp kestab keskmiselt 50–60 ööpäeva ja selle lõpuks on noorkalade keskmine kaal 130–200 g. Noorkalu kasvatatakse 3000–5000-liitrise mahuga basseinides. 10–15-grammiste kalade tihedus hoitakse 2–2,5 tk/l piires ja 20–30-grammiste tihedus 1–1,5 tk/l piires. Kasvatamiseks optimaalne veetemperatuur on 25–27 °C. Söödetakse ujuva söödaga, arvestusega 3–5% kalade kehamassist. Päevane söödakogus jagatakse 3–4 portsjoniks, kasutatakse konveiersöötjaid. Vesi vahetub 1–3 tunni järel. Näiteks 20 g raskustest noorkaladest võib pärast 65-päevast kasvatamist 2500-liitrises basseinis saada 1210–1265 kg noorkala, kelle keskmine kaal on 165–190 g, juhul kui paigutustihedus hoitakse 484–505 kg/m^3 (Adamek, 2013).

Kaubakalade kasvatamine (4. etapp)

Viimane kasvatusetapp kestab 30–50 päeva, mille järel saavutatakse kalade keskmiseks kaaluks 800–1200 g (joonis 4.4). Sobiv basseinide maht on 5–10 m^3. Kui kalade tihedus on 0,8–1,5 is/l, on võimalik ühe kuupmeetri kohta saada



4.4. Angersäga juurdekasv J. Adameki (2013) järgi

keskmiselt 400–500 kg kaubakala. Selle etapi jooksul hoitakse veetemperatuur 25–27 °C juures. Kalu söödetakse iga 5–6 tunni järel ujuva söödaga, kasutades automaatsöötjaid. Söödanorm on 2–3% kalade biomassist ööpäevas. Käsitsi söötmisel saavutatakse kalade väikseim massierinevus, kui jagada (heita) sööt basseinipinnale ühtlaselt.

Kasutatud kirjandus

Adamek, J. (2013). Размножение и производство африканского сома *Clarias gariepinus* (Статья по материалам презентации). http://www.aquafeed.ru/node/44.

Booth, A. J., Traas, G. R. L., Weyl, O. L. F. (2010). Adult African sharptooth catfish, *Clarias gariepinus*, population dynamics in a small invaded warm-temperate impoundment. African Zoology, 45, 299–308.

de Graaf, G. J., Janssen, H. (1996). Artificial reproduction and pond rearing of the African catfish *Clarias gariepinus* in Sub-Saharan Africa – a handbook. FAO Fisheries Technical Paper. No. 362. FAO, Rome, Italy.

FAO (2005–2012). Cultured Aquatic Species Information Programme. *Clarias gariepinus*. Text by Rakocy, J. E. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 18 February 2005.

5 Paaliakasvatus

Ats Kruusamägi, Priit Päkk

5.1. Bioloogiline iseloomustus

Taksonoomia ja kirjeldus

Arktika paalia süstemaatilise kuuluvuse üle on arutletud aastaid, kuna laia geograafilise levila piirides on tema liigisisene varieeruvus suur. Iga arktika paalia vorm eristub teistest ühe või mitme tunnuse poolest, nagu mõõtmed, söömisharjumused, kudemisaja kehavärvus ja morfoloogilised erisused või eluviis. Lisaks sellele on kirjeldatud suguküpsuse saabumise ja kudemise aja ning koelmu valiku erinevusi. Teadlaste hulgas on vaidlusi kala süstemaatika üle tekitanud ka asjaolu, et tihti elab kaks-kolm paalia vormi samas järves koos.

Arktika paalia ehk mägihõrnas kuulub kiiruimsete klassi, lõheliste (*Salmoniformes*) seltsi, lõhelaste (*Salmonidae*) sugukonda ja paalia (*Salvelinus*) perekonda. Paalia perekonnast teatakse viit liiki kalu: *S. fontinalis* (ameerika ojapaalia), *S. namaycush* (järvepaalia, ingl *lake trout*), *S. alpinus* (arktika paalia, ingl *arctic char*), *S. malma* (ingl *Dolly Varden trout*) ja *S. confluentus* (ingl *bull trout*). Arktika paalia esineb nelja alamliigina: *S. a. taranetzi*, *S. a. erythrinus*, *S. a. alpinus* ja *S. a. oquassa* (Johnston, 2002). Kõik alamliigid erinevad üksteisest geograafiliselt levikult ja morfoloogiliselt, samuti keha suuruse, suguküpsuse saabumise vanuse ning liha omaduste poolest.

Arktika paalia elab looduses ainult põhjapoolkera külmades vetes, asustades kogu Kanada Arktika polaarala, rannaäärseid alasid Gröönimaal, Islandil, Põhja- Skandinaavias ja Venemaal ning arktiliste merede väikeste saarte ümbrust, paikse vormina aga ka külmaveelisi siseveekogusid.

Arktika paaliale iseloomulik välistunnus on valged ääred paaris- ja pärakuuimedel (joonis 5.1). Välimuselt sarnaneb paalia kõikide teiste lõhelistega saleda ja käävja kehakuju poolest, kuid on mõnevõrra ümaram kui vikerforell või atlandi lõhe. Arktika paalia peamine iseärasus on valged tähnid piki helepunast ja/või hõbedast külge. Toitumiselt on arktika paalia karnivoor, haarates kõike, mis liigub. Arktika paalia suurus, suguküpsuse saabumise vanus, kudemisaeg ja koelmuvalik varieeruvad liigisiseselt suuresti. Arktika paalia kasvatamisel on tähtis, et kasvukeskkonna tingimused oleksid võimalikult sarnased selle keskkonna parameetritega, kus elavad looduslikud vormid, millest kasvatatavad kalad pärinevad.

Elutsükli järgi võib eristada kahte arktika paalia vormi: anadroomne ja paikne (ingl *resident*). Anadroomne paalia veedab teatud aja ookeanis, toitudes peamiselt rannikumeres. Erinevalt teistest lõhelistest, kes võivad jääda merre aastateks, naaseb arktika paalia vahepeal magevette. Nimelt talvitub ja koeb anadroomne vorm järvedes. Paikne vorm veedab aga kogu elu mageveelises järves või jões. Mõni paikne populatsioon on jääaja reliktina

jäänud mandrijää taganemisel merest eraldatuna järvede süsteemi lõksu ega pääse seetõttu soolasesse vette.

Anadroomse arktika paalia populatsioon esineb enamasti arktilise ala sellistes piirkondades, kus merevee temperatuur ei tõuse suvel kuigi kõrgele. Tavaliselt nad ei rända oma sünnijõe või -järve süsteemist kaugele, vaid eelistavad jääda kodusesse rannikumerre. Siiski rändab igal aastal mõni mittesuguküps isend sadu kilomeetreid ning jõuab hoopis teise mageveesüsteemi. Enamik neist väljarännanuist tuleb tagasi oma sünnivetesse, kuid osa jääbki paikseks mõnes teises vesikonnas.

Anadroomsed arktika paaliad veedavad vähem kui 15% aastast meres. Nad lähevad merre juuni lõpu poole ja naasevad augusti lõpus või septembri alguses. Sellel ajal ületab merevee temperatuur harva 10 °C. Meres veedetud aeg varieerub, sõltudes kala suurusest ja saabuvast suguküpsusest ning kliimaoludest, mis on omakorda seotud peamiselt kõrgvee või jäätulekuga.

On teada, et merre laskumisel osutub määravaks pigem kala suurus kui vanus. Pikkus peaks olema vähemalt 15 cm. Sarnaselt teiste anadroomsete lõhelistega läbivad paaliad smoltifikatsioonistaadiumi. Paalial on see protsess aga minimaalne, mistõttu ta ei talu soolast vett pikka aega. Smoltifikatsiooniga muutuvad küljed hõbedaseks ja kaovad noorkala tunnused. Väiksem ja noorem arktika paalia veedab meres palju vähem aega kui suurem. Esimest korda võivad laskujad ehk smoldid veeta soolases vees vaid 2–3 päeva, suurem paalia aga püsib meres keskmiselt 40–44 päeva.

Paikne arktika paalia vorm asustab tavaliselt merest eraldatud siseveekogusid. Mõnes merega ühenduses olevas kõrgarktilises järvesüsteemis võivad elada nii anadroomsed kui ka paiksed vormid. Paikne arktika paalia

5.1. Isased arktika paaliad (AS Simuna Ivax)

elutseb paljudes Lääne-Iirimaa, Šotimaa, Walesi ja Põhja-Inglismaa, Orkney ja Shetlandi saarte, Jan Mayeni saare, Svalbardi ja Islandi järvedes ja jõgedes. Paikne arktika paalia on levinumaid kalu ka Norras ja Soomes (üks vorm Saimaa ja teine Inari järves). Isoleeritud paaliapopulatsioonid asuvad ka Euroopa Alpides, Siberis Leena ning Angara jões ja mujal.

Elupaik, toitumine ja kasv

Looduslikul arktika paalial on hulk koos eksisteerivaid vorme, mille peamine erinevus seisneb suuruses. Teadlastel polnud pikka aega selgust, kas eri vormid esindavad eri liike või esineb eri suurusega vorme ühe liigi sees. Nordeng (1983) tõi asjasse selgust, näidates eksperimentaalselt, et koos eksisteerivad arktika paalia vormid kuuluvad samasse genofondi. Seega sigivad sümpatrilised ehk koos eksisteerivad vormid omavahel ja võivad saada kumbagi vormi kuuluvaid järglasi (anadroomseid, väikseid ja suuri vorme).

Lähtuvalt kasvust ja suurusest on arktika paalial leitud olevat kolm põhilist esinemisvormi. Mageveeisendeid nimetatakse kääbus- (ingl *dwarf*), normaal- ja suurpaaliaks (ingl *predatory*). Jõgedes, kus esineb anadroomseid paaliaid, kutsutakse neid tihti väikeseks, suureks ja anadroomseks paaliaks.

Kääbuspaalia saab suguküpseks väikesemõõdulisena, ta toitub peamiselt zoobentosest. Suure paalia suguküpsus saabubki mõõtudelt suuremana ja ta toitub suurematest selgrootutest või kaladest. Suur anadroomne vorm on kääbuspaaliast tunduvalt suurem, üldjuhul erineb ka värvuselt ja elab kauem.

Näiteks Šotimaal Rannochi *loch*'is (ee *järves*) on teadlased määranud kolm eri vormi paikset arktika paaliat. Uuring tugines pea morfoloogia, keha värvuse, suuruse ja toitumise võrdlemisele, mille alusel jagati nad planktontoidulisteks, kaladest toituvateks ja bentostoidulisteks.

Nelja arktika paalia vormi esinemine ühes veekogus on haruldane. Selline kooslus on leitud Islandil Thingvallavatni järves, kus vormid erinevad suuruse ning suguküpsuse saabumise vanuse ja aja poolest.

Arktika paalia kehakuju ja värvuse varieeruvus on suur. Arktika paalia vormide eristamiseks on võrreldud nende morfoloogilisi iseärasusi, näiteks lõpuspiide, selgroolülide ja pülooriliste ripikute arvu.

Kudemise ajal muutub isaste arktika paaliate värvus märgatavalt. Nende keha kõhtmine osa muutub tumepunaseks. Samuti võib suguküpsuse saabudes isastel ninamik ülespoole kõverduda, mis jätab mulje pikemast peast. Lisaks sellele muutuvad isaste kehad külgedelt kõhnemaks ja kõhuosa allapoole rippuvaks. Kudemise ajal on uimede otsad valged, mis on arvatavasti signaaliks teistele. Samuti kirgastuvad suguküpsete emaskalade värvid, nende küljed muutuvad pronksjaks või kahvatupunaseks. Kudemise ajal on raske suguküpset arktika paaliat mõne teise lõhelasega segamini ajada.

Arktika paalia elab piirkondades, kus talle sobivaid saakloomi napib. Sarnaselt paljude teiste lõheliste liikidega künnab arktika paalia tihti madalike põhja, püüdes selliselt toitu leida.

Anadroomne arktika paalia jääb 2–9 aastaks magevette, enne kui rändab merre. Ränne allavoolu algab koos lumesulamisveega. Ränne on aastaajaline, näiteks siirdepaalia on meres ainult suvel. Pärast 1–2 kuud meres viibimist naaseb paalia magevette talvituma. Selliselt võib arktika paalia rännata igal aastal. Tihti jäävad paaliad meres ranniku lähedale, kus nad jahivad vähilisi ja väikesi kalu. Rändekäitumine võib erineda isegi sooti.

Pärast kudemist jääb paalia magedasse vette veel üheks talveks, enne kui naaseb järgmisel kevadel merre toitumisrändele. See tuleneb nende kudemisjärgsest kehakaalu kaotusest 30–40% võrra, mille tagajärjel nad on tihti väga kehvas seisukorras. Ilmselt seetõttu koevad mõned anadroomsed arktika paalia vormid ainult korra või kaks elu jooksul.

Arktika paalia toiduvalik sõltub aastaajast, toidu kättesaadavusest ja konkurentsist teiste liikidega. Nad on karnivoorid, süües kõike, mis suhu mahub. Kui koos elavad kaks või rohkem paaliavormi, on nende toiduvalikus täheldatud teatud eripärasusi. Kääbuspaalia sööb tavaliselt kogu elu planktilisi vähilisi, samal ajal kui suurem paalia sööb oma teisel või kolmandal elusuvel peamiselt kalu, põhjaorganisme (molluskid) ning paljunevaid ja lendavaid putukaid. Noored arktika paaliad söövad mageveevähilisi ja putukavastseid. Anadroomsetel paaliatel on meres märksa suurem toiduvalik, mistõttu nad kasvavad palju kiiremini kui mageveevormid. Paalia sööb meres peamiselt selgrootuid ja kalu. Kannibalism ei ole paalia puhul ebatavaline ja võib suuremate vormide puhul olla üsna levinud.

Paaliate kasv varieerub märgatavalt. Maksimaalne kehamass võib kõikuda 100 grammist (kääbuspaalia) 10 kilogrammini (röövtoiduline paalia). Kääbuste populatsioonides, mille isendite keskmine kaal on 10–20 g, on kasv tihti piiratud just kesise toiduvaliku tõttu.

Paaliate kasvus täheldatakse aasta jooksul kahte perioodi: kiire kaalutõus suve alguses ja aeglase kasvu periood talvel. Kalade kasvutempo varieerub aasta jooksul palju. Suvel on täheldatud 300-grammisel kalal kehakaalu suurenemist u 2% päevas. Talveperioodil võib kehakaal langeda kuni 0,1% päevas. Anadroomne paalia kasvab suvel meres, kus ta toitub lühikest aega, ja saadab talve mööda magedas vees, kus ta tavaliselt ei toitu. Enamiku täiskasvanud paiksete paaliate pikkus on väiksem kui 500 mm. Nendel on madalatel temperatuuridel märkimisväärne kasvuvõime. Katse tingimustes on täheldatud 0,3%list päevast juurdekasvu +0,3 °C veetemperatuuri juures.

Kasvandustingimustes on arktika paalia kasvupotentsiaal varases eluetapis lõheliste seas üks paremaid. Optimaalse veetemperatuuri juures (14 °C) võib juurdekasv 1-grammisel kalal tõusta 7,5%ni päevas, kuid 1-grammise vikerforelli juurdekasv on 17 °C juures 6,9% ja 13 °C juures 2,8% päevas.

Vastsed hakkavad sobivates tingimustes vabalt ujuma 35–45 päeva pärast koorumist ning nende kehamass peaks jõudma 1–1,5 grammini 45–60 päevaga (Johnston, 2002). Paalia võib kasvada 15–16 kilogrammi raskuseks ja üksikud isendid elada üle 25 aasta (Hammar, 1998).

Nagu juba öeldud, esineb arktika paalial märgatav varieeruvus suuruses, suguküpsuse saabumise vanuses, kudemise ajas ja koelmuvalikus.

Noor anadroomne paalia võib mitu aastat elada magedas vees, enne kui laskub esimest korda merre, kuid suguküpsuse saabumise aeg varieerub siiski suurel määral, sõltudes keskkonnatingimustest.

Paljunemine

Pärast ühte kuni nelja hooajalist rännet merre koeb täiskasvanud anadroomne paalia magedas vees esimest korda 4–8 aasta vanuselt. Paikne paalia saab tavaliselt suguküpseks väiksemana ja nooremana kui anadroomne paalia. Isased saavutavad suguküpsuse tavaliselt üks aasta varem kui emased. Arktika paaliad võivad elada üle 20 aasta vanuseks.

Arktika paalia koeb enamasti sügisel, kuigi on leitud ka kevadel kudevaid populatsioone. Enamik siseveekogude kalu koeb madalas vees (3–5 m) järvekalda läheduses, aga ka naabruses olevates vooluvetes. Mõne Euroopa, sh Skandinaavia populatsiooni kalad koevad aga 80–100 m sügavuses vees. Järvedes, kus on koos mitu arktika paalia vormi, koevad tavaliselt just nõrgemad (väiksemakasvulised) vormid sügavamas vees. Kudemise ajal kaitsevad isased oma territooriumi, võideldes teiste liigikaaslastega. Kudemisperioodi algul võivad pesakohta otsivad emased olla agressiivsed. Pärast sobiliku paiga leidmist asub emane kala kaevama pesalohku, liigutades kruusa ja väikseid kive. Kosjas oleva isase tiirutamine ümber emase võib kesta mitu tundi, enne kui leiab aset paaritumine.

Marja väljutamine haudepessa võib toimuda neli kuni seitse korda, enne kui emane hakkab neid katma. Üks emane on võimeline ehitama kuni kümme pesa. Pärast kudemist isane lahkub ja otsib järgmist kudema valmistuvat emaskala. Paalia viljakus sõltub elupaigast ja kalade suurusest. Väike paalia toodab kehamassi kilogrammi kohta rohkem marjateri kui suur paalia, aga mari on samas ka väiksema läbimõõduga. Tavaliselt on suhteline viljakus 3000–5000 marjatera ühe kilo kehamassi kohta. Marjatera läbimõõt jääb 3–5 mm piiresse. Kasvandustingimustes on arktika paalia suhteline viljakus väiksem, umbes 1000–2000 marjatera ühe kilo kehamassi kohta. Kääbuspaalia viljakus ulatub mõnesajast paari tuhande marjaterani. Sügisel koetud mari koorub märtsis või aprillis. Suguküps anadroomne paalia ei koe igal aastal. Mõnes looduslikus populatsioonis on kalade kudemise intervall 2–3 aastat. Kääbuspaalia võib kudeda igal aastal.

5.2. Kasvatamine

Arktika paalia kasvatamisel on tähtis, et kasvukeskkond oleks võimalikult sarnane selle keskkonnaga, kus elavad nende looduslikud vormid. Kui ei jälgita vee parameetreid, võib tagajärjeks olla kala aeglane kasv, stress või surm. Johnston (2002) toonitab, et arktika paalia erineb kasvatamise iseärasuste poolest kindlasti vikerforellist ja atlandi lõhest.

Kasvukeskkond

Vee hapnikusisaldus

Arktika paalia hapnikuvajadus sõltub tema aktiivsusest, toitumisest, vee temperatuurist ja kala suurusest. Kala suurusest olenevalt on normaalse aktiivsuse juures paalia hapnikutarbimine 110–180 mgO_2/kg kala kohta tunnis. Kui arktika paalia sööb, siis kasvab ka hapnikuvajadus. Näiteks vähese energiasisaldusega sööda puhul on hapnikutarbimine 90–120 mgO_2/kg kala kohta tunnis, suurema kalorsusega sööda kasutamisel võib see kahekordistuda. Samuti suureneb hapnikutarbimine seoses veetemperatuuri tõusuga (Jobling, Baardvik, 1994).

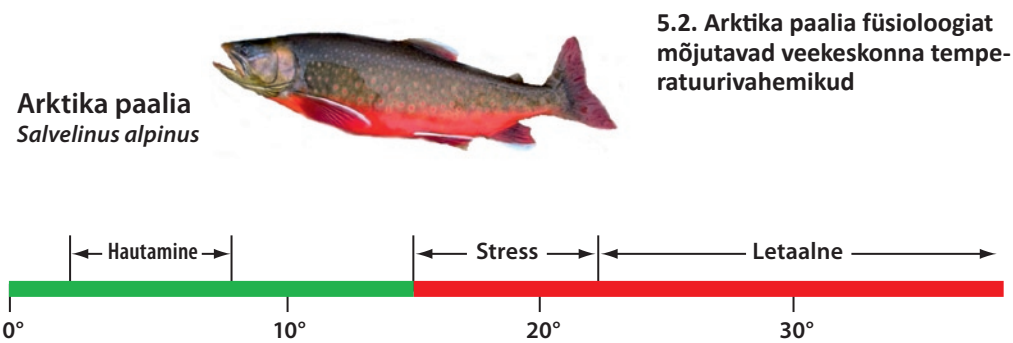
Väiksem kala tarbib ühe kehamassi ühiku kohta rohkem hapnikku kui suurem. (Sæther, Siikavuopio, 2010). Arktika paalia jaoks on parim vee 70–100%line küllastatus hapnikuga. Alla 70% küllastatuse korral väheneb nii toitumine kui ka kasv. Maimude ja vastsete jaoks ei tohiks hapnikutase vees langeda alla 80% küllastatusest (Sæther, Siikavuopio, 2010).

Vee temperatuur

Arktika paaliale sobiv temperatuur varieerub eluetapiti. Üldiselt jääb eluks optimaalne temperatuur vahemikku 6–15 °C (joonis 5.2). Noorkalade jaoks on sobivaim temperatuur 14–15 °C (Johnston, 2002).

Paalia kasvamist on täheldatud ka 0 °C (0,3 °C) lähedase temperatuuriga vees (Eriksson, Wiklund, 1992). Suurem looduslik paalia kasvab näiteks hästi 0,5–4 °C merevees. Kõrgeim temperatuur, mille puhul kala veel toitub, on 21,5 °C. Üle 23 °C veetemperatuuri ei suuda arktika paalia taluda ja hukkub. Mingil määral sõltub see ka kala suurusest ja temperatuurirežiimiga kohanemisest (Johnston, 2002). Vastsed surevad temperatuuri 19,7 °C juures, maimud 21,8 °C ja noorkalad 22,7 °C juures.

Kui suguküpsed kalad on kudemisperioodil pikka aega 10–15 °C vees, siis avaldab see mõju marja kvaliteedile ja elujõuliste marjaterade arv väheneb. Hautamiseks on parim 4–6 °C allikavesi (Johnston, 2002).



5.2. Arktika paalia füsioloogiat mõjutavad veekeskonna temperatuurivahemikud

Paalia marja inkubeerimiseks vajalik temperatuur peaks jääma vahemikku 2–7 °C. Silmtäppstaadiumis võib temperatuuri tõsta kuni 12 °C-ni. Inkubeerimise lõppstaadiumi ja söömahakkamise ajal on optimaalne alla 10 °C jääv temperatuur, edaspidi juba vahemikus 10–15 °C (Johnston, 2002).

Üle 15 °C veetemperatuuril võivad paaliat hakata ohustama haigused. Seepärast on ootamatuste vältimiseks soovitatav kasvatada arktika paaliat alla 12 °C vees. Kui tekib vajadus vee temperatuuri muuta, siis tuleks seda teha aeglaselt, 1–2 °C ööpäevas (Sæther, Siikavuopio, 2010).

Süsihappegaas

CO_2 olemasolu korral langeb hapniku afiinsus hingamispigmendi ehk hemoglobiini suhtes. Bohri efekti tõttu on vere suurenenud CO_2-sisalduse või vee madala pH-taseme korral hemoglobiini võime siduda hapnikku väiksem kui vastupidistel juhtudel (nt kui CO_2 kontsentratsioon on väiksem või vee pH-tase kõrgem). Suurem süsihappegaasi kontsentratsioon vees võib suurendada ka lämmastiku toksilisust.

Kui vee leelisus on alla 100 mg/l, on arktika paalia puhul CO_2 soovitatav tase vees väiksem kui 10 mg/l, ning kui leelisus on üle 100 mg/l, peaks CO_2 tase jääma väiksemaks kui 15 mg/l (Johnston, 2002).

Kalade toodetava süsihappegaasi koguse saab välja arvutada Pennelli ja McLeani valemi järgi (Johnston, 2002):

$$\text{summaarne } CO_2 \text{ (mg/kg h}^{-1}\text{)} = 1{,}238 \times \text{hapnikutarbimine (mg/kg h}^{-1}\text{)}$$

Vee happesus

pH on negatiivne logaritm lahuse vesinikioonide kontsentratsioonist (mol/l). pH väärtus jääb üldjuhul vahemikku 1–14, kusjuures neutraalse vee pH on 7. pH-tasakaal on oluline kala ainevahetusele. Arktika paalia võib olla vee pH muutuste suhtes vähem tundlik kui lõhelased üldiselt. Kuigi tavaliselt taluvad lõhelased pH-d, mis jääb vahemikku 5–9, on soovitatav pH-vahemik 6,5–8,5.

Lõhelased surevad, kui pH on alla 4 või üle 11. Madala pH korral areneb haiguslik seisund nimega atsidoos. Kõrgema pH korral ohustab kala alkaloos (Johnston, 2002).

Vee lämmastikusisaldus

Lämmastikuühendid tekivad kalakasvatusbasseinis kalade valkude ainevahetusel. Valgu laguproduktid eritatakse vette ammooniumioonina. Üldlämmastik esineb vees kahes vormis: ioniseerumata (NH_3) ja ioniseeritult (NH_4^+). Ioniseerumata ammoniaak NH_3 on kalale väga mürgine (Johnston, 2002). Looduslikus vees esineb lämmastikku suhteliselt vähe, alla 0,2%. Seevastu intensiivses kalakasvatuses kujutavad teatavad lämmastikuühendid kalade tervisele tõsist ohtu.

Arktika paalia puhul ei ole veel täpselt kindlaks tehtud, milline lämmastikuühendite sisaldus on talle ohutu, kuid väidetavalt talub ta suurt läm-

mastikusisaldust paremini kui teised lõhelased. Magevees ei tohiks arktika paalia kasvatamisel ammoniaagi (NH_3) sisaldus ületada 0,015 mg/l ja üldlämmastiku sisaldus (N) peaks jääma alla 2,0 mg/l. Kui paaliat hoitakse merevees, siis võib ohutu kogus olla suurem.

Vee soolsus

Nii anadroomse kui ka paikse arktika paalia soolataluvus ja hüpo-osmoregulatsiooni võime kasvab kevadel ja varasuvel ning väheneb suve jooksul ja varasügisel (Jobling jt, 1993). Paiksed vormid võivad soolsust taluda tunduvalt halvemini või üldsegi mitte. Mõni anadroomne vorm suudaks soolases vees (35‰) vastu pidada isegi kogu talve, kuid teadlased on täheldanud, et siis söövad kalad väga vähe ja nende suremus on suur.

Suurem arktika paalia talub soolast merevett, kuid kasvab ja toitub paremini väiksema soolsuse juures kui 15 mg/l. Väiksem kui 15 cm pikkune või 135 g raskune kala ei pea merevees vastu, kuigi talub lühikest aega soolsust kuni 7 mg/l.

Hõljuvaine

Vee hõljuvaine moodustavad väikesed savi- ja liivaosakesed, mille kontsentratsioon võib olla mõnest kuni mitme tuhande milligrammini liitris. See ei valmista suurele arktika paaliale probleeme.

Kasvandustingimustes koosneb hõljuvaine söödajääkidest, vetikatest ja väljaheidetest, mis teatud oludes võivad kalu ohustada. Hõljuvaine soodustab vees bakterite kasvu ja sellega suureneb ka haiguste risk. Tekkida võib bakteriaalne lõpusehaigus või uimemädanik. Samuti võivad hõljuvaine ja sete vähendada marja ja vastsete ellujäämust (Molleda, 2007). Hõljuvaine sisaldus peab kasvandustingimustes olema võimalikult väike igas etapis ega tohiks ületada 15 mg/l.

Valgusolud

Valgusel on suur mõju arktika paalia smoltifikatsioonile, toitumisrändele, hooajalisele kasvule ja kudemise ajastamisele. Kuna arktika paalia kasvab intensiivselt pikkadel suvepäevadel, siis võib arvata, et ta võiks kasvada pikkade ja ühtlase valgustatusega päevade jooksul ka kinnises kasvanduses. Nii see aga ei ole. Nimelt tuleks päeva jooksul valguse intensiivsust muuta, et jäljendada tõelist põhjaalade pikka suvepäeva. Kui seda ei tehta, siis kalade kasv aeglustub. Arktika paalia kasv looduses kiireneb märgatavalt kevadise valguse saabudes ning aeglustub, kui valgustatus väheneb.

Arktika paalia eelistab sarnaselt teiste lõhelastega valgustatust 50–100 luksi. Öisel ajal tuleb aga tagada võimalikult pime keskkond. Selge veega kasvanduse välisbasseinides või tiikides on paalial oht saada päikesepõletus. Nagu kirjeldab Johnston (2002), liigub osaliselt päikese eest kaitstud tiigis paalia rajatise varjatud ossa.

Paigutustihedus

Erinevalt teistest lõhelastest talub arktika paalia väga tihedat paigutust. Eri vanuserühmadel, maimudest kuni suurte kaladeni, on kasv kalade tihedama paigutuse (40–200 kg/m^3) juures kiirem kui väiksema tiheduse korral. Samuti on tiheda paigutuse korral kalade pikkuse ja kaalu varieeruvus väiksem. Teadlased on täheldanud, et arktika paalia on tihedama paigutuse korral palju vähem agressiivne. Tähtis on seejuures arvestada ka vee sügavust, mis peaks olema vähemalt 35 cm.

Paljundamine

Sugukalad ja suguproduktide saamine

2008. aastal tehtud katsesse valiti sugukaladeks sobivad isendid välimuse ja suuruse järgi kaubakaladeks kasvatatud kalade hulgast. Sugukaladena kasutati 41 viiesuvist emaskala ja 44 isaskala. Enne lüpsmist uinutati sugukalad MS-222 vesilahuses. Täielikuks rahunemiseks kulus uinutusainet 80–100 mg/l. Emased sugukalad mõõdeti ja kaaluti ning määrati iga lüpstud kala marja kogus. Isaste kalade puhul määrati nende pikkus ja spermatosoidide liikuvus. Sugukaladelt lüpstud mari koguti anumatesse ja niisk hapnikuga täidetud soonkinnisega kilekottidesse, mida hoiti pimedas ja jahedas (joonis 5.3).

