

KALA- JA RIISTARAPORTTEJA nro 336

Ville Leppäniemi

Alamittaisten kuhien eloonjäänti ja toipuminen
troolikalastuksen jälkeen

Paltamo 2004

Ville Leppäniemi

Alamittaisten kuhien eloonjäanti ja toipuminen troolikalastuksen jälkeen

Tutkimusraportti

Kainuun TE-keskus

282291

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää alamittaisten kuhien eloonjäantiä ja toipumista troolikalastuksen ja saaliinkäsittelyn yhteydessä käytetyn jäähdytysmenetelmän aiheuttamista rasituksista. Tutkimus tehtiin Oulujärvellä, yhteistyössä paikallisten ammattikalastajien kanssa normaalin kalastuksen yhteydessä. Tutkimuksessa havaittiin, että lyhyt kylmäältistus (10 min) ei lisännyt kuhien kuolevuutta (17 %) verrattuna kaloihin, jotka eivät olleet altistuneet lämpötilan muutoksille vedon jälkeen (kuolevuus 16 %). Pitkän kylmäältistuksen (2 h) jälkeen kuolevuus (83 %) lisääntyi merkittävästi. Kuolevuus oli lisäksi merkittävästi suurempi 1- ja 2-vuotiailla kaloilla kuin 3-vuotiailla. Lyhytkin (10 min) kylmäältistus aiheutti kuitenkin kuhille lisästressiä vedon jälkeen, mikä havaittiin korkeampina kortisolipitoisuuksina. Kalat toipuivat pelkästä troolauksesta ja lyhyestä (10 min) kylmäältistuksesta kahdessa vuorokaudessa, mutta pitkän (2 h) kylmäältistuksen saaneet kuhat eivät toipuneet. Tulosten perusteella alamittaiset kuhat tulisi etsiä saaliin joukosta mahdollisimman pian vedon päätyttyä, jolloin kuhien mahdollisuudet jäädä eloon ja toipua ovat hyvät.

kuha, troolaus, kylmäältistus, sivusaalis

Kala- ja riistaraportteja 336

951-776-473-1

1238-3325

16 s.

suomi

julkinen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely
Manamansalontie 90
88300 Paltamo
Puh. 0205 751 640 Fax. 0205 751 649
<http://www.rkti.fi/tutkimuslaitos/julkaisut> (pdf)

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Pukinmäenaukio 4
PL 6
00721 Helsinki
Puh. 0205 7511 Fax. 0205 751 201

Sisällys

JOHDANTO	1
AINEISTO JA MENETELMÄT	2
Tutkimusalue	2
Troolikalastus tutkimuksen aikana.....	2
Venekuntien käyttämien saaliin käsittelytapojen vertailu.....	3
Näytekalojen käsittely aluksella ja sumputusmenettely.....	4
Verinäytteenotto ja kortisolipitoisuuden määrittäminen	5
Aineiston tilastollinen tarkastelu.....	5
TULOKSET	6
Kuhien kuolleisuus.....	6
Kuhien toipuminen.....	8
TULOSTEN TARKASTELU.....	10
SUOSITUKSET	13
KIITOKSET	14
KIRJALLISUUS.....	15

