

Ruokintarytmin vaikutus kasvatetun kuhan tuotanto-ominaisuuksiin

Jaakko Mattila ja Juha Koskela



RIISTA- JA KALATALOUS
TUTKIMUKSIA JA SELVITYKSIÄ

10/2013

RIISTA- JA KALATALOUS

TUTKIMUKSIA JA SELVITYKSIÄ

10 / 2013

Ruokintarytmin vaikutus kasvatetun kuhan tuotanto-ominaisuuksiin

Jaakko Mattila ja Juha Koskela



EU investoi kestävään kalatalouteen



Julkaisija:
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Helsinki 2013

Kannen kuvat: Juha Koskela

Julkaisujen myynti:
[www.rktl.fi /julkaisut](http://www.rktl.fi/julkaisut)
www.juvenes.fi /verkkokauppa

Pdf-julkaisu verkossa:
www.rktl.fi /julkaisut/

ISBN 978-952-303-052-7 (Painettu)
ISBN 978-952-303-053-4 (Verkkojulkaisu)

ISSN 1799-4764 (Painettu)
ISSN 1799-4748 (Verkkojulkaisu)

Painopaikka: Suomen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print

Sisällys

Tiivistelmä	4
Sammandrag	5
Abstract	6
1. Johdanto.....	7
1.1 Kuhan ruokalakasvatus	7
1.2 Ruokintarytmin vaikutus kalan kasvuun.....	8
2. Aineisto ja menetelmät.....	10
3. Tulokset	12
4. Tulosten tarkastelu	15
Kiitokset.....	16
Viitteet.....	17

Tiivistelmä

Kuha on arvostettu ruokakala, jonka kasvatusta laitosolosuhteissa on selvitetty ruokakalakasvatuksen edistämiseksi. Tämän osatutkimuksen tarkoitus oli selvittää, kuinka erilaiset ruokintarytmit vaikuttavat kuhan kasvuun. Alkuperäiseltään noin 122 g:n kuhia kasvatettiin kaupallisella kalanrehulla 60 päivän ajan neljän eri ruokintarytmin mukaisesti; kaloja ruokittiin kerran vuorokaudessa 360 minuutin ajan, kaksi kertaa vuorokaudessa 45 minuutin ajan, kerran vuorokaudessa 45 minuutin ajan ja joka toinen vuorokausi 45 minuutin ajan. Jokaisessa ruokintarytmissä (käsittelyssä) oli neljä toistoa eli rinnakkaista allasta. Parhaiten kasvoivat vuorokaudessa 360 minuutin ajan ruokitut, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkittävä verrattuna vuorokaudessa kerran tai kahdesti 45 minuuttia ruokittuihin. Vuorokaudessa 360 minuuttia ja kaksi kertaa 45 minuuttia ruokittujen kalojen kasvu oli lähestulkoon samalla tasolla, mutta hidastui, kun ruokinta oli 45 minuuttia vuorokaudessa. Voidaankin suositella, että kuhia tulisi ruokkia vuorokaudessa vähintään 2 kertaa 45 minuuttia (90 minuuttia), jotta kasvu ei heikentyisi. Ruokintarytmi ei vaikuttanut rehukertoimeen eikä myöskään kasvun hajontaan. Joka toinen päivä 45 minuuttia ruokitut pyrkivät kompensoimaan paastopäiviä syömällä ruokintakeralla enemmän (hyperfagia). Niiden kasvu jäi kuitenkin hieman hitaammaksi kuin päivittäin 45 minuuttia ruokituilla, vaikka ero ei ollut tilastollisesti merkittävä.

Asiasanat: kasvu, kuha, ruokailu, ruokakalakasvatus, ruokintarytmi

Mattila, J. & Koskela, J. 2013. Ruokintarytmin vaikutus kasvatetun kuhan tuotanto-ominaisuuksiin. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä* 10/2013. 18 s.

Sammandrag

Gös är en uppskattad matfisk, och odling av gös i fiskodlingsanläggningar har undersökts i syfte att främja odlingen av matfisk. Syftet med denna delundersökning var att utreda hur olika utfodringsrytmer påverkar tillväxten hos gös. Gös med en utgångsvikt på cirka 122 g utfodrades med kommersiellt fiskfoder i 60 dagars tid enligt fyra olika utfodringsrytmer; fiskar utfodrades under 360 minuter en gång per dygn, under 45 minuter två gånger per dygn, under 45 minuter en gång per dygn och under 45 minuter vartannat dygn. Varje utfodringsrytm (behandlingar) hade fyra repetitioner, dvs. parallella bassänger. Bäst växte gös som utfodrades under 360 minuter en gång per dygn, men skillnaden var inte statistiskt signifikant i jämförelse med gös som utfodrades under 45 minuter en eller två gånger per dygn. Tillväxten av gös som utfodrades under 360 minuter en gång per dygn och under 45 minuter två gånger per dygn var på så gott som samma nivå, men blev långsammare hos fisk som utfodrades under 45 minuter en gång per dygn. Man kan därför rekommendera att gös utfodras minst två gånger under 45 minuter (90 minuter) per dygn, så att deras tillväxt inte blir långsammare. Utfodringsrytmen påverkade inte foderkoefficienten eller spridningen av tillväxten. Gös som utfodrades under 45 minuter varannan dag försökte kompensera för fastedagarna genom att äta mer under utfodringen (hyperfagi). Deras tillväxt var emellertid något långsammare än tillväxten hos gös som utfodrades under 45 minuter varje dag, även om skillnaden inte var statistiskt signifikant.

Nyckelord: tillväxt, gös, utfodring, matfiskodling, utfodringsrytm

Mattila, J. & Koskela, J. 2013. Utfodringsrytmens inverkan på produktionssegenskaperna hos odlad gös. *Riista- ja kalatalous - Tutkimuksia ja selvityksiä* 10/2013. 18 s.

Abstract

The study examined the effect of four different feeding regimes on feed intake and growth rate in age 2+ pikeperch (initial weight 122g and final weight 319-257g) cultured in a recirculation aquaculture system under conditions of constant temperature (21.6 °C) and continuous light. The fish were fed *ad libitum* during the 60-day trial. There were four different feeding regimes: one 360-minute feeding per day, two 45-minute feedings per day, one 45-minute feeding per day, and one 45-minute feeding every other day.

Rates of feed intake and growth were dependent on the duration of the feeding regime, being highest at the 360-minute and 2 x 45-minute feedings and lowest in the group that was fed for 45 minutes every other day. The duration of the feeding regimes did not affect the feed conversion ratio or the variation coefficient of fish growth. The pikeperch that were fed for 45 minutes every other day were capable of compensating for the reduced number of feedings by increasing intake when feed was available as compared to the group that was fed for 45 minutes every day. In conclusion, the results indicate that an adequate daily feeding regime for large pikeperch is 360 minutes or 2 x 45 minutes.