Lüpstud arktika paalia emaste sugukalade keskmine kaal oli 2,1 kg ning üldpikkus 60 cm. Viljakus varieerus märkimisväärselt. Suhteline viljakus (marjaterade arv 1 kg kehamassi kohta) jäi 430 ja 2585 vahele. Ühes liitris oli umbes 8500–9000 marjatera. Ühe marjatera keskmine kaal oli 0,094 grammi. Spermatosoidide liikuvust hinnati viiepallisüsteemis silma järgi veetilgas mikroskoobi all (0 oli täiesti liikumatute ja 5 väga aktiivsete spermatosoididega niisk). Viljastamisel kasutati ühe 3–4 kg marjaportsjoni viljastamisel mitme isase niisa segu.

Marja viljastamine ja inkubeerimine

Marja kuivviljastamine ja desinfitseerimine toimus sarnaselt atlandi lõhe paljundamisega. Marjale lisati niisk, segati õrnalt käega, lasti mõni minut seista, valati peale vett nii palju, et viljastatav mari oleks kaetud, ja segati veel kord. Kümne minuti pärast loputati mari kleepuvuse eemaldamiseks (joonis 5.4). Kaussides olev mari jäeti 12 tunniks nõrgalt voolava vee alla paisuma. Seejärel mari desinfitseeriti jodofoori Actomar K-30 1% vesilahusega, ekspositsiooniaeg oli 10 minutit. Et vältida hallitusseene levikut, korjati alates viiendast päevast kuni koorumiseni iga päev pintsettidega välja surnud marjaterad ja loendati need.

Viljastatud mari pandi horisontaalsetesse haudeaparaatidesse. Kolme haudeaparaati paigutati kokku 24 haudekasti, kus igaühes oli keskmiselt 5000–5500 marjatera (kokku u 120 000). Inkubeerimise ajal mõõdeti iga päev kella 11 ja 12 vahel vee temperatuuri ja hapnikusisaldust (mg/l). Inkubeerimise ajal voolas läbi haudeaparaatide allikavesi, vooluhulk 0,3–0,4 l/s. Veetemperatuur jäi vahemikku 2,5–6,4°C.

5.3. Marja lüpsmine (paremal) ja niisa kogumine (all)
(AS Simuna Ivax)

5.4. Viljastatud marja loputamine (AS Simuna Ivax)

Inkubeerumise etapid ja vastsete areng

- 41. päevaks, umbes 200 kraadpäeva vanuselt (vee keskmine temperatuur 4,9 °C) oli enamik marjateradest arenenud silmtäppstaadiumini.
- 85. päeval, umbes 380 kraadpäeva vanuselt pärast viljastamist (vee keskmine temperatuur 4,2 °C) hakkasid kooruma üksikud eelvastsed – mõni isend igas haudekastis (joonis 5.5).
- 100. päeval, umbes 440 kraadpäeva vanuselt peale viljastamist (vee keskmine temperatuur 4,1 °C) algas vastsete massiline koorumine, mis kestis ühe nädala.
- 67 päeva pärast koorumist hakkas ammenduma eelvastsete rebukoti tagavara. Vastsed lasti haudekastidest rennidesse ja hakati sööma õpetama.

Inkubeerimise alguses, esimese nädala järel, oli kahe nädala jooksul marjaterade suremus väga suur (kuni 4200 tk ööpäevas). Järgmise kahe nädala jooksul suremus vähenes ja jäi püsima 1000 piirimaile. Keskmiselt suri inkubeerimise ajal 868 marjatera päevas. Kokku suri 100 päeva jooksul 120 000 marjaterast 86 800 tk ehk 72,3%. Marja inkubeerimiskaod olid suured tõenäoliselt seetõttu, et suguproduktide võtmise ajal võis mari olla juba osaliselt üleküpsenud. Sugukalad võeti kaubakalade hulgast, kelle kasvatamisel ei lähtutud sugukalade pidamise nõuetest (hõredam asustus, sobiv vee- ja hapnikurežiim jms), samuti ei söödetud neid sugukaladele mõeldud söödaga. Ei ole välistatud, et marja hooldamisel tehti vigu – nii näiteks nopiti marjakastidest surnud marjateri iga päev, arvestamata vajadust hoida marja puutumatuna kõige tundlikumate arengustaadiumide ajal, mis vahelduvad vähem tundlikega kuni silmtäppstaadiumini.

Noorjärkude kasvatamine

Rebukotiga eelvastsed olid väheliikuvad, arenedes rebukoti toitainete arvel. 67. päeval pärast koorumist hakkasid nad ujupõie õhuga täitmiseks veepinnale tõusma (joonis 5.6). Samal ajal hakati vastseid sööma õpetama. Neid söödeti automaatsöötjaga 12 tundi päevas. Käsitsi söödeti kalu vajadust mööda. Söötmise intensiivsust mõjutas vee temperatuuri muutus.

Kalu toideti Skrettingi ja Rehuraisio graanulsöödaga. Kuni 1 mm suurusega graanulite peamised komponendid on kalajahu, kalaõli, maisigluteen, nisugluteen, vitamiinid ja mikroelemendid. Alates 1,5 mm suurusega graanulite peamised komponendid on kalajahu, kalaõli, nisu, sojaproteiin, nisugluteen, rapsiõli, nisutärklis, vitamiinid, mikroelemendid, antioksüdandid ja astaksantiin. Sööma õpetamisel kasutati Skrettingi startersööta Nutra St 0,3 mm. Sööta anti isu järgi. Päevane söödakogus u 33 000 vastsele oli kuni 300 grammi. Sööda kogust suurendati kalade kasvamisest lähtudes. Kuu aega hiljem võeti kasutusele Skrettingi graanulsööt Nutra XP 0,5 mm. Päevane söödakogus tõsteti 500 grammini ja seda suurendati vastavalt kalade kasvule.

Kaks kuud pärast sööma õpetamist tõsteti maimud 1,5 m^3 mahuga vanni. Kolmandal kuul võeti kasutusele Skrettingi graanulsööt Nutra XP 0,7 mm;

5.5. Eelvastete koorumise algus (vasakul) ning eelvastsed haudeaparaadi põhjas (üleval) (AS Simuna Ivax)

5.6. Ujuma tõusnud vastsed (AS Simuna Ivax)

päevast söödakogust suurendati 2 kg-ni. Neljandal kuul tõsteti maimud vannist 7 m^3 kanalisse. Seal alustati söötmist Skrettingi graanulsöödaga Nutra XP 1 mm, keskmiselt 2,5 kg päevas. Viiendal kuul hakati kasutama Raisio sööta Royal 1,5 mm, mida kulus 3 kg päevas. Kuuendal kuul kalad mõõdeti ja alustati söötmist Raisio graanulsöödaga Royal Response 1,7 mm. Päevane söödakogus oli kuni 3,5 kg.

Noorjärkude kasv

Maimud saavutasid 1-grammise kehamassi 6 kuud pärast koorumist. 2011. aasta märtsis tehti 31 eri suuruses aastavanuse kala kontrollkaalumine ja -mõõtmine. Kalade kehamass varieerus suurel määral, kuid täispikkuses suuri kõikumisi ei olnud.

Aastaste kalade keskmine kaal oli 8,2 g. Suve lõpuks suurenes keskmine mass 30 grammini ja aasta lõpuks 50 grammini. Märtsis enne kolmandat kasvusuve oli isendikaal mõne grammi võrra kasvanud.

Tuginedes Hammari (1998) andmetele, võis arvata, et 2005. aastal Soomest üheaastasena kalakasvandusse toodud arktika paaliad saavad suguküpseks 2008. aastaks (4+ ehk viiesuvisena). Kontrollimisel selgus, et vaid osa emastest olid selleks ajaks suguküpsed. Sama vanade juhuslikult valitud isaste niisa kogus vastas normaalse täiskasvanud suguküpse kala füsioloogilistele piiridele. 2009. aasta proovilüpsmisel selgus, et emaste absoluutne viljakus oli eelmise aasta omast parem, kuid isastel kaladel niisa kogus väiksem. Seega võib nõustuda Hammariga (1998), et arktika paalia suguküpsuse saabumise aeg on väga varieeruv. Samuti on teada, et isased saavadki aasta võrra varem suguküpseks kui emased (Eriksson, Wiklund, 1992).

Kirjanduse andmetel (Johnston, 2002) on arktika paalia uinutamiseks vajalik uinutusaine MS-222 kogus 50 mg/l, kuid Ats Kruusamäe ja Ene Saadre 2008.–2009. aasta katse näitas, et mõjus kogus oli 80–100 mg/l. Uinutusaine toimimise kiirus sõltub nii vee omadustest (hapnikusisaldus, pH, hõljumi olemasolu jms) kui ka kalade seisukorrast (kas on hoitud mõni päev söömata, lima eraldumine jms).

Suguproduktide lüpsmisel saadi 63 emaselt u 10 kg marja (koos ovariaalvedelikuga) ning 44 isaselt piisavas koguses elujõulist niiska. Emaste sugukalade suhteline viljakus ning marja läbimõõt olid vastavuses varem kirjanduses tooduga.

Arktika paalia marja inkubeerimise tulemusi tuleb suure kao tõttu pidada kesiseks. Marja hukkus kõige enam esimestel nädalatel ning see jätkus koorumiseni. Põhjusi võis olla mitu: viljastamise ebaõnnestumine marja halva kvaliteedi tõttu (üleküps mari, suguproduktide saamiseks kasutati turukalade hulgast valitud isendeid, kelle kasvatamistingimused ei olnud sugukalade kasvatamiseks sobivad, veetemperatuuri kõikumised (2,5–6,4 °C), veega haudekastidesse kandunud ja marja katnud hõljuvaine osakesed ning sellest tulenev hapnikupuudus, valed hooldamisvõtted (surnud marjaterade noppimine loote arengu tundlike staadiumide ajal). Marja arengu ja koorumise aja poolest sarnanesid katse tulemused Johnstoni (2002) poolt kirjeldatuga. Pärast koorumist oli vastsete hukkumine suur, kuid kalade kasvades ja tugevamaks muutudes vähenes see märgatavalt.

Vastsete sööma õpetamisel suuri probleeme ei esinenud, kuigi nad olid arglikud ja hoidusid pimedamatesse kohtadesse. Stressi vältimiseks tuli osa rennist musta kilega katta. Kannibalism on arktika paalia puhul väga tavapärane, ohvriks langevad eeskätt nõrgemad isendid.

2008. aastal alustatud katses kasvasid maimud 1-grammiseks tunduvalt kauem, üle 2,5 korra pikema aja jooksul (160 päeva) kui Johnstoni (2002) töös on kirjeldatud (60 päeva). Arktika paalia kasv jäi samades tingimustes kasvanud vikerforelli (*Oncorhynchus mykiss*) omale tugevalt alla. Üheaastaste kalade kasv oli ebaühtlane, nende kehamass varieerus 3 grammist 20 grammini.

Kasvatuskatse tulemused näitasid, et arktika paaliat on Eesti oludes võimalik paljundada ja kasvatada, kui on olemas liigile või vormile sobivad kasvatustingimused. Et tagada inkubeerimisel väiksem marja kadu, peaks hooldamisvõtteid ja veeparameetreid hoolsamalt jälgima ning operatiivselt muutma. Samal ajal tuleks kalu võimalikult vähe häirida, kuna tegemist on liigiga, keda pole „koduloomaks" aretatud selliselt nagu vikerforelli või atlandi lõhet. Paaliate õpetamine kuivsööta tarbima ei nõudnud pikka harjutamisaega. Probleemiks oli ebaühtlane kasv ja kannibalism.

Marja suurt suremust esimestes katsetes ja noorkala aeglast kasvu võib seletada vähestest kogemustest tingitud vigadega kasvatus- ja hooldusvõtetes, sh kaubakaladena peetud ja ebakvaliteetsete sugukalade kasutamisega. Välistatud pole inbriidingu mõju noorkalade elujõule.

Levinud haigused ja terviseprobleemid

Vastupanu haigustele, nii nakkuslikele kui ka mittenakkuslikele, on mõjutatud füsioloogilisest seisukorrast, sh stressist. Stress on kala reageering negatiivsetele keskkonnamõjuritele, nagu vee vähene hapnikusisaldus, kõrge temperatuur või röövloomad. Seega on stressi vältimine arktika paalia edukaks kasvatamiseks väga oluline.

Arktika paalia kasvatamise kogemused Eestis

Arktika paaliat on proovitud Eestis kasvatada mitmel korral, kuid populaarseks kasvatusobjektiks pole see siiski saanud. Varasemate aastate kohta andmed puuduvad, kuid on teada, et esimest korda toodi väike kogus paalia marja Aravuse kalakasvandusse 1990. aastate keskpaigas. Sel ajal kartis keskkonnaministeerium, et arktika paalia võib looduslikesse veekogudesse sattudes hübridiseeruda jõeforelliga, ega lubanud seda Eestisse tuua. Selle kartuse põhjuseks oli asjaolu, et 1900ndate algul Põlula kalamajandisse toodud ameerika ojapaaliad andsid jõeforelliga ristandeid, keda kutsuti tiigerkaladeks.

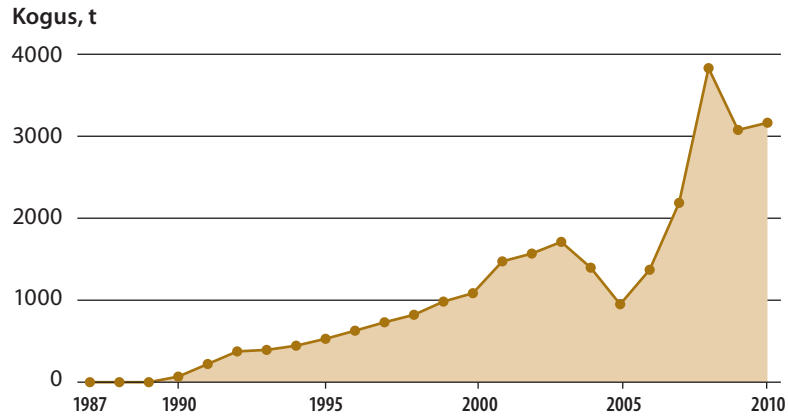
Teadaolevatel andmetel on hiljem paaliat kasvatanud kolm või neli kalakasvandust. Enamasti kasvatati Soomest ostetud paaliaid vikerforellide kasvatamiseks mõeldud kiirvoolukanalites või ümarbasseinides RASis. Katsetused ei olnud edukad. Probleemiks olid haigestumised furunkuloosi ja tabandumine *Saprolegnia*'ga ning omanike sõnul vähene kogemus ja kalade suhteliselt kehv vastupidavus. Paremini õnnestus paaliate kasvatamine pideva läbivooluga kalakasvandustes. Samas peab tunnistama, et kalade kasvukiirus jättis soovida. Selle põhjuseks võisid olla kehvad pida-

mistingimused (nt üleasustusest tingitud hapnikupuudus) Hoolimata sellest andsid 4+ vanuses kalad suguprodukte, millega Ats Kruusamägi ja Ene Saadre tegid 2008. aastal paljundamiskatse. Suguproduktide võtmine ja viljastamine küll õnnestus, aga rahul ei saa olla marja koorutamise ja noorjärkude üleskasvatamisega ning nende edasise kasvukiirusega, mis tõenäoliselt sõltus suuresti sugukalade kvaliteedist. Samuti tuleb pidada heaks Ats Kruusamäe tehtud silmtäppstaadiumis sisseostetud arktika paalia marja hautamiskatse tulemusi 2012. aastal, kus vastsete koorumine oli edukas ja noorkalade suremus vähene.

5.3. Toodangu turustamine

Paalia kommertseesmärkidel kasvatamine algas 1985. aastal Rootsis, kus esimene toodang oli umbes 50 tonni. Rootsi eeskuju järgisid hiljem Island, Kanada, Norra ja Soome.

FAO andmetel kasvatatakse arktika paaliat Ameerika põhjaosas ja mitmel pool Euroopas. Ameerika põhjaosas kasvatatakse arktika paaliat alates 2000. aastast. Euroopas on suurim arktika paalia kasvataja läbi aegade olnud Island, kus alustati selle liigi kasvatamist 1987. aastal. Kuni 2010. aastani toodeti seal kokku üle 23 500 tonni paaliat, aastas keskmiselt 1700 tonni. Aastatel 2008–2010 kasvatati Norras 1381 tonni ja Itaalias 262 tonni paaliat. 1991–2001 kasvatati Prantsusmaal 585 tonni arktika paaliat, s.o alla 100 tonni aastas. Hilisemal ajal pole seal enam paaliat kasvatatud. Iirimaal kasvatati 1998.–2001. a 204 tonni ja 2006.–2010. a 393 tonni paaliat. Austrias kasvatati 1998.–2010. a 172 tonni. Taani toodang oli 2002. aastal 42 tonni ja Suurbritannias 1999.–2010. a 56 tonni. FAO andmetel kasvatati 2012. aastal kokku 3998 tonni (sh Island 3089 tonni) arktika paaliat, mille väärtus oli 32 857 000 USA dollarit. Arktika paalia kasvatamise mahtu maailmas kokku aastatel 1987–2010 on kujutatud joonisel 5.7.



5.7. Arktika paalia kasvatamise maht maailmas kokku aastatel 1987–2010

Hinnad, toodangu väärtus

Arktika paalia hinnad Põhja-Ameerikas on kaks kuni neli korda kõrgemad atlandi lõhe omast. Hulgimüügihinnad on kõrged ka Euroopas ja Põhja-Ameerikas, olenemata atlandi lõhe ja forelli hinnast. Kanadas ja Ameerika Ühendriikides müüakse 75–80% arktika paaliast restoranidesse, kalapoodidesse ja gurmeekaupu müüvatele ettevõtetele. FAO (2012) andmetel oli arktika paalia toodang 3998 (sh Island 3089) tonni, mille väärtus oli 32 857 000 USA dollarit.

Tarbimine

Maades, kus arktika paalia on populaarne toidukala, leidub seda turul kõikvõimalikus valikus. Sarnaselt lõhe ja vikerforelliga müüakse seda väga erinevas suuruses. Letis võib teda kohata ingliskeelsete nimetuste *Arctic char*, *Alpine char* või lihtsalt *char* all, Soomes nimetuse *nieriä* ja Rootsis *röding* all. Peamiselt turustatakse arktika paaliat värske ja terve nn ümarkalana (roogitud ja peaga) või tükeldatuna. Toodang pakitakse koos jääga vahtplastkastidesse ning see jõuab tarbijani kas roogitud kalana või väärindatud tootena, nagu filee, portsjontükid, lõigud (ingl *steak*) ja viilud. Säilivuse pikendamiseks toode kiirkülmutatakse, vaakumpakendatakse, suitsutatakse või konserveeritakse.

Arktika paalia eelistatud müügisuurus kas terve või roogituna jääb vahemikku 1,8–2,7 kg. Väikest arktika paaliat on kaubanduses 0,9–1,8-kilosena, kuid see ei ole kuigi mitmekülgse kasutusotstarbega. Alla kilose (ingl *pan-sized*) paalia turg on piiratud, kuna eelistatakse pigem sama suurusega forelli. See eelistus tuleneb noore paalia liha värvusest, mis on kahvatu ning tarbija seostab seda tavalise forelli, mitte paaliaga. Lõpptarbija soovib punakat värvi kala. Väga hinnatud kaup, nagu ka teistel lõhelastel, on mari. Seda turustatakse soolatult sarnaselt teiste kalade marjaga.

Keskmine puhastatud ja peaga paalia väljatulek on 88% kogumassist ning lihasaagis pärast fileerimist 60% (Johnston, 2002). Üks probleem arktika paalia turustamisel on tema limane nahk, mis moonutab värske kala värvi ja muudab väljanägemist, nagu oleks tegu kaua seisnud kalaga. Selleks tuleks lima eemaldada ja tarbijale selgitustööd teha.

Kasutatud kirjandus

Adams, C. E., Fraser, D., Huntingford, F. A., Greer, R. B., Askew, C. M., Walker, A. F. (1998). Trophic polymorphism amongst Arctic charr from Loch Rannoch, Scotland. Journal of Fish Biology, 52, 1259–1271.

Atse, C. B., Audet, C., Noüe, J. D. (2002). Effects of temperature and salinity on the reproductive success of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.): egg composition, milt characteristics and fry survival. Aquaculture Research, 33, 299–309.

Elliot, J. M., Klemetsen, A. (2002). The upper critical thermal limits for alevins of Arctic charr from a Norwegian lake north of the Arctic circle. Journal of Fish Biology, 60, 1338–1341.

Eriksson, L. O., Wiklund, B. S. (1992). Culturing of Arctic charr. Report of Department Aquaculture. Swedish University of Agricultural Sciences.

Hammar, J. (1998). Evolutionary ecology of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* (L.)). Intra- and interspecific interactions in circumpolar populations. 6–22.

Henricson, J., Nyman, L. (1976). The ecological and genetical segregation of two sympatric species of dwarfed char (*Salvelinus alpinus* L.) species complex. Institute of Freshwater Research. Drottingholm Reports, 55, 15–37.

Jobling, M., Baardvik, B. M. (1994). The influence of environmental manipulations on inter- and intra-individual variation in food acquisition and growth performance of Arctic charr, *Salvelinus alpinus.* Journal of Fish Biology, 44, 1069–1087.

Jobling, M., Jørgensen, E. H., Arnesen, A. M., Ringø, E. (1993). Feeding, growth and environmental requirements of Arctic charr: a review of aquaculture potential. Aquaculture International, 1, 20–46.

Jobling, M., Reinsnes, T. G. (1987). Effect of sorting on size-frequency distributions and growth of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. Aquaculture, 60, 27–31.

Johnston, G. (2002). Arctic Charr Aquaculture. Blackwell Publishing, British Columbia, Canada, 3–272.

Kadakas, V., Viilmann, M-L., Kangur, M. (2002). Lõhilaste proliferatiivse neeruhaiguse (PKD) tekitaja *Tetracapsula bryosalmonae* ekstrasporogeense vormi, nn PKX organismi levikust ja mõjust meriforelli ja lõhe tähnikute arvukusele. TÜ Eesti Mereinstituut, konverents „Zooloogia arengusuunad".

Klemetsen, A., Amundsen, P-A., Dempson, J. B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M. F., Mortensen, E. (2003). Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. Ecology of Freshwater Fish, 12, 1–59.

Larsson, S. (2002). Thermal Performance Of Arctic Charr: Intraspecific Variation and Competitive Ability. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, 24.

Molleda, M. I. (2007). Water quality in recirculating aquaculture systems (RAS) for Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) culture. Centro de Investigaciones Pesqueras. Island, 54.

Nordeng, H. (1983). Solution to the „Charr problem" based on Arctic Charr (*Salvelinus alpinus*) in Norway. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 40: 1372–1387.

Paaver, T., Kasesalu, J., Gross, R., Puhk, M., Tohvert, T., Liiv, A., Aid, M. (2006). Kalakasvatus ja kalade tervishoid. Tartu: Halo Kirjastus. 191 lk.

Sæther, B-S., Siikavuopio, S. I. (2010). Water quality requirement and holding conditions of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) under intensive fish farming conditions.

Thyrel, M., Berglund, I., Larsson, S., Näslund, I. (1999). Upper thermal limits for feeding and growth of 0+ Arctic charr. Journal of Fish Biology, 55, 199–210.

Kohakasvatus

Kai Ginter

6

6.1. Bioloogiline iseloomustus

Taksonoomia ja kirjeldus

Koha (*Sander lucioperca* (L.)) kuulub koos ahvena ja kiisaga ahvenlaste sugukonda (*Percidae*). Koha on pika ja saleda kehaga, keha on sujuvalt süstjas. Tema pea on piklik ja kitsas ning selle pikkus on võrdne keha kõrgusega või sellest natuke pikem. Tema suuava on suur, ülalõug ulatub silmast tahapoole. Lõua- ja suulaeluudel on enamasti väiksed hambad, suu eesosas suured kihvad (2 ala- ja 2 ülalõual), kokku on hambaid u 18. Keel on sile (Pihu, Turovski, 2001; FAO, 2013).

Kohal on kaks ligistikku asetsevat seljauime, esimene tugevate, teine valdavalt pehmete kiirtega. Pärakuuim on 2–3 tugeva ja 11–13 pehme kiirega. Kõhuuimed asetsevad üksteisest üsna eemal, nende vahe on võrdne uimealuse laiusega. Koha küljejoon ulatub sabauimele ning sellel on 84–95 soomust. Selja- ja sabauim on pruunikad, tumedate täpikestega. Pärakuuim on roosakas või hallikas, rinnauimed läbipaistvad, kõhuuimed pruunikate või hallikate laikudega.

Koha küljed on hõbedaläikelised, alaosa ja kõht on enamasti puhasvalge, selja värvus ulatub tumehallist rohekani. Üleminek tumedalt heledale on võrdlemisi järsk. Seljal on 10–16 sinkjasmusta püstivööti, heledal kõhupoolel on vöödid vaid nõrgalt märgatavad. Pealae värvus varieerub tumedast oliiviroheliseist mustani, lõpusekaane alumine osa on sinakasvalge, lõuaalune ja huuled on tavaliselt roosakasvalged. Eesti järvekohad on tavaliselt tumedamad kui nende liigikaaslased, kes elavad liivase põhjaga Pärnu lahes. Silmad on pronksikarva.

Levik ja elupaik

Koha on üks olulisemaid röövkalu Euroopa sisevete avaveekooslustes. Ta elab järvedes, jõgedes, paisjärvedes ja rannikumeredes. Looduslik levila on Kesk- ja Ida-Euroopa, Kaspia, Araali, Läänemere, Musta ja Põhjamere valgaladel. Levila põhjapiiri määrab juuli 15 °C isoterm (keskmine temperatuur), mis ulatub Põhja-Rootsi ja Kesk-Soomeni. Kliima soojenemine võib seda piiri järk-järgult põhja poole nihutada. Lõunas ulatub levila piir Prantsusmaale. Levila läänepiiriks on Ida- ja Kesk-Inglismaa, idapiir ulatub Kesk-Aasiani. Koha on introdutseeritud ka Põhja-Ameerika, Põhja-Aafrika, Kaug-Ida ning Aasia veekogudesse.

Eesti asub juuli 16 °C isotermil, seega üsna koha levila põhjapiiri lähedal. Meie piirkonnas elab koha Peipsi järves, Narva veehoidlas, Võrtsjärves, mõnes suuremas jões (Emajõgi, Pärnu jõgi), 36 väiksemas järves (enamasti

Kagu-Eestis, kuid ka mõnes Pärnu jõe valgala järves) ja rannikuvetes (Pärnu lahes, Väinameres ja Narva lahes). Suurimad asurkonnad on Peipsi järves, Pärnu lahes ja Võrtsjärves.

Koha peetakse pigem soojaveeliseks kalaliigiks. Sobivaim temperatuur marja inkubatsiooniks on 12–20 °C (joonis 6.1), täiskasvanud isenditele on optimaalne temperatuurivahemik 24–29 °C (Lehtonen, 1996). Uuemad uuringud näitavad, et noorjärkudele sobib veelgi kõrgem veetemperatuur – 25–30 °C (Frisk jt, 2012). Temperatuuril alla 16 °C ei haara 80–90% kohamaimudest toitu isegi juhul, kui toiduobjektide kontsentratsioon vees on suur (Erm, 1981).

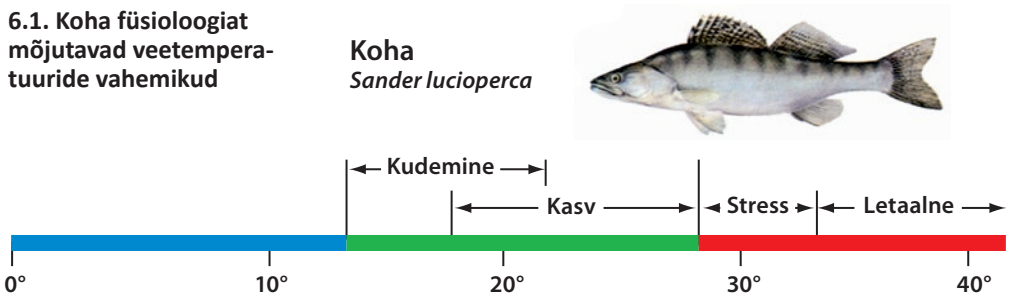
Koha elab väga erineva suurusega eutroofsetes või hüpertroofsetes veekogudes. Soome teadlased (Helminen jt, 2000) peavad kohajärvede optimaalseks fosforisisalduseks 30 mg/m^3, sest see suurendab primaarproduktsiooni ja seeläbi kohavastsetele ja -maimudele vajalike planktiliste toiduobjektide hulka. Suurem fosforisisaldus veekogudes viib aga saagi vähenemiseni. Kohale sobivad vähese läbipaistvusega veekogud. Näiteks väga hea läbipaistvusega Põhjamaade järvedes on koha arvukus üsna väike (Keskinen, Marjomäki, 2003). Koha püüab saaki nägemise abil, nii varitsedes kui ka jälitades. Vee vähene läbipaistvus soodustab saagile lähemale hiilimist, kuna valgustundlike silmadega näeb ta ka sellises vees hästi. Mõõdukalt sogases vees on kohavastsete väljavaated ellu jääda paremad kui selges vees, kuna ka ultraviolettkiirgus mõjub neile kahjulikult (Pihu, Turovski, 2001; Pihu, 2006). Samuti on täheldatud kohasaagi suurenemist järvedes, milles ei esine vee kihistumist (Keskinen, Marjomäki, 2003). Seega sobivad kohale just madalad, suviti soojad ja hägusa veega eutrofeerunud järved (Keskinen, Marjomäki, 2003). Siiski peab vesi olema üsna hapnikurikas (vähemalt 5 mg O_2/l) ning veetaimestik ei tohiks olla väga rikkalik, peab leiduma kudemiseks sobivat liivast-kivist põhja.

Paljunemine

Kohadel soolist dimorfismi väljaspool kudeaega üldiselt ei esine, kuid mõnedel andmetel on isaskaladel mõnevõrra suuremad paarisuimed kui emaskaladel. Kudemiseelsel ajal tehakse emas- ja isaskaladel vahet kehakõrguse ja anteanaalse ala (vahemaa ninamikust anaalavani) pikkuse alusel. Viimane on marja kandval emasel suurem. Emaskohadel on üks paar munasarju, mis on lõpuosas kokku kasvanud. Isastel on kaks seemnesarja. Isastel on suguava vaevumärgatav, emastel puhetunud. Kalakasvandustes on kohade sugu määratud ka keha alapoole värvuse järgi: kudemise ajal on isaskalade kõht ja paarisuimed sinakasvioletselt marmorjad, emastel aga valged. Siiski ei ole värvuse järgi soolist kuuluvust alati võimalik määrata.