Johdanto

Pyüdyksiin joutuneet arvokalat, jotka eivät täytä lakisääteistä alamittaa, on vapautettava. Vapautettavat kalat ovat usein stressaantuneita, uupuneita ja ne voivat saada fyysisiä vammoja pyynnin tai saaliin käsittelyn yhteydessä. Kalat voivat kuolla myös pelkän voimakkaan fyysisen rasituksen jälkeen (Wood ym. 1983). Kalojen toipuminen pyynnin aiheuttamista rasituksista ja eloonjäanti riippuvat paljon käytetystä kalastusmenetelmästä, kalalajista sekä kalojen käsittelytavasta (Chopin ja Arimoto 1995). Verkkokalastuksessa pyynnin aiheuttamiin rasituksiin kuolleiden kalojen määrä on ollut suuri, mutta siimapyynnissä kuolleiden kalojen määrä on vaihdellut 0-80 % käytetyn pyyntimenetelmän mukaan (Neilson ym. 1989, Pankhurst ja Dedual 1994, Chopin ja Arimoto 1995, Davis ja Olla 2001). Myös troolikalastuksessa kuolleiden kalojen määrä on vaihdellut (Wassenberg ja Hill 1983, Chopin ja Arimoto 1995). Esimerkiksi kookkaiden kalojen on todettu selviytyvän pieniä paremmin troolauksen aiheuttamista rasituksista (Neilson ym. 1989). Myös monet pyyntitekniset seikat vaikuttavat kalojen selviytymiseen. Vapautettuja kaloja on jäänyt eloon enemmän ja kalojen toipuminen on ollut nopeampaa jos vetoaika on ollut lyhyt, kokonaissaalis pieni (Neilson ym. 1989, Soivio ym. 1991, Berghahn ym. 1992, Turunen ym. 1994), vetovauhti on ollut hidas (Olla ym. 1997) ja pyynti on tapahtunut pintavetona (Jurvelius ym. 2000).

Pyyntitapahtuman jälkeen vapautettavia kaloja käsitellään normaalin saaliin käsittelyn yhteydessä, tai kun niitä etsitään saaliin joukosta. Osa Suomen sisävesien troolikalastajista käyttää saaliin laatua parantavaa menettelyä, jossa saalis nostetaan järvestä jäähileistä vettä sisältävään astiaan. Nopea saaliin jäähditys parantaa sen säilyvyyttä. Toisaalta nopean lämpötilan laskun tiedetään stressaavan ja jopa tappavan kaloja (Ash ym. 1974, Barton ja Peter 1982, Tanck ym. 2000). Vapautettavien kalojen etsiminen ja löytäminen muun saaliin joukosta voi olla hankalaa esimerkiksi silloin, kun kalat ovat kooltaan pieniä. Pitkäkestoinen kylmäältistus saattaa lisätä kalojen rasitustilaa vedon jälkeen. Kylmäkäsittelyn on myös havaittu hidastavan kalojen toipumista rasituksesta (Hyvärinen ym. 2004).

Jäähileisestä vedestä takaisin järviveteen vapautettu kala kokee toisen nopean lämpötilan muutoksen, jonka suuruus riippuu järviveden lämpötilasta. Myös nopean lämpötilan nousun on havaittu stressaavan kaloja ja kohottavan kalojen kuolleisuutta. (Olla ym. 1998, Davis ja Olla 2001, Davis ym. 2001). Suomen sisävesillä troolisaaliin joukkoon eksyviä alamittaisia arvokaloja ovat mm. kuhat (*Sander lucioperca*) (Jurvelius ym. 2000, Sutela ym. 2001, Korhonen ym. 2004). Nopea lämpötilan aleneminen saaliin jäähdityksen yhteydessä saattaa vaikuttaa erityisen voimakkaasti lämpimässä vedessä viihtyvien kuhien toipumiseen troolikalastuksen aiheuttamista rasituksista sekä niiden eloonjäantiin.