Keywords: feed intake, feeding regime, growth, pikeperch

Mattila, J. & Koskela, J. 2013. The effect of length of feeding regimes on production parameter of farmed pikeperch (*Sander lucioperca*). *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä* 10/2013. 18 p.

1. Johdanto

Suomessa ruokakalankasvatus perustuu lähinnä kirjoloheen ja siikaan. Suomessa kasvatettiin vuonna 2012 yhteensä 12,7 miljoonaa kiloa ruokakalaa, josta kirjolohta oli 11,3 miljoonaa kiloa ja siikaa 1,2 miljoonaa kiloa (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2013). Uudet viljelylajit on maailmanlaajuisesti nähty mahdollisuudeksi, jonka avulla kalatalouselinkeino voi tulevaisuudessa menestyä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa käynnistettiin vuonna 1996 laaja tutkimushanke, jonka tavoitteena on ollut edistää uusien ruokakalan tuotantoon sopivien lajien pääsyä kalamarkkinoille. Siian ruokakalakasvatus on noin kymmenkertaistunut 2000-luvun vaihteesta. Tämän on tehnyt mahdolliseksi uusien viljelymenetelmien ja valintajalostuksen kehittäminen ja käyttöönotto (Koskela ym. 2002). Myös kiinnostus kuhan ruokakalaviljelyyn on lisääntynyt, ja kuha on osoittautunut potentiaaliseksi viljelylajiksi niin markkinamahdollisuuksien kuin viljelyominaisuuksien puolesta (Koskela ym. 2005, Koskela ym. 2007, Jokelainen ym. 2009).

Tämän kasvatuskokeen tarkoitus oli selvittää erilaisten ruokintarytmien vaikutusta kuhan kasvuun ja ravinnonkulutukseen kiertovesilaitoksessa. Työ oli osa Keski-Suomen ELY-keskuksen EKTR-varoista rahoittamaa tutkimus- ja kehittämishanketta, jonka tarkoituksena oli tuottaa uutta ja sovellettavaa tietoa kuhan kiertovesikasvatuksen tuotantotekniikkaan ja tuotelaatuun ruokakalakasvatuksen edistämiseksi.

1.1 Kuhan ruokalakasvatus

Kuhan kasvatusmenetelmiä ovat koonneet aikaisemmin mm. Jokelainen ym. (2009) kirjallisuuskatsaukseen ja Mattila (2008) opinnäytetyöhön. Luonnonolosuhteissa kuha kutee Suomessa touko-kesäkuussa veden lämpötilan ollessa noin 12–16 °C (Koli 1990). Laitosolosuhteissa kutuaikaa voidaan säädellä valorytmin, veden lämpötilan ja hormonikäsittelyn avulla (Zakes ja Szczepkowski 2004). Laitosolosuhteissa kuhat eivät saavuta kutuvalmiutta ilman hormonikäsittelyä. Emokalat kutevat yleensä altaissa, lammikoissa tai verkkosumpuissa (Steffens ym. 1996). Myös keinotekoisista hedelmöitystä voidaan käyttää lypsämällä emokaloja. Suomessa kuhan poikastuotanto kasvatusta varten tapahtuu yleensä pyytämällä kutukalat järvestä tai emokalalammikosta ennen kutua tai kudun aikana (Ruuhijärvi ja Hyvärinen 1996). Pyydetyt kalat kutevat kutupaikalle asetetuissa sumpuissa niiden pohjalla oleville kututuroille. Turoihin kiinnittynyt mäti haudotaan haudontakaukaloissa. Keinotekoisesti hedelmöitetty mäti haudotaan haudontasuppiloissa.

Vastakuoriutuneet poikaset voidaan siirtää kasvamaan luonnonravintolammikkoon tai altaisiin. Luonnonravintolammikkoon istutetut kuhanpoikaset käyttävät ruskuaispussivaiheen jälkeen luonnonravintoa kuten rataseläimiä, hankajalkaisäyriäisiä, naupliustoukkia, vesikirppuja ja surviaissääsken toukkia (Ruuhijärvi ja Hyvärinen 1996). Yleensä poikaset kerätään lammikoista syys-lokakuussa jatkoistutuksiin, mutta intensiiviseen kasvatukseen tarkoitetut poikaset voidaan kerätä jo aikaisemmin. Lammikoista siirretyt poikaset täytyy totuttaa keinorehuun, ja totuttamisvaiheeseen voi kulua aikaa viikosta kuukauteen käytetystä ravinnosta riippuen (Nagel 1996, Zakes 1997, Bódis ym. 2007, Marttinen ja Menna 2007). Totuttamisvaiheessa poikasille voidaan tarjota elävää ravintoa (*Artemia*-äyriäisiä), rehuja tai näitä yhdessä.

Hyviä tuloksia on saatu myös ns. opettajien avulla (Marttinen ja Menna 2007). Opettajat ovat jo aiemmin kuivarehuun tottuneita samanikäisiä kuhia.

Kuoriutumisen jälkeen suoraan allaskasvatukseen siirrettyjen kuhien kriittisin vaihe on siirtyminen ruskuaispussin ravinnosta ulkopuolisen ravinnon käyttöön. Kuhan poikasten ensiravintona on käytetty luonnosta pyydettyä eläinplanktonia tai *Artemia*-äyriäisiä (Ruuhijärvi ym. 1991, Steffens ym. 1996, Xu ym. 2003, Kalatietokeskus 2004, Ostaszewska ym. 2005). Myös erilaisia kuivarehujä on kokeiltu alkukasvatuksessa (Ruuhijärvi ym. 1991, Xu ym. 2003, Ostaszewska ym. 2005, Jokelainen ja Koskela 2007). Jokelainen ja Koskela (2007) tutkivat kaupallisen kuivarehun, *Artemia*-äyriäisten sekä näiden yhteisruokinnan vaikutusta alkukasvatuksen onnistumiseen. Paras tulos saatiin antamalla kuhan poikasille samanaikaisesti elävää *Artemiaa* ja kuivarehua. Riittävän yhteisruokintajakson pituus oli 2–3 viikkoa. Kuhan intensiivisessä alkukasvatuksessa sekä juuri luonnonravintolammikosta siirretyillä poikasilla kannibalismi aiheuttaa ongelmia, joita voidaan vähentää riittävällä ravinnon määrällä sekä poistamalla kannibaaleja yksilöitä.