Isased kohad saavutavad suguküpsuse keskmiselt 2–3 aasta vanuselt, emased 3–4 aasta vanuselt. Eesti vetes on täheldatud pisut hilisemat suguküpsust: emased kohad koevad siin esimest korda keskmiselt 4–5-aastaselt (üldpikkus TL 40–50 cm), isased aasta varem (TL 37–45 cm). Kõige vara-

6.1. Koha füsioloogiat mõjutavad veetemperatuuride vahemikud



semat suguküpsust on täheldatud siiani Bulgaarias, kus kohad saavutasid suguküpsuse 2 aasta vanuselt, kui isaste pikkus on 21 cm ja emastel 27 cm (standardpikkus SL) (Lappalainen jt, 2003).

Kudemist on täheldatud veetemperatuuri vahemikus 4–15 °C. Mõne autori arvates on koha minimaalne kudemistemperatuur 14 °C (Lehtonen, 1996). Üldiselt peetakse parimaks temperatuurivahemikku 12–16 °C. Olenevalt laiuskraadist koevad kohad eri kuudel. Koha leviku lõunapiiril (Türgis, Ungaris) algab kudemine veebruaris-märtsis, kui vee temperatuur on 8–9 °C, Leedus aprilli lõpus 8–13 °C juures. Eesti suurjärvedes hakkab koha kudema harilikult mai keskpaiku haabade lehtemineku ajal, kui veetemperatuur on tõusnud 12–14 °C-ni, Pärnu lahes mai lõpus veetemperatuuril 10–12 °C või juuni algul veetemperatuuril 16–18 °C. Kudemisperioodi kestus sõltub samuti temperatuurist. Temperatuuri langedes võib kudemine katkeda või kudemisaeg pikeneda. Kudemisaja pikkus sõltub valitsevatest tuultest ja kudejate vanuselisest koosseisust. Mida rohkem vanuserühmi kudemisest osa võtab, seda pikem on enamasti kudemisperiood. Keskmise vanusega kohad, kelle marja peetakse kõige elujõulisemaks, koevad kudemisperioodi keskel, mil välistingimused on eeldatavasti kõige soodsamad.

Kudemispaigad on enamasti veekogu kõval, liivase-kivise põhjaga alal 0,5–2 m sügavusel. Kohad koevad marja üsna väikesele alale liivast, kruusast, savist või taimedest tehtud pesadesse. On täheldatud kudemist ka paljaks uhutud taimejuurtele ja kapronkiududest ning võrguribadest tehtud tehiskoelmutele. Koha koeb marja ühe portsjonina, absoluutne viljakus on üldiselt 100 000 kuni miljon marjatera (Eestis 350 000 – 400 000 marjatera). Koha suhteline viljakus, s.o marjaterade hulk kala kehamassi ühe grammi kohta, on 130–270 marjatera. Koha mari on helekollane või peaaegu värvitu ning mõõtmetelt väike – viljastamata marjatera läbimõõt on 0,6–1,0 mm ja viljastatud marjatera läbimõõt 0,9–1,6 mm. Ühes kilogrammis on 1,5–2,2 miljonit viljastamata või 1,0–1,5 miljonit viljastatud marjatera. Mari on suure õlitilgaga, algul tugevasti kleepuv, hiljem kleepuvus kaob. Osa populatsioonist rändab kudema sissevooludesse (Peipsist Emajõkke, Võrtsjärvest Väiksesse Emajõkke ja Õhne jõkke). Haudeaeg on olenevalt vee temperatuurist 3–10 päeva (20 °C juures 3 ja 10 °C juures 10 päeva), Peipsi järves kestab inkubatsioon 20 °C juures 3 ööpäeva.

Marjaterade suurusest sõltub marja ellujäämus ning vastsete elujõulisus. Marjaterade suurus ja arv sõltub suuresti emaskala suurusest ja vanusest – suurematel ja vanematel on marja rohkem ja marjaterad on suuremad. Kudemine, eriti marja areng sõltub hüdrometeoroloogilistest tingimustest, eelkõige vee temperatuurist. Mida kõrgem on vee temperatuur ja mida ühtlasemalt vesi soojeneb, seda arvukam kohapõlvkond kujuneb. Madal veetemperatuur, eriti selle hüppeline muutumine kudemise vältel põhjustab vähearvuka põlvkonna tekke. Koha mari võib hävida ka siis, kui tugeva tuule ja lainetuse mõjul kattub arenev mari muda ja liivaga.

Isased kohad kaitsevad aktiivselt koelmuid kogu haudeaja ehk 7–10 päeva jooksul, ventileerivad rinnauimede liigutamisega marja, kõrvaldavad muda ja prahi, peletavad röövkalu eemale. Lisaks sellele kaitsevad isased mõne päeva jooksul ka vastseid. Koha vastsed on väiksed ja pigmenteerumata, nende kehamass on 0,4–0,5 mg ja kogupikkus 4,0–5,0 mm. Vastsed toituvad alguses rebukotist, mille varudest piisab kuni vastsete 5,8–6,5 mm suuruseks kasvamiseni. Koha toitumise puhul on eristatud kolme faasi: rebukotistaadium, toitumine zooplanktonist ning üleminek kalatoidule.

Areng

Koha arengus eristatakse lootelist ehk embrüonaalset, vastse-, maimu-, noorkala- ja suguküpsuse staadiumi. Embrüonaalset ehk lootelist eluperioodi iseloomustab endogeenne toitumine rebukoti varude arvel. Toitumine rebukotist toimub nii marjatera sees kui ka pärast koorumist. Rebukotist toituvat väikest koha kutsutakse eelvastseks. Eelvastne on 3,9–4,5 mm pikk. Looteline periood kestab 14 °C juures kokku 18–23 ööpäeva, 16 °C vees aga 10–14 ööpäeva.

Vastsestaadium algab üleminekuga välistoidule. Sel perioodil arenevad olulised vastseelundid (nt paaritu uimekurd). Samuti täitub ujupõis õhuga, hakkavad kujunema küljejoone-elundid ja otsseisune suu. Vastsestaadium kestab kohal 14 °C juures 11–12 ööpäeva, 16 °C vees aga 8–9 ööpäeva. Sel ajal on koha pelaagilise eluviisiga. Ülemineku maimustaadiumi on koha pikkus 11,7–12,0 mm.

Maimustaadiumis kaovad vastseelundid ning selle eluperioodi lõpus kujunevad välja kõik liigile omased tunnused. Koha maimustaadiumi looduses on üsna vähe uuritud. On teada, et sel ajal kujunevad lõplikult välja uimed ja küljejoone-elundid ning lõpuks soomused. Koha maimustaadiumi kestuseks loetakse umbes aasta, sel ajal käituvad nad parvekalana, hiljem hoiduvad liigikaaslastest eemale.

Toitumine

Koha hakkab toitu haarama eelvastsestaadiumis, kui rebukotis paiknevast õlitilgast on järel veel $^1/_3$, seega umbes neljandal päeval pärast koorumist. Kui koha noorjärk alustab u 6 mm (SL) pikkuselt eksogeenset toitumist, on

tema esimesed toiduobjektid uuringute kohaselt aerjalgsete (*Copepoda*) vastsed ja väiksed vesikirbulised (*Bosmina*, *Chydorus* jt). 7–10 päeva vanuselt haaravad kohad aga juba täiskasvanud aerjalgseid. Erinevalt teistest kalamaimudest ei toitu koha keriloomadest. Balatoni järves Ungaris (Specziár, 2005) ja Rimovi veehoidlas Tšehhis (Peterka jt, 2003) toitub koha 10 mm pikkuselt peamiselt sõudiklaste seltsi esindajatest ja ka aerjalgsetest (nt *Eudiaptomus gracilis*), kusjuures esmane valik on suunatud sõudiklastele. Rimovi veehoidlas hakkab koha 15–20 mm pikkuselt üha enam valima toiduks vesikirbulisi, eelkõige *Daphnia galeata*'t, *Diaphanosoma brachyurum*'it ja *Leptodora kindti*'t (Peterka jt, 2003). Balatoni järves (Specziár, 2005) ja Taani Tjeukemeeri järves (van Densen, 1985) toituvad 20–50 mm pikkused kohamaimud peamiselt *Diaphanosoma mongolianum*'ist. See toiduobjekt ammendab end koha jaoks, kui ta on kasvanud 50–60 mm pikkuseks. Siis orienteerub koha uutele toiduobjektidele – suurematele selgrootutele, neelates peamiselt suuremaid vesikirbulisi, näiteks *L. kindti*'t. Ka Peipsis ja Võrtsjärves on täheldatud analoogset seaduspära: väiksemad isendid eelistasid aerjalgseid, eelkõige *Mesocyclops leuckarti*'t, kala kasvades suureneb toidus *L. kindti* ja *D. galeata* osakaal (Ginter, 2012).

Paljud teadlased on täheldanud, et suuremõõtmeliste vesikirbuliste ja aerjalgsete puudumisel veekogus hakkab 0+ koha toituma põhjasetetes elutsevatest suurematest selgrootutest, eriti surusääsklaste (*Chironomidae*) vastsetest. Balatoni järve (Specziár, 2005) eutrofeerunumates osades, Rimovi veehoidlas ja Tjeukemeeri järves (Verreth, Kleyn, 1987) on märgatud koha toitumist surusääsevastsetest, kui kala oli 40–80 mm pikkune. Poola Włocławeki paisjärves on kohamaimude (70–120 mm) põhitoiduks surusääsklaste eri arengujärgud (Kakareko, 2002). Ka 2007. aastal Peipsis, kui 0+ kohade arvukus oli väga suur, moodustasid suure osa koha toidust surusääsklaste vastsed (Ginter 2012).

Koos suuruse kasvamisega muutub toidusedel ja koha läheb üle röövtoidule. Koha on tüüpiline kaladest toituv röövkala ja tema selgrootutest toitumise periood on lühike. Nihe toitumises toimub tihti juba esimese kasvusuve jooksul, enamasti siis, kui kohamaim on 5–10 cm pikkune. Paljud uuringud nii Eestis kui ka välismaal on näidanud, et ühesuvisele kohale sobivad kalatoidule üleminekul esmalt kõige paremini saleda kehaga kalad, nagu tint. Seevastu 0+ koha, 0+ ahven ja 0+ kiisk sobivad suurema ümbermõõdu tõttu talle saakloomadena halvemini. Täiskasvanud koha sööb enamasti karpkalalasi ja teisi pehmema luustikuga kalu. 0+ koha võib vahetada planktontoidu kalade vastu juba 2–3 cm pikkuselt, kui on olemas sobiva suurusega saakobjekte (van Densen, 1985; Sutela, Hyvärinen, 2002). Tjeukemeeri järves täheldati 0+ koha kalatoidule üleminekut 2 cm pikkuselt (van Densen, 1985) ja Soomes Oulujärves 3,8 cm pikkuselt, kusjuures toiduobjektiks oli tint (Sutela, Hyvärinen, 2002). Balatoni järves on täheldatud 0+ koha röövtoidule üleminekut 2,5–5 cm pikkuselt, toiduobjektiks oli seal aga kiisk ja jõekoha (*Sander volgensis*) (Specziár, 2005). Poolas Sulejówi veehoidlas täheldati 0+ koha kaladest toitumist juuni keskpaigast alates, kui kala kogupikkus (TL)

oli 3–6 cm (Frankiewicz jt, 1997). Pihu ja Turovski (2001) järgi algab koha röövtoidule üleminek Eesti järvedes juba kesksuvel või varasügisel. Ermi (1961) uuringute kohaselt hakkas 0+ koha Peipsis tindi olemasolul kaladest toituma suvel, täielikult läks üle kalatoidule septembris, olles 8 cm pikk; Võrtsjärves hakkas 0+ koha toituma kaladest 5. või 6. elukuul, keskmiselt 6,2 cm pikkuselt. Viimastel aastatel, kui tindi arvukus on meie suurjärvedes väga väike, on toitumisnihe enamasti edasi lükkunud. Seetõttu läheb koha kalatoidule üle alles järgmisel kevadel, kui vees on uued väiksed kalamaimud, keda on hõlbus neelata (Ginter, 2012). Kalatoidule ülemineku järel võib koha veel kuni kaks aastat kõrvaltoiduna süüa selgrootuid (lõhkjalalised, kirpvähilised, surusääsklased), eriti juhul, kui selgrootuid on veekogus palju, kuid saakkalu vähe (Balik jt, 2006).

Isendid, kellel õnnestub esimesel kasvusuvel üle minna kalatoidule, kasvavad suuremaks ning sama aastaklassi noorkalade seas tekib suuruseline ja toitumuslik diferentseerumine (Specziár, 2005). Seda on täheldatud ka Võrtsjärves ja Peipsis. Eestis on kalatoidule üle läinud aastased kohad keskmiselt 12–13 cm pikkused ja 14–18 g raskused; toitumisnihke viibimisel keskmiselt vaid 7–8 cm pikkused ja 4–6 g raskused (Ginter, 2012). Ainult planktonist toitujad jäävad kasvus maha, saavutades talve tulekuks ainult 5–8 cm pikkuse, mistõttu hukkuvad nad sageli talvitumise ajal.

Kasv ja vanus

Koha kasv on kiirem lõunapoolsetes riikides. Selle põhjus on pikem kasvuperiood ja kõrgem veetemperatuur. Nii on 4-aastane koha Soome järvedes ligikaudu 30 cm pikk, kuid Kubani jões 20 cm pikem. Koha kasvab elu esimestel aastatel suhteliselt kiiresti, suguküpsuse saabudes kasv aeglustub. Eestis on üheaastased kohad 8–13 cm, kaheaastased 13–16 cm, kolmeaastased 30–35 cm pikkused ja 300–400 g raskused, viieaastased vastavalt 48–51 cm ja 1,1–1,4 kg, seitsmeaastased 59–62 cm ja 2,3–2,8 kg, kümneaastased 72–76 cm ja 4,7–5,7 kg, viieteistaastased 83–88 cm ja 7,8–9,3 kg. Koha kasvab enamasti 50–70 cm pikkuseks ja 2–5 kg raskuseks, kuid sageli küündib tema pikkus ka 130 cm-ni ja kehamass 12–18 kg-ni. Eesti suurim koha (190 cm ja 14 kg) püüti 1975. aastal Võrtsjärvest.

Meie piirkonnas sõltub koha toitumine ja kasv aastaajast. Kõige intensiivsem on toitumine suve teisel poolel kuni sügiseni välja. Oktoobris ja novembris väheneb toitumisaktiivsus märgatavalt, peamiselt veetemperatuuri languse tõttu. Sügisel moodustavad suurema osa koha toidust jahedas vees leiduvad väikesemõõtmelised vesikirbulised (Ginter, 2012). Talvel on koha toitumisaktiivsus väike, mistõttu kasv seiskub. Varakevadel hakkab ta toituma juba enne jääminekut. Kudemise ajal, mais-juunis, on koha toitumisaktiivsus taas väike.

6.2. Kasvatamine

Kasvatuse ajalugu ja praegune olukord

Koha kasvatamise ajalugu ulatub 19. sajandisse. Esmased teated pärinevad Kesk- ja Ida-Euroopast, kus kohasid kasvatati koos karpkaladega. Alguses kasvatati koha väga väikestes kogustes ning see oli pigem lisakala. Kahekümnenda sajandi algul alustati kohamaimude ja noorkohade tootmist pinnasetiikides kohavarude taastamise ja täiendamise eesmärgil. Paljundamiseks kasutati sugukalade looduslikku paljunemist pinnasetiikides. Kohamaime kasvatati pinnasetiikides monokultuurina, suuremaid noorkalu koos karpkaladega polükultuurina. Kahekümnenda sajandi keskel hoogustus kasvatusvõimaluste uurimine nii Nõukogude Liidus, Euroopas (Ungaris, Soomes, Prantsusmaal ja mujal) kui ka Põhja-Ameerikas. 21. sajandini oli kohakasvatus ekstensiivne ning teda peeti tiikides pigem lisaliigi või tõhusa biomelioraatorina. 21. sajandi alguses hakati koha kasvatama Lääne-Euroopas vee korduvkasutusega süsteemides (RAS, ingl *recirculating acquaculture system*). 21. sajandi esimese kümnendi lõpuks tegeles intensiivse kohakasvatusega umbes kümme suuremat kasvandust. Kuigi intensiivse kasvatamise meetodid on veel arendusjärgus, peetakse koha Euroopas, sealhulgas Eestis, heade turuväljavaadete tõttu üsna perspektiivseks liigiks.

Sugukari

Sugukalad püütakse looduslikest veekogudest sügisel (oktoobris-novembris põhjanootadega) või kevadel (märtsis-aprillis mõrdadega) või kasvatatakse neid spetsiaalselt. Äärmiselt oluline on käsitseda sugukalu tähelepanelikult. Juba mõrda või noota tühjendades peab kaladega olema ettevaatlik, sest vigastada saanud koha ei anna tihti marja. Eestis kasvab koha kõige paremini Peipsis, märgitud on ka Võrtsjärve koha head kasvu. Siiski on Peipsi ühesuvised kohad palju pikemad ja raskemad kui Võrtsjärves. Sama kehtib ka vanemate vanuserühmade puhul (Ginter, 2012). Üldiselt jääb väikejärvede koha kasv suurte veekogude kohade kasvust maha, samuti on väikejärvedest raske suuri ja vanuselt sobivaid kalu tabada. Kasvuerinevus tuleneb peamiselt toidubaasist, kuid võib oletada ka geneetiliste iseärasuste olemasolu. Seega oleks sugukalu mõistlik hankida veekogudest, kus koha populatsioon on kõige elujõulisem ja/või kus kala keskmiselt kõige paremini kasvab.

Kevadisel sugukalade püüdmisel tuleb silmas pidada seda, et isased ilmuvad koelmutele mõni päev varem kui emased (Zakęś, Demska-Zakęś, 2009). Sellest tingitult tuleks neid püüda mitmes järgus. Samuti tuleb sugukalade püüke planeerides arvestada asjaoluga, et eri vanusega kalad koevad eri ajal. Näiteks V. Ermi (1981) tehtud uuringud näitavad, et Pärnu lahes koevad suuremad ja vanemad kohad kudeperioodi algul (mai lõpp), väiksemad ja nooremad kohad aga kudeperioodi lõpus (juuni lõpp). Keskmise vanu-

6.2. Sugukalade valimine

sega kohad, kelle marja võiks pidada kõige elujõulisemaks, koevad kudemisperioodi keskel, mil välistingimused on selleks arvatavasti kõige soodsamad. Soovitatakse, et emased sugukalad võiksid olla pikkusega 44–54 cm ja kaaluga 1,5–4 kg ning isased pikkusega 38–40 cm ja kaaluga 0,8–2,0 kg (joonis 6.2). V. Ermi (1981) andmetel küpsevad suurtel emaskaladel sugurakud gonaadis ebaühtlaselt ja seetõttu on nendelt saadud marja kadu suur.

Kuigi kohal puudub selge sooline dimorfism, võib kudeajal siiski märgata väikesi erinevusi sugupoolte uimede värvuses: isaste uimed on üldjuhul tumedamad, halli või sinaka tooniga, emastel heledamad.

Püütud sugukalu peab transportima aereeritavates paakides. Kui transpordiaeg on pikem kui 2 tundi ja vee temperatuur 8–15 °C piires, saab 1 m^3 mahutis transportida maksimaalselt 60 kg eluskala. Transpordi ajal soovitatakse kasutada stressi vähendavaid aineid, nagu keedusool (5 g NaCl/l).

Kui sügisel püütud sugukalu hoitakse ületalve tiikides, tuleb ühe kilogrammi kudeja kohta arvestada 10 m^2 tiigi põhjapinda ja 1,5–3,5 kg elussööta. Kudejad paigutatakse talvitustiikidest ümber kudemistiikidesse, kui päevane keskmine temperatuur tõuseb 8–9 °C-ni. Mõni kasvandus peab mõõdulist sugukarja looduslikes tiikides paigutustihedusel 50–80 is/ha. Levinud on sugukarja pidamine RASis.

Paljundamine tehistingimustes

- *Looduslik paljunemine*. Kudejate rühm (1 emane ja 2 isast) lastakse 1–4 ha suurustesse pinnasetiikidesse (näiteks mõnda karpkalatiiki). Pärast kudemist jäetakse kalad tiiki veel 6–8 nädalaks, kuni kohamaimud on kinni püütud.

- *Kontrollitud looduslik paljundamine*. Kuna kohad heidavad looduses marja üsna väiksele kudealale, siis soovitatakse selle kinnitamiseks kasutada kunstkoelmuid ehk tehispesi. Kudepaikadena kasutatakse väiksemaid pinnasetiike (hoiu- või talvitustiigid) pindalaga 500–1500 m^2 ja sügavusega 1,5–2 m. Tiigi põhja paigutatakse 3–5 m vahedega tehiskoelmud. Selleks sobivad 60 × 60 cm pesad, mille võib valmistada kõrrelistest, merirohu- või riisivartest, lepa- või pajujuurtest, männi-, kuuse- ja kadakaokstest ning isegi haokubudest. Tänapäevane marjakinnitussubstraat valmistatakse kunstmaterjalist ja sellest moodustatakse kudemismatid. Kudepesi peaks tiigis olema 10% võrra rohkem kui isaseid kalu. Samuti peaks olema tiikidesse paigutatud 10% rohkem isaseid kui emaseid. Pärast kudemist viiakse kudepesad marja koorumise ajaks teise tiiki või haudemajja.

- *Paljundamine järve paigutatud sumpades*. Soomes kasutatakse ümmargusi ujuvsumpasid, mille diameeter on näiteks 2 m ja kõrgus 2 m (FAO, 2013). Kasutusel on ka suuremad (30–50 m^3) kandilised sumbad, kuhu paigutatakse suuremad kudepesad (u 1,2 m^2) ning kudekaladena 2–4 emast ja 5–10 isast kala. Kasutatakse ka väiksemaid sumpasid või aedikuid. Nn Rootsi aedikud koosnevad kahest osast: ülemine kudejatele – 1 emane ja 1–2 isast (nt 1,20 × 0,60 × 0,80 m) – ja alumine vastsetele (nt 1,20 × 0,60 × 0,10 m). Levinud on veel mitmesuguse ehitusega sumbad ja aedikud, kuid optimaalseks peetakse aedikuid, mis mahutavad üht kudepesa (diameeter 0,5 m) ja kuhu paigutatakse maksimaalselt 3 emast ja 4 isast (Zakęś, Demska-Zakęś, 2009). Sumpades ja aedikutes paljundamise korral kasutatakse emaste kalade hormonaalset stimulatsiooni (täpsemalt peatükis „Kudemise hormonaalne stimuleerimine"), isased kalad tavaliselt lisastimulatsiooni ei vaja. Kalad viibivad sumpades või aedikutes üldjuhul 6–13 päeva. Pärast kudemist eemaldatakse kudepesad sumpadest ning viiakse teise tiiki või haudejaama. Kaheosalistes sumpades areneb mari kohapeal. Sumba väiksusest tingitult võib alumises osas aga mari kuhjuda ja sellel hakkavad levima hallitusseened, mistõttu võib suremus olla väga suur.

- *Kunstlik paljundamine*. Pärast haudejaama viimist sorteeritakse kudekalad soo järgi ning emased omakorda kudemisvalmiduse järgi. Kuna kohal saabub nn jooksva marja staadium suhteliselt järsku ning vältab lühikest aega (10–15 min), siis on raske tabada hetke, millal on võimalik marja lüpsta (Erm, 1961). Emaseid stimuleeritakse hormoonpreparaatidega (vt peatükki „Kudemise hormonaalne stimuleerimine"). Isastel kaladel võib kasutada kaks korda väiksemaid doose. Pärast kaladelt suguproduktide võtmist mari kuivviljastatakse, lisades 1–2 ml niiska 100 g marja kohta. Seda meetodit on kirjeldatud raamatus „Kalakasvatus ja kalade tervishoid" (Paaver jt, 2006). Kuigi ühe isase kala niisast piisaks paljude emaste marja viljastamiseks, kasutatakse enamasti mitme

isase niiska. Sellega tagatakse võimalikult paljude marjaterade viljastamine, juhul kui mõne isaskala niisa viljastamisvõime on väike. Mari ja niisk segatakse, hoitakse 2–3 minutit, lisatakse vesi, segatakse ettevaatlikult ja hoitakse vees veel kuni 10 minutit. Vesi aktiveerib munarakud ja spermatosoidid. Viimased liiguvad seejärel aktiivselt ja on viljastamisvõimelised ligikaudu minuti vältel. Häid tulemusi annab füsioloogilise lahuse (0,6% NaCl ja 0,02% $CaCl_2$) kasutamine marja ja niisa segamisel ning aktiveerimisel, sest selles püsivad spermatosoidid kauem liikumisvõimelised. Seejärel loputatakse mari puhta veega niisajääkidest ja jäetakse paisuma. Marjaterad imavad vett, paisuvad kuni 40% ja kõvenevad. See võtab aega 3–4 tundi. Seejärel loputatakse mari kleepuvuse eemaldamiseks. Koha marjaterad muutuvad kleepuvaks alles 15–20 minutit pärast viljastamist (Pihu, 2006).

- *Hooajaväline paljundamine*. See on uusim kunstliku paljundamise meetod, mida kasutatakse eelkõige vee jahutamise võimalusega RAS-kasvandustes. Selline meetod võimaldab saada uusi põlvkondi soovitud ajal, s.o väljaspool kalade kevadist kudeaega. Varem mõjutati hooajavälise kudemise esilekutsumiseks sugukalu hormoonpreparaatidega. Uuemad uuringud on näidanud, et parim viis kudeaegu muuta on siiski temperatuurirežiimi kohandamine.

Kudemise mõjutamine temperatuurirežiimi muutmise teel

Õige temperatuurirežiimi korral on võimalik kudemist esile kutsuda looduslikust kudeajast 3–4 kuud varem või hiljem, samuti on võimalik lühendada suguküpsuse saabumise aega.

Temperatuurirežiimi reguleerimiseks on mitu võimalust. Vee temperatuuriga manipuleerimine võib kesta 18 nädalat: esmalt 8 nädalat jahutamist (20–8 °C-ni), seejärel 6 nädalat jahedat perioodi (8–4–8 °C) ning viimaks 4 nädalat soojendamist (8–12 °C-ni). Uuemad katselised uuringud (Hermelink jt, 2011, 2013) on näidanud, et paljunemisprotsessi käivitamiseks on parim hoida vee temperatuur 12 °C juures 12 nädala jooksul. Selliselt talitades tõuseb märkimisväärselt suguhormoonide tase ning suguküpsus saavutatakse kiiremini. Selline temperatuurirežiim on sobivaim nii emastele kui ka isastele kaladele, kiirendades nii niisa kui ka marja arengut. Pärast suguproduktide valmimist loetakse sobivaimaks mõnevõrra kõrgemat temperatuuri so 14 °C.

Lisaks temperatuurirežiimi kohandamisele aitab suguproduktide valmimisele kaasa valgusrežiimi muutmine. Seda tehakse eranditult soojendamisperioodi ajal: kasutusel olnud režiim – 8 tundi valgust ja 16 tundi pimedust – asendatakse uue režiimiga – 14 tundi valgust ja 10 tundi pimedust. Pärast valgusrežiimi muutmist rakendatakse hormonaalset stimulatsiooni, nagu seda tehakse tavalise kunstliku paljundamise puhul. Valgusrežiimi muutmine on siiski vähem efektiivne variant (Hermelink jt, 2011, 2013) ning sobib pigem ahvenakasvatuse puhul (Migaud jt, 2006).

Kudemise hormonaalne stimuleerimine

Hormonaalse stimulatsiooni eesmärk on kudekarjas kudemisprotsesse sünkroonida ning kudemise ajastust nihutada. Kohade kudemise hormonaalseks stimulatsiooniks kasutatakse hüpofüüsist valmistatud gonadotroopseid hormoonpreparaate (FAO, 2013; Zakęś, Demska-Zakęś, 2009). Hüpofüüs ehk ajuripats on sisenõrenääre, mis toodab paljusid hormoone, sealhulgas suguproduktide arengut stimuleerivaid gonadotropiine. Kasutatakse valmispreparaate: koriogoniini (hCG, ingl *human chorionic gonadotropins*) 200–600 ühikut ühe kilogrammi kala kehamassi kohta või karpkala ajuripatsist valmistatud preparaati (CPE, ingl *carp pituitary extract*) 2–5 mg/kg. Sama häid tulemusi annab karpkala, säina või muude karpkalalaste ajuripatsist ise valmistatud preparaat. Ajuripats veetustatakse keemiliselt puhta atsetooni abil ja kuivatatakse. Hästi suletud klaas- või plastanumas on ajuripats jahedas hoituna kasutuskõlblik mitu aastat. Süstimiseks kaalutakse vajalik kogus kuivatatud hüpofüüsi, hõõrutakse uhmris pulbriks ja lahustatakse kas füsioloogilises lahuses (0,85–0,9%line naatriumkloriidi vesilahus), destilleeritud vees või 0,5% novokaiinis (1 cm^3 lahust 3–4 mg kuivaine kohta). Ühe kilogrammi kala kehamassi kohta süstitakse seda lahust 1 cm^3. Selliselt stimuleeritakse emaseid kalu kunstliku paljundamise käigus. Isaste puhul kasutatakse poole väiksemaid doose. Mõningatel puhkudel ei stimuleerita aga üldse (nt sumpades paljundamise puhul). Zakęśi ja Demska-Zakęśi uuringud (2009) on näidanud, et hormonaalne stimulatsioon on efektiivseim, kui sugukalade suguproduktid on enam-vähem samas arengustaadiumis. Selle kontrollimiseks võetakse marjaproov ning määratakse marja arengustaadium. On täheldatud, et hormonaalne stimulatsioon suurendab sugukarjas suremust. Seetõttu ei soovitata ühele kalale teha üle kahe süsti ja süstide vahele peaks jääma umbes 12 tundi.