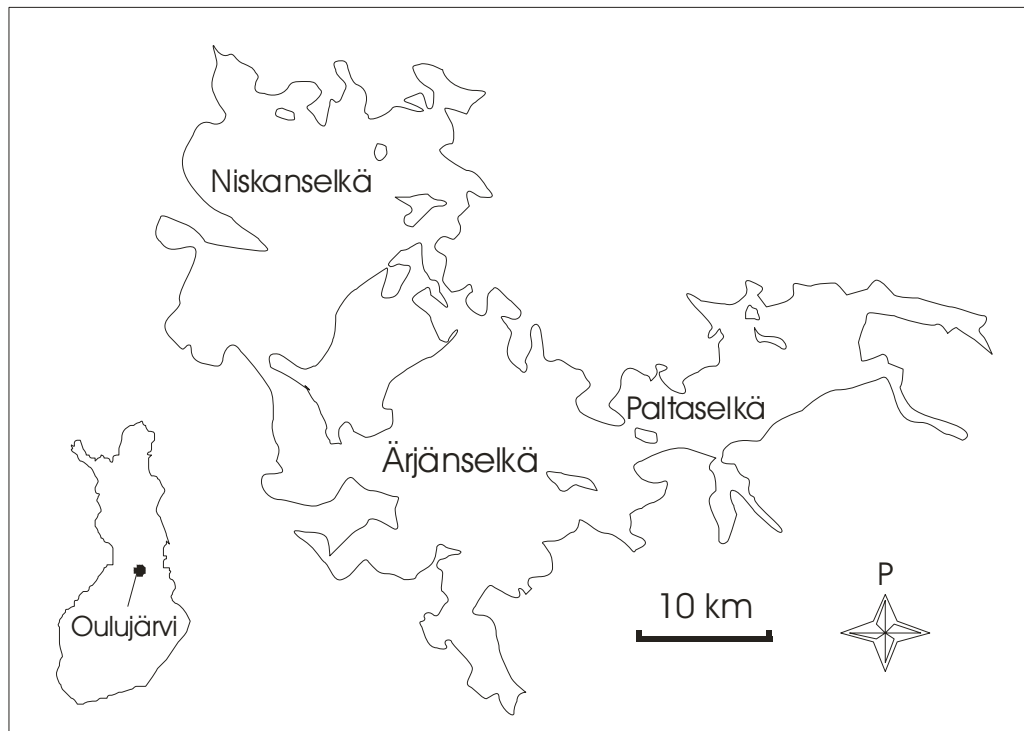
Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää alamittaisten (< 37 cm) kuhien eloonjäantiä ja toipumista troolikalastuksen, sekä saaliin käsittelyn aiheuttamista rasituksista. Erityisesti arvioidaan sitä, lisääkö lyhyt- (10 min) tai pitkäkestoinen (2 h) kylmäältistus alamittaisten kuhien kuolevuutta troolinvedon jälkeen. Kalojen toipumista arvioitiin verinäytteistä mitattavan kortisolipitoisuuden avulla, koska kortisolipitoisuus on herkkä kalan kokemalle ympäristömuutokselle ja kortisolia erittyy kalan verenkiertoon nopeasti jo stressireaktion alkuvaiheessa (Strange ym. 1977, Wedemeyer ja McLeay 1981). Kuhien kuolleisuus laskettiin heti troolauksen jälkeen otetuista sekä kahden vuorokauden kuluttua pyyntitapahtumasta otetuista näytteistä.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimusalue

Tutkimus tehtiin Oulun läänissä sijaitsevalla Oulujärvellä (kuva 1), joka on pinta-alaltaan (928 km²) Suomen neljänneksi suurin järvi. Järvi muodostuu kolmesta selkäalueesta (Niskan-, Ärjän- ja Paltaselkä), joista Ärjänselkä muodostaa Suomen suurimman sisävesien selkäalueen. Oulujärven suurin syvyys on 36 metriä ja keskisyvyys 7,6 metriä. Järveä on säännöstelty Jylhämän voimalaitoksella vuodesta 1951, keskimääräisen vuotuisen pinnanvaihtelun ollessa 1,8 m. Järven vesi on ulappa-alueilla humuspi-toista ja vähäravinteista (Salojärvi ym. 1985, Vehanen ym. 1998).

Vehasen ym. (1998) mukaan järvellä kalasti vuonna 1995 noin 50 ammattikalastajaa sekä noin 3700 kotitarve- ja virkistyskalastustaloutta. Vuonna 1987 alkanut muikun troolikalastus on nykyään järven ammattikalastajien tärkein pyyntimuoto (Sutela ym. 2001). Troolikalastus on keskittynyt Niskan- ja Ärjänselän selkäalueille ja sitä harjoitetaan koko avovesikauden ajan toukokuulta marraskuulle.



Kuva 1. Oulujärven sijainti sekä järven selkäalueet.