Jatkokasvatukseen voidaan siirtyä alkukasvatuksen jälkeen, kun kuhanpoikaset ovat kehittyneet niin, etteivät erityiset kasvatuserämenetelmät ole välttämättömiä. Poikasten kasvaessa valohakuisuus muuttuu valopakoisuudeksi. Tutkimuksissa 0+ ja 1+ -ikäisten kuhien on havaittu suosivan hämärää ympäristöä (Luchiari ym. 2006). Käytettävän rehun tulee sisältää runsaasti proteiinia ja vähän rasvaa. Nyina-wamwiza ym. (2005) suosittelivat rehun ravintoaineiden suhteeksi 43 % proteiinia, 10 % rasvaa ja 15 % hiilihydraattia. Kuhan kasvun optimilämpötila on 24–30 °C (Hilge ja Steffens 1996). Suomen luonnonlämpötiloissa kuhan kasvukausi jää lyhyeksi (Koskela ym. 2005). Tämän vuoksi kannattava tuotanto edellyttäisi lämmitettyä vettä, tai että kasvatukseen löydetäisiin kylmään veteen sopeutunut kuhakanta. Toteutettavuustutkimuksien perusteella kuhalla on kuitenkin edellytyksiä nousta uudeksi ruokakalakasvatuksen lajiksi (Koskela ym. 2007). Verkkoallaskasvatus ja kiertovesiviljely osoittautuivat kehittämissä arvoisiksi kasvatuserämenetelmiksi. Kuhan kannattava ruokakalatuotanto edellyttää kuitenkin vielä kasvatuserämenetelmien kehittämistä sekä tuotannon optimointia.

1.2 Ruokintarytmin vaikutus kalan kasvuun

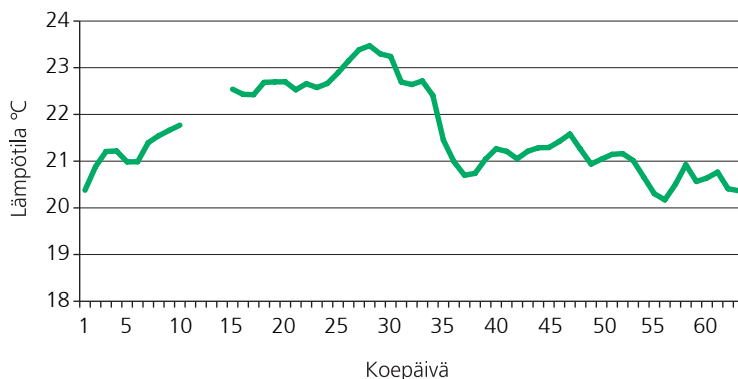
Ruokintarytmi, eli ruokinta-ajan pituus/ruokintanopeus ja ruokintakertojen määrä, vaikuttaa kalan kasvuun monin eri tavoin. Nopeus, jolla kala pystyy syömään tarjottua rehua, riippuu aktiivisuudesta, ja tähän vaikuttaa esimerkiksi veden lämpötila (Alanära 1994, Tang ja Boisclair 1995). Liian suuri ruokintanopeus, jossa rehua syötetään paljon, voi aiheuttaa tilanteen, jossa kala ei ehdi syödä kaikkea rehua, vaan osa menee hukkaan (Tabachek 1988). Tähän vaikuttaa kalan aktiivisuuden ja käsittelynopeuden, kuten nielemisen, lisäksi rehun ominaisuudet ja kasvatuseräolosuhteet. Suuret rehupelletit havaitaan nopeammin (Smith ym. 1995) mutta niellään hitaammin (Knights 1983). Rehupelletin ominaisuuksista ja altaan koosta riippuu, kuinka nopeasti rehupelletti vajoaa ja kuinka kauan se on kalan napattavissa. Jos ruokintanopeus ei ole liian suuri, voivat kasvuun vaikuttaa kalojen keskinäiset suhteet, kuten yksilöiden välinen hierarkia ja kilpailu. Jos ruokintanopeus on liian hidas, saattavat kilpailukykyisimmät yksilöt estää muiden ruokailun (Grant 1993, Kristiansen 1999). Nopeammalla ruokinnalla myös muut yksilöt pääsevät ruokailemaan.

Ruokintakertojen määrä vuorokaudessa voi vaikuttaa kalan kasvuun. Joillain lajeilla ruokinta 2–3 kertaa vuorokaudessa voi parantaa kasvua verrattuna kertaruokintaan (Andrews ja Page 1975, Grayton ja Beamish 1977, Tsevis ym. 1992). Tällöin oletetaan, että jokaisella ruokintakerralla kalat syövät itsensä kylläisiksi. Kompensaatiokasvusta voidaan puhua, jos paastojaksot ruokintakertojen välillä kasvavat niin pitkiksi, että kalat joutuvat kompensoimaan ravinnonkulutuksella aikaisemman paastojakson. Kompensaatiokasvu voi johtua suuremmasta ravinnonkulutuksesta (hyperfagia), jolloin kalat syövät enemmän, kun ravintoa on taas saatavilla (Bull ja Metcalfe 1997, Ali ja Wootton 2001, Nikki ym. 2004). Kompensaatiokasvun on todettu johtuvan joissain tapauksissa myös paremmasta ravinnonkäyttehokkuudesta eli rehukertoimen parantumisesta (Boujard ym. 2000, Zhu ym. 2001). Kompensaatio voi olla täydellistä, jolloin kala pystyy kompensoimaan täysin paastojakson ottamalla ruokintajaksolla kasvussa kiinni päivittäin ruokitut. Usein kompensaatio on kuitenkin osittaista. Harvoin havaitaan ylikompensaatiota, jolloin paastotetut kalat jopa ohittavat kasvussa päivittäin ruokitut (Hayward ym. 1997).

2. Aineisto ja menetelmät

Kokeessa käytetyt kuhat olivat Vanajaveden kantaa ja peräisin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) Saimaan toimipaikalla olevasta emokalaparvesta. Mäti haudottiin RKTL:n Laukaan laitoksella ja vastakuoriutuneet poikaset kasvatettiin altaissa. Alkuvaiheessa poikaset ruokittiin *Artemia*-äyriäisillä ja kuivarehulla. Kaloja kasvatettiin laitosolosuhteissa kahden vuoden ajan ja ruokittiin kaupallisella kalanrehulla.