Mari

Kuivviljastamiseks peab marja ja niisa saama kätte kas elusatelt või surmatud kaladelt. Suguproduktide lüpsmiseks eluskalad tavaliselt uinutatakse, sest igasugune käsitsemine tekitab neil stressi. Kalad paigutatakse vanni, mis on täidetud nende täielikuks sukeldamiseks piisava koguse uinutuslahusega. Lahuses vaibuvad kalade liigutused minuti-kahe jooksul. Pärast suguproduktide võtmist lastakse kalad kiiresti taas puhtasse hapnikurikkasse vette, kus nende normaalne käitumine taastub 5–10 minuti jooksul. Uinutamine lõdvestab kala kõhulihaseid ja sel moel on kergem marja kalast välja lüpsta ning kättesaadava marja kogus (tarbeviljakus) on suurem (Paaver jt, 2006). Uinutuslahusest võetud kalad loputatakse enne lüpsmist puhta veega, et vältida uinutusaine sattumist marja või niisa hulka. Pärast marja lüpsmist see viljastatakse ja eemaldatakse kleepuvus. Marja kleepuvus kõrvaldatakse selle loputamisega tanniini vesilahuses (kontsentratsioon 0,5–1,0 g/l) 2–5 minutit. Marja kleepuvust võib kõrvaldada ka ensümaatiliselt, loputades marja 2 minutit 0,5% proteaasi vesilahuses. Kasutatakse ka talgi ja naatrium-

kloriidi segu veega (100 g soola + 25 g talki + 10 dm^3 vett), loputades marja 45–60 minutit, aga ka tärklisesuspensiooni. Viimast peetakse kohale kõige sobivamaks – marja ellujäämus on u 90%. Hallituse tekke vastu kasutatakse profülaktiliselt näiteks formaliinivanne lahjenduses 1 : 10 000 (100 ppm) viie minuti jooksul. Pärast töötlemist paigutatakse mari haudeaparaatidesse (FAO, 2013).

V. Ermi (1981) uuringud käsitlevad põhjalikult koha viljastatud marjaga seotud protsesse ekstensiivse kasvatuse korral. Ekstensiivse paljundamise korral inkubeerub kohamari ümberpaigutamiseni tehiskoelmutel, mida on valvama jäetud üks isaskala. Igast kudepesast võetakse proov ning määratakse ligilähedane kudemise aeg, viljastumisprotsent ja loote arenguaste. Marja on kõige sobivam transportida ajal, kui loote sabauim hakkab eralduma rebukotist, kuid ¾ lootest on veel selle ümber. 15 °C juures kulub sellesse staadiumi jõudmiseks 48–50 tundi, 14 °C juures 80–100 tundi.

Alates loote silmapunga tekkest talub kohamari hästi mehaanilisi mõjutusi ja temperatuurikõikumisi. Sellist marja, millel on silmad pigmenteerunud, ei või aga enam transportida, isegi mitte temperatuuri alandamisel 5–6 °C-ni, sest selline loode võib kooruda teel ja hukkuda. Marja ei ole soovitatav vedada keskpäeval, mil temperatuur võib järsult tõusta, vaid varem või hiljem, kui päike on madalamal.

Tehiskoelmu loputatakse vees, seejärel paigutatakse transpordiraamile ning kaetakse niiske marliga. Raamid, mille vahele jääb niiske materjal, paigutatakse transpordikasti. Transpordikastis peaks temperatuur püsima vahemikus 8–9 °C, selleks võib kasti paigutada jääd. Transportimisel peab kast püsima võimalikult stabiilses asendis ning püsiva temperatuuri ja niiskusega. Vajaduse korral marja kastetakse või eemaldatakse jäävett jne. Pärast transporti tuleb oodata, et marja ümber oleva vee temperatuur ühtlustuks veekogu või udukambri temperatuuriga. Lühikest aega võib kohamarja transportida ka vannides koos koelmuga, kuid sellisel juhul ei tohi vannis olla pime – taimne roheline koelmumaterjal võib kasutada ära kogu hapniku. Hallituse esinedes tuleb hallitanud marjaterade klomp kääridega eemaldada. Seejärel viiakse mari haudekambrisse.

Marja võib inkubeerida kas looduslikult pinnasetiikides, plastrennides, spetsiaalsetes haudejaamades – nn udukambrites – või Weissi pudelites.

Udukambrites paigutatakse mari koos tehiskoelmuga spetsiaalsetele raamidele. Udukambri niiskes õhus inkubeerub mari mõnevõrra kõrgemal temperatuuril kui loodusoludes, seega lüheneb marja arengu aeg. Kuna kogu mari on ühesugusel temperatuuril ja hapnikutingimustes, koorub see peaaegu ühel ajal. Udukambrite efekt on selles, et veekulu on väike – 1 liiter tunnis ühele tehispesale. Vesi on udukambri torudes 1,5–3,5 atm rõhu all. Koorumise eel paigutatakse mari koos tehiskoelmuga nõrga läbivooluga hapnikurikka veega täidetud basseinidesse, kus eelvastsed saavad peaaegu ühel ajal kooruda. Sellistes basseinides peetakse eelvastseid seni, kuni rebukoti toitained on suures osas imendunud (1–2 päeva).

Sageli inkubeeritakse marja plastrennides. Sellistel puhkudel asetatakse marjaga tehiskoelmu 1 m^3 mahuga rennidesse, millesse juhitakse 16–21 °C-ni soojendatud vesi (2–5 l/min). Hautamiseks kulub 83–112 kraadtundi (2–3 ööpäeva).

Weissi pudelis toimub inkubeerimine temperatuurivahemikus 12–17 °C. Eri autorid pakuvad üsna erinevaid temperatuurioptimume (Zakęś, Demska-Zakęś, 2009). Ühes 7-liitrise mahuga Weissi pudelis inkubeeritakse keskmiselt 0,5–5 liitrit marja, soovitatav vee juurdevool on 0,5 dm^3 minutis inkubatsiooni algul; hiljem 4–5 dm^3 minutis. Inkubeerimisel on soovitatav hallitusseente tõrjumiseks vannitada marja profülaktiliselt formaliiniga lahjenduses 1 : 10 000 (100 mg formaliini liitri vee kohta 5 minuti jooksul) (Zakęś, Demska-Zakęś, 2009).

Koha inkubatsiooniaega arvutatakse järgmise valemiga (Lappalainen jt, 2003):

$$I = 30\,124 \times T^{-2,07} \text{ või } I = 1255 \times T^{-1,07},$$

kus I – inkubatsiooniaeg (h) ja T – veetemperatuur (°C).

Niisk

Emaste ja isaste kudemise sünkroniseerimine kasvandustes ei ole siiani täiuslikkuseni jõudnud, seega on paljundamisel oluline koha niisa säilitamine marja viljastamiseks (Bokor jt, 2012). Niiska lüpstakse isastelt kohadelt analoogselt marja lüpsmisega. Niisas sisalduvad spermatosoidid on enne veega kokku puutumist inaktiivsed. Niiska on võimalik lühikest aega säilitada vett lisamata tavalises külmkapis (+4 °C). Peab silmas pidama, et niisale oleks tagatud hapniku juurdepääs, st hoiustada ei tohi suletud nõus, juhul kui ei ole hapnikku lisatud. Hästi sobivad 100–200 ml soonkinnisega kilekotid, millesse lüpstud niisale lisatakse hapnikku ja mis seejärel suletakse õhukindlalt. Sellistes oludes säilib niisk kuni 24 tundi (Zakęś, Demska-Zakęś, 2009).

Pikemaks säilitamiseks on võimalik kasutada doonoritelt saadud sugurakkude **krüopreservatsiooni** ehk külmutamist vedelas lämmastikus, mis võimaldab sugukalade spermat säilitada palju pikemat aega (Bokor jt, 2012). Selleks on vaja esmalt niiska lahjendada. Niisa lahjendamiseks sobivad vahendid, mida kasutatakse ka teiste kalade puhul, nt glükoosi, sahharoosi või kaaliumkloriidi lahus.

Pärast niisa lahjendamist lisatakse sellele külmutuskaitseks 10% metanool- või dimetüülsulfoksiidi (DMSO). Katsetega on tõestatud, et parim lahjendus on 1 : 1 ja kõige efektiivsem on lisada DMSOd. Segul lastakse toimida umbes 3 minutit ja seejärel niisk pipeteeritakse 0,5 ml kõrtesse. Need paigutatakse lämmastikul olevale penoplastraamile, kus temperatuur on 165 °C. 3 minuti järel asetatakse niisaga kõrred otse vedelasse lämmastikku, kus neid säilitatakse kuni kasutamiseni. Niisa kasutamiseks tuleb seda sulatada 40 °C veejoa all 13 sekundit. Ühe kõrre sisuga on optimaalne viljastada umbes 50 marjatera (Bokor jt, 2012).

Niisa lüpsmisel võib olla probleemiks uriini sattumine selle hulka, mille tagajärjel võib-sugurakkude hukkumine ulatuda isegi kuni 50%ni (Bokor jt, 2012). Niisa segunemist uriiniga saab vältida, kui kasutada lüpsmisel silikoontorukest, mis suunatakse otse seemnejuhasse. Külmutamise tõttu võib spermidest hukkuda kuni 28%.

Tõuaretus

Emased kohad saavutavad suguküpsuse hiljem, kuid kasvavad kiiremini ja nende maksimaalsed mõõtmed on suuremad kui isastel. Seetõttu on ainult emastest koosnev kalakari majanduslikult tasuvam. Nii ongi tänapäeval kasutusel abistavaid meetodeid, millega suurendatakse kohakasvatuse produktiivsust. Enim soovitakse ühesoolist või steriilset kalakarja. Geneetilisi meetodeid kasutatakse enamasti eesmärgiga saada ainult emaseid kalu – see suurendab kalarümpade kaalu, vähendab segakarjale iseloomulikku agressiivsust, ühtlustab kalakarja struktuuri jne. Meetoditest on enim levinud hormoonmanipulatsioon, günogenees kui üks kromosoomistiku manipulatsiooni meetodeid, hübridiseerimine ja töötlemine medikamentidega. Selles valdkonnas on viimastel aastatel eelkõige Poolas tehtud hulk uuringuid (Demska-Zakęś, Zakęś, 2008; Grozea jt, 2009).

Hormoonmanipulatsioon

Kalade hormoonmanipulatsiooniks kasutatakse 17α-metüültestosterooni (MT), 11β-hüdroksüandrostenediooni (OHA), 17β-östradiooli (E) ja dietüülstilbestrooli (DES). Levinud manustamisviis on suukaudne. Toiduga manustatakse teatud perioodil, näiteks 21 päeva jooksul, sobivat preparaati 30–90 mg kilogrammi kala kohta (Demska-Zakęś, Zakęś, 2009). Isaste osakaal suurenes märkimisväärselt MT manustamisel (97%ni, 30 mg MT-d kilogrammi kala kohta) ja OHA manustamisel (93%ni, 60 mg kilogrammi kala kohta). Hormoonikoguste vähenemisel suurenes biseksuaalsete, steriilsete ja emaste kalade osakaal. E- ja DES-hormoonide kasutamisel (30–90 mg/kg) suurenes tunduvalt emaste osakaal kalakarjas.

Günogenees

Günogenees on meetod, mis võimaldab luua ainult emastest koosneva kalakarja. Selleks töödeldakse spermat ultraviolett- või gammakiirtega. See põhjustab muutusi DNAs ning võimaldab luua soovitud kalakarja. Uuringute kohaselt on sperma inaktiveerimine UV-kiirtega andnud paremaid tulemusi kui gammakiirtega töötlemine. UV-kiirguse toimeaeg sperma töötlemisel jääb vahemikku 8–20 minutit. Kuigi kiiritamine mõjutab mingil määral sperma kvaliteeti, jäi viljastamisvõimeliste spermide arv kiiritatud niisas 57% piiresse, samal ajal kui töötlemata spermas on see u 73%. Viljastamisel tekkisid 99% juhul haploidse kromosoomistikuga eelvastsed (Grozea jt, 2009).

Kasvatamise etapid

Pärast marjast koorumist kasvatatakse koha neljas etapis: vastsete, maimude ja noorkalade kasvatamine ning järelkasvatus kuni sobiva suurusega kaubakala saamiseni. Kasvatusmeetodid on ekstensiivne (nt pinnasetiikides), poolintensiivne (ekstensiivne → intensiivne) ja intensiivne (nt RASis). Kasvatamise etapid erinevad ajalise kestuse ja keskkonnatingimuste poolest.

Vastsete kasvatamine

Vastseperiood algab üleminekuga välistoitumisele. Sel perioodil arenevad vastseelundid, näiteks paaritu uimekurd, ning ujupõis täitub õhuga. Vastseperioodi algul on koha keskmiselt 4,4–6,7 mm, perioodi lõpus 11,7–12,00 mm pikkune.

• Poolintensiivne meetod

Vastseid kasvatatakse esmalt pinnasetiikides, kus toimus kontrollitud või kontrollimata looduslik paljundamine. Vastsete puhul on tiigi optimaalne suurus 1,5–2,0 ha, keskmine sügavus 1,2–1,5 m. Piisava toidubaasi tekkeks on tiike enne vaja väetada näiteks sõnnikuga (5–8 t/ha). Vastsed kogutakse tiigist kokku 6–8 nädalat pärast koorumist, aeg sõltub peamiselt ilmastikuoludest. Ühe hektari suurune tiik toodab umbes 50–250 kg 0,2–0,7-grammiseid kohavastseid. Vastsete kogumiseks lastakse tiigid tühjaks, kalad kogunevad väljavoolu juurde kinnitatud sumpadesse. Püütud kohavastsed pakitakse transpordikottidesse, mis on poolenisti veega täidetud. 30 l vette mahutatakse sõltuvalt vastsete suurusest, temperatuurist ja transpordi kestusest 600–3000 kohavastset. Seejärel lisatakse hapnik (30 l veele 30 l hapnikku) ning kotid suletakse õhukindlalt. Selliselt on võimalik transportida 18 000 vastset 1 m^3 vee kohta, kui transpordiaeg on 15 tundi ja vee temperatuur 20 °C. Kui transpordiaeg on 2 tundi ja vee temperatuur 15 °C, võib vastsete tihedus olla kuni 120 000 is/m^3.

Kohavastsed paigutatakse RASi. Sobiv süsteem koosneb 1–3 m^3 suurustest (üle 40 cm, optimaalselt 70–100 cm sügavustest) veeringlusega mahutitest. Valguse intensiivsus kasvumahutites ei tohiks ületada 50 luksi. Optimaalseks temperatuuriks kohavastsete kasvatamisel peetakse 22 °C. Algne paigutustihedus peaks olema 5–8 vastset liitri vee kohta (1,5–3 kg/m^3). Kalu söödetakse suure valgusisaldusega (üle 50%) ja rasvasisaldusega (12–18%) tööstusliku lõhesöödaga. Algses kasvatusfaasis, uute tingimustega kohanemise ajal, peaks söödatera suurus olema 0,4–0,7 mm. Toidetakse isu järgi (*ad libitum*) 16–24 tundi päevas. Esimestel nädalatel moodustab päevane toiduratsioon 15–17% kehamassist. Selline kohanemisperiood kestab 2–3 nädalat ning selle jooksul on kalade ellujäämus 50–90%. Et kannibalism võib meetodi tõhusust sel perioodil suuresti mõjutada, soovitatakse kalavastsed suuruse järgi sorteerida. Seda tuleb teha mitu korda: kohe pärast haudemajja toomist ja iga 3–4 nädala järel. Tavaliselt kestab haudemajaperiood 8–12 nädalat.

- **Intensiivne meetod**

Kohavastsete intensiivse kasvatamise võtted sarnanevad nii olemuselt kui ka raskusastmelt pigem mereveeliste kui magedaveeliste kalaliikide kasvatamise võtetega.

Kohavastseid kasvatatakse veeringlusega 0,5–1,5 m^3 mahutites. Esimestel nädalatel kasutatakse pihustamissüsteemi, lõhkumaks vee pindpinevust, et vastsetel oleks võimalik pääseda ligi välisõhule ja täita oma ujupõis. Algne paigutustihedus veetemperatuuril 20 °C on vahemikus 20–50 isendit liitris. Sobivaks temperatuurivahemikuks peetakse 26–30 °C, madalamal temperatuuril on juurdekasv palju väiksem. Kasvatamise algfaasis sobib vastsetele tugevam valgus, kuid hilisemates kasvatusetappides, u 0,6 g raskuseid kalu soovitatakse hoida hämaras (alla 45 luksi) (Kozłowski jt, 2010). On teada, et liigse valgustatuse korral söövad vastsed vähem ja suureneb nende suremus (Hilge, Steffens, 1996). Vastsete kasvatamise alguses kasutatakse kahte söötmismeetodit.

Meetod 1. Selle meetodi puhul kasutatakse esimese 14 päeva jooksul koos nii tööstuslikku sööta kui ka soolavähikese (*Artemia salina*) vastseid. Kohavastsetele antakse vähemalt 3 portsjonit päevas. Üks portsjon on 200–300 vähikvastset kala kohta. Kahe nädala vanustele kohavastsetele antakse ainult kunstsööta. Graanuli suurus perioodi esimesel 10–14 päeval on 0,1–0,3 mm, kolmandal ja neljandal nädalal vastavalt 0,2–0,4 ja 0,3–0,5 mm. Sööda valgusisaldus peab olema suur – 55–62%; sobiv rasvasisaldus on 10–16%. Vastseid toidetakse automaatsöötjaga *ad libitum* 24 tundi päevas.

Meetod 2. Selle meetodi kohaselt toidetakse kohavastseid esimesel 14 päeval ainult vähikvastsetega (500 vastset ühe koha kohta päevas) iga 1–1,5 tunni järel vähemalt 16 tundi päevas. Pärast kaht nädalat harjutatakse kohavastseid haarama kunstsööta. Üleminekuperiood kestab umbes 3 päeva. 3–4 nädalat pärast kalavastsete paigutamist basseinidesse (vastse mass > 50 mg) sorteeritakse neid esimest korda. Isendid, kellel ujupõis on täitunud, eraldatakse isenditest, kelle ujupõis ei ole täitunud. Sorteeritakse naatriumkloriidi ja etomidaadi vesilahuses (10 g NaCl ja 1 ml etomidaati liitri vee kohta). Täitunud ujupõiega vastsed tõusevad lahuses pinnale ning täitumata ujupõiega kalad vajuvad põhja. Viimased on kehva kvaliteediga, mistõttu edasiseks kasvatuseks jäetakse alles vaid täitunud ujupõiega kalad.

Peamised probleemid

Intensiivse kasvatuse suurimaid probleeme on vastsestaadiumile sobiva kunstsööda puudumine. Kasvatuse edukus võib sõltuda just sellest etapist. Sobiva toidu puududes võib kohavastsete suremus kasvada, nii et ellujäämus võib olla vaid 20–50%. Enamasti kasutatakse selles staadiumis elussööta, näiteks vähikvastseid. Kunstsööda kasutamisel vastsestaadiumis on

määrav vastse algne suurus ja vee temperatuur (Zakęś, 2012). Baráneki jt (2007) hinnangul võib vastsed kunstsöödale üle viia kas ühe sammuna või järk-järgult (anda elussöödale lisaks kuivsööta või kuivatatud naturaalset sööta, näiteks kuivatatud surusääsevastseid). Katsed on tõestanud, et kohavastsed pikkusega 38,61 ± 2,40 mm (TL) ja kaaluga 0,45 ± 0,08 g saavad ühtmoodi hästi hakkama siis, kui kunstsöödale minnakse üle ühekorraga, kui ka siis, kui kasutatakse paralleelselt veel elussööta ja kuivatatud naturaalset sööta. Suuremad isendid on altimad kunstsööta tarbima kui väiksemamõõtmelised. On täheldatud, et kunstsööta on lihtsam kasutama hakata, kui kohad on juba suuremad, 4–5 cm pikkused (Hilge, Steffens, 1996).

Teiseks, kui ühe basseini vastsete suurus erineb märkimisväärselt, kasvab tuntavalt kannibalism ning suremus kasvab kuni 50%ni. Kalade ühtlase suuruse korral on ellujäämus u 90%. Vastsete suuruse erinevused tulenevad loodusliku paljunemise teel saadud nn segamarja kasutamisest – varieerub marjatera suurus, pole teada täpne kudemisaeg jne. Seega tuleks RASi puhul eelistada kunstlikku viljastamist, mis mõnevõrra vähendab sellist varieeruvust (Zakęś, 2012).

Maimude kasvatamine

Koha maimuperioodi on suhteliselt vähe uuritud. Sellel etapil kujunevad kaladel lõplikult välja uimed, tekivad küljejoone-elund ja soomused, kohamaimud on 11,7–12,0 mm pikkused ja kaaluvad umbes 0,2–0,5 g. Selles staadiumis paigutatakse noorkala uude kasvukeskkonda. Kohamaimusid kasvatatakse nii ekstensiivselt kui ka intensiivselt (RAS).

- **Ekstensiivne meetod**

Haudejaamadest tuuakse kohamaimud 0,5–2 ha suurustesse pinnasetiikidesse (200 000 – 500 000 is/ha). 10–14 päeva enne maimude tiiki paigutamist täidetakse see poolenisti (40% mahust) veega. Ülejäänud vesi lisatakse 10–14 päeva pärast maimude asustamist. Täitmise eel väetatakse tiike sõnnikuga (4–8 t/ha).

- **Intensiivne meetod**

0,2–0,7-grammised kohamaimud paigutatakse 2–5 m^3 suurustesse RASi basseinidesse (10 isendit liitri vee kohta). Veetemperatuur hoitakse 22–24 °C piires. Päevane söötmisnorm on 10–12% kalade massist. Valguse intensiivsust vähendatakse, võrreldes haudejaama valgustusega, soovituslikult on see veepinnal 20–30 luksi. Kalade kasvades tuleb vähendada paigutustihedust. 3–10 g kehamassiga kohamaimudele sobib tihedus 6 is/l ehk 18–60 kg/m^3. Sellistes oludes kasvatatakse kohamaime 8–10 nädalat.

Noorkalade kasvatamine

Edasine kasvatamine võib olla nii ekstensiivne kui ka intensiivne. Noorkalad sobivad looduslikesse veekogudesse asustamiseks. Uuringud on näidanud, et kohadele on omane ontogeneetiline nihe temperatuurioptimumi suhtes.

Optimaalseks temperatuurivahemikuks peetakse 25–30 °C (Frisk jt, 2012). Kuigi sellist temperatuurioptimumi on lihtsam saavutada intensiivse kasvatuse meetoditega, peab kasvatusmeetodi valimisel silmas pidama ka eesmärki, st kas kalu soovitakse kasvatada kaubakalaks või loodusesse asustamiseks. Ahlbecki ja Hollilandi (2012) uuringud on näidanud, et noorkalade kasvatamisel tiikides arenevad neil paremini välja eluks vajalikud võimed. Samuti hakkavad nad kiiremini toituma elussöödast. Teisest küljest, RASis kasvanud noorkohad on keskmiselt suuremad kui tiikides kasvatatud kalad. Olenevalt eesmärgist saab valida noorkalade kasvatamiseks sobiva meetodi alljärgnevate võimaluste hulgast.

Kasvatamine tiikides

Noorkohasid kasvatatakse pinnasetiikides enamasti polükultuurina, st koos karpkaladega. Sellisel juhul on karpkalasaak mõnevõrra väiksem kui tavaliselt (500–1000 kg/ha). Ekstensiivse meetodi puhul paigutatakse tiiki kõigepealt kas sugukalad (2 isast ja 1–1,5 emast koha hektari kohta), viljastatud mari (0,5–1,0 pesa hektari kohta), koorunud vastsed (2000 – 10 000 is/ha) või maimud (2000–5000 is/ha). Noorkalad püütakse välja sügisel koos karpkaladega. Produktsioon jääb vahemikku 20–25 kg/ha, kusjuures ühe isendi mass on umbes 10–15 g. Sellise kasvatusviisi puhul on tulemus aastati varieeruv.

Harvem kasvatatakse noorkohasid pinnasetiikides monokultuurina. Selleks kasutatakse tiike suurusega 0,2–2 ha, kuhu paigutatakse 0,2–0,5-grammised kohavastsed tihedusega 4000–6000 maimu hektari kohta. Tiike väetatakse sõnnikuga (20 t/ha) enne kohamaimude sinna paigutamist. Tiiki paigutatakse ka potentsiaalseid saakkalu kas kudejate, marja või vastsetena. Kõige enam kasutatakse selleks särge (*Rutilus rutilus*), linaskit (*Tinca tinca*) ja rünti (*Gobio gobio*).

Kasvatamine RASis

0,2–10-grammised kohamaimud paigutatakse 2–5 m^3 suurustesse RASi basseinidesse. Süsteemi veetemperatuur on 22–24 °C, valguse intensiivsust veepinnal vähendatakse 20–30 luksini. Päevane söödakogus on 10–12% maimude kehamassist. Kui kohamaimud on väiksemad kui 3 grammi, on soovituslik paigutustihedus 6 is/l. Kui kohade mass on 3–10 g, siis peaks paigutustihedus olema kuni 10 kg/m^3. Sellel eluetapil määratakse kasvutempo iga 2–4 nädala tagant, kuni kohad on umbes 15 g raskused. Üldjuhul kulub selleks 8–10 nädalat.

Kaubakala kasvatamine

Järelkasvatuseks sobivad 15–30-grammised noorkohad. Kasvatus võib toimuda nii ekstensiivselt kui ka intensiivselt. Sel perioodil on kohale optimaalne temperatuurivahemik 10,4–26,9 °C. Etapi lõpuks sobivad kohad turustamiseks.

Kasvatamine tiikides

Koha ekstensiivne kasvatus toimub koos karpkaladega polükultuurina. 3+ kohade paigutustihedus on 20–100 isendit pinnasetiigi hektari kohta. Pärast 3–4 aastat kasvatamist saavutavad kohad turustamiseks sobiva kehamassi (400–1000 g), seega on kohatiikide toodang 5–50 kg/ha.

Toidubaas. Pinnasetiikides kasvatatavad kohad toituvad kasvustaadiumist olenevalt kas zooplanktonist, põhjaloomadest (näiteks sääsevastsetest) või kasvutiikidesse paigutatud saakkaladest.

Väljapüük. Turustamiseks sobivad kohad püütakse välja pärast tiigi tühjakslaskmist.

Kasvatamine RASis

Kohade kasvatamiseks mõeldud RASid on arendusjärgus. 2013. aastal kasutati Euroopas seda tehnikat koha kasvatamisel vaid mõnes üksikus kasvanduses.

Esialgu paigutatakse RASi 15–30-grammised noorkohad. Kui need on kasvanud 15–100 g raskuseks, peaks kohade paigutustihedus 2–5 m^3 basseinides olema 10–30 kg/m^3. Suuremaid basseine (20–30 m^3) kasutatakse kasvatamise viimases staadiumis, kui kalad kaaluvad u 1 kg. Sellise suurusega kalade maksimaalne paigutustihedus hoitakse 80 kg/m^3 piires. Järelkasvufaasis sorteeritakse kalu 2–3 korda. Esimest korda siis, kui kalad on 100–150-grammised, teine kord, kui nad on 200–250-grammised, ja viimaks, kui kohad on saanud 500–600 grammi raskuseks. Üle 1 kg kehamassiga kalu saadakse RASist siis, kui järelkasvatus on kestnud 15–18 kuud.

Söötmine

RASis kasutatavad söödad on suure valgu- (42–50%) ja rasvasisaldusega (8–14%). Kasutatakse tööstuslikke kuivsöötasid, mis on valmistatud spetsiaalselt kohale. Nendes söötades on teiste kalaliikide jaoks toodetud söötadega võrreldes loomse valgu sisaldus suurem ja rasvasisaldus väiksem. Lõhele (*Salmo salar*), vikerforellile (*Oncorhynchus mykiss*) või huntahvenale (*Dicentrarchus labrax*) valmistatud söödas on kohade jaoks liiga palju rasva ja taimset valku. Tuleb siiski nentida, et koha toiteainevajadusi ei ole veel nii täpselt uuritud, seega ei pruugi spetsiaalsed söödad suuremat eelist anda. Kasutatakse eranditult uppuvat

6.3. Kohakasvatuse basseinid

sööta. Algstaadiumis, kui kohad on 15–80-grammised, on soovitatav graanuli suurus 2–2,5 mm, lõppstaadiumis, kui kohad on 1–2 kg raskused, on graanuli suurus 9–13 mm. Kasutatakse automaatsöötjaid ja kalu toidetakse vähemalt kolm korda päevas, kuid võib sööta ka pidevalt. Üldjuhul kulub alla 1 kg kehamassiga kohadel 1 kg juurdekasvu saamiseks 1 kg sööta (söödakoefitsient ehk FCR ≤ 1) ning üle 1 kg kehamassiga kaladel 1,3–1,5 kg.

Keskkonnatingimused

Sellel kasvuetapil peetakse koha jaoks optimaalseks temperatuuriks 27–28 °C, kuid kiiremat kasvu on märgata juba 23 °C juures. Hapnikusisaldus vee sissevoolul peaks olema 100–120% küllastatusest normaalrõhul, kuid väljavoolul ei tohiks see langeda alla 50%. Sobivaks loetakse pH-d, mis jääb 6,5–8,2 piiresse. Ammooniumioonide kontsentratsioon ei tohiks väljavoolus ületada 0,40 mg/l, nitritite (NO_2-N) sisaldus väljavoolus peaks jääma alla 0,03 mg/l (FAO, 2013).

Väljapüük

Kuigi restoranid eelistavad kohasid kaaluga 2–4 kg, kasvatatakse neid RASis enamasti seni, kuni nad on saavutanud kaalu 1–2 kg (keskmiselt 1,5 kg). 2–3 päeva enne väljapüüki kohasid ei söödeta.

Toitumise eripärad

Vastsete toitumise alguses etendab vee temperatuur väga tähtsat rolli. Kui temperatuur jääb 16 °C juurde, ei toitu 80–90% kohavastseid isegi suure söödahulga korral. Kõige kiiremini kasvab koha sel perioodil 22 °C juures.

Koha leiab toitu ja orienteerub silmade abil. Arvatakse, et esimestel toitumispäevadel on koha võimeline nägema vaid 1 cm kaugusele. Seetõttu peab välistoidule üleminekul olema tiikides rikkalikult sobivat toitu. Sobivaks tiheduseks peetakse umbes 6 mg planktereid liitri vee kohta.

Koha eelvastsetel esineb positiivne fototaksis, kuid otsest tugevat valgust nad väldivad. Seega ei tohiks vastsestaadiumis kaladega kasvatusbasseinid olla otsese päikesevalguse käes. Hajusas valguses toimub areng normaalselt ning kohavastsed pigmenteeruvad ja muutuvad kirjuks. Kohavastsed ei toitu pimedas. 2–3 päeva vanustele vastsetele sobib valgustatus 1–8 luksi, 7 päeva vanustele 90–120 luksi. Pigmenteerumata kohad hukkuvad, kui valgustatus on 200–250 luksi.

Enam kui poolepäevast täielikku nälgimist kohavastsed aktiivse toitumise algperioodil ei talu. Hiljem võib paastumine kesta isegi kaks või enam päeva. Siiski tuleb kohale sobiva toidu valikul olla äärmiselt tähelepanelik, kuna suhteliselt väikese suu ja mao tõttu peab toiduosakese kuju ja suurus olema sobilik. Ülemäära suured või külgedelt lamedad loomad, näiteks kirpvähid, ei sobi kohavastsete toiduks.