Troolikalastus tutkimuksen aikana

Tutkimus tehtiin yhteistyössä kahden Ärjänselällä troolanneen venekunnan (A ja B) kanssa normaalin kalastuksen yhteydessä. Tutkimusaineisto kerättiin 29.6.2002-1.8.2002 välisenä aikana. Troolaus tapahtui parivetona troolin yläpaulan kulkiessa 1-3 m vedenpinnan alapuolella. Kalastustilanteesta tallennettiin vetokohtaisesti vetoaika sekä aika, joka kului vedon päättymisestä siihen, kun saalis oli nostettu kokonaan saalisastiaan. Vetoaika alkoi, kun alukset erkanivat toisistaan ja päättyi, kun alukset olivat jälleen yhdessä. Vetoajat vaihtelivat 30-106 minuutin välillä ja saaliin nostoon aikaa kului 5-25 minuuttia.

Vedon alku- ja loppupisteiden koordinaatit sekä vetonopeus määritettiin GPS-laitteistolla. Vetonopeudet vaihtelivat tutkimusaikana 3,3-4,0 km/h. Järviveden, saalisastian ja toipumisveden lämpötilat mitattiin digitaalisella lämpömittarilla asteen kymmenesosan tarkkuudella. Troolin peräpusseissa käytettiin neliön muotoista havasta. Havaksen solmuväli vaihteli 12-14,5 mm. Saaliin kokonaismäärä sekä lajikohtaiset saaliit arvioitiin vetokohtaisesti. Vetojen kokonaissaaliin määrä vaihteli 32-550 kg.

Venekuntien käyttämien saaliin käsittelytapojen vertailu

Venekuntien A ja B käyttämät pyyntimenetelmät olivat samanlaiset, mutta saaliin käsittelytavoissa oli eroa. Venekunta A tyhjensi saaliin ensin järvivettä (lämpötila 15,0-21,4 °C) sisältävään altaaseen, josta saalis nostettiin jäitä ja vettä sisältävään kuljetusaltaaseen. Alamittaisina vapautettavat kalat pystyttiin etsimään ennen niiden joutumista jäähileastiaan, joten ne eivät altistuneet veden lämpötilanmuutoksille vedon jälkeen. Venekunta B nosti saaliin järvivedestä suoraan jäähilettä sisältävään saalisastiaan (lämpötila 0,3-2,2 °C), jolloin kalat kokivat nopean lämpötilan laskun. Jäähileistä vettä sisältäneestä saalisastiasta löytyneet alamittaiset kalat altistuivat nopealle lämpötilan nousulle, kun ne vapautettiin takaisin järveen (lämpötila 15,0-21,4 °C).

Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää kuinka paljon erilaiset saaliin käsittelytavat rasittavat alamittaisia kuhia, sekä vaikuttaako käsittelytapa kalojen eloonjääntiin ja toipumiseen vapauttamisen jälkeen. Vertailtaviksi käsittelyiksi otettiin kolme erilaista menetelytapaa (L10, K10 ja K120). Käsittelyssä L10 kuhat eivät altistuneet lämpötilamuutoksille troolauksen jälkeen (venekunta A). Käsittelyssä K10 kuhat olivat 10 minuuttia jäähileisessä vedessä troolauksen jälkeen (venekunta B). Kymmenen minuuttia oli keskimäärin aika, jonka kuluessa suurin osa vapautettavista kuhista löytyi huolellisella etsinnällä. Käsittelyssä K120 kuhat olivat 120 minuuttia jäähileisessä vedessä troolauksen jälkeen (venekunta B). Kalastajilta kului keskimäärin kaksi tuntia saaliin nostosta satamaan palaamiseen. Aiempien havaintojen perusteella (Korhonen ym. 2004) pieniä kuhia voi löytyä vielä satamassa tapahtuvan saaliin lajittelun yhteydessä. Eripituisia kylmäkäsittelyaikoja vertailtiin siksi, että pystyttäisiin arvioimaan ovatko vapautettavat kuhat elinkykyisiä vielä pitkän kylmäaltistuksen jälkeen. Kuhien toipumista tutkittiin kaksi vuorokautta eri käsittelyjen jälkeen (L10/48, K10/48 ja K120/48). Kuolleiden kalojen osuudet laskettiin ja elävistä kaloista otettiin verinäytteet kortisolipitoisuuden määrittämistä varten, sekä heti käsittelyjen, että kahden vuorokauden toipumisajan jälkeen (taulukko 1).