Ennen kokeen alkua kalat merkittiin ruumiinonteloon asetettavalla PIT-merkillä (passive integrated transponder) yksilöllisen tunnistamisen varmistamiseksi. PIT-merkitty yksilö voidaan tällöin tunnistaa erillisellä lukulaitteella. Kokeen alussa kuhien keskipaino oli noin 122 g. Kokeessa jaettiin 642 kuhaa 16 altaaseen niin, että yhteen altaaseen tuli 35–44 kalaa. Altaat olivat vesitilavuudeltaan 400 litran pyöreitä ja väriltään vihreitä lasikuitualtaita. Koe tehtiin Laukaan laitoksen kiertovesiyksikössä. Veden lämpötila oli kokeen aikana keskimäärin 21,6 astetta ja vaihteli 20,2–23,5 asteen välillä (kuva 1). Veden pH oli keskimäärin 6,4 ja vaihteli välillä 6,1–6,7. Allasveden happipitoisuutta mitattiin satunnaisin pistokokein, ja se oli keskimäärin 7,3 mg l⁻¹ ja vaihteli välillä 6,3–8,3 mg l⁻¹.



Kuva 1. Allasveden lämpötila kokeen aikana.

Kokeessa käytettiin neljää erilaista ruokintarytmiä; kerran vuorokaudessa 360 minuutin ajan, kaksi kertaa vuorokaudessa 45 minuutin ajan, kerran vuorokaudessa 45 minuutin ajan ja joka toinen vuorokausi 45 minuutin ajan. Jokaisessa ruokintarytmissä (käsittelyssä) oli neljä toistoa eli rinnakkaista allasta. Kalat punnittiin ja niiden PIT-merkki luettiin kokeen alussa ja kokeen päättyessä 60 ruokintapäivän jälkeen. Ennen punnitusta kaloja pidettiin paastolla yhden vuorokauden ajan.

Kalat ruokittiin automaattisilla hihнаруokkimilla kunkin käsittelyn ruokintarytmin mukaisesti. Rehuna käytettiin kaupallista siikarehua (Royal Silver 5mm, Raisioagro Oy), jota ei ollut jälkirasvattu (raakavalkuainen 43,4 %, raakarasva 10,1 % ja energia 20,6 kJ g⁻¹). Kaloja ruokittiin kylläisiksi niin, että hukkarehua syntyi jokaisella ruokintakerralla. Kalojen ravinnon-

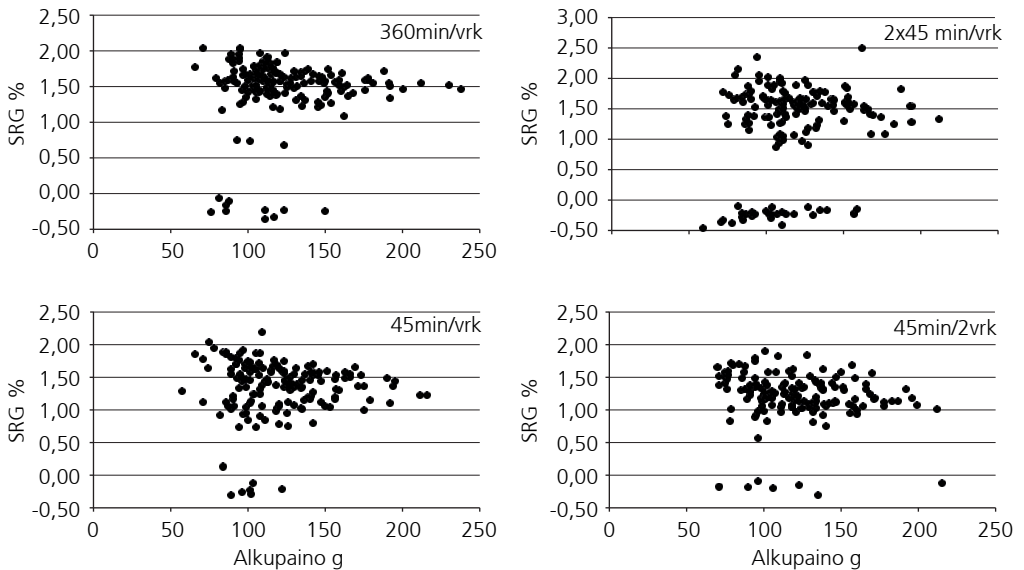
kulutus mitattiin ja laskettiin joka toinen viikko neljän perättäisen ruokintapäivän perusteella. Joka toinen päivä ruokittavien ravinnonkulutus laskettiin kahden perättäisen ruokintapäivän perusteella. Mittauspäiviä päivittäin ruokittaville kertyi 16 ja joka toinen päivä ruokittaville 8. Mittauspäivinä rehuannos punnittiin ja allaspoistosta kerättiin syömättömät rehurakeet. Kalojen syömä rehumäärä saatiin vähentämällä ruokitusta määrästä hukkarehun määrä. Hukkarehun massa saatiin kertomalla ruokintakuivan rehurakeen paino rakeiden määrällä. Mittauspäivien perusteella pystyttiin laskemaan koko kokeen aikainen keskimääräinen ravinnonkulutus.

Kalojen ravinnonkäyttöä arvioitiin suhteellisella ravinnonkulutuksella (%/kg/vrk), joka laskettiin kaavalla $(FI_{cum} / t_1 / (Biom_1 + Biom_2) / 2) \times 100$, jossa FI_{cum} on kumulatiivinen ravinnonkulutus ravinnonkulutuksen mittauspäivien aikana, t_1 ruokinnan mittauspäivät ja $Biom_1$ ja $Biom_2$ altaan biomassaa kokeen alussa ja lopussa. Kalojen kasvua arvioitiin kasvukertoimella (SGR %), joka laskettiin kaavalla $[(\ln W_2 - \ln W_1) / t_2] \times 100$, jossa W_1 on kalan paino alussa, W_2 paino lopussa ja t_2 kokeen kesto päivinä. Rehukerros laskettiin kaavalla $FI_{cum} / t_1 \times t_2 / (Biom_2 - Biom_1)$. Kasvukertoimen variaatiokerroin laskettiin kaavalla $SD / SGR_{mean} \times 100$, jossa SD on allaspopulaation kasvukertoimen keskihajonta ja SGR_{mean} kasvukertoimen keskiarvo. Kompensaation määrää ruokintarytmissä 45min/2vrk arvioitiin kompensatiokertoimella, joka saadaan vertaamalla odotettua kasvukerrointa/ravinnonkulutusta todelliseen kasvuun. Odotettu kasvukerros/ravinnonkulutus 45min/2vrk ruokituille kaloille laskettiin 45min/vrk ruokittujen kalojen perusteella. Odotettu kasvukerros ja ravinnonkulutus oli tässä tapauksessa ruokinta-ajan ja -kertojen perusteella puolet 45min/vrk ruokittujen kasvukertoimesta ja ravinnonkulutuksesta. Kompensaatiokerroin saadaan jakamalla todellinen kasvukerros/ravinnonkulutus odotetulla kasvukertoimella/ravinnonkulutuksella. Jos arvo on 1, kompensatiota ei ole. Jos arvo on yli 1, kompensatiota esiintyy.