Tiikides toituvad samasuvised kohad kõige intensiivsemalt hommikul kella 10 ajal, toitumisaktiivsus lõpeb kella 17 ajal. Suuremad kohad toituvad

põhiliselt varahommikul, kohe pärast päikesetõusu, või õhtul enne päikese loojumist. Kohade toitumine sõltub teataval määral aastaajast. Kõige intensiivsem on toitumine suve teisest poolest kuni septembri lõpuni. Veetemperatuuri languse tõttu väheneb toitumise intensiivsus märgatavalt. Temperatuuri langedes (oktoobris-novembris) väheneb tunduvalt ka kohade toitumisaktiivsus. Talvel on see väike, mistõttu nad peaaegu ei kasva. Varakevadel hakkab koha toituma aga juba jää all. Kudemise ajal, mais-juunis, on tema toitumisaktiivsus taas väike.

Kalade kadu

Kunstliku paljundamisega kaasneb hulk probleeme.

- *Esiteks* on täheldatud sugukalade suremuse kasvu esimese viie päeva jooksul pärast paljundusprotseduure. Nakkustele on eriti vastuvõtlikud isendid, kelle marja küpsusaste oli väiksem. Uuringud on kinnitanud ka emaste sugukalade suremuse suurenemist hormonaalse stimulatsiooni järel. Hormonaalselt stimuleeritud emaste suremus oli 15 päeva jooksul 31,3–36,4%, kontrollrühma suremus 10,5–11,1% (Zakęś, Demska-Zakęś, 2009). Sellest tingitult ei soovitata teha kalale üle kahe hormoonsüsti.
- *Teiseks* vähendab kasvatamise efektiivsust marja hukkumine. Sarnaselt teiste kalaliikide marjaga muutuvad viljastamata või surnud marjaterad valgeks ja läbipaistmatuks. Hukkunud marjaterad kattuvad vees laialt levinud hallitusseene *Saprolegnia* niidistikuga (vesihallitus) ja võivad nakatada sellega ka terveid marjateri, mistõttu on oluline surnud marjaterad kohe välja korjata. Need kõrvaldatakse nii, nagu teistegi kalaliikide marja hautamise puhul. Paaver jt (2006) on soovitanud väiksemates kasvandustes korjata surnud marjaterad välja käsitsi sifoonvooliku abil. Haiguste leviku vältimiseks töödeldakse marja joodi sisaldavate desinfitseerivate preparaatide ehk jodofooridega (kommertsnimed Actomar K-30, Bufodine jms).
- *Kolmas* problemaatiline staadium on vastsestaadium ning sellega seotud kolm tähelepanu vajavat etappi: üleminek eksogeensele toitumisele, ujupõie täitumise ja intensiivse kannibalismi algusaeg. Kohavastsed on pärast koorumist väga väikesed ning nende seedetrakt on lihtne, ilma anatoomilise diferentseerumiseta. Magu ja lukutiripikud arenevad välja alles 210.–273. kraadpäeval, kui vastne saab 8–12 mm pikkuseks. Seega peab esmane toit, mida kohavastne saab väliskeskkonnast, olema väga väikese läbimõõduga, alla 200 µm. Vanemal kohal puudub ühendus ujupõie ja söögitoru vahel. Ujupõis täitub lühikese aja jooksul, 84.–231. kraadpäeval. Kui ujupõis ei ole selleks ajaks täitunud, muutub see söögitoru arenedes edaspidi võimatuks ja kala hukkub. Kui kohavastsed on saanud 10–14 mm pikkuseks (256.–322. kraadpäeval), võivad ilmneda esimesed kannibalismijuhud. See intensiivistub tunduvalt 20 mm (TL) pikkuste kalade hulgas. Pikkuskasvu suure erinevuse korral võib kadu ulatuda 50%ni (FAO, 2013).

Ekstensiivse kasvatuse korral võib tiikides probleemiks olla ka esimese talve üleelamine, mis väikese kehamassiga kaladel võib ebaõnnestuda.

Talvitumise edukuse määrab suures osas suvine toidubaas, millest sõltub koha sügisene kehamass. See sõltub ka talve pikkusest (Lappalainen jt, 2000).

Koha on kasvandusoludes stressi tekitavate tegevuste suhtes tundlik. Soovitatav on kalad marja ja niisa võtmiseks uinutada. Et vähendada kaladel stressist tulenevaid negatiivseid ilminguid, on soovitatav vannitada neid pärast sorteerimisi ja muid manipulatsioone üks tund NaCl 0,5–1% lahuses.

Haigused ja nende kontroll

Riiklikud ja teadusinstitutsioonid võimaldavad abi kalade haiguste diagnostikal ja ravil. Abi saab, kui kontakteeruda kohalike veterinaaridega. Haiguste ennetamiseks kasvandustes on hädavajalik hoida loodusest püütud sugukalu enne süsteemi paigutamist karantiinis.

6.3. Toodangu turustamine

Koha käitlemine ja töötlemine

Koha töötlemisel on roogitud ehk sisikonnast puhastatud kala saagis 84–88% eluskaalust, roogitud peata rümba puhul 63–66% eluskaalust, nahaga filee puhul 54–57% eluskaalust ja nahata filee puhul 48–51% eluskaalust.

Kohaliha peetakse väga väärtuslikuks. Loodusest püütud koha nahaga filee sisaldab 100 g kohta 215 mg polüküllastumata rasvhappeid (PUFA). RASis kasvatatud kohal võib õige söödakasutuse ja ratsiooni kohandamisega see näitaja olla aga 730 mg 100 g kalaliha kohta. Asendamatute rasvhapete, nagu eikosapentaeenhappe (EPA) ja dokosaheksaeenhappe (DAH) sisaldus on looduslike vete kohadel vastavalt 32 ja 103 mg, RASis kasvatatud kaladel võib see olla vastavalt 140 ja 370 mg 100 g kalaliha kohta.

Turustamine

Koha on liha väikese rasvasisalduse (tavaliselt 1–2%) ja suure valgusisalduse tõttu hinnatud söögikala, eriti dieetkalana. Kohaliha sobib ideaalselt praadimiseks, pošeerimiseks ja grillimiseks. Põhiliselt turustatakse koha Kesk-Euroopasse, eelkõige Saksamaale ja Prantsusmaale. Suurem osa tänapäeva turundusvõrgus müüdavast kohast on pärit looduslikest vetest. 2009. aastal pärines enamik Euroopas müüdavast kohast Kasahstanist, Venemaalt, Soomest ja Türgist. 2008. aastal püüti koha kokku ligi 20 000 tonni. Siiski on kohasaak väga kõikuv ning täheldatakse selle vähenemist. Seetõttu on kasvanud nõudlus kasvandustest pärineva koha järele. 2009. aastal kasvatati üle 100 tonni koha vaid kolmes riigis: Taanis, Tuneesias ja Ukrainas. Kohakasvanduste kogutoodang küündis 2009. aastal 653 tonnini, see on vähem kui 5% looduslikest vetest püütud koha kogusest. FAO (2012) andmetel kasvatati koha 802 tonni (Tuneesia 212, Taani 110, Tšehhi 68 tonni), mille väärtus oli 6 271 000 USA dollarit.

6.5. Koha kaubakala (S-suurusklass)

Koha müüakse enamasti külmutatult rümbana ning nahaga või nahata fileena. Fileed kaaluvad olenevalt kala suurusest kas 120–170, 170–230, 230–300, 500–800 või üle 800 g. Värskena müüakse kala harvem. Enamasti jagunevad värskena müüdavad kohad kahte suurusklassi: D (üle 1 kg) ja S (pikkus 45 cm, mass alla 1 kg; joonis 6.5).

Koha hulgimüügihind kõigub suurel määral, kuid enamasti jääb terve kala hind vahemikku 2,6–12,5 USD/kg, keskmiselt 8,3 USD/kg. Riikides, kus koha on väga populaarne, näiteks Saksamaal ja Prantsusmaal, on ka hind märksa kõrgem, kuni 22,2 USD/kg.

6.4. Kasvatamine varude rikastamiseks

Koha kasvatamine varude taastamiseks ja loodusliku populatsiooni suurendamiseks on laialt levinud. Uuringud on näidanud (Ahlbeck, Holliland, 2012), et parim ettekasvatamise viis varude taastamise eesmärgil on tiigikasvatus. Noorkalade kasvatamisel tiikides arenevad neil paremini välja eluks vajalikud oskused, näiteks võime kohaneda kisklusega ja oskus jälgida ümbritsevat keskkonda. Samuti hakkavad nad kiiremini toituma elussöödast. Sellised omadused aitavad väikestel kohadel loodusoludes palju paremini hakkama saada ning neil ei teki mahajäämust kasvus, võrreldes teiste, looduslikus veekogus juba elavate noorkohadega. Eeliseks on see, et õigupoolest on tegemist ümberasustamisega. Eestis tehtud katsed näitavad, et viljastatud marjaterade kogumiseks sobivad kõige paremini kunstkoelmud.

Asustamiseks sobivad enim 15–30-grammised noorkalad ning asustada võiks sügisel septembris samasuviseid või kevadel üheaastaseid kalu. Enne asustamist kalad märgistatakse. Selleks sobivad alates 3g kehamassiga kohad. Kalad uinutatakse, mõõdetakse ja kaalutakse, paigaldatakse märgised ning salvestatakse andmed. Uuringute kohaselt (Zakęś jt, 2013) sobivad kohade märgistamiseks enim koodiga kiibid (CWT) ja nähtavad implantaatmärgised (VIE). Nende märgiste kasutamisel ei esinenud olulisi kõrvalekaldeid kalade edasises arengus ja käitumises. Siiski täheldati mõningat suremust kahe päeva kuni kahe nädala jooksul pärast märgistamist. Kala suurus ei mängi märgistamisel erilist rolli, kuid väiksematel kaladel on märgise kadumise võimalus suurem (8%) kui suurematel isenditel (1%). Nende märgistamismeetodite kasuks räägib ka see, et need on võrdlemisi odavad, võimalik märgistada palju kalu ning märgiste säilimine on hea.

Kasvatamisega seotud keskkonnaprobleemid

Koha paljundamist ja kasvatamist pinnasetiikides polükultuurina koos karpkalaga peetakse looduskeskkonnale üldiselt vähesaastavaks. Selline kasvatusviis on ekstensiivne ning seda kasutatakse maades, kus koha ka looduslikult elab. Siiski on täheldatud, et koha kasvatamine eesmärgiga asustada neid järvedesse võib esile kutsuda geneetilise mitmekesisuse vähenemisega seotud probleeme. Koha kasvatamine pinnasetiikides võib mõjuda keskkonnale negatiivselt aga siis, kui neid kasvatatakse riikides, kus ta looduslikult ei levi, näiteks Tuneesias ja USAs. Koha võib looduskeskkonda pääsedes osutuda võõrliigiks, kes tippkiskjana põhjustab nihkeid looduslikes kooslustes. Uuringud, mis on tehtud USAs, on esile tõstnud hulga probleemvaldkondi (U.S. Fish and Wildlife Service, 2012):

- konkurents toidu pärast looduslikult levivate röövkaladega, nagu haug ja ahven;
- konkurents elupaiga pärast – koha asustamisel liiguvad teised kalad litoraali piirkonda;
- märkimisväärne mõju teiste liikide noorkalade ja karpkalalaste arvukusele veekogus;
- ei ole välistatud, et koha ja looduslikud ahvenlased võivad anda hübriide.

Konkureerides toidu ja elupaiga pärast, võivad looduslikult samas piirkonnas elavad nõrgemad liigid sootuks kaduda. See on juhtunud mitme Türgi endeemse kalaliigiga.

Koha kasvatamine RASis ei kujuta ohtu keskkonnale, kuna kogu protsess toimub kontrollitud süsteemis, mille vesi pärineb enamasti kaevudest. Seega puudub nii kohade loodusesse pääsemise kui ka haiguste leviku risk. Kui sugukarja kasvatatakse RASis, puudub ka vajadus sugukalade loodusest püüdmise järele.

Kohakasvatus peab vastama nõuetele, mis on kehtestatud FAO kohuseteadliku kalanduse koodeksi (*Code of Conduct of Responsible Fisheries*)

6.4. Kasvatamisel ja looduses sagedasti ettetulev arenguhäire skolioos

9. artiklis. Sellest tuleneb eelkõige kohustus jälgida kalade seisundit ning ennetada nende haigusi ja haiguste levikut väljapoole kasvandust. Samuti peetakse FAO nõuete kohaselt oluliseks tagada toodangu suur toiteväärtus ja kalakarja geneetiline mitmekesisus.

Kasvatamisega seotud suundumused

Kohaviljeluse üks kitsaskohti on kohamaimude kasvatamise kõrge hind ja vähene efektiivsus RASis. Viimasel ajal on koha olnud aga oluline uurimisobjekt nii Kesk-Euroopas (Tšehhi, Ungari, Poola) kui ka Lääne-Euroopas (Belgia, Soome, Prantsusmaa ja Saksamaa), kus pööratakse põhitähelepanu intensiivse kohakasvatuse arendamisele eelkõige RASis. Arendatakse kunstliku viljastamise, hooajavälise paljundamise, RASis paljundamise, marja ja niisa kvaliteedi parandamise, kohamaimudele sobiva sööda väljatöötamise meetodeid jms.

Kohakasvatuse osatähtsuse suurenemine sõltub eelkõige intensiivse kasvatamise arendamisest RASides. Arvatakse, et kohakasvatuse areng ekstensiivsel viisil pinnasetiikides ei võimalda selle kalaliigi kasvatamise mahtu kuigivõrd suurendada.

Kasutatud kirjandus

Ahlbeck, I., Holliland, P. B. (2012). Rearing environment affects important life skills in pikeperch (*Sander lucioperca*). Boreal Environment Research, 17, 291–304.

Balik, İ., Çubuk, H., Karaşahin, B., Özkök, R., Uysal, R., Alp, A. (2006). Food and feeding habits of the pikeperch, *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758), population from Lake Eğirdir (Turkey). Turkish Journal of Zoology, 30, 19–26.

Baránek, V., Dvořák, J., Kalenda, V., Mareš, J., Zrůstová, J., Spurný, P. (2007). Comparison of two weaning methods of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) from natural diet to commercial feed.

Bokor, Z., Urbányi, B., Horváth, L., Müller, T., Horváth, A. (2012). Sperm Cryopreservation of Two European Predator Fish Species, the Pikeperch (*Sander lucioperca*) and the Wels Catfish (*Silurus glanis*). Current Frontiers in Cryopreservation, Prof. Igor Katkov (ed.), ISBN: 978-953-51-0302-8, InTech, DOI: 10.5772/28479.

van Densen, W. L. T. (1985). Piscivory and the development of bimodality in the size distribution of 0+ pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.). Journal of Applied Ichthyology, 1, 119–131.

Demska-Zakęś, K., Zakęś, Z. (2008). Endocrine sex control strategies of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)), in Fontaine P. *et al*., Percid Fish Culture – From Research to Production. Abstracts and short communications.

Erm, V. (1961). Koha bioloogilistest ja morfoloogilistest erinevustest. Hüdrobioloogilised uurimused II. Eesti NSV Teaduste Akadeemia. Tartu: 189–342.

Erm, V. (1981). Koha. Tallinn: Valgus, 128 lk.

Frankiewicz, P., Zalewski, M., Schiemer, F., Dabrowski, K. (1997). Vertical distribution of planktivorous 0+ pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.), in relation to particulate or filter feeding. Fisheries Management and Ecology, 4, 93–101.

FAO report: Cultured Aquatic Species Information Program, *Sander lucioperca* (2013). http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sander_lucioperca/en

Frisk, M., Skov, P. V., Steffensen, J. F. (2012). Thermal optimum for pikeperch (*Sander lucioperca*) and the use of ventilation frequency as a predictor of metabolic rate. Aquaculture, 324–325, 151–157.

Ginter, K. (2012). The diet of juvenile pikeperch *Sander lucioperca* (L.) in lakes Peipsi and Võrtsjärv: relations between long-term changes in the fish communities and food resources in large shallow lakes. PhD thesis. Tartu. 136 pp.

Grozea, A., Bănăţean-Dunea, I., Ada Cean, Korbuly, B., Bura, M., Osman, A., Părău, D. (2009). Genetical inactivation of pikeperch (*Sander lucioperca*) sperm using UV irradiation. Zootehnie şi Biotehnologiį, 42, 40–46.

Helminen, H., Karjalainen, J., Kurkilahti, M., Rask, M., Sarvala, J. (2000). Eutrophication and fish biodiversity in Finnish lakes. Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, 27, 194–199.

Hermelink, B., Wuertz, S., Trubiroha, A., Rennert, B., Kloas, W., Schulz, C. (2011). Influence of temperature on puberty and maturation of pikeperch, *Sander lucioperca*. General and Comparative Endocrinology, 172, 282–292.

Hermelink, B., Wuertz, S., Rennert, B., Kloas, W., Schulz, C. (2013). Temperature control of pikeperch (*Sander lucioperca*) maturation in recirculating aquaculture systems – induction of puberty and course of gametogenesis. Aquaculture, 400–401, 36–45.

Hilge, V., Steffens, W. (1996). Aquaculture of fry and fingerling of pike-perch (*Stizostedion lucioperca* L.) – a short review. Journal of Applied Ichthyology, 12, 167–170. DOI: 10.1111/j.1439-0426.1996.tb00083.x

Kakareko, T. (2002). The importance of benthic fauna in the diet of small common bream *Abramis brama* (L.), roach *Rutilus rutilus* (L.), pikeperch *Sander lucioperca* (L.) and ruffe *Gymnocephalus cernuus* (L.) in the Włocławek reservoir. Archives of Polish Fisheries, 10, 221–231.

Keskinen, T., Marjomäki, T. J. (2003). Growth of pikeperch in relation to lake characteristics: total phosphorus, water colour, lake area and depth. Journal of Fish Biology, 63, 1274–1282.

Kozłowski, M., Zakęś, Z., Szczepkowski, M., Wunderlich, K., Piotrowska, I., Szczepkowska, B. (2010). Impact of light intensity on the results of rearing juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), in recirculating aquaculture systems. Archives of Polish Fisheries, 18, 77–84.

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. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 57 (2), 451–458. DOI: 10.1139/f99-270

Lappalainen, J., Dörner, H., Wysujack, K. (2003). Reproduction biology of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) – a review. Ecology of Freshwater Fish, 12, 95–106. DOI: 10.1034/j.1600-0633.2003.00005.x

Lehtonen, H. (1996). Potential effects of global warming on northern European freshwater fish and fisheries. Fisheries Management and Ecology, 3, 59–71.

Migaud, H., Wang, N., Gardeur, J-N., Fontaine, P. (2006). Influence of photoperiod on reproductive performances in Eurasian perch *Perca fluviatilis*. Aquaculture, 252, 385–393.

Paaver, T., Kasesalu, J., Gross, R., Puhk, M., Tohvert, T., Liiv, A., Aid, M. (2006). Kalakasvatus ja kalade tervishoid. Tartu: Halo Kirjastus, 191 lk.

Peterka, J., Matěna, J., Lipka, J. (2003). The diet and growth of larval and juvenile pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)): a comparative study of fishponds and a reservoir. Aquaculture International, 11, 337–348.

Pihu, E. (2006). Meie kalad olelusvõitluses. Tallinn: Kalastaja Raamat, 288 lk.

Pihu, E., Turovski, A. (2001). Eesti mageveekalad. Tallinn: Kalastaja Raamat, 240 lk.

Specziár, A. (2005). First year ontogenetic diet patterns in two coexisting *Sander* species, *S. lucioperca* and *S. volgensis* in Lake Balaton. Hydrobiologia, 549, 115–130.

Sutela, T., Hyvärinen, P. (2002). Diet and growth of stocked and wild 0+ pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.). Fisheries Management and Ecology, 9, 57–63.

Zakęś, Z. (2012). The effect of body size and water temperature on the results of intensive rearing of pike-perch, *Stizostedion lucioperca* (L.) fry under controlled conditions. Archives of Polish Fisheries, 20, 165–172.

Zakęś, Z., Demska-Zakęś, K. (2009). Controlled reproduction of pikeperch *Sander lucioperca* (L.): a review. Archives of Polish Fisheries, 17, 153–170.

Zakęś, Z., Kapusta, A., Hopko, M., Szczepkowski, M., Kowalska, A. (2013). Growth, survival and tag retention in juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) in laboratory conditions. Aquaculture Research. DOI: 10.1111/are.12283

U.S. Fish and Wildlife Service (2012). Zander (*Sander lucioperca*). Ecological risk screening summary.

Verreth, J., Kleyn, K. (1987). The effect of biomanipulation of the zooplankton on the growth, feeding and survival of pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in nursing ponds. Journal of Applied Ichthyology, 3, 13–23.

7 Siiakasvatus

Kai Ginter

7.1. Bioloogiline iseloomustus

Siiad (*Coregonus*) on kalade perekond lõhelaste (*Salmonidae*) sugukonnast. Tegemist on põhjapoolkeral elava kiiruimsete klassi perekonnaga, millesse kuulub umbes 70 liiki. Perekonna tüüpliik on harilik ehk euroopa siig (*Coregonus lavaretus*), kelle alamliigid on Eestiski elavad merisiig ja peipsi siig. Siigadel on lame keha, suured soomused ja väike suu, nad on magevee-, riimvee- ja siirdekalad. Toituvad põhjaloomadest ja väikestest kaladest. Peale merisiia ja peipsi siia elavad Eesti vetes siigade perekonda kuuluvad planktontoidulised rääbised (*Coregonus albula*) ja vähesel määral kunagi meie vetesse asustatud peledid (*Coregonus peled*).

Siigade perekond on nähtavasti kõige arvukam, kõige muutlikum ja kõige vähem tundma õpitud kalade perekond lõhilaste sugukonnas. Sageli on nende ülalõug alalõuast lühem ja suu vaatab üles. Sellised ülaseisuse suuga siiad toituvad planktonist, põhiliselt keskmises veekihis elavatest koorikloomadest. Mõnikord on lõuad ühepikkused – sellisel juhul nimetatakse suud otsseisuseks. Otsseisuse suuga siigade pea meenutab heeringa oma, kuid rasvauime olemasolu näitab, et tegemist on lõhilasega. Siigadel, kes toituvad põhjas elavatest organismidest, on suu alaseisune – ülalõug on alalõuast tunduvalt pikem. Siigade värvus on lõhedega võrreldes tagasihoidlikum: keha on kaetud suurte hõbedaste soomustega ning neil ei ole eredaid värvilisi tähne. Ka pulmarüü on tagasihoidlik: ainult mõnede siiavormide isastel (emastel väga harva) tekivad soomustele ja pähe harjataolised kühmjad moodustised. Siigade marjaterad on väikesed ja kollased ning emane ei mata neid kruusa alla.

Merisiig (*C. lavaretus lavaretus* L.) on riimveeline või poolsiirdekala, kes võib esineda vastavalt kas mereskudeva või jõeskudeva vormina Läänemere kesk- ja põhjaosas. Pikkus kuni 70 cm, mass kuni 5 kg (harilikult püütakse alla 1,5-kiloseid kalu). Eestis koeb merisiig oktoobrist detsembrini peamiselt Pärnu ja Narva jões ning läänesaarte rannikuvetes ja Haapsalu piirkonnas, vähesel määral Soome lahe rannikumeres. Poolsiirde- ja riimveelised siiavormid erinevad teineteisest peale kudepaikade ka mitmete muude bioloogiliste tunnuste poolest, nagu lõpusepiide arv, kasvukiirus, suguküpsuse saabumine. Merisiia arvukus väheneb veekogude eutrofeerumise tõttu.

Peipsi siig (*C. lavaretus maraenoides* Poljakow) on euroopa siia mageveeline alamliik, kes elab Peipsi järves (varem ka Võrtsjärves), kust teda on asustatud mitmesse Euroopa ja Aasia järve. Pikkus kuni 60 cm, mass kuni 4 kg (saagis enamasti kuni 1,2-kilosed kalad).

Soomes kasvatatakse siiga suurtes kogustes kalavarude taastamiseks ja viimasel kümnendil märkimisväärsetes kogustes ka kaubakalaks. Eestis on

samuti kasvatatud siiga varude täiendamise eesmärgil, kuid nüüdseks on need tööd lõpetatud.

Säisä (2009) uuringud on näidanud, et siia vorme võib eristada näiteks kudepaigaeelistuste, toitumistüübi ja rännete iseloomu järgi. Isegi ühes ökotüübis võib esineda mitu erinevat siiavormi, st siial on dimorfseid ja trimorfseid populatsioone (Siikavuopio jt, 2012). Uuringute kohaselt esineb märkimisväärne erinevus nt bentos- ja planktontoiduliste siigade kasvus – bentostoiduline vorm kasvab palju kiiremini. Turukalakasvatuse seisukohalt on tähtis valida sugukaladeks elujõulisemad ja suurema produktsiooniga isendid, seega sobivad kasvandustesse just bentostoidulise vormi esindajad (Säisä, 2009; Siikavuopio jt, 2012).

Eri liiki siiglased võivad looduslikult anda viljakaid hübriide. Seda omadust kasutatakse ka kasvandustes tõuaretuse eesmärgil. Praktikas kasutatakse enim euroopa siia ristamist pelediga (*C. peled*). Siia ja peledi ristamisel on viljastamise ja koorumise edukus võrreldav lähteliikide omaga, kuid umbes 15% juhtudest on täheldatud anomaaliaid järglaste suguelundite arengus. Siia ja peledi hübriidid saavutavad suguküpsuse varem kui vanemliigid, neil on mõnevõrra laiem toiduspekter ja nad on haiguste suhtes resistentsemad ning vastupidavamad ka kehvadele keskkonnatingimustele, kuid neil ei ole täheldatud kiiremat kasvu (Łuczyński jt, 1999).

7.2. Kasvatamine

Kasvatamise ajalugu ja praegune olukord

Siiga peetakse väga hea lihaga toidukalaks, samuti hinnatakse kõrgelt tema marja. Siigade looduslikud populatsioonid on kehvade keskkonnatingimuste tõttu paljudes kohtades hääbumas. Seetõttu ongi siia asustusmaterjali kasvatamise kogemus Põhjamaades, eriti Soomes, üsna pikaajaline. Soomes kasvatatakse ühe- ja kahesuviseid siigu asustamiseks veekogudesse mastaapsetes kogustes. Peetakse sugukarju elusate geenipankade näol, ohustatud populatsioonidest pärit kalade niiska säilitatakse sügavkülmutatuna ka vedelas lämmastikus – niisapangas. Tehakse uuringuid kasvatamismeetodite täiustamiseks.

Turustamise eesmärgil on siiga siiani kasvatatud vähem. Et loodusliku kala püük on vähenenud ja nõudlus kasvanud, on hakatud siia turukalakasvatusele rohkem tähelepanu pöörama. See on muutunud populaarseks eriti Soomes, aga ka mujal Põhjamaades, kus siig looduslikult levib. Arvatakse, et siiakasvatust alustada on mõnevõrra lihtsam kui mõne muu uue liigi kasvatamist. Esiteks võib siiakasvatuseks suures osas kasutada vikerforelli kasvatamiseks loodud taristut. Teiseks sobivad siiale juba vastsestaadiumist alates merekalaliikidele mõeldud kunstsöödad. Asustamise eesmärgil on siiga kasvatatud enamasti poolintensiivselt tiikides, kuid tänapäeval on enim levinud siia intensiivne kasvatus (Tournay, 2006; Wunderlich jt, 2011).

Eestis alustati peipsi siia marja inkubeerimist ja vastsete asustamist varude täiendamise eesmärgil juba 19. sajandi lõpukümnendil Äksi ja Tartu haudemajades. Merisiia varude täiendamiseks rajati 1930-ndatel aastatel mitmeid haudemaju (Narva, Sindi, Keila- Joa, Pidula). Põhiliselt asustati siiad veekogudesse vastsestaadiumis, kuid 20 sajandi teisel poolel hakati eelistama nende järelkasvatamist ja asustamist samasuviste noorkaladena. Samasuviseid peipsi siigu on kasvatatud Vasknarvas sumpades, merisiigu Saaremaal Pidulas tiikides, Karujärves ja Undu lahes sumpades, Pärnumaal Sindis ja Võistes tiikides ning Härjanurme kalatalus kaaskalana karpkalatiikides (Tohvert ja Paaver, 1999). Praeguseks on need tööd kõikjal seiskunud.

Teadlaste hinnangul on siiavarude seisukord nii Peipsis kui ka meres halb ja seepärast on soovitatud siiavarude kalakasvatusliku taastamisega uuesti tõsiselt tegelema hakata (Kalavarude taastootmise programm, 2006).

Siiga peetakse heaks kasvatuskalaks ka seetõttu, et tema kasvatamiseks sobib üsna madal temperatuur – u 10 °C (joonis 7.1). Nii on selle kala kasvatamine perspektiivikas just põhjamaades. Siia tootmine on soodsam ka seetõttu, et suguküpsuse saabumisest tingitud kasvudepressiooni esineb tal minimaalselt. Stabiilsetes kasvatustingimustes nihkub suguküpsuse saabumine hilisemaks, seega saadakse lühema aja jooksul tegelikult suurem toodang. (Siikavuopio jt, 2012).

Siiga võiks Eestis kaubakalaks kasvatada, sest värsket või jahutatud siiga meie turul peaaegu ei müüda, kuid ta on traditsiooniliselt Eestis rannarahva ja teiste kalasõprade poolt kõrgelt hinnatud (Haavapuu, 2012).

Sugukari

Sugukalad püütakse looduslikest veekogudest sügisel, kui kaladel on kudemisaeg. Kalad transporditakse kalakasvandusse, kus nad aklimatiseeritakse (Ahmadi jt, 2011). Kuna pidev sugukalade loodusest püüdmine oleks töömahukas ja tülikas, kasvatatakse sugukarja tehistingimustes. Sugukarja loomine on kallis ja töömahukas, kuna on vaja leida kasvatuseks sobivaimate omadustega isendid ning see eeldab põhjalikke uuringuid (Szczepkowski jt, 2010).