Sekä heti eri käsittelyjen, että kahden vuorokauden toipumisen jälkeen määritettyjä kortisolipitoisuuksia verrattiin toisiinsa. Kortisolipitoisuuksia verrattiin myös häiriintymättömien kalojen arvoihin, jotka määritettiin Kainuun kalantutkimus- ja vesiviljelylaitoksessa viljellyistä 3-vuotiaista kuhista. Kalat pyydystettiin yksitellen viljelyaltaasta haavilla ja tainnutettiin välittömästi napakalla iskulla päähän ennen verinäytteen ottamista. Altaan veden lämpötila oli 17,4 °C (taulukko 1).

Taulukko 1. Kuhien määrä ja keskipituus eri käsittelyissä.

Käsittely	Lyhenne	n	Pituus mm	Keskivirhe mm
Trooliveto + 10 min järivedessä	L10	107	185	4,6
Trooliveto + 48 h järivedessä	L10/48	70	182	4,9
Trooliveto + 10 min jäävedessä + 10 min järivedessä	K10	74	198	5,4
Trooliveto + 10 min jäävedessä + 48 h järivedessä	K10/48	90	186	5,1
Trooliveto + 120 min jäävedessä + 10 min järivedessä	K120	131	166	3,6
Trooliveto + 120 min jäävedessä + 48 h järivedessä	K120/48	11	191	12,6
Häiriintymätön viljelty kala, joka nostettu altaasta haavilla	Häiriintymätön	6	200	5,6
Koko aineisto		489	182	2,1

Näytekalojen käsittely aluksella ja sumputusmenettely

Alamittaisten kuhien etsiminen aloitettiin välittömästi, kun saalis oli nostettu joko järvivettä (käsittelyt L10 ja L10/48) tai jäähileistä jäähdytysvettä (käsittelyt K10, K120, K10/48 ja K120/48) sisältävään saaliin kuljetusastiiaan. Löydetty kalat siirrettiin koekala-astiiaan, jossa veden lämpötila oli sama kuin saaliin kuljetusastiassa.

Koekala-astiasta kalat valittiin satunnaisesti verinäytteenottoa varten. Käsittelyssä L10 verinäytteenotto aloitettiin 10 minuutin kuluttua siitä, kun saalis oli nostettu alukseen. Näytteenottoa jatkettiin, kunnes näyte oli saatu viidestä kalasta, tai elävät kalat olivat loppuneet. Kuhien toipumisaika koekala-astiassa ennen verinäytteenottoa vaihteli 10-58 minuuttiin. Toipumisveden laadun tasaamiseksi puolet koekala-astian vedestä vaihdettiin 30 minuutin välein.

Käsittelyssä L10/48 kaloille tehtiin samat toimenpiteet kuin käsittelyssä L10, mutta kalat kuljetettiin toipumista varten rantaan koekala-astiassa. Kuljetuksen aikana koekala-astian vedestä vaihdettiin puolet 30 minuutin välein veden laadun tasaamiseksi. Keskimääräinen kuljetusaika oli 154 minuuttia ja se vaihteli 46–300 minuuttiin. Rannassa kuhat suljettiin sumpuihin yksilöllisesti. Sumpuina käytettiin 60 cm pitkiä ja halkaisijaltaan 20 cm muoviputkia, joiden päät oli suljettu silmäkooltaan 12 mm metalliverkolla. Sumput kuljetettiin metrin syvyiseen veteen. Kahden vuorokauden kuluttua sumput tyhjennettiin yksi kerrallaan satunnaisessa järjestyksessä. Viidestä sumputetusta kuhasta otettiin verinäyte, mikäli kaloja oli elossa riittävästi.