Eri ruokintarytmien välistä eroa tutkittiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (ANOVA). Regression laskentaan käytettiin lineaarista regressioanalyysiä. Tilastollisessa käsittelyssä käytettiin allaskohtaisia keskiarvoja. Käsittelyjen välisten keskiarvojen erojen vertailussa käytettiin Tukeyn testiä, jos varianssianalyysi osoitti ryhmien välillä olevan merkitseviä eroja.

3. Tulokset

Tuloksia käsiteltäessä havaittiin, että jokaisessa ruokintarytmissä oli kaloja, joiden kasvukerroin (SGR %) oli negatiivinen. Kalat eivät todennäköisesti syöneet lainkaan kokeen aikana. Eniten tällaisia kaloja oli kaksi kertaa päivässä 45 minuutin ajan ruokituissa (28 yksilöä, muut ruokintarytmit 6–10 yksilöä). Syömättömyys ei johtunut alkupainosta, sillä alkupainoltaan niin suuret kuin pienetkin kalat saattoivat olla kokeen ajan syömättä (kuva 2). Kuvasta 2 voidaan nähdä, että kokeen aikana kalat joko paastosivat tai sitten kasvoivat vähintään kohtalaisesti, koska syömättömät erottuvat selkeästi omasta ryhmänään. Selvää syytä syömättömyydelle ei löytynyt. Kalan käsittely, kuten PIT-merkintä, on saattanut vaikuttaa joidenkin kalojen ruokahaluun. Laihtuneet kalat vaikuttivat merkittävästi lopputuloksiin, joten aineistosta päätettiin poistaa ne kalat, joiden kasvukerroin oli negatiivinen.



Kuva 2. Kalojen alkupaino (g) ja kasvukerroin (SGR %) ruokintarytmeittäin (neljän rinnakkaisen altaan kalat).

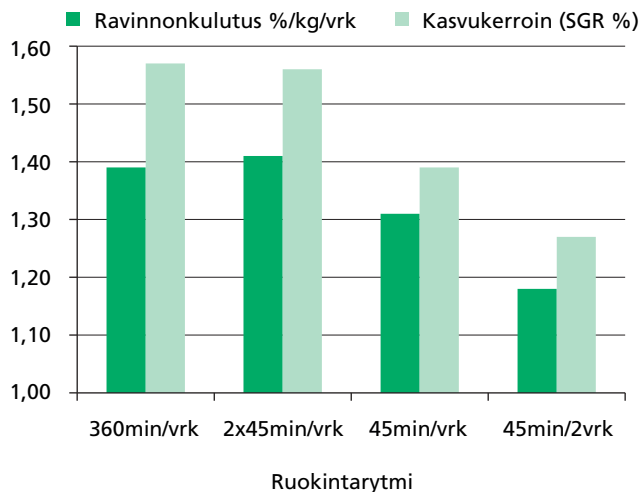
Erilaiset ruokintarytmit vaikuttivat kuhan kasvuun 60 päivän kokeen aikana. Ruokintarytmien vaikutukset eri tuotantoparametreihin on esitetty taulukossa 1. Kokeen alussa kuhien painot eivät eronneet tilastollisesti eri käsittelyiden välillä. Loppupainoissa käsittelyjen välillä havaittiin tilastollisesti merkittäviä eroja. Pienin loppupaino oli 45min/2vrk ruokituilla, ja ne erosivat tilastollisesti 360min/vrk ja 2x45min/vrk ruokituista. Loppupainot eivät eronneet tilastollisesti toisistaan käsittelyjen 360min/vrk, 2x45min/vrk ja 45min/vrk välillä. Trendi oli kuitenkin laskeva; suurin loppupaino oli 360min/vrk ruokituilla.

Taulukko 1. Ruokintarytmin vaikutus kuhan tuotantoparametreihin (keskiarvo \pm keskihajonta). Hajontaluvut kuvaavat altaiden välistä keskihajontaa.

Tuotantoparametri	Ruokintarytmi				P-arvo
	360 min/vrk	2 x 45 min/vrk	45 min/vrk	45 min/2vrk	
Alkupaino g	124,5 \pm 4,86 ^A	121,1 \pm 3,00 ^A	120,7 \pm 5,88 ^A	120,4 \pm 2,76 ^A	0,541
Loppupaino g	319,2 \pm 7,89 ^A	309,3 \pm 21,9 ^A	279,9 \pm 28,6 ^{AB}	257,4 \pm 9,87 ^B	0,002
Ravinnonkulutus %/kg/vrk	1,39 \pm 0,03 ^A	1,41 \pm 0,10 ^A	1,31 \pm 0,12 ^{AB}	1,18 \pm 0,07 ^B	0,010
Ravinnonkulutus KJ/kg/vrk	286,0 \pm 6,49 ^A	290,8 \pm 20,8 ^A	269,4 \pm 24,0 ^{AB}	243,2 \pm 14,0 ^B	0,010
Kasvukerroin (SGR %)	1,57 \pm 0,03 ^A	1,56 \pm 0,08 ^A	1,39 \pm 0,16 ^{AB}	1,27 \pm 0,04 ^B	0,002
Variatiokerroin SGR	14,4 \pm 3,02 ^A	17,8 \pm 3,50 ^A	20,4 \pm 8,35 ^A	18,7 \pm 1,49 ^A	0,389
Rehukerroin	0,95 \pm 0,03 ^A	0,97 \pm 0,04 ^A	0,99 \pm 0,07 ^A	0,98 \pm 0,03 ^A	0,570

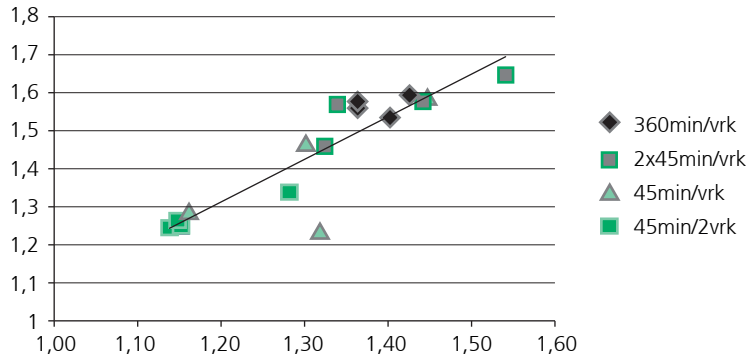
Eri yläindeksillä merkityt käsitellyt eroavat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$, Post Hoc Tukey) toisistaan.