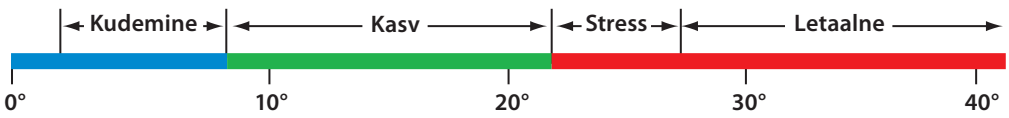
Siia sugukarja pidamiseks sobivad nt 20 × 10 × 2 m betoonbasseinid. Sugukalad eemaldatakse sealt vaid kudemise ajaks (Szczepkowski jt, 2010). Kuigi mõni üksik isane võib siia leviala lõunapiiril saavutada suguküpsuse juba 1+ vanuselt, sobivad kõige paremini sugukaladeks 3+ ja 4+ vanused isendid (Wunderlich jt, 2011). 4+ ja 3+ isendite suguproduktid on parema kvaliteediga, nende marjaterad suurema läbimõõduga ja kalade suhteline viljakus on suurem kui noorematel (Szczepkowski jt, 2010).

Paljundamine tehistingimustes

Siiga paljundatakse enamasti kunstlikult. Kunstliku paljundamise ajal hoitakse emaseid ja isaseid kalu eraldi basseinides. Selleks sobivad 2 m^3 plast-

Siig
Coregonus lavaretus

7.1. Siia füsioloogiat mõjutavad veetemperatuuride vahemikud



basseinid (Szczepkowski jt, 2010). Mari ja niisk lüpstakse eraldi nõudesse ja kuivviljastatakse. Viljastamiseks on soovitatav segada kokku umbes 3 isase niisad. Viljastamiseks sobilik vahekord on 1 ml marja ja 25–50 µl niiska (Keinänen jt, 2003). Niisk ja mari pannakse kaussi ja segatakse, misjärel hoitakse 2–3 minutit, lisatakse vesi, segatakse taas ettevaatlikult ja hoitakse vee all liikumatult kuni 10 minutit. Vesi aktiveerib munarakud ja spermatosoidid.

Kudemisaja mõjutamine temperatuuri- ja valgusrežiimi abil

Siigade kudemisaega saab mõjutada valgusrežiimi muutmisega. Selleks rakendatakse alates suve keskpaigast detsembri lõpuni pika päeva režiimi (17 tundi valgust ja 7 tundi pimedust). Valgustatus veepinnal peaks olema 150 luksi. Emastel, keda peetakse loomulikus valguses, algab ovulatsioon novembri lõpus või detsembri alguses ja võib kesta umbes 1,5 kuud. Emastel, keda peetakse pika päeva tingimustes (17 tundi valgust), algab ovulatsioon jaanuari lõpus või veebruari alguses ja kestab ligikaudu kolm nädalat. Seega nihutab pikema päeva režiim ovulatsiooni hilisemaks ja lühemale ajale. Gillet' (1991) andmetel ei ole valgusrežiimi muutmise korral täheldatud suuri erinevusi embrüote ellujäämuses, võrreldes loodusoludega.

Kudemise hormonaalne stimuleerimine

Hormonaalse stimulatsiooni eesmärk on sünkroniseerida kudekarjas kudemisprotsessi ning nihutada kudemine sobivale ajale. Siigade kudemise hormonaalseks stimulatsiooniks kasutatakse hüpofüüsist valmistatud gonadotroopseid hormoonpreparaate. Hüpofüüs ehk ajuripats on sisenõrenääre, mis toodab paljusid hormoone, sealhulgas suguproduktide arengut stimuleerivaid gonadotropiine. Kasutatakse valmispreparaate koriogoniini (hCG, ingl *human chorionic gonadotropins*) või karpkala hüpofüüsist valmistatud preparaati (CPE, ingl *carp pituitary extract*).

Marja lüpsmine ja inkubeerimine

Suguproduktide lüpsmiseks kalad tavaliselt uinutatakse, sest igasugune manipuleerimine tekitab neil stressi. Kalad paigutatakse vanni, mis on

täidetud nende täielikuks sukeldamiseks piisava koguse uinutuslahusega. Lahuses vaibuvad kalade liigutused minuti-kahe jooksul. Pärast suguproduktide võtmist lastakse kalad kiiresti taas puhtasse hapnikurikkasse vette, kus nende normaalne käitumine taastub 5–10 minuti jooksul. Uinutamine lõdvestab kala kõhulihaseid ja sel moel on kergem marja kalast välja lüpsta ning kättesaadava marja kogus (tarbeviljakus) on suurem. Uinutuslahusest võetud kalad loputatakse enne lüpsmist puhta veega, et vältida uinutusaine sattumist marja või niisa hulka. Uinutamiseks kasutatakse nt 0,05 g bensokaiini liitri vee kohta (Siikavuopio jt, 2012).

Viljastatud mari paigutatakse inkubeerima kuni 20-liitristesse Weissi või u 8-liitristesse Zougi pudelitesse (Champigneulle, Rojas-Beltran, 1990; Dostatni jt, 1999; Siikavuopio jt, 2012), tavaliselt 0,5 liitrit marja ühe liitri vee kohta (Łuczyński jt, 1999). Haudeaja kestus oleneb vee temperatuurist: 10 °C juures on see 41 ööpäeva, aga 0,5 °C juures 182 ööpäeva. Mari koorus paremini (ellujäämus 70,9–73,3%) temperatuurivahemikus 4–7,8 °C ja märkimisväärselt halvemini (ellujäämus 6,0–28,4%) temperatuurivahemikus 0,5–2°C, samuti kõrgematel temperatuuridel (10 °C ja üle selle). Brooke'i (1975) andmetel oli marja arengus kõige vähem kõrvalekaldeid (2,8%) inkubeerimisel 4 °C juures, seevastu 10 °C puhul esines 86% marjateradest loodete arenguhäireid ja kõrvalekaldeid. Madalamatel temperatuuridel koorunud vastsed olid samas katses ka mõnevõrra pikemad (u 13 mm) kui kõrgematel temperatuuridel inkubeeritud vastsed (u 10 mm). Seega on siia hautamiseks optimaalne temperatuurivahemik 3,2–8,1 °C (Brooke, 1975). Marja hautamisel on optimaalne pH-tase 7 ja see ei tohiks langeda alla 5,5. pH langedes on täheldatud marja arengu häirumist ja koorumisedukuse vähenemist u 45% võrra (Keinänen jt, 2003). Tavaliselt on marja ellujäämus hautamisel 60–85%. Surnud marjaterad eemaldatakse silmtäppstaadiumis (Łuczyński jt, 1999).

Nädala jooksul pärast koorumist tõstetakse vee temperatuur sujuvalt u 14 °C-ni (Lönnström jt, 2001). Kui siia marja inkubeeritakse temperatuuril 1 °C või kui silmtäppstaadiumis vähendatakse temperatuuri nädalaks 1 °C-ni, koorub mari kuni 8 nädalat hiljem kui see toimuks looduses. Koorumise edasilükkamine temperatuurirežiimi muutmise teel võimaldab paigutada siiavastsed poolintensiivsete kasvanduste sumpadesse ajal, mil zooplanktoni arvukus on juba piisavalt suur (Flüchter, 1980).

Siia marja inkubeerimisel on oluline jälgida hapniku osarõhku vees. Õige hapnikutase hautamise ajal tagab embrüo kõrvalekalleteta arengu. Viljastatud marja hapnikutarve on suurim inkubatsiooniperioodi lõppstaadiumis. Hapnikupuudus sel perioodil võib esile kutsuda embrüo südame löögisageduse vähenemist. Selleks, et tagada embrüo kõrvalekalleteta areng, peab 4 °C vees olema hapniku osarõhk vähemalt 30,6 mmHg ja hapnikusisaldus vähemalt 2,5 mgO_2/l; 8 °C juures peab hapniku osarõhk olema vähemalt 54,0 mmHg ja hapnikusisaldus vähemalt 4 mgO_2/l (Czerkies jt, 2002).

Niisk

Niisa kogumine on suhteliselt hõlbus ja selleks ei ole vaja hormonaalset stimulatsiooni. Kalad uinutatakse ja seejärel lüpstakse niisk, surudes kala alakõhule (Ciereszko jt, 2013). Niisas sisalduvad spermatosoidid on enne veega kokkupuutumist inaktiivsed. Niiska on võimalik lühikest aega säilitada tavalises külmikus (+4 °C). Seejuures peab niisale tagama hapniku juurdepääsu, st hoiustada ei tohi tihedalt suletud nõus juhul, kui ei ole hapnikku lisatud. Hästi sobivad hermeetiliselt suletavad 100–200 ml soonkinnisega kilekotid, millesse lüpstud niisale lisatakse hapnikku ja siis suletakse kott õhukindlalt. Uriini või verega saastumata niisk on 2–4 °C juures viljastamisvõimeline kuni 24 tundi (Toner, Rougeot, 2008).

Pikemaks säilitamiseks on võimalik niisk külmutada vedelas lämmastikus. Esmalt niisk lahjendatakse glükoosi ja metanooli lahusega: selleks tuleb valmistada 0,3-mooline glükoosi ja metanooli lahus (0,3 mooli glükoosi + 10% metanooli). Lahusele lisatakse niisk vahekorras üks osa niiska ja kolm osa lahust (Ciereszko jt, 2008; Nynca jt, 2012). Katsetatakse ka kontsentreeritumaid segusid (üks osa niiska ja üks osa lahust ning kolm osa niiska ja üks osa lahust), kuid siiani on enim kasutatud vahekord 1:3 (Ciereszko jt, 2013).

Samuti kasutatakse ka nn Prantsuse kõrre meetodit (IMV Technologies, L'Agile, Prantsusmaa), kus sperma pipeteeritakse 0,25 ml kõrtesse, mis asetatakse kolmeks minutiks spetsiaalsele raamile ja seejärel vedelasse lämmastikku. Hiljem sperma sulatatakse 40 °C vees 5 sekundi vältel (Ciereszko jt, 2008, 2013; Nynca jt, 2012). Nynca jt (2012) uuringute kohaselt on vedelas lämmastikus säilitatud spermas toimunud palju muutusi, nt spermide liikumise trajektoor muutub, kuid Piironeni (1987) uuringud on kinnitanud, et niisk on ka pärast külmutamist hea kvaliteediga ning selle viljastusprotsent on võrreldav värske niisa omaga.

Hormoonmanipulatsioon

Siia kasvu stimuleerimiseks kasutatakse hormoone, nt metüültestosterooni ja trijoodtüroniini. Neid hormoone on kasutatud kalade kasvu stimuleerimiseks ka eraldi, kuid katsed on näidanud, et siia puhul on märksa tõhusam manustada hormoone koos. Hormoonid antakse siiavastsetele söödaga. Hormoonidega rikastatud toidu kasutamine andis märkimisväärseid tulemusi juba 20 päeva jooksul pärast esimest manustamist. Hormonaalne stimulatsioon mõjutas tuntavalt vastsete kaalu, pikkust ja kasvutempot, nt hormonaalselt stimuleeritud isendite päevane kasvutempo oli 2% kiirem kui kontrollrühmal. Katsetega tehti ka kindlaks, et hormoonide manustamine ei mõjutanud siiavastsete suremust (Poczyczyński jt, 1998).

Kalade valik

Et suurendada siiakasvatuse tootlikkust, kasutatakse nii fenotüübil kui ka geenibaasil põhinevat valikut. Sugukalade valiku aluseks võib seega olla

nende suurus, suguküpsuse saabumise aeg, kalaliha rasva- ja valgusisaldus, tekstuur ning värvus, filee väljatulek kalarümbast, kalade ellujäämus jms.

Kause jt (2011) uuringute kohaselt on siial suurim päritavuskoefitsient selliste tunnuste puhul, nagu kala suurus, rümba ja filee mass, filee rasvasisaldus ja tüsedusindeks (ingl *condition factor*). Omadused, nagu ellujäämus, suguküpsuse saabumise aeg (ingl *maturity score*) ja filee värvus on keskmise päritavuskoefitsiendiga. Väikseim päritavuskoefitsient on siial selliste produktiivomaduste puhul, nagu filee väljatulek kalarümbast ning selle valgusisaldus. Uuringud näitasid aga ka seda, et kui valida aretuseks parimaid kalu, võib geenibaasis tekkida ka soovimatuid kombinatsioone, sest geenikombinatsioonid võivad kalakasvatajale sobimatult korreleeruda. Näiteks filee rasvasisalduse suurenemine (ebasobiv näitaja) oli seotud heledama filee (heledam liha soositum) ja filee tekstuuriga (suurema rasvasisaldusega filee oli pehmem, mis ei ole aga soositud). Kui aga võtta valiku aluseks siia kasv, ei lisandu erilisi negatiivseid kõrvalmõjusid.

Kasvatamise etapid

Siia kasvatamine pärast marjast koorumist jaguneb kaheks etapiks: vastsete kasvatamine 1+ vanuseni ja noorkalade kasvatamine sobiva suurusega kaubakalaks.

Vastsete kasvatamine

Vastseid kasvatatakse kas ekstensiivselt tiikides, poolintensiivselt veekogudesse paigutatud sumpades või intensiivselt vee korduvkasutusega süsteemis (Ahmadi jt, 2011; Lönnström jt, 2001).

• Ekstensiivne meetod

Vastsete ekstensiivset kasvatamist tiikides kasutatakse enim asustusmaterjali kasvatamisel. Selleks paigutatakse tiiki 10 000 – 20 000 vastset hektari kohta. Sellise kasvatuse tootlikkus on 20–100 kg/ha ehk 5000 – 15 000 is/ha. Tiikides kasvatatakse siiad 9–12 cm pikkuseks ja 4–10 g raskuseks (Heinimaa jt, 2012).

• Poolintensiivne meetod

Poolintensiivsel kasvatamisel paigutatakse koorunud vastsed otse tiiki (Ahmadi jt, 2011) või mahutisse, kus toimub nende järelkasvatus ja aklimatiseerimine järve tingimustega kestusega u kolm nädalat. Aklimatiseerimine ning eelnev toitmine annab olulise kasvueelise (Kozłowski jt, 2000). Järelkasvatuseks sobivad nt 0,8 m^3 mahutid, kus paigutustihedus on väga suur – 31 000 is/m^3 (Dostani jt, 1999). Seejärel paigutatakse 23–31 mg raskused vastsed võrksumpadega (alguses u 2 m^3, hiljem u 5 m^3, võrgusilm 250 µm) läbivoolutiiki või järve (Kozłowski jt, 1996, 2000). Sobilik paigutustihedus on 100–200 vastset liitri vee kohta (Champigneulle, Rojas-Beltran, 1990).

Vastsete kasvatamise staadiumis peaks veetemperatuur jääma 14 ja 16 °C vahele, pH 7,3 ja 7,8 vahele ning lahustunud hapniku sisaldus vahemikku 9,4 ja 11 mg/l (Ahmadi jt, 2011). Sellise meetodi puhul kasutatakse ka sumpade lisavalgustamist veepinnal, et suurendada zooplanktoni produktiivsust (Kozłowski jt, 1996, 2000). Kuigi selle meetodi puhul on võimalik kasutada ettekasvatatud vastseid, on esmane suremus suur, küündides kuni 80%ni (Kozłowski jt, 1996).

- **Intensiivne meetod**

Vastseid kasvatatakse ka intensiivselt RASis. Vee pH peaks olema u 7, läbivool 0,3–0,6 l/s, kasutatav valgusrežiim 11 tundi valgust ja 13 tundi pimedust (Lönnström jt, 2001). Kasvatamiseks sobiv vesi peaks sisaldama järgmisi ioone (mmol/l): Na^+ 0,064; K^+ 0,011; Ca^{2+} 0,034; Mg^{2+} 0,032; Cl^- 0,041; SO_4^{2-} 0,052 (Keinänen jt, 2003).

Söötmine

Siiavastsed hakkavad toituma pisut (u 5 h) enne seda, kui rebukott on täielikult kasutatud. Selles faasis on vastsete päevane söödanorm 7,5% kalade massist. Vastseid toidetakse iga kahe tunni tagant, nt alates kella seitsmest hommikul kuni kella üheksani õhtul. Vastsete söötmiseks kasutatakse kas looduslikke planktonorganisme, nagu keriloomad (nt merikeriloom *Brachionus plicatilis*) või soolavähikeste (*Artemia salina*) vastsed, või kunstsööta, nt lõhelaste granuleeritud vastsesööt, või kombineeritakse neid omavahel. Keriloomade toiduks kasvatamist on kirjeldanud Lavens ja Sorgeloos (1996). Püütud keriloomad pestakse enne kaladele andmist kraaniveega ning aklimatiseeritakse külmema veega (u 14 °C). Kunstsöödaks sobivad lõhelastele mõeldud graanulsöödad, mis sisaldavad 48% valku, 12% toorrasva, 10% toortuhka ja 4% toorkiudu. Esimesed kaks nädalat on graanuli sobiv suurus 100–200 µm, hiljem 200–300 µm. Katsete kohaselt ei ole tähtis mitte see, millist sööta kasutada, vaid see, et seda oleks piisavalt. Siiavastsetele peetakse parimaks kombineeritud sööta, kuna see katab kõige paremini nende vajadused. Ainult kunstsöödaga toitmisel ei ole siigadel täheldatud suuremat suremust kui teistel kalaliikidel (Ahmadi jt, 2011). Siiavastsetele sobilik päevane söödahulk on 2–7,5% nende kehamassist (Lönnström jt, 2001).

Kaubakalade kasvatamine

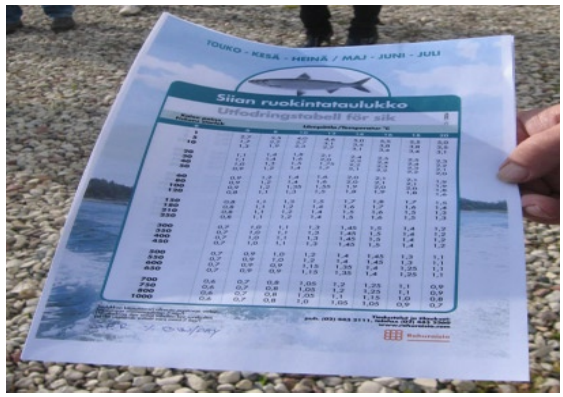
- **Kasvatamine RASis**

Siia 10–45 grammiseid 1+ vanuses noorkalu kasvatatakse RASis 1–2 m^3 plastkiudbasseinides (joonis 7.2). Ühte mahutisse paigutatakse 150–300 isendit – kalakarja mass noorkalakasvatuse etapi algul on seega umbes 1,8 kg/m^3 (Wunderlich jt, 2011).

Mahutis on vee läbivoolu kiirus 12–18 liitrit minutis (Jobling jt, 1999; Siikavuopio jt, 2012). Basseinides võib kasutada nii madalamaid kui ka kõrgemaid temperatuure, sellest sõltub kasvatusetapi pikkus. Sobiv temperatuuri-

7.2. Siia noorkalad basseinis

7.3. Siia noorkalakasvandus 2010. aastal (Ösel Harvest OÜ)



7.4. Siigade söötmistabel

vahemik on 10–18 °C. Katsed on näidanud (Siikavuopio jt, 2012), et juba 10 °C juures on võimalik saavutada siia kasvatamisel piisavalt hea juurdekasv.

Ööpäev läbi hoitakse sama valgusrežiimi, valgustatus veepinnal u 150 luksi (joonis 7.3). Kasvatamiseks sobiv vesi peaks sisaldama järgmisi ioone (µg/l): Na ~ 2170, Mg ~ 1410, P ~ 140, K ~ 3050, Ca ~ 5010 (Vielma jt, 2002). Vee pH võiks olla keskmiselt 6,5–6,7; vee karedus (Ca + Mg) 0,16–0,17 millimooli liitris (Ruohonen jt, 2003). Hapnikuga küllastatus ei tohiks langeda alla 70–80% (Jobling jt, 1999; Siikavuopio jt, 2012).

- **Sumbakasvatus**

Lisaks RASile kasvatatakse siiga ka riimveelise rannikumere sumpades. Sumbakasvatuse miinus on see, et sumpades on kalad avatud keskkonnas, kus võib esineda haigustekitajaid. Enim ohustavad neid bakterid, nt vibrioosi tekitaja *Vibrio anguillarum* ja furunkuloosi tekitaja *Aeromonas salmonicida*. Uuringud on näidanud, et õigeaegne vaktsineerimine (nt Apoject 1800® 22 g) õigete doosidega võimaldab bakteriaalhaigustest hoiduda ja vältida kala kasvu aeglustumist (Lönnström jt, 2001).

Söötmine

Parima kasvu saavutamiseks peab kalasööt sisaldama õiges vahekorras rasvu, valke ja süsivesikuid. Siia sööt peaks sisaldama 53–61% kalajahu, 24–30% kalaõli, 0–7% maisitärklist ja 12% nisujahu koos vitamiinide ja mineraalidega. Kuna sööda suur lipiididesisaldus tõstab kalaliha rasvasisalduse soovitust suuremaks, on katsed näidanud parimaid tulemusi söödaseguga, mis sisaldab 66% kalajahu, 17% kalaõli, 5% maisitärklist, 10% nisujahu ja 2% vitamiine ja mineraale (Ruohonen jt, 2003). Noorkalade sööda fosforisisaldus peaks olema 9,1–11,2 g fosforit kilogrammi sööda kohta. Sobimatu fosforisisaldusega sööt võib uuringute kohaselt hakata pärssima siigade kasvu, fosforipuudus võib muuta kalad haigustele ja abiootilistele stressoritele vastuvõtlikumaks. Katsed on näidanud, et 2,5–7,5 g fosfori lisamine 1 kg tavasöödale kiirendab kalade kasvu (Vielma jt, 2002). Üldiselt sobivad siigadele vikerforellile väljatöötatud söödad (Ruohonen jt, 2003).

Siia noorkaladele on oluline, et sööta oleks piisavalt (joonis 7.4). Katsed on näidanud, et suurema söödakogusega (4% kalade massist ööpäevas) toidetud kalakarjad kasvavad palju kiiremini ja suuremaks kui väiksemate (2–3%) kogustega toidetud kalad. Kalade hapnikutarve on aga madalam just väiksemate söödakoguste korral. Nt söödakoguse 2% kalade massist on hapnikutarve 192,9 mg O_2 kg^{-1} h^{-1} ja söödakoguse 4% kalade massist hapnikutarve 249,6 mg O_2 kg^{-1} h^{-1}.

Sobivaimaks peetakse 18 °C veetemperatuuri puhul söödakogust, mis moodustab ööpäevas 3% kalade kehamassist. Kui sööda koostis on vale, muutub kalade kasv ebaühtlaseks ning suureneb kannibalism (Wunderlich jt, 2011). Kaladele manustatakse sööta automaatsöötjatega iga kolme tunni tagant 12 või 24 tunni jooksul, sest sage söötmine kiirendab kasvu (Vielma jt,

2002; Wunderlich jt, 2011). Kui söötmisperioodi vähendada kuuele tunnile päevas, on täheldatud siigade kasvu aeglustumist. Ööpäevaringse söötmise puhul on kalade juurdekasv 1,42 ± 0,14% päevas, 6-tunnise söötmistsükli puhul 0,98 ± 0,08% päevas (Koskela jt, 1997).

Siiad on paindliku toitumiskäitumisega ning nende agressiivsus toitumisel on märksa väiksem kui teistel lõhilastel. Osalt tänu sellele on nende kasv üsna ühtlane, varieerudes keskmiselt vaid 10–20% ulatuses. Kasvu ebaühtlus suureneb mõnevõrra juhul, kui söötmisperioodi lühendada 6 tunnile ööpäevas (Koskela jt, 1997). Kasvutempo ei erine emastel ja isastel kaladel kuigivõrd (Jobling jt, 1999; Siikavuopio jt, 2012). Veelgi enam – siia järelkasvatuse etapis on võimalik rakendada ka söötmispiiranguid (sööta kalu kas ainult tööpäeviti või ülepäeviti), ilma et tootlikkus väheneks (Jobling jt, 1999; Känkänen, Pirhonen, 2009).

Toitumise eripärad

Siia toitumine looduses on intensiivsem kevadel, suve jooksul see väheneb. Stabiilses kasvatuskeskkonnas, püsiva valgus- ja temperatuurirežiimi korral on siia toitumine ja kasv aga üsna ühtlane. Siig tarbib sööta alati, kui see on saadaval, ning kasutab energiat kasvamiseks (Siikavuopio jt, 2012). Siia järelkasvatuse etapis on võimalik rakendada söötmispiiranguid, st sööta kalu ülepäeviti või ainult tööpäeviti. Selline söötmisviis võimaldab hoida kokku tootmiskulusid juurdekasvu vähendamata. Teiste lõhelaste puhul on täheldatud söötmispiirangute rakendamisel hierarhilist käitumist ning sellest tingitud heterogeenset kasvu. Siigade puhul aga suuri kasvuerinevusi ei teki (Jobling jt, 1999).

Kalade suremus

Siiakasvatuses võib suremus olla suur just vastseperioodil. Esimesel neljal kuni viiel nädalal on suremus üsna väike, sest üleminek eksogeensele toidule on enamasti edukas. Siiad lähevad eksogeensele toidule üle juba 24 tunni jooksul pärast koorumist. Suremus suureneb tunduvalt viienda ja kümnenda nädala vahel. Sel perioodil on vastsete toiduvajadus suur, ebapiisava söödakoguse korral hakkavad vastsed sööda asemel neelama gaasimullikesi ja tõusevad seetõttu abitult veepinnale. Sel perioodil esineb ka lõpusehaigusi. Suuremat suremust on täheldatud ka 13.–18. nädalal, kui esines nii lõpusehaigusi kui ka uimemädanikku, mis on põhjustatud enamasti liiga suurest paigutustihedusest. Ellujäämus 24 nädala vanustel ja u 115 mm pikkustel isenditel võib olla ainult 4% (Raisanen, Behmer, 1979).

7.3. Toodangu turustamine

Siiaga on sobivaim turustada soolatud või värske fileena või suitsutatult. Soomes toodetud siigadest turustati 2005. aastal 43% soolatud fileena, 32% värske fileena ning 25% suitsutatult (nii külm- kui ka kuumsuitsutatud). Siiga turustatakse ka vaakumpakendis külmutatult. Pakendamata külmutamisel ka väga madala temperatuuri korral (–12 kuni –25 °C) halveneb maitse juba paari nädala jooksul (Josephson jt, 1985).

Turustamiseks sobib siig juba alates 600 grammisest kehamassist. Sellise suuruse saavutab kala 18–28 kuuga. Lühem kasvuperiood on võimalik saavutada siis, kui inkubeerimisel, vastsete ja noorkalade kasvatamisel vett soojendada (Tournay, 2006).

Maailmas on siia kasvatamine turukalaks viimasel kümnendil märkimisväärselt kasvanud – 50 tonnilt 2003. aastal 1259 tonnini 2012. aastal (väärtus 9 724 000 USA dollarit). Kõige suuremas mahus toodetakse siiga Soomes, kus 2004. a seisuga toodeti 430 tonni ja turustati 2,3 miljoni euro väärtuses. 2012. aastal toodeti Soomes siiga juba 1240 tonni. Siig on huvitav alternatiiv vikerforelli kasvatajatele, sest kasvatamiseks sobivad tingimused on sarnased, kuid turuhind kõrgem: juba 2004. aastal maksti Soomes suurekasvulise (u 800 g) siia eest ligi kaks korda rohkem kui vikerforelli eest (Tournay, 2006; Känkänen, Pirhonen, 2009). Siiga hinnatakse enim Põhjamaades, kus on seda kala tarbitud pikka aega. Mujal on turg veel üsna väike (Heinimaa jt, 2012).

Eestis on siia noorkalu kasvatatud looduslike veekogude varude taastamiseks. Kaubakala tootmise nišš on praegu täitmata, seetõttu Eesti turul värsket või jahutatud siiga peaaegu ei ole. Külmutatuna või soolatuna tuuakse seda vähesel määral Soomest ja Kanadast.

7.4. Kasvatamine varude rikastamiseks

Juba pikka aega on Põhjamaades kasvatatud siiga varude taastamise ning populatsioonide suurendamise eesmärgil. Viimasel kümnendil on see eriti aktuaalne, kuna paljud looduslikud populatsioonid on keskkonnaseisundi halvenemise tõttu (koelmute mudastumine, ebasoodsad tingimused kudemise ajal) hääbumas. Asustusmaterjali kasvatamisel on oluline säilitada sugukarja geneetiline mitmekesisus; see omakorda võimaldab hoiduda taastatud populatsioonide geneetilise mitmekesisuse kadumisest. Kuigi kasvatamise seisukohalt võiks eelistatud olla teatud geenibaas, peab asustusmaterjali kasvatamisel lähtuma geneetilise mitmekesisuse aspektist. Suguproduktide kogumisel, noorkalade kasvatamisel ja asustamisel tuleb silmas pidada, et riimveelise päritoluga vastseid ei asustataks magevette ja vastupidi (FAO, 2014).

Asustusmaterjal varude taastamiseks looduslikes vetes soovitatakse järelkasvatada samasuvise, üheaastase või kahesuvise vanuseni. Kui asustatakse vastsetest vanemaid kalu, siis on parim järelkasvatamise viis ekstensiivne või poolintensiivne kasvatusviis – vastseid kasvatatakse tiikides või

veekogudesse paigutatud võrksumpades. Tiigis kasvatamisel arenevad noorkaladel paremini välja eluks vajalikud oskused, näiteks võime kohaneda kisklusega ja oskus jälgida ümbritsevat keskkonda. Samuti väldib see ebasobivate adaptatsioonide teket (Dostatni jt, 1999; Säisä, 2009).

Suuremaid siia noorkalu saab individuaalmärgistada väikestele lõhilastele mõeldud rippmärgistega, mis kinnitatakse vahetult seljauime alla (ingl *fingerling tag*) (Siikavuopio jt, 2012). Massmärgistamiseks kasutatakse, nagu ka teiste lõhilaste puhul, rasvauimede äralõikamist. Väikesi (nt vastseid ja maime) siia noorkalu nende meetoditega märgistada ei saa. Kui soovitakse asustada neid massmärgistatult, tuleb töödelda embrüoid keemiliselt värvainega Alizarin Red S (ARS), mille tulemuseks on värvunud otoliidid. 1g ARSi lahustatakse liitris vees, kusjuures marja ja lahuse suhe ei tohi ületada vahekorda 1 : 10 ning pH-tase peab jääma vahemikku 7,5–8 (Eckmann, 2003).