Käsittelyssä K10 saaliin joukosta löydetty kuhat nostettiin jäähilevettä sisältävään koekala-astiiaan, jossa veden lämpötila pidettiin samana kuin kalojen kuljetusastiassa, tarvittaessa jäitä lisäämällä. Kymmenen minuutin kuluttua kalat siirrettiin vastaavaan koekala-astiiaan, jossa oli järvivettä. Kalojen toivuttua järivedessä 10 minuuttia järivedessä aloitettiin verinäytteenotto. Näytteenottoa jatkettiin kunnes oli saatu näyte viidestä kalasta, tai elävät kalat olivat loppuneet. Kuhien toipumisaika koekala-astiassa ennen verinäytteenottoa vaihteli 10-78 minuuttiin. Toipumisveden laadun tasaamiseksi puolet koekala-astian vedestä vaihdettiin 30 minuutin välein. Käsittelyssä K120 kaloille tehtiin

samat toimenpiteet kuin käsittelyssä K10, mutta kalat altistuivat jäävedelle 120 minuuttia.

Käsittelyssä K10/48 kaloille tehtiin samat toimenpiteet kuin käsittelyssä K10, mutta kalat kuljetettiin toipumista varten rantaan koekala-astiassa. Tämän jälkeen kaloille tehtiin samat toimenpiteet kuin käsittelyssä L10/48. Käsittelyssä K120/48 kaloille tehtiin muutoin samat toimenpiteet kuin käsittelyssä K10/48, mutta kalat altistuivat jäävedelle 120 minuuttia.

Verinäytteenotto ja kortisolipitoisuuden määrittäminen

Näytekalaksi satunnaisesti valittu kuha tainnutettiin lyömällä sitä napakasti niskaan. Verinäyte otettiin heti tainnutuksen jälkeen kalan valtimokeosta halkaisijaltaan 0,8 mm heparinisoidulla neulalla. Kortisolipitoisuus määritettiin veren plasmasta, joka erotettiin sentrifugissa (3 min ja 10000/min). Sentrifugissa erottunut plasma pakastettiin nestemäiseen tyypeen kannestaan reikäisissä Eppendorf-putkissa. Plasman kortisolipitoisuus mitattiin käyttämällä kaupallista radioimmunologista valmistetta (Coat-A-Count, Diagnostic Products Corporation). Näytteiden kortisolipitoisuudet määrittämi Salmolab (Helsinki). Pakasteeseen säilöttyjen näytekalojen pituus (mm), paino (g) ja ikä (suomunäytteestä) määritettiin myöhemmin laboratoriossa.

Aineiston tilastollinen tarkastelu

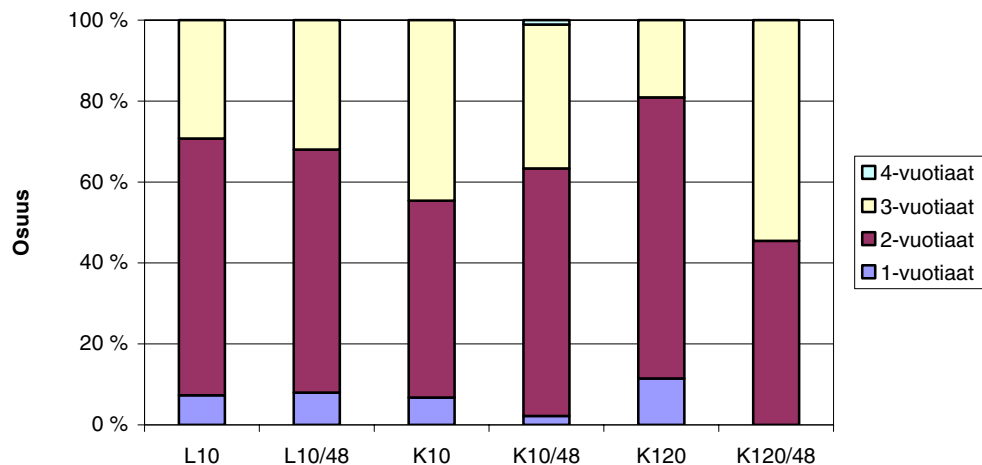
Aineiston tilastolliseen tarkasteluun käytettiin SPSS for Windows ohjelman versiota 12.0.1. Käsittelyjen välisten kortisolipitoisuuksien erojen havaitsemiseksi käytettiin ei-parametrinen Mannin-Whitneyn U-testiä, koska parametristen testien edellyttämät jakaumien normaalisuusoletukset eivät täytyneet. Kortisolipitoisuuden riippuvuutta almittaisten kuhien pituudesta, painosta, vedon kestosta, kokonaissaaliin määrästä ja järiveden lämpötilasta sekä käsittelyn että verinäytteenoton välisen toipumisajan kestosta arvioitiin Spearmanin korrelaatiokertoimen (r_s) avulla. Kalojen kuolleisuuden erot eri käsittelyjen ja eri-ikäisten kalojen välillä testattiin X^2 -nelikenttätestillä.