Ruokintarytmien välillä suhteellisessa ravinnonkulutuksessa (%/kg/vrk) ja kasvukertoimessa (SGR %) oli tilastollisia eroja. Suhteellinen ravinnonkulutus ja kasvukerroin eivät eronneet tilastollisesti ruokintarytmien 360min/vrk, 2x45min/vrk ja 45min/vrk välillä (taulukko 1, kuva 3). Ruokintarytmien 360min/vrk ja 2x45min/vrk ravinnonkulutus ja kasvukerroin olivat lähes tulkoon samalla tasolla. Ruokintarytmin 45min/2vrk ravinnonkulutus ja kasvukerroin olivat heikoimmat ja erosivat tilastollisesti ruokintarytmeistä 360min/vrk ja 2x45min/vrk.



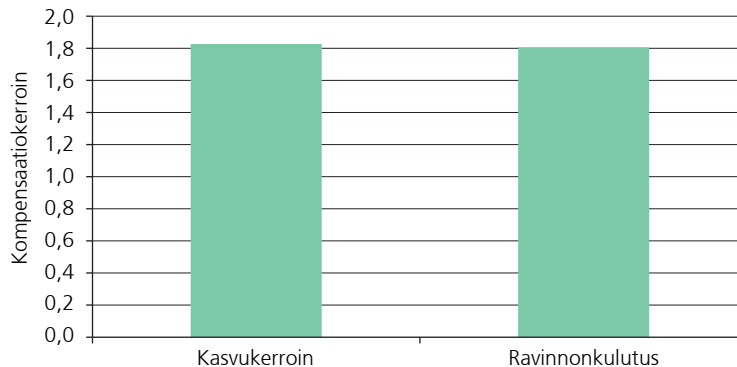
Kuva 3. Ruokintarytmien vaikutus kasvukertoimeen (SGR %) ja suhteelliseen ravinnonkulutukseen (%/kg/vrk). Pylväs kuvaa neljän rinnakkaisen altaan keskiarvoa.

Kasvukertoimen variaatiokerroin ei eronnut tilastollisesti ruokintarytmien välillä (taulukko 1). Myöskään rehukerroin ei eronnut tilastollisesti ruokintarytmien välillä. Ravinnonkulutuksen ja kasvukertoimen välillä oli tilastollisesti merkitsevä lineaarinen riippuvuus ($R^2=0,7837$, $P<0,001$) (kuva 4).



Kuva 4. Ravinnonkulutuksen (%/kg/vrk) ja kasvukertoimen (SGR %) välinen lineaarinen regressio altaittain.

Vaikka ruokinta-ajan lyhentyessä ja ruokintojen harventuessa kuhien kasvu heikkeni, pyrkivät ne kompensoimaan tämän; ravinnonkulutus ruokintakertaa kohden oli huomattavasti suurempi joka toinen päivä 45 minuuttia ruokituilla. Vaikka keskimääräinen vuorokautta kohden laskettu ravinnonkulutus oli pienin, pyrkivät ne kompensoimaan harvemmat ruokintakerrat syömällä kerralla enemmän. Kompensaation määrää arvioitiin kompensatiokerroimella, joka saatiin vertaamalla niitä päivittäin 45 minuuttia ruokittuihin (kuva 5). Kompensatiokerroin 2 olisi tarkoittanut täydellistä kompensatiota.



Kuva 5. Joka toinen päivä 45 minuuttia ruokittujen kuhien kasvukertoimen ja ravinnonkulutuksen kompensatiokerroin. Kompensatiokerroin 1 kuvaa kompensatiotasoa, jonka yläpuolella kompensatiota esiintyy.

4. Tulosten tarkastelu

Ruokintakokeen perusteella kuhien kasvuun ei vaikuttanut se, ruokittiinko kaloja yhtäjaksoisesti 360 minuuttia vuorokaudessa tai 2 kertaa 45 minuuttia vuorokaudessa. Kasvu ei myöskään hidastunut tilastollisesti merkittävästi, jos kuhia ruokittiin vain 45 minuuttia vuorokaudessa. Kasvukerroin, eli yksilöllinen kasvu prosenttia vuorokautta kohden, oli kuitenkin 45 minuutin ruokinnalla pienentynyt tasolta 1,56–1,57 arvoon 1,39, vaikka tulos ei ollut merkitävä. Voidaankin suositella, että kuhia tulisi ruokkia vähintään 2 kertaa 45 minuuttia (90 minuuttia), jotta kasvu ei heikentyisi.

Zakes ym. (2006) ruokkivat kuhia kolmella erilaisella ruokintarytmillä; kolme tuntia yhtäjaksoisesti vuorokaudessa, kolme erillistä tunnin ruokintajaksoa vuorokaudessa ja yhtäjaksoisesti 19 tuntia vuorokaudessa. He eivät havainneet eri ruokintarytmien välillä eroa kalojen kasvussa, loppupainojen hajonnassa, kuntokertoimissa tai rehukertoimessa. Tässäkään kokeessa ruokintarytmi ei vaikuttanut merkittävästi kasvun hajontaan. Heidän kokeessaan ruokinta-ajat olivat kuitenkin pidempiä verrattuna tähän kokeeseen. Ilmeisesti kasvu alkaa heikentyä kuhalla vasta, kun ruokinta-aika on alle 90 minuuttia vuorokautta kohden. Koskela ym. (1997) taas ruokkivat siikoja kylläisiksi käyttäen neljää eripituista ruokinta-aikaa (6, 12, 18 tai 24 tuntia vuorokaudessa). Kokeen kahden ensimmäisen viikon aikana 6 tuntia ruokitut söivät vähemmän ja kasvoivat heikommin kuin muut ryhmät, mutta kokeen loppuosalla ne kasvoivat yhtä hyvin kuin muissa ruokintaryhmissä. Kalat vaativat aikaa tottuakseen ruokintarytmiin ja sopeutuivat lopulta hyvin lyhytkestoisempaan ruokintaan. Kirjolohella Alanära (1992) arvioi, että kaksi kahden tunnin ruokintajaksoa riittää optimaaliseen kasvuun. Tätä lyhyemmällä ajalla kasvu jäi heikommaksi, kun taas pidemmällä ruokinta-ajalla ei saavutettu suurta hyötyä ja rehukerroin heikkeni. Myös Alanäran tutkimuksessa rajatun ruokinta-ajan käsittelyissä kalat paransivat kasvuaan kokeen loppupuolella.