Kasvatamisega seotud keskkonnaprobleemid

Euroopa siig annab looduses suguvõimelisi järglasi ka teiste *Coregonus*'e liikidega, nt peledega. Hübriide kasvatatakse ka kasvandustes, kuna nad on vastupidavamad haigustele ja kehvadele keskkonnatingimustele. 15%-l hübriididest esineb aga suguorganite arengus anomaaliaid ja see võib kaugemas perspektiivis muuta populatsioonide elujõulisust looduskeskkonnas. Järvedes, kus on arvukalt hübriide, on täheldatud kalade aeglast kasvu, kuid kiiret paljunemist, seega väheneb järvede kalanduslik väärtus (Łuczyński jt, 1999; FAO, 2014). Samuti on täheldatud asustatud siigade negatiivset mõju paljude Skandinaavia järvede paaliapopulatsioonidele, sest kasvandustest pärit kalad võivad levitada patogeene, mis nakatavad teisi lõhilasi. On täheldatud ka seda, et siiad haaravad endale järves väikeste karpkalalaste niši, suurendades nii hoopis kalakoosluste väärtust (FAO, 2014).

Kasvatamisega seotud probleemid ja suundumused

Siiakasvatuse kitsaskoht on vastsete üleminek eksogeensele toitumisele. Peab olema piisavalt õiget toitu, et ei tekiks suurt suremust ja oleks tagatud elujõuline kalakari. Selles vallas tehakse uuringuid (Ahmadi jt, 2011), et suurendada kasvatamise efektiivsust.

Siiakasvatuse arengut piirab asjaolu, et siig on mõnevõrra aeglasema kasvuga kui vikerforell ja tundlikum stressorite suhtes. Siiatoodangu kvaliteeti võib tuntavalt mõjutada ka teatavate parasiitide esinemine.

Siiakasvatuse edendamiseks tuleb toetada kvaliteetse sugukarja loomist. See eeldab muuhulgas looduslike populatsioonide uurimist ning sugukalade põhjalikku geneetilist analüüsi. Samuti töötatakse välja spetsiaalseid siigadele mõeldud söötasid ning otsitakse teisi *Coregonus*'e liike, kellega oleks võimalik luua kalakasvatuse seisukohalt atraktiivseid vorme ja hübriide (Heinimaa jt, 2012).

Kasutatud kirjandus

Ahmadi, M. R., Mahmoudzadeh, H., Babaei, M., Shamsaei Mehrjand, M. (2011). Prediction of survival rate in European white fish (*Coregonus lavaretus*) fry on three different feeding regimes. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 10 (2), 188–197.

Brooke, L. T. (1975). Effect of Different Constant Incubation Temperatures on Egg Survival and Embryonic Development in Lake Whitefish (*Coregonus clupeaformis*). Transactions of the American Fisheries Society, 104, 555–559.

Champigneulle, A., Rojas-Beltran, R. (1990). First attempts to optimize the mass rearing of whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) larvae from Léman and Bourget Lakes (France) in tanks and cages. Aquatic Living Resources, 3, 217–228.

Ciereszko, A., Dietrich, G. J., Wojtczak, M., Sobocki, M., Hliwa, P., Kuźmiński, H., Dobosz, S., Słowińska, M., Nynca, J. (2008). Characterization and cryopreservation of whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) semen from Lake Łebsko, Poland. Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie, 173 (1), 59–65 (7).

Ciereszko, A., Dietrich, G. J., Nynca, J., Liszewska, E., Karol, H., Dobosz, S. (2013). The use of concentrated extenders to improve the efficacy of cryopreservation in whitefish spermatozoa. Aquaculture, 408–409, 30–33.

Czerkies, P., Kordalski, K., Golas, T., Krysinski, D., Łuczyński, M. (2002). Oxygen requirements of whitefish and vendace (*Coregoninae*) embryos at final stages of their development. Aquaculture, 211 (1–4), 375–385.

Dostatni, D., Mamcarz, A., Kozłowski, J., Poczyczyński, P. (1999). Feeding of early- and late-hatched whitefish in illuminated cages. Archives of Polish Fisheries, 7, 281–295.

Eckmann, R. (2003). Alizarin marking of whitefish, *Coregonus lavaretus* otoliths during egg incubation. Fisheries Management and Ecology, 10: 233–239. DOI: 10.1046/j.1365-2400.2003.00345.x

FAO (2014). http://www.fao.org/docrep/005/V5344E/V5344E03.htm

Flüchter, J. (1980). Review of the present knowledge of rearing whitefish (*Coregonidae*) larvae. Aquaculture, 19 (2), 191–208.

Gillet, C. (1991). Egg production in a whitefish (*Coregonus shinzi palea*) brood stock: effects of photoperiod on the timing of spawning and the quality of eggs. Aquatic Living Resources, 4, 33–39.

Haavapuu, A. (2012). Veteko OÜ töötlemisseadme soetamine. „Kalanduspiirkondade säästev areng" projekti lühikokkuvõte.

Heinimaa, P., Koskela, J., Koskinen, H., Määttä, V., Vehviläinen, H. (2012). Aquaculture of Coregonids in Finland:

http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/Vepa/Ropsha%202012/aquaculture_of_coregonids_in_finland_heinimaa_eng_.pdf

Jobling, M., Koskela, J., Winberg, S. (1999). Feeding and growth of whitefish fed restricted and abundant rations: influences on growth heterogeneity and brain serotonergic activity. Journal of Fish Biology, 54, 437–449. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1999.tb00842.x

Josephson, D. B., Lindsay, R. C., Stuiber, D. A. (1985). Effect of Handling and Packaging on the Quality of Frozen Whitefish. Journal of Food Science, 50: 1–4. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1985.tb13264.x

Kalakasvatusliku taastootmise programm. Riiklikku kaitset vajavate ja ohustatud kalaliikide kaitse ja kalavarude taastootmine 2002 2010. (2006). Eesti Maaülikool, Tartu: 95 lk.

Kause, A., Quinton, C., Airaksinen, S., Ruohonen, K., Koskela, J. (2011). Quality and production trait genetics of farmed European whitefish, *Coregonus lavaretus*. Journal of Animal Science, 89 (4), 959–971. DOI: 10.2527/jas.2010-2981.

Keinänen, M., Tigerstedt, C., Kålax, P., Vuorinen, P. J. (2003). Fertilization and embryonic development of whitefish (*Coregonus lavaretus lavaretus*) in acidic low-ionic-strength water with aluminium. Ecotoxicology and Environmental Safety, 5, 314–329.

Koskela, J., Jobling, M., Pirhonen, J. (1997). Influence of the length of the daily feeding period on feed intake and growth of whitefish, *Coregonus lavaretus*. Aquaculture, 156, 35–44.

Kozłowski, J., Mamcarz, A., Poczyczyński, P., Dostatni, D. (1996). Feeding of tank-cage and cage reared whitefish in two lakes of different trophic status. Protectio Aquarum et Piscatoria, 22, 15–28.

Kozłowski, J., Mamcarz, A., Poczyczyński, P., Dostatni, D. (2000). Feeding of tank-cage and cage reared whitefish in two lakes of different trophic status. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Piscaria 214 (27), 125–134.

Känkänen, M., Pirhonen, J. (2009). The effect of intermittent feeding on feed intake and compensatory growth of whitefish *Coregonus lavaretus* L. Aquaculture, 288, 92–97.

Lavens, P., Sorgeloos, P. (1996). Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper, vol 361. Rome.

Łuczyński, M., Mamcarz, A., Brzuzan, P., Demska-Zakęś, K. (1999). Introgressive Hybridization of the Introduced Peled (*Coregonus peled*) with the Native Whitefish (*Coregonus lavaretus*) Threatens Indigenous Coregonid Populations: a Case Study. In: Genetics in Sustainable Fisheries Management. Ed. Saleem Mustafa. 188–125.

Lönnström, L-G., Rahkonen, R., Lundén, T., Pasternack, M., Koskela, J., Gröndahl, A. (2001). Protection, immune response and side-effects in European whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) vaccinated against vibriosis and furunculosis. Aquaculture, 200, 271–284.

Nynca, J., Dietrich, G. J., Fopp-Bayat, D., Dietrich, M. A., Słowińska, M., Liszewska, E., Karol, H., Martyniak, A., Ciereszko, A. (2012). Quality parameters of fresh and cryopreserved whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) semen. Journal of Applied Ichthyology, 28, 934–940. DOI: 10.1111/jai.12055

Paaver, T., Kasesalu, J., Gross, R., Puhk, M., Tohvert, T., Liiv, A., Aid, M. (2006). Kalakasvatus ja kalade tervishoid. Tartu: Halo Kirjastus, 191 lk.

Pihu, E., Turovski, A. (2001). Eesti mageveekalad. Tallinn: Kalastaja Raamat, 240 lk.

Piironen, J. (1987). Factors affecting fertilization rate with cryopreserved sperm of whitefish (*Coregonus muksun* Pallas). Aquaculture, 66, 347–357.

Poczyczyński, P., Kozłowski, J., Mamcarz, A., Kujawa, R. (1998). Effect of simultaneous administration of 17-α-methyltestosterone and 3,5,3'-triiodo-L-thyronine in starter diets on rearing of whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) larvae. Archives of Polish Fisheries, 6, 51–58.

Raisanen, G., Behmer, D. (1979). Rearing of lake whitefish to fingerling size. Great Lakes Fishery Commission, 1979 Project Completion Report.

Ruohonen, K., Koskela, J., Vielma, J., Kettunen, J. (2003). Optimal diet composition for European whitefish (*Coregonus lavaretus*): analysis of growth and nutrient utilisation in mixture model trials. Aquaculture, 225, 27–39.

Siikavuopio, S. I., Knudsen, R., Amundsen, P-A., Sæther, B. S. (2012). Growth performance of European whitefish [*Coregonus lavaretus* (L.)] under a constant light and temperature regime. Aquaculture Research, 43, 1592–1598.

Säisä, M. (2009). Genetic diversity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and European whitefish (*Coregonus lavaretus*) in the Baltic Sea. PhD thesis. Helsinki.

Szczepkowski, M., Szczepkowska, B., Krzywosz, T., Wunderlich, K., Stabiński, R. (2010). Growth rate and reproduction of a brood stock of European whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) from Lake Gaładuś under controlled rearing conditions. Archives of Polish Fisheries, 18, 3–11.

Tohvert, T., Paaver, T. (1999). Kalakasvatus Eestis. Tartu: 183 lk.

Toner, D., Rougeot, C. (ed.) (2008). Farming of Eurasian Perch. Volume 1: Juvenile production. Aquaculture Explained, Special Publication. Dublin.

http://www.percid.be/Aquaculture.pdf

Tournay, B. (2006). European whitefish helps Finland's trout farmers diversify. Finnish Game and Fisheries Research Institute.

Vielma, J., Koskela, J., Ruohonen, K. (2002). Growth, bone mineralization, and heat and low oxygen tolerance in European whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) fed with graded levels of phosphorus. Aquaculture, 212, 321–333.

Wunderlich, K., Szczepkowska, B., Szczepkowski, M., Kozłowski, M., Piotrowska, I. (2011). Impact of daily feed rations for juvenile common whitefish *Coregonus lavaretus* (L.), on rearing indicators and oxygen requirements. Archives of Polish Fisheries, 19, 23–30.

8 Tuurakasvatus

Tiit Paaver, Priit Päkk

8.1. Bioloogiline iseloomustus

Tuuralised (*Acipenseriformes*) on evolutsiooniliselt vana (150–200 miljonit aastat) kalade rühm. Nad on kõhrluused kalad, kellel on tõeliste luukaladega võrreldes hulk bioloogilisi iseärasusi. Peamine sugukond on tuurlased (*Acipenseridae*), kellel on luulised moodustised nahas (kilbised, luuplaadid) ning kolju ja rinnauimede esimesed kiired luustunud, kuid selgroogu ei ole ja seljakeelik on kõhrest, ilma lülideta. Sooles on tuurlastel seedepinna suurendamiseks keeritskurd. Tõelisi luustunud uimekiiri pole peale esimese, uimed on pigem voldilised ning nende tugistruktuuride arv ei vasta uimekiirte arvule. Sabauime ülemine hõlm on alumisest palju pikem. Omapärase kujuga on tuurlaste pea, millel on enamasti pikk terav nokis ja selle all neli poiset. Poisete taga paikneb paksude huultega väljasopistatav suu, mille alahuul on tihti keskelt lõhenenud. Tuurlaste keha ristlõige on viiekandiline ja piki iga serva kulgeb tugevate luukilbiste rida, mis muudab nad natuke krokodillisarnaseks. Kilbiste arvu ja kuju järgi on tihti võimalik liikidel vahet teha, kuid mitte alati, sest nende arv kõigub ka liigi sees suurtes piirides. Tuurlased on valdavalt põhjatoidulised – põhja kohal ujudes kompavad nad limuste, vähiliste ja väikeste kalade leidmiseks poistega põhja ja kui leiavad toiduobjekti, tõmbavad selle suhu. Erandiks on suured röövkalad beluuga ja kaluuga. Omaette sugukonna moodustavad luitstuurlased, kelle nahk on pehme ja kellel pole teravaid kilbiseid. Neil on aga aerukujuline pikk ninamik. Need on planktontoidulised filtreerijad, kes veekihis ujudes hoiavad suu lahti ja sõeluvad veest välja planktoni.

Kokku on maailmas (olenevalt teadlaste süstemaatikaalastest vaadetest) 25–28 tuurlaste liiki, kellest mõni on kahjuks kas väljasuremisohus või juba välja surnud. Näiteks pole midagi täpsemat enam teada Kesk-Aasia ebalasntuuradest (*Pseudoscaphirchyncus*), Euroopa Atlandi rannikul esinev tuur (*Acipenser sturio*) on üliharuldane ning väljasuremisohus on Hiinas levinud tuurlased *Acipenser dabryanus*, *Acipenser sinensis* ja *Psephurus gladius*. Kriitiliselt ohustatud tuurlaste arvukust on püütud kalakasvanduses paljundades ja noorkalu üles kasvatades säilitada ja taastada. Neid ülepüütud ja haruldasi liike, mida siiski veel püütakse (Euroopas näiteks vene tuur ja sevrjuuga), kasvatatakse peamiselt kalavarude rikastamiseks.

Eesti seisukohalt on oluline Läänemeres elava tuura asurkonna saatus. Meil esinenud tuura käsitlesid teadlased kuni viimase ajani atlandi tuurana (*Acipenser sturio*). Eestis püüdsid tuura juba kiviaja inimesed. Suurte kudejõgede tingimuste muutmine (paisutamine, keskkonna reostus) ja ülepüük kalli kaaviari saamiseks põhjustasid Läänemeres 1900. aasta järel tuura asurkonna kiire vähenemise. Eestis püüti vaid üksikuid suuri isendeid, tõenäoselt

eksikülalisi. Viimane neist oli Eesti rekordkala, 136 kg raskune Muhu rannas 1996. aastal püütud tuur, kellele kalurid andsid hüüdnimeks Maria. Kahjuks tapsid kalurid selle kala, kuid temast on säilinud topis ja mulaaž. Rinnauime esimese kiire aastaringide järgi hinnati tema vanus vähemalt 47 aastale.

Et Läänemere riigid olid huvitatud kohaliku tuura asurkonna taastamisest, algatati tuura taastootmise ja asustamise programm. Uusimad teadusuuringud andsid aga täiesti ootamatu tulemuse. Arheoloogiliste leidude ja muuseumieksemplaride DNA uuringud näitasid, et algne Läänemeres elanud tuur oli hoopis Kanada ja Ameerika rannikul elava tuuraliigi *Acipenser oxyrhinchus*'e lähisugulane, mitte atlandi tuur (*Acipenser sturio*), nagu seni oli arvatud. Et neid lähedasi liike selgelt eristada, oleks korrektne nimetada siin esinenud ja Ameerika rannikul praegu elavat liiki *Acipenser oxyrhinchus*'t eesti keeles lääne-atlandi tuuraks, *Acipenser sturio*'t aga harilikuks või ida-atlandi tuuraks. Meelis Tambets jt (2014) pakuvad nende liikide nimedeks vastavalt atlandi tuur ja euroopa tuur. Seni on teadlastel lõplik termin fikseerimata ja soovitatav on kasutada ladinakeelseid nimetusi. Nende andmete tõttu algatasid Saksa ja Poola teadlased Kanadast imporditud *Acipenser oxyrhinchus*'e paljundamise ja noorkalade laskmise Läänemerre. Praeguseks on *Acipenser oxyrhinchus*'t püütud Läänemerest juba arvukalt. Neid on Eestis lastud Narva jõkke, mis meie suurima jõena on tuurale sobiv elupaik, kus ta arvatavasti ajaloo vältel on ka kudenud. Selle tegevuse näol on tegemist kauge perspektiiviga looduskaitselise tegevusega, mitte kaubanduse eesmärgil tootmisega.

Tuurlaste hulgas leidub nii väikeseid kui ka ülisuuri kalu. Beluuga (*Huso huso*) ja kaluuga (*Huso dauricus*) võivad kasvada üle 1000 kg raskuseks. Väga suured on ka *Acipenser sturio* ja Vaikse ookeani Ameerika rannikul elav valge tuur (*Acipenser transmontanus*). Ameerika lasntuurad (*Scaphirhynchus*) ja Kesk-Aasias elavad ebalasntuurad (*Pseudoscaphirhynchus*) on väikesed kalad, koos pika sabaga 30–70 cm pikad. Eestile lähedase piirkonna tuurlastest on väikseim sterlet (*Acipenser ruthenus*), kelle kaal ei ületa harilikult 6 kg.

Tuurlased on levinud põhjapoolkeral nii Euroopas, Aasias kui ka Ameerikas. Kaugele lõunasse nende levila ei ulatu: Euroopas on levila lõunapiiriks Vahemere põhjarannik, Aasias Kesk-Aasiat läbiv mägedevöönd. Kõige rikkalikum tuurlaste fauna ja suurimad looduslikud varud olid Kaspia meres.

8.2. Kasvatamine

Kaubakalaks kasvatatavad tuurlased

Kuna looduslikud tuuravarud on elukeskkonna hävinemise ja ülepüügi tagajärjel katastroofiliselt vähenenud ning paljudel juhtudel on tuurapüük keelatud, on loodusest saadud saak vähenenud, tuurlaste toodang kalakasvandustes aga kiiresti suurenenud.

28 tuuraliigist kasvatatakse kaubakalaks väheseid. Peamine neist on siberi tuur (*Acipenser baerii*). Kasvatatakse veel vene tuura (*Acipenser gueldenstaedtii*), aadria tuura (*Acipenser naccarii*, (Itaalias)), sterletit (*Acipenser ruthenus*) ja liikidevahelisi hübriide, eeskätt bestrit. Samuti kasvatatakse luitstuura (*Polyodon spathula*).

Tuurakasvatuse tehnoloogiale panid aluse Vene teadlased. Algul töötati kalavarude suurendamise eesmärgil välja loodusest püütud tuurade paljundamise ja maimude asustamise tehnoloogia, hiljem arendati välja ka tööstuslikus termaalvees ja sumpades kaubakala kasvatamise metoodika. Nõukogude Liidu perioodil oli tuurlaste eluskalade müük välismaale keelatud. Praeguseks on Venemaalt pärit tuurlased ja nende kasvatamise oskusteave levinud kogu maailmas.

Püük ja kasvatus maailmas ja Eestis

Tuurlaste looduslike varude kasutamine on kiiresti vähenenud: paljudes maades on keelatud tuurlasi loodusest püüda või on saak väga väike. Seetõttu on tuurlaste loodusest püüdmist asendatud nende tootmisega kalakasvandustes. Väljaspool Venemaad (Nõukogude Liitu) olid Euroopa tuurakasvatuse esimesed arendajad prantslased. Tänapäeval on lisaks looduslike varude toetamiseks asustusmaterjali kasvatamisele välja kujunenud kaks tuurakasvatuse haru: tuurlaste kasvatamine lihakalaks või kaaviari tootmiseks. Lääne-Euroopas hinnatakse tuurlaste liha siiski vähe ja palju tähelepanu pööratakse kallima kaladelikatessi, musta kalamarja tootmisele. Euroopas kasvatatakse tuurlasi Prantsusmaal, Saksamaal, Itaalias, Ungaris ja Rumeenias. Soomes toodetakse tuurlasi vee korduvkasutusega süsteemides (RAS, ingl *recirculating acquaculture system*). Endise Nõukogude Liidu riikides kasvatatakse tuur-

8.1. Tuurlaste sumbad Eesti SEJ jahutusvee kanalis

lasi eeskätt Kaspia ja Musta merega seotud maades – Venemaal, Ukrainas, Kasahstanis, Usbekistanis ja Aserbaidžaanis. Tuurlasi kasvatatakse ka Valgevenes ja Lätis. Tuurlaste liha suurim tootja on Hiina.

Eestis algas tuurakasvatus 1970ndatel, kui bestrit ja siberi tuura toodi Kirovi-nimelisse kalurikolhoosi, Linda kolhoosi ja Narva soojaveelisse kalakasvandusse (joonis 8.1). 1980. aastatel rajati Tallinna lähedale Viimsisse RASiga kasvandus, mis põhines Saksamaalt ostetud Stählermaticu tehnoloogial. See kasutas hõljuvmuda puhastussüsteemi ega olnud efektiivne. Asustusmaterjal toodi Venemaalt. Kasvatati siberi ja vene tuura ning hübriide, katsetati ka beluuga ja sterletiga. Kasvandus lõpetas tegevuse 1996. aastal, kuid teistesse kasvandustesse (Karilatsi kalamajand, Eesti soojuselektrijaama soojaveeline kasvandus, Käruveski kalakasvandus) viidud kalad jäid alles. Neist ja uutest sissetoodud kaladest moodustati uus sugukari, mida hakati paljundama ja järglasi tööstuslikus mastaabis sumpades Eesti soojuselektrijaama jahutusvees kaubakalaks tootma (OÜ Störfish). Praegu kasvatatakse tuurlasi paljudes Eesti kalakasvandustes.

Liikide eristustunnused

Eestis kasvatatavad tuurlaste liigid on eeskätt siberi tuur, vene tuur ja sterlet, teisi liike on siia sattunud eksikülalisena või toodud katsetuste tarbeks, samuti on siia imporditud liikidevahelisi hübriide.

Siberi tuural on Siberis mitu väliselt erinevat vormi ja teadlased pole ühel meelel, kuidas neid nimetada. Kasvandustes peetav Euroopasse toodud siberi tuura vorm on pärit Leena jõe vesikonnast (joonis 8.2). Leena tuurale on iseloomulik pikk terav ninamik, hall peaaegu sile nahk, milles on väikesed siledad tähekujulised naastud. Kilbised on tömbid ja küljekilbiste arv on väga muutlik, jäädes vahemikku 32–60. Obi jões elav tuur on väga tömbi ninaga. Baikali järve tuur on Leena ja Obi tuura vahepealne. Siiski peetakse neid kõiki tänapäeval üheks liigiks. Külmades Siberi jõgedes elavad tuurad on väga aeglase kasvuga ja väheldased. Obi ja Leena jõe tuurade suurus ei ületa harilikult 65 kg. Kui kodumaal on siberi tuura kasv aeglane, siis optimaalsetes tingimustes on tal hea kasvupotentsiaal ja ta kohaneb kasvandustingimustega kergesti.

Vene tuur on silmapaistva mustvalge mustriga, selg tume, kilbiste read valged (joonis 8.2). Kilbised on teravad ja nahas on arvukalt teravaid luunaastusid, mistõttu on kalakasvatajal soovitatav teda kätte võttes kasutada kindaid. Kõhunahk on kollane ja isegi lima on kollaselt määriv. Ninamik on tömp, nagu ära lõigatud. Küljekilbiste arv on 24–50. Lääne-Euroopas on vene tuur pigem hinnatud ilukala.

Sterlet on teistest tuurlastest väiksem, pruunikashalli värvi. Nahk on sile, ninamik pikk ja terav. Poised on narmastega. Väga erinev teistest tuurlastest on kõhukilbiste suur arv (16–20), küljekilbiseid on 56–71. Sterleti suurus on tuurlaste kohta tagasihoidlik, pikkus jääb tavaliselt alla 1 m ja kaal alla 6 kg.

8.2. Siberi tuur (ülal) ja vene tuur (all). Vene tuurale on iseloomulikud mustvalge muster, tömp ninamik ja teravad kilbised

Acipenser sturio'le on iseloomulikud seljanahas olevad suured rombikujulised siledad luuplaadid. Noortel on terav ninamik, mis vanadel isenditel laieneb pardinokataoliseks. Küljekilbiste arv on 24–40, aga see ei erista teda teistest liikidest.

Sevrjuuga võib Eestisse sattuda kalakasvandusest lahti pääsenud eksikülalisena. Tema ninamik on erakordselt pikk ja terav (60% pea pikkusest). Aeg-ajalt kalakasvatuse katsete jaoks meile toodud beluugal on suur poolkuukujuline suu, looduses on ta röövkala, kes toitub teistest kaladest ning võib haarata ka veelinde ja hülgepoegi.

Paljundamine

Looduslik paljunemistsükkel ja keskkonnategurite mõju sellele

Looduses on tuurlaste küpsemine aeglane ja võtab seda kauem aega, mida suuremaks selle kalaliigi isendid kasvavad ja mida madalam on vee temperatuur. Kasvanduses saab seda protsessi kiirendada. Peamise kasvatatava liigi, siberi tuura isased küpsevad oma kodumaa jahedas kliimas 9–14, emased 11–23 aasta vanuselt. Beluuga emased küpsevad looduses 15–18-aastaselt, kasvanduses parimal juhul 4–5-aastaselt, isased looduses 10–15-, kasvanduses 4-aastaselt. Looduses on kudemistemperatuur 6–14 kraadi. Suuremad tuurlased on siirdekalad ja tulevad tihti jõkke kudema juba eelmisel aastal ja küpsevad lõplikult viimase aastaga. Üldiselt nad igal aastal ei koe, vahel

koevad vaid 2–4 aasta tagant. Mari heidetakse paljude väikeste portsjonitena. Kasvanduses on seepärast kudemisaja sünkroniseerimiseks ja kogu marja kättesaamiseks vaja kalu hormonaalselt stimuleerida.

Sugukalade valik ja hooldamine kalakasvanduses

Looduslikest veekogudest püütakse kuderände ajal kalu sugukaladeks nüüdisajal vähe, sest tuurlaste looduslikud varud on väikesed. Seda kasutatakse eeskätt ohustatud liikide taastootmisel. Kalakasvandustes peetakse sugukarja, mille isendeid kasutatakse paljundamiseks mitu korda elu jooksul.

Tuurlaste suure viljakuse tõttu ei peeta tavaliselt väga arvukat sugukarja. Siiski tuleb arvestada, et emased tuurad ei anna marja igal aastal, vaid 2–4 aasta tagant ja seega võib üksnes 30% sugukaladest olla hetkel paljundamiseks kasutatav. Otsustatakse, kui palju maimusid on vaja planeeritud toodangu saamiseks, ning prognoositavast emaskalade viljakusest ja küpsevate kalade arvust lähtudes moodustatakse vajaliku suurusega sugukari. Seejuures tuleb arvestada, et järgmise põlvkonna sugukarja moodustamisel võib väheste sugukalade kasutamine viia inbriidinguni, mida tuleb vältida.

Emased, keda ei kasutata paljundamiseks, annavad kaaviari ja seetõttu on tähtis juba varakult teada, millised kalad on emased. Need jäetakse edasikasvatamiseks ja nende seast valitakse ka sugukarja täiendus. Isastest on mõttekas jätta edasikasvatamiseks vaid väike arv paljundamise eesmärgil üleskasvatatavaid kalu, ülejäänud kas töödeldakse lihakalaks või lihtsalt praagitakse juba varakult, umbes 3-kilosena pärast soo määramist.

Tuurlastel, eriti mittesuguküpsetel kaladel ja väljaspool kudemisaega, ei ole sugu väliselt kerge eristada. Seetõttu kasutatakse soo ja gonaadide arengu staadiumi esmaseks määramiseks ultraheliskaneeringut. Kui ultrahelipilt näitab, et sugu on juba eristatav ja gonaadid küpsemisjärgus, tuleb emased ja isased lahku viia ja neid eraldi pidada.

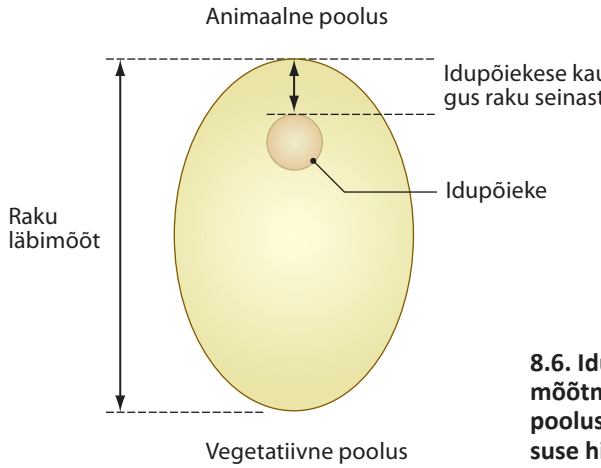
Sugukalad on soovitatav märgistada. Parimad on PIT-märgised (ingl *passive integrated transponder*), mida rahvakeeles nimetatakse ka kiipideks. Märgised süstitakse kas lihasse või kõhuõõnde. Välised rippmärgised on küll kergesti loetavad, aga häirivad kala. Tuurlastel puuduvad uimede tugiluud, nii et lihastesse sisestatud rippmärgised ei jää hästi püsima ja võivad pideval liikumisel suure paigutustihedusega basseinides või sumpades ära tulla või tekitada põletikulisi haavandeid. Tihedalt liibuvaid märgiseid võib kinnitada uimedele (joonis 8.4).

Emaste marja ovuleerumise lõpliku seisundi määramiseks tuleb võtta biopsiaproov ja vaadelda marjateri mikroskoobi all. Proov võetakse kas läbi suguava või kõhuseina. Viimaseks on Vene teadlased välja töötanud poolõõnsa sondi, mille küljelt lahtise ja seest õõnsa sisemuse avasse jäävad marjaterad (joonis 8.5). Marja arengustaadiumi näitab tuuma ehk idupõiekese nihkumine marjateras.

Marjateral eristatakse animaalset ja vegetatiivset poolust. Erinevalt teistest luukaladest on tuurlaste marjateral mitu mikropüüli, mis paiknevad animaalsel poolusel. Ovulatsiooni käigus nihkub idupõieke marjatera keskelt

8.4. Tuurlase uime märgistamine

8.5. Sugukalade küpsuse hindamine ultraheliga skaneerimisega



8.6. Idupõiekese kauguse mõõtmine animaalsest poolusest marjatera küpsuse hindamiseks

animaalsele poolusele. Võttes aluseks preparaadi valmistamiseks keedetud marjatera pikilõike läbimõõdu ja idupõiekese kauguse animaalsest poolusest (joonis 8.6) saab arvutada polarisatsiooniindeksi, mis näitab tuuma suhtelist kaugust animaalsest poolusest kogu raku läbimõõdu suhtes. Kui see on alla 0,07, siis on mari küpsenud.