Tulokset

Kuhien kuolleisuus

Kuhien määrä kuolleisuustarkastelussa oli 397. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin häiriintymättömät kalat (6), sekä kaikki venekunnan A aluksella 15.7.2002 koekaloiksi pyydystetyt kuhat (86), koska kaloja kuoli kuljetuksen aikana poikkeuksellisen paljon. Kalojen korkeaan kuolleisuuteen vaikuttivat todennäköisesti helteinen päivä (25 °C), alamittaisten kuhien suuri määrä sekä kolmen troolivedon takia normaalia pidemmäksi muodostunut kuljetusaika (300 min), jolloin vedenvaihtoista huolimatta kuljetuksen rasitukset muodostuivat kaloille muita troolauspäiviä suuremmiksi. Verinäytteet kuhista otettiin kuitenkin normaalisti, koska käsittelyssä L10 ne pystyttiin tekemään ennen kuljetusta, eikä kyseisenä päivänä sumputettujen kalojen kortisolipitoisuus eronnut muiden käsittelyn L10/48 (Mann-Whitney $P > 0.05$) kaloista.

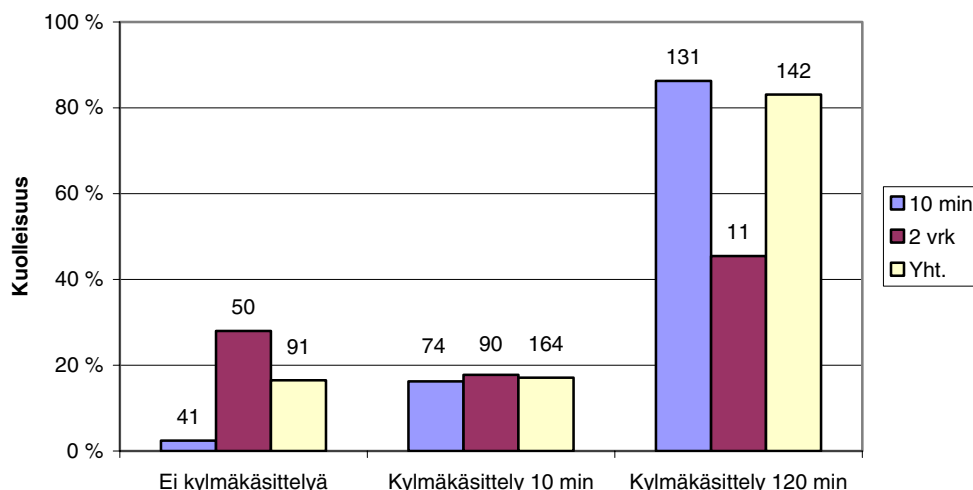
Käsittelyssä K120/48 ei 1-vuotiaita kuhia ollut lainkaan ja muissa käsittelyissä niiden osuus oli alle 12 % (kuva 2). Suurin osa koekaloista oli 2- tai 3-vuotiaita kuhia. Neljävuotiaita kaloja oli yksi käsittelyssä K10/48, osuuden ollessa 1 % kaikista käsittelyn