Wang ym. (2009) ruokkivat kuhia kylläisiksi kerran, kolmesti tai kuudesti vuorokaudessa. Nopeimman kasvun he saavuttivat kolmella ruokinnalla vuorokaudessa. Vertailu heidän kokeeseensa on kuitenkin vaikeaa, koska he ruokkivat kalat käsin jokaisella ruokinnalla kylläisiksi. Tässä ja Zakesin ym. (2006) kokeessa kalat ruokittiin kylläisiksi automaattisilla ruokintalaitteilla ja ruokinta-aika oli pidempi. Tulokset muilla lajeilla ruokintakertojen määrässä vaihtelevat paljon. Esimerkiksi Linner ja Brännäs (2001) ruokkivat kirjolohtia ja nieriöitä 8 tai 32 kertaa vuorokaudessa. Kirjolohet kasvoivat parhaiten 8 ruokintakerralla, kun taas nieriät 32 ruokintakerralla. Ruohonen ym. (1998) suosittelivat kirjolohelle vähintään kolmea ruokintakertaa vuorokaudessa.

Joka toinen päivä 45 minuuttia ruokitut kuhat eivät täysin yltäneet päivittäin 45 minuuttia ruokittujen kasvun tasolle. Ero ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkittävä, ja kuhat pystyivät kompensoimaan paastopäiviä kasvattamalla ravinnonkulutustaan. Luonnonvesissä kuha on petokala, jonka ravinnon saatavuus riippuu saalislajien saatavuudesta. Tällöin ravinnon saatavuus voi olla satunnaista ja kuhan on syötävä silloin, kun ravintokohteita on saatavilla ja toisaalta taas paastottava. Voidaankin olettaa, että kuhalla on hyvä potentiaali sopeutua harvaan ruokintaan. Aikaisemmin kuhan kompensatiokasvua tutkineet Mattila ym. (2009) havaitsivat myös, että kuha pystyy kompensoimaan paastopäiviä kasvattamalla ravinnonkulu-

tusta, kun ruokaa on saatavilla. Kuhia ruokittiin joko päivittäin (kontrolli), joka toinen päivä, joka neljäs päivä tai kerran viikossa. Kompensaatio oli suurinta pisimpään paastonneilla, ja kuhat sopeutuivat harvaan ruokintaan kasvattamalla mahan kokoa pystyäkseen syömään kerralla enemmän.

Myös Mattilan ym. kokeessa (2009) joka toinen päivä ruokittujen kasvu jäi hieman kontrollikaloja pienemmäksi, mutta ero ei ollut merkittävä. Heidän kokeessaan ravinnonkulutus ruokintakertaa kohden oli joka toinen päivä ruokituilla keskimäärin koko kokeen aikana 1,8 kertaa niin suurta kuin kontrollikaloilla. Tässä kokeessa joka toinen päivä 45 minuuttia ruokittujen ravinnonkulutus ruokintakertaa kohden oli myös noin 1,8 kertaa niin suurta kuin päivittäin 45 minuuttia ruokituilla. Päivittäin ruokitut kuhat käyttivät vain osan ruokailupotentiaalistaan. Mattilan ym. (2009) kokeessa kerran viikossa ruokitut söivät ruokintakerralla kokeen loppupuoliskolla jopa 3,3 kertaa niin paljon kuin kontrollikalat. Kokeen loppupuoliskolla kompensaatio oli suurempaa kuin alussa, joten kuha tarvitsee aikaa sopeutuakseen harvaan ruokintaan. Tässäkin kokeessa kompensaatiokerroin olisi voinut olla mahdollisesti suurempi, jos se olisi laskettu erikseen kokeen loppuosiolle tai koetta olisi jatkettu.

Kiitokset

Kasvatuskokeen käytännön toteutuksesta vastasi RKTL:n Laukaan toimipaikan viljelyhenkilöstö, Maija Pellinen, Jukka Bomberg ja Leena Kytömaa.

Viitteet

- Alanärä, A. 1992. The effect of time-restricted demand feeding on feeding activity, growth and feed conversion in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 108: 357–368.
- Alanärä, A. 1994. The effect of temperature, dietary energy content and reward level on the demand feeding activity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 126: 349–359.
- Ali, M. & Wootton, R.J. 2001. Capacity for growth compensation in juvenile three-spined sticklebacks experiencing cycles of food deprivation. *J. Fish Biol.* 58: 1531–1544.
- Andrews, J.W. & Page, J.W. 1975. The effects of frequency of feeding on culture of catfish. *Transactions of the American Fisheries Society* 104(2): 317–321.
- Bódis, M., Kucska, B. & Bercsényi, M. 2007. The effect of different diets on the growth and mortality of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) in the transition from live food to formulated feed. *Aquaculture International* 15(1): 83–90.
- Boujard, T., Burel, C., Médale, F., Haylor, G. & Moisan, A. 2000. Effect of past nutritional history and fasting on feed intake and growth in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquatic Living Resources* 13: 129–137.
- Bull, C.D. & Metcalfe, N.B. 1997. Regulation of hyperphagia in response to varying energy deficits in overwintering juvenile Atlantic salmon. *J. Fish Biol.* 50: 498–510.
- Grant, J. 1993. Whether or not to defend? The influence of resource distribution. *Marine Behaviour and Physiology* 23 (1-4): 137–153.
- Grayton, B.D. & Beamish, F.W.H. 1977. Effects of feeding frequency on food intake, growth and body composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* 11(2): 159–172.
- Hayward, R.S., Noltie, D.B. & Wang, N. 1997. Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. *Transactions of the American Fisheries Society* 126(2): 316–322.
- Hilge, V. & Steffens, W. 1996. Aquaculture of fry and fingerling pike-perch (*Stizostedion lucioperca* L.) – a short review. *Journal of Applied Ichthyology* 12: 167–170.
- Jokelainen, T. & Koskela, J. 2007. Kuhan alkukasvatus onnistuu *Artemia*-äyriäisen ja rehun yhteisruokinnalla. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 4/2007. 16 s.
- Jokelainen, T., Koskela, J. & Suomalainen, L.-R. 2009. Kuhan kasvatus ruokakalaksi – kirjallisuuskatsaus. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 3/2009. 54 s.
- Kalatietokeskus. 2004. Kuhalku – Kuhan alkuruokintamenetelmien kehittäminen. Loppuraportti. www2.fic.fi/tiedostot/File/Kuhalku%20loppuraportti%2016082005.pdf
- Knights, I. 1983. Food particle-size preferences and feeding behaviour in warmwater aquaculture of european eel, *Anguilla anguilla* (L.). *Aquaculture* 30(1-4): 173–190.
- Koli, L. 1990. *Suomen kalat*. WSOY, Porvoo. 357 s.
- 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.
- Koskela, J., Määttä, V., Vielma, J., Rahkonen, R., Forsman, L., Setälä, J. & Honkanen, A. 2002. Siian kasvatus ruokakalaksi. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos*. 48 s.
- Koskela, J., Setälä, J., Saarni, K. & Kankainen, M. 2005. Esiselvitys kuhan kasvatuksen mahdollisuuksista. *Kala- ja riistaraportteja* 348. 19 s. + liitteet.
- Koskela, J., Kankainen, M., Setälä, J., Naukkarinen, M. & Vielma, J. 2007. Kuhan ruokakalakasvatuksen kannattavuus verkkoallaskasvatuksessa ja lämminvesiviljelyssä. *Kala- ja riistaraportteja* 403. 27 s.
- Kristiansen, H.R. 1999. Discrete and multiple meal approaches applied in a radiographic study of feeding hierarchy formation in juvenile salmonids. *Aquaculture Research* 30(7): 519–527.
- Linner, J. & Brannas, E. 2001. Growth in arctic charr and rainbow trout fed temporally concentrated or spaced daily meals. *Aquaculture International* 9: 35–44.
- Luchiaro, A.C., Morais Freire, F.A., Koskela, J. & Pirhonen, J. 2006. Light intensity preference of juvenile pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture Research* 37: 1572–1577.
- Marttinen, P. & Menna, T. 2007. Selvitys lämpimän veden vaikutuksesta ahvenen ja kuhan kasvatuksessa esiinviini ongelmiin. Loppuraportti. Imatran ympäristönsuojelutoimisto. 31 s.