Kudemise indutseerimine hormonaalse stimulatsiooni abil

Tuurlasi võib pidada kogu elu magedas vees ja panna nad seal kudema. Suguproduktide küpsemise, eriti marja vitellogeneesi stimuleerimiseks on oluline soodus temperatuurirežiim. Eriti emaskalad vajavad vahepeal 1–2 kuu vältel alla 10-kraadist temperatuuri. Temperatuuri tõstmine seejärel vallandab marja lõpliku küpsemise. Kui temperatuur jääb alla 6 °C või tõuseb

üle 16 °C, võib marja edasine küpsemine häiruda ja mari resorbeerub. Valgusrežiimil on väiksem tähtsus, kuid sellest teatakse veel vähe. Samuti mõjutab marja küpsemist ja kvaliteeti söötmine. Enne marja lüpsmist tuleb pidada kalu 36–48 tundi söömata. Vaja on kasutada täisväärtuslikke valgurikkaid söötasid, milles on piisavalt asendamatuid küllastamata rasvhappeid ja vitamiine. Enne marja lüpsmist tuleb pidada kalu 36–48 tundi söömata.

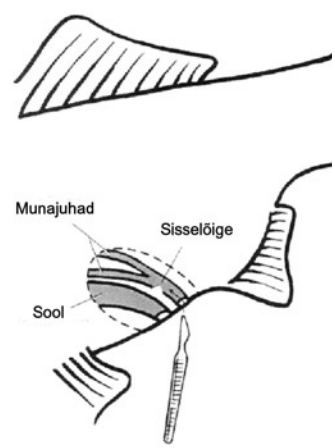
Kasvanduses peetavate tuurlaste sugukalade suguproduktide lõpliku küpsemise indutseerimiseks, sh emaste ja isaste gonaadide arengu sünkroniseerimiseks tuleb neid hormonaalselt stimuleerida. Selleks kasutatakse kas loodusest püütud kudemisvalmis kalade (liik pole väga oluline, sobib ka karpkala või latikas) veetustatud hüpofüüsi suspensiooni või sünteetilisi analooge (GnRH, ingl *gonadotropine releasing hormone*). Hormoonid süstitakse seljalihasesse sama moodi nagu teiste kalade puhulgi. Ka ajavahemik süsti ja suguproduktide lüpsmise vahel on sama mis teistel samal temperatuuril kasvatatavatel kaladel. Emaste stimuleerimiseks sobiv doos hüpofüüsisuspensiooni on 4 mg emaskala kaalu kilogrammi kohta, millest eelsüstina antakse 10%, 12 tundi hiljem põhisüstina 90%. 18–30 tundi hiljem on mari lüpsmiseks küps. Isastele antakse ühe süstina pool emaste doosist.

Niisa kogumine ja selle kvaliteedi hindamine

Kõige levinum viis niisa kogumiseks suguküpsetelt isastelt on sondi viimine suguava kaudu seemnesarja ja voolava niisa väljapumpamine. Kui suguküpseid isaseid on palju, on võimalik niisk välja võtta kala lahates. Et niisa võtmisel tuleb vältida vee sattumist niisale, siis sugukalad kuivatatakse, kasutatakse kuivi kindaid ja niisk lüpstakse kuiva nõusse. Niisa kvaliteeti hinnatakse spermatosoidide liikuvusaja järgi. Alusklaasile pandud niisatilgale lisatakse vett ja spermatosoidide liikuvust mõõdetakse mikroskoobi all 50–100-kordse suurendusega. Kui üle 25% rakkudest ei liigu, on niisk kõlbmatu. Liikuvus kestab tavaliselt 60 sekundit, maksimaalselt 2–3 minutit. Niiska saab suletud nõus ja jahedas säilitada tunde, hapnikuga täidetud ja kindlalt suletud kilekotis külmkapis mitu päeva.

Marja lüpsmine, viljakus ja kvaliteet

Tuurakasvatuse algaegadel tuli marja kättesaamiseks emaskala surmata ja lahata. Hiljem, 1970. aastatel levis meetod, mille puhul uinutatud kala lahati, mari võeti välja ja haav õmmeldi kinni. Enamasti kalad tervenesid ning neid sai uuesti paljundamiseks kasutada. Tänapäeval on valdav kalade tühjakslüpsmine meetodil, mida nimetatakse minimaalselt invasiivseks kirurgiaks: kuna tuurlaste munajuhades on klapitaoline elund ja harilikult mari ei voola välja nagu karpkalalastel või lõhelastel, tehakse tuurale suguava juures sisselõige (joonis 8.7).



8.7. Munajuha avamiseks tehtav lõige tuurlasel

Tuurlaste marjaterad on üsna suured (läbimõõt 2,5–4 mm), mistõttu pole nende suhteline viljakus kuigi suur (35–45 marjatera emaskala kaalu grammi kohta). Emaskalade kümnete või sadade kilodeni ulatuvat suurust arvestades võib nende absoluutne viljakus olla väga suur, ulatudes sadadest tuhandetest mitme miljonini.

Viljastamine

Tuurlaste marjateradel on 10–12 mikropüüli. Et vältida polüspermiat, lahjendatakse niiska enne kasutamist. Soovitatav on tootmise korral kasutada mitme isase niiska. Ühe marjaportsjoni suurus on kuni 200 g, selle viljastamiseks on vaja 2 ml niiska.

Tuurlaste marja kleepuvus on mõõdukas, suurem kui lõhelastel, kuid väiksem kui karpkalalastel. Sellest oleneb ka marja töötlemise tehnoloogia ja viljastamise metoodika. Kleepuvuse eemaldamiseks töödeldakse marja jõemuda, savi, talgi või piimaga. Näiteks savisuspensioon (1 osa savi 100 osa vee kohta) lisatakse viljastatud marjale 3 minutit pärast viljastamist. Lahust vahetatakse poole tunni kuni tunni vältel iga 10 minuti tagant ning seda aereeritakse pidevalt. Kui mari enam ei kleepu, pestakse see puhtaks ja asetatakse haudeaparaati.

Marja inkubeerimine

Marja inkubeeritakse haudeaparaatides, mida on mitut tüüpi. Venemaal välja töötatud aparaadid, nt Juštšenko mudel, töötasid hästi, kuid praegu inkubeeritakse marja peamiselt vertikaalsetes haudepudelites. Selleks kasutatakse 10-liitriseid klaaspudeleid, kuhu mahub 40 000 – 50 000 marjatera, s.o umbes 1 liiter marja.

Viljastatud mari on keskkonnatingimuste suhtes tundlik. Inkubeerimisel peab hapnikuga küllastatus olema 90%. Käega marja segada ei ole soovitatav. Temperatuur peab olema stabiilne. Loote arengu kiirus oleneb kõige enam temperatuurist. Normaalse arengu jaoks sobiv temperatuur jääb vahemikku 13–14 °C. Sellest madalamal või kõrgemal temperatuuril tekib väärarenguid ja mari võib isegi hukkuda. Kasvandustes paljundatud tuurlastele on ka hea paljundamistehnoloogia kasutamisel iseloomulikud mõned üldlevinud väärarengud, mis tekivad juba vastsejärgus. Tuntuimad neist on lõpuskaane osaline puudumine ning kõverdunud rinna- ja kõhuuimed.

Koorumine ja vastsete areng

Eelvastse areng kestab 17–18 °C juures 6–7 päeva. Vastsed lähevad aktiivsele toitumisele üle 9.–11. päeval. Vastsed kasvatakse 4 nädalaga maimudeks 200 × 50 × 40 cm rennides, kus veesügavus on 15–20 cm. Edasi viiakse maimud kasvatamiseks 2 m läbimõõduga ümarbasseinidesse. Pärast maimude üleminekut kunstsöödale kasvatatakse neid edasi kas loodusliku vee läbivooluga basseinides ja sumpades või RASi basseinides.

Eri vanuserühmade tootmine

Sobiv keskkond

Tuurlastele sobiv temperatuurivahemik on väga lai: kodumaal elab siberi tuur ka nullilähedasel temperatuuril, aga kasvanduses talub isegi 26 °C vett. Paljundamiseks on optimaalne 15–18 °C ja kasvatamiseks 16–21 °C. Tuura hapnikuvajadus on suhteliselt suur, neile ei sobi hapnikusisaldus alla 5 mg/l. pH peaks olema neutraalne, vahemikus 6,5–8,5. Aluselisus peaks olema 50–400 mg/l $CaCO_3$. Anadroomsete tuurlaste noorjärgud taluvad hästi ka riimvett, kuni 3‰, suuremad võivad elada ja kasvada ka ookeanivees. Paljundamisel on loote arenguks vajalik magevesi soolsusega 0,5‰.

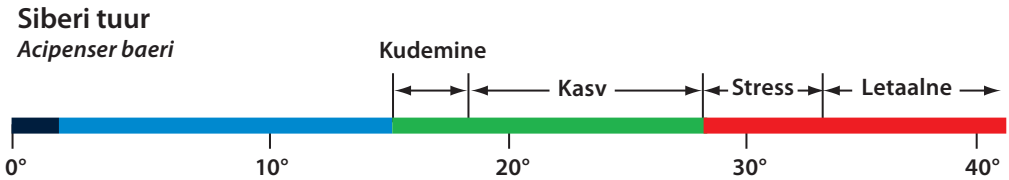
Vee keemilise koostise suhtes on kirjanduse andmetel tuurlaste kasvatamiseks vajalikud järgmised piirväärtused: biokeemiline hapnikutarve (BHT) 4, ammooniumiooni (NH_4^+) sisaldus alla 0,05 mg/l, ammooniumi (NH_3) sisaldus (ammooniumlämmastiku arvestuses) 0,01 mg/l, nitriti (NO_2) kontsentratsioon alla 0,1 mg/l, nitraadi sisaldus alla 10 mg/l, süsihappegaasi (CO_2) sisaldus alla 10 mg/l.

Kasvandusrajatised

Tuurlased on keskkonnatingimuste suhtes küllaltki leplikud. Neid kasvatatakse nii RASi basseinides, loodusliku vee läbivooluga tiikides, basseinides või kiirvoolukanalites ja sumpades. Kasvandusrajatiste kuju võib samuti olla väga erinev: kasutusel on nii ebakorrapärased tiigid, ruudukujulised, piklikud kui ka ümarbasseinid. Olenevalt temperatuurirežiimist, söötmise intensiivsuse võimalustest (lubatud reostuskoormus väljavoolus, veevahetuse kiirus, hapnikusisaldus kasutatavas vees), paigutustihedusest jt teguritest on kalade kasvukiirus ja ellujäämus neis rajatistes erinev.

Kõige tulemuslikum on tootmine ja kõige kiirem kalade kasv rajatistes, kus on aasta ringi optimaalne veetemperatuur. Eestis arendataksegi intensiivset kasvatust eeskätt RASides ja tööstuslikus termaalvees. Näiteks on Eestis tuurade sumbad paigaldatud soojuselektrijaama seadmete jahutusvee kanalitesse, kus temperatuur püsib ka talvel kala juurdekasvuks piisavana. Loodusliku vee läbivooluga kasvanduste basseinides on talvel vesi liiga külm ja kala kasv aeglane – madalal temperatuuril võivad tuurlased

8.3. Siberi tuura füsioloogiat mõjutavad temperatuurivahemikud



küll elada ja aeglaselt kasvada, kuid kasumlik tootmine eeldab kiiret kasvu ja kiiret käivet. Meresumpades on samuti probleeme talvise jäätumise, vee kvaliteedi jm keskkonnateguritega. Praegu Eestis meresumpades tuurlasi ei kasvatata. Ekstensiivne tiigikasvatus ei ole Eesti oludes mõttekas. Tiikides võib tuurlasi pidada väikese paigutustiheduse korral pigem lemmikloomadena, nagu Eestis on ka tehtud.

Paigutustihedust arvestatakse tuurakasvatuses tihti pinnaühiku, mitte ruumala kohta, sest tuurlased toituvad põhjalt. Sobiv tihedus varieerub suurel määral ning oleneb veevarustuse tüübist ja kala suurusest. 3–2500 g kaaluvaid tuurlasi võib pidada tihedusega 7–49 isendit ruutmeetri kohta. Siiski peetakse praegu, eriti RASis, tiheduse arvestust ruumalaühikutes.

Söötmine

Tuurlased omandavad kunstsöödast toitumise harjumuse võrdlemisi kergelt. Kuna koorunud vastsed on suured, ei ole söötmise käivitamiseks elussööta, nt soolavähikese (*Artemia salina*) vastseid või muud planktonit, tingimata vaja anda. Et see kiirendab vastsete arengut ja järkjärgulist üleminekut kunstsöödale ning annab väärtuslikke toitaineid, on see siiski laialt kasutusel.

Suured söödafirmad toodavad tuurlastele spetsiaalseid söötasid. Praktikas on õnnestunud kasutada aga ka vikerforelli söötasid, mis on vähese rasvasisaldusega. Tuurlaste sööta toodavad kõik olulisemad söödafirmad, kellest Eestis on tuntumad Biomar, Aller Aqua, Skretting ja Coppens. Igal firmal on sööda sortiment veidi erinev ja erinevad on ka sööda kasutamise soovitused. Tuurlaste söötade täiustamine on viimastel aastatel kiirenenud, seega tuleb jälgida söödafirma kõige värskemaid soovitusi.

Nagu kõigil kaladel, on vastsete, noor-, kauba- ja sugukalade sööda koostis erinev. Tuurlaste sööda peamine iseärasus on suur valgu- ja väike rasvasisaldus. Noorkaladel on sööda valgusisaldus üle 50% ja rasvasisaldus 15%. Kalade kasvades vähendatakse valgusisaldust ja suurendatakse rasvasisaldust. Kaubakala söödas on olenevalt söödamargist 42–50% valku ja 12–20% rasva. Süsivesikute osa on umbes 20%. Sööda energiasisaldus on 20–21 MJ/kg. Oluline on vitamiinide sisaldumine söödas: lisatakse A- (10 000 IU/kg), D_3- (1000 IU/kg), E- (200 mg/kg) ja C-vitamiini. Astaksantiini kasutab sugukalade söödas vaid mõni firma. Keskkonnakaitsenõuetest tulenevalt ei ületa üldfosfori sisaldus söödas 1%. Kuna tuurad toituvad põhjalt, on sööt uppuv. Tähtis on valida kala suurusele vastav söödaosakeste suurus. Vastsete ja maimude söötmiseks kasutatakse peent söödapuru ja mikrograanuleid (osakeste läbimõõt 0,2–1,5 mm), seejärel minnakse tootmises üle suurematele, 2–3 mm läbimõõduga graanulitele. Kaubakalale antakse 6 ja 8 mm läbimõõduga graanuleid.

Söötmisrežiim oleneb kalade suurusest ja veetemperatuurist. Soolavähikese (*Artemia salina*) vastseid või muud elussööta antakse 3 päeva, siis hakatakse lisama kunstsööta. Üleminek kestab 10–14 päeva. Noorkalu söödetakse 4–8 korda päevas, andes optimaalsel temperatuuril (20–22 °C) sööta koguses, mis vastab 2–5%le kala kehakaalust. Kaubakalale antakse süüa 2–3 korda

8.8. Kaasaaegne suletud veekasutusega tuurakasvandus
(Varbla kalakasvanduse OÜ 2015. a)

päevas ja optimaalsel temperatuuril on söödanorm 0,5–1,1% kehakaalust. Söödakoefitsient jääb suurematel kaladel 1,0–1,3 piiresse. Vanemad allikad annavad siiski maimude söödakoefitsiendiks kuni 1,4 ja kaubakalale kuni 2.

Kasvukiirus ja suurus

Optimaalsetes kasvutingimustes, püsiva hea temperatuuri, vee hea kvaliteedi ja sobiva sööda ning õige, söödafirma soovitustest lähtuva söötmisrežiimi korral on noorkalade prognoositav kasv 12 kuuga 1–2 kg, 18 kuuga võib kala saavutada 2,7 kg kaalu. Teoreetiliselt võib noorte, 100–1000 g kaaluvate kalade kasvukiirus olla suurem, katsetes on see olnud kirjanduse andmetel kuni 11 g päevas. Nende näitajate hindamisel tuleb arvestada, et tingimused, kogemus ja tehnoloogia on eri maades erinevad, siintoodu põhineb kirjanduse andmetel ja näitajad on eri allikates kõikuvad.

Tõuaretus

Selliseid intensiivseid tõuaretusprogramme nagu lõhel ja vikerforellil on ellu viidud Norras, Taanis või Soomes, tuurlaste kohta teada pole. Kui seda on teinud erafirmad, ei ole need jõudnud avalikku teaduskirjandusse. Ka pole seni tehtud tööstuslikus mastaabis geneetilise modifitseerimise katseid – kasvuhormooni või haigusresistentsuse geenide sisestamist genoomi. Teadaolevalt on peamiselt kasutatud klassikalist massvalikut, eeskätt Venemaal. Tõeline tõuaretusprogramm on käivitatud Ameerikas luitstuura jaoks. See sisaldab peale valiku, ristamiste ja sugukarja pidamise ka külmutatud niisa säilitamist niisapangas ja geneetiliste markerite väljatöötamist. Spermat säilitatakse sügavkülmutatult ka Venemaal.

Vältida tuleb inbriidingut ja geneetilise mitmekesisuse kadu. Sellest tuleneb vajadus tagada sugukarja piisav arvukus, kuigi tuurlaste suure absoluutse viljakuse tõttu piisaks tootmismajandile väikesest arvust kaladest. Kompromissina geneetilise mitmekesisuse säilitamiseks vajaliku 150–200-pealise karja ja tegelike võimaluste vahel kasutatakse tihti 100-isendilist sugukarja. Sellele lisandub asenduskari, mille moodustamiseks säilitatakse igal aastal suguküpsuseni kasvatamiseks 160–200 maimu. Tuleb vältida suguluses olevate kalade, eriti vanemate ja nende järglaste või õdede-vendade omavahelist ristamist.

Hübridiseerimine

Tuurlastel on hulk geneetilisi iseärasusi. Kromosoomid on väikesed, nende arv varieerub liigiti tugevasti ja on erinev isegi sama liigi isenditel. Eristatakse evolutsioonilises mõttes diploidse (iga kromosoomi kaks), tetraploidse (iga kromosoomi neli) ja oktaploidse (iga kromosoomi kaheksa) genoomiga liike. Esimesse rühma kuuluvad meile olulistest tuurlastest näiteks beluuga 118 + 3, sterlet 118 ± 2 ja *Acipenser sturio* 116 ± 4 kromosoomiga, teise vene tuur 250 ± 8 ja siberi tuur 249 ± 5 kromosoomiga. Oktaploidne on vaid Ameerikas esinev tömpkoon-tuur (*Acipenser brevirostrum*), kellel on 372 ± 6 kromosoomi.

Need liigid, kelle kromosoomide arv on lähedane, annavad kergesti liikidevahelisi hübriide, mis tihti on viljakad. Ka erineva kromosoomiarvuga liigid on kergesti ristatavad, kuid järglased on triploidsed ja seetõttu steriilsed. Katsetatud on kõiki teoreetiliselt mõttekaid ristamiskombinatsioone, sh kolme liigi segu – hübriidi ristamine kolmanda, puhta liigiga. Praktilist tähtsust neil siiski seni pole.

Seega on kalakasvatajatel lisaks puhastele liikidele kasutada ka mitmesuguseid hübriide. Tuntuim neist on bester – emase beluuga ja isase sterleti ristand. Kuna beluuga kasvab väga ruttu ja suureks, aga sterlet küpseb ja annab järglasi noorelt, on bester suurepärane kasvatuskala. Teda toodetakse Vene kalakasvandustes, toodud on teda paljudesse teistesse maadesse, sh Eestisse. Elujõuline on ka vene ja siberi tuura ristand, mida on Eestis kasvatatud. Hübriidide äratundmiseks tuleb teada vanemliikide morfoloogilisi näitajaid, sest hübriidid on nende poolest kas vahepealsed või pärinud ühe tunnuse emalt ja teise isalt.

Bestrile on iseloomulik tume värvus ja nõrgalt värvunud valged kilbiste read. Külje- ja kõhukilbiste suur arv (kumbagi 51–68) on päritud sterletilt. Kromosoomide arv on 116–117. Nahk on sile ja suu suur. Vene ja siberi tuura ristand on pärinud vene tuuralt kõhunaha kollaka värvuse ja suured teravad valged kilbised ning siberi tuuralt terava ninamiku. Küljekilbiseid on 31–44. Kromosoomide arv on 249–250.

Hübridiseerimine või looduses hübridiseerumine kätkeb ka ohte. Kalakasvatuses on tavaline, et aeg-ajalt satuvad kasvandustest kalad loodusse. Kui need on võõrliigid ja ristuvad kohalike ohustatud liikidega, mõjub see viimaste genofondile hävitavalt.

Haigused ja nende vältimine

Haiguste vältimine ja suremuse vähendamine tuurakasvanduses sõltub mitmest tegevusest. *Esiteks* on vaja tagada bioturvalisus, vältides haigustekitajate levikut. Haigustekitajaid võib levitada suvalise asustusmaterjali sissevedu ja teiste kalakasvanduste väljavooluvett sisaldava vee kasutamine. *Teiseks* on tähtis luua optimaalsed kasvutingimused – stressi vältimine, sobiv paigutustihedus, kvaliteetne vesi (piisav hapnikusisaldus, vähene ohtlike ainete sisaldus), kvaliteetne sööt (sh selles immunostimulantide ja probiootikumide kasutamine), õige söötmisrežiim ja kalade säästev käitlemine kõigi toimingute puhul. *Kolmandaks* on haiguspuhangu korral vaja kiiresti reageerida – diagnoosida haigus ja manustada ravimeid. Tuurlased on võrdlemisi haiguskindlad kalad, keda ka ebasoodsad pidamistingimused kergesti rivist välja ei vii, kuid suremust põhjustavad haiguspuhangud saavad siiski tihti alguse kala organismi nõrgestavatest halbadest keskkonnaoludest.

Spetsiifilisi tuurlaste haigusi pole palju teada. Küll on need kalad tundlikud harilike laialt levinud bakteriaalhaiguste suhtes, nagu aeromonoos (tekitaja *Aeromonas hydrophila*), jersinioos (tekitaja *Yersinia ruckeri*), vibrioos (tekitaja *Vibrio anguillarium*) ja flavobakterioos (tekitaja *Flavobacterium*'i eri liigid ja tüved). Haiguste vältimiseks kasutatakse vaktsineerimist.

Viirushaigusi on diagnoositud valgel tuural Ameerikas. Esinevad adenoviirus (WSAV), iridoviirus (WSIV) ja kaks herpesviiruse tüve (WSHV1 ja WSHV2). Pole teada, kas need haigused on ohtlikud ka Euroopa liikidele. Viirushaiguste vastu praegu vaktsiini ei ole. Seenhaigustest on tavaline marja kahjustav vesihallitus (*Saprolegnia*).

8.3. Toodangu turustamine

Käsitsemine ja sorteerimine

Eluskala käsitsemine kasvatamise käigus hõlmab eeskätt väljapüüki, sh kontsentreerimist, sorteerimist ja transporti. Eespool kirjeldatud paljundamise käigus käsitsetakse kalu samuti mitmel moel. Lisaks tehakse kalakasvandustes katseid – kontrollkaalumisi ja märgistamist –, milleks on vaja kalad uinutada. Käitlemine kalatööstuse toodete valmistamiseks on omaette teema ega ole otseselt kalakasvatustehnoloogia osa. Käsitsemine eeldab kalade püüdmist, milleks tuleb nad kontsentreerida nooda, basseinis nihutatava resti või veetaseme alandamisega. Sorteerida on vaja seetõttu, et osa kalu ei kasva teistega võrdselt: osa selle tõttu, et domineerivad suuremad kalad tõrjuvad nad sööda juurest eemale, osal on aga kas pärilikud või elu vältel tekkinud väärarengud. Levinud on tava praakida need kalad, kes üldse juurde ei kasva, ja sorteerida kalad tootmistsüklis kolm korda kolme suurusrühma. Sel juhul on väiksematel kaladel võimalus jõuda kasvus teistele järele ning on võimalik söötmist ühtlustada. Samas basseinis eri suurusega kalu pidades on raske

valida optimaalset söötmisrežiimi – osale kaladele on keskmine söödagraanul liiga suur, osale liiga väike. Sorteerida tuleb siis, kui kalade kaalus on tekkinud 20% erinevused. Tuurlaste sorteerimine ei erine teiste kasvatuskalade sorteerimisest, kasutatakse põhimõttelt samu seadmeid. Väiketootmise korral on võimalik võrepõhjaga kastide abil sorteerida kalu käsitsi (joonis 8.9). Suurtootmise puhul on otstarbekas kasutada kalapumpa, loenduriga sorteerimisautomaati ja jaotustorusid, mille kaudu saab suunata eri suurusega kalad eraldi basseinidesse. Sorteerimise eel ei ole otstarbekas kalu sööta vähemalt ööpäeva vältel. Kalad anesteseeritakse samade ainetega, mis on kasutuses teistel kaladel (MS-222, nelgiõli), ja sarnase metoodikaga.

Transport

Kalu transporditakse nii kasvanduses kui ka kasvanduste vahel. Viimasel juhul on vahemaa ja transpordi kestus pikem ning kalade tingimusi tuleb jälgida ja reguleerida. Kalade transpordi üldine põhimõte on, et vältida tuleb järske temperatuurimuutusi. Stabiilse temperatuuri korral võib kalu transportida igasugusel temperatuuril, kuid kalad on madalamal temperatuuril rahulikumad. Transpordi vältel peab säilitama vee piisava hapnikusisalduse. Selles suhtes on kalade vajadused erinevad, tuurlased on üldiselt vähem nõudlikud kui lõhilased. Tuurlaste puhul on sobiv alampiir 5 mg hapnikku liitris vees ja hapnikuga küllastatus 70–80%. Samuti peaks vee keemiline koostis olema kaladele soodus. Tuurlaste puhul on kirjanduse andmetel vajalikud järgmised piirväärtused: ammooniumiooni (NH_4^+) sisaldus alla 0,05 mg/l, ammooniumi (NH_3) sisaldus alla 0,01 mg/l, nitriti (NO_2) kontsentratsioon alla 0,1 mg/l, süsihappegaasi (CO_2) sisaldus alla 10 mg/l. Säilitada tuleb optimaalne paigutustihedus. Kalade liiga tiheda paiknemise korral koguneb vette ammoniaaki, nitritit jt aineid, mis on mürgised. Siberi tuura transpordi puhul peetakse optimaalseks tiheduseks kuni 250 kg kala kuupmeetri kohta. Sugukalade transpordil on soovitatav kasutada 2000-liitriseid isotermilisi konteinereid.

Enne transporti ei ole soovitatav 12–24 tunni vältel kalu sööta. Kõigi nõuete järgimise korral ei avalda transport kalade ellujäämisele ja kasvule suurt mõju. Teatud stress laadimisest ja kitsastes oludes viibimisest siiski tekib ja seetõttu kalad pärast transporti tihti mõnda aega ei söö. See on küllaltki individuaalne, sõltudes kalaliigist, suurusest, suguküpsusest jms. Kui kalad hakkavad pärast transporti uuesti toituma, ei ole transpordi mõju juurdekasvule oluline.

Kasutatud kirjandus

Acipenser baerii (Brandt, 1869). Cultured aquatic species information programme. FAO Fisheries and Aquaculture Department. 7 p.

Chebanov, M., Rosenthal, H., Gessner, J., van Anrooy, R., Doukakis, P., Pourkazemi, M., Williot, P. (2011). Sturgeon hatchery practices and management for release. Guidelines. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 570, 110 p.

8.9. Tuura noorjärkude välimiku hindamine veest väljas

Dettlaff, T. A., Ginsburg, A. S., Schmalhausen, O. I. (1993). Sturgeon Fishes. Developmental Biology and Aquaculture. Springer Verlag. 216 p.

Havelka, M., Kašpar, V., Hulák, M., Flajšhans, M. (2011). Sturgeon genetics and cytogenetics: a review related to ploidy levels and interspecific hybridization. Folia Zoologica, 60, 2, 93–103.

Hochleithner, M. (1996). Störe. AV Ratgeber. Österreichischer Agrarverlag. 202 p.

Mims, S. D., Lazur, A., Shelton, W. L., Gomelsky, B., Chapman, F. (2002). Species Profile. Production of Sturgeon. Southern Regional Aquaculture Center. Publication No. 7200. 1–8.

Manual on sturgeon reproduction (2007). Coppens International, Helmond, the Netherlands, 39 p.

Timofejev, M. M. (2005). Promõšlennoje razvedenie osetrovõh (vene keeles). Prisadebnoe hozjaistvo. 138 s.

Uue kalakasvatusobjekti, tuurlaste, erinevate liikide produktiivomaduste hindamine erinevates kasvatamise ja söötmise tingimustes (1997). EPMÜ kalakasvatuse osakonna ETFi grandi 505 aruanne. 33 lk.

Eesti vesiviljeluse sektori arengustrateegia aastateks 2014–2020 käsitleb muu hulgas sektori tulevikuvisiooni ja eesmärke. Ekspordi kasvu peamise võimalusena nähakse strateegias just Eesti viljelustingimustega sobivate ja suure välisnõudlusega liikide, nagu angerjas, jõevähk, tuurlased ja siig, ning täiesti uute perspektiivsete liikide viljelemist ning seda toetavat arendustööd. Võimalik, et menukaks kujunevad hoopis seni kasvatuses vähe levinud kalad, nagu ahven ja koha. Seepärast tahavad raamatu „Kalakasvatus. Perspektiivsed liigid" autorid anda panuse strateegias nimetatud probleemide lahendamisse.

Raamat on mõeldud õpivahendiks nii Eesti Maaülikooli vesiviljeluse ja kalanduse, rakendushüdrobioloogia ja loomaarstiõppe üliõpilastele kui ka Tallinna Tehnikaülikooli Eesti Mereakadeemia ja Järvamaa Kutseharidskeskuse õppuritele. Autorid loodavad, et raamat leiab peale selle sooja vastuvõtu alustavate või katsetusaldiste, aga ka kogenud kalakasvatajate seas.

Raamatu valmimise nimel on teinud koostööd Tartu Ülikooli kalanduse teabekeskuse, Eesti Maaülikooli veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi ning põllumajandus- ja keskkonnainstituudi teadlased ja õppejõud.

Kalanduse teabekeskus
www.kalateave.ee

EUROOPA KALANDUSFOND
JÄTKUSUUTLIKU KALANDUSE HEAKS

Toetab Euroopa Liit

ISBN 978-9949-9568-1-4
9 789949 956814