- Mattila, J. 2008. Ruokintarytmin vaikutus kuhan, *Sander lucioperca* (L.), kasvuun, ravinnonkulutukseen ja fysiologiaan. Pro gradu-tutkielma, Jyväskylän yliopisto. 33 s.
- Mattila, J., Koskela, J. & Pirhonen, J. 2009. The effect of the length of repeated feed deprivation between single meals on compensatory growth of pikeperch *Sander lucioperca*. *Aquaculture* 296: 65–70.
- Nagel, T. 1996. Intensive culture of fingerling walleye on formulated feeds. Teoksessa: Summerfelt, R.C. (toim.). *Walleye culture manual. NCRAC Culture Series 101. North Central Regional Aquaculture Center, Publications office, Iowa State University, Ames*. S. 205–207.
- Nikki, J., Pirhonen, J., Jobling, M. & Karjalainen, J. 2004. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. *Aquaculture* 235: 285–296.
- Nyina-wamwiza, L., Xu, X.L., Blanchard, G. & Kestemont, P. 2005. Effect of dietary protein, lipid and carbohydrate ratio on growth, feed efficiency and body composition of pikeperch *Sander lucioperca* fingerlings. *Aquaculture Research* 36: 486–492.
- Ostaszewska, T., Dabrowski, K., Czuminiska, K., Olech, W. & Olejniczak, M. 2005. Rearing of pike-perch larvae using formulated diets – first success with starter feeds. *Aquaculture Research* 36: 1167–1176.
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2013. Vesiviljely 2012. *Riista- ja kalatalous – Tilastoja 5/2013. Suomen Virallinen Tilasto – Maa-, metsä- ja kalatalous*. 28 s.
- Ruohonen, K., Vielma, J. & Grove, D. J. 1998. Effects of feeding frequency on growth and food utilisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low-fat herring or dry pellets. *Aquaculture* 165: 111–121.
- Ruuhijärvi, J. & Hyvärinen, P. 1996. The status of pike-perch culture in Finland. *Journal of Applied Ichthyology* 12: 185–188.
- Ruuhijärvi, J., Virtanen, E., Salminen, M. & Muyunda, M. 1991. The growth and survival of pike-perch, *Stizostedion lucioperca* L., larvae fed on formulated feeds. Teoksessa: Lavens, P., Sorgeloos, P., Jaspers, E., Ollivier, F. (toim.). LARVI '91. Fish & Crustacean larviculture symposium. *Special Publication No. 15. European Aquaculture Society, Gent, Belgia*. S. 154–156.
- Smith, I.P., Metcalfe, N.B. & Huntingford, F.A. 1995. The effects of food pellet dimensions on feeding responses by atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a marine net pen. *Aquaculture* 130(2): 3–175.
- Steffens, W., Geldhauser F., Gerstner, P. & Volker, H. 1996. German experiences in the propagation and rearing of fingerling pikeperch (*Stizostedion lucioperca*). *Annales Zoologici Fennici* 33: 627–634.
- Tabachek, J. 1988. The effect of feed particle size on the growth and feed efficiency of arctic charr (*Salvelinus alpinus* (L.)). *Aquaculture* 71(4), 319–330.
- Tang, M. & Boisclair, D. 1995. Relationship between respiration rate of juvenile brook trout (*Salvelinus fontinalis*), water temperature, and swimming characteristics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52(10): 2138–2145.
- Tsevis, N., Klaoudatos, S. & Conides, A. 1992. Food conversion budget in sea bass, *Dicentrarchus labrax*, fingerlings under two different feeding frequency patterns. *Aquaculture* 101: 293–304.
- Wang, N., Xu, X. & Kestemont, P. 2009. Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). *Aquaculture* 289: 70–73.
- Xu, X., Maboudou, J., Imorou Toko, I. & Kestemont, P. 2003. Larval study on pikeperch *Stizostedion lucioperca*: Effects of weaning age and diets (live and formulated) on survival, growth, cannibalism, deformity and stress resistance. Teoksessa: Barry, T.P., Malison, J.A. (toim.). *Proceedings of PERCIS III, the Third International Percid Fish Symposium*. S. 55–56.
- Zakes, Z. 1997. Converting pond-reared pikeperch fingerlings, *Stizostedion lucioperca* (L.) to artificial food – effect of water temperature. *Archives of Polish Fisheries* 5(2): 313–324.
- Zakes, Z. & Szczepkowski, M. 2004. Induction of out-of-season spawning in pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture International* 12: 11–18.
- Zakes, Z., Kowalska, A., Czerniak, S. & Demska-Zakes, K. 2006. Effect of feeding frequency on growth and size variation in juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). *Czech Journal of Animal Science* 51: 85–91.
- Zhu, X., Cui, Y., Ali, M. & Wootton, R.J. 2001. Comparison of compensatory growth responses of juvenile three-spined stickleback and minnow following similar food deprivation protocols. *Journal of Fish Biology* 58: 1149–1165.



Itella Green

JULKAISIJA

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Viikinkaari 4

PL 2

00791 Helsinki

Puh. 0295 301 000

www.rktl.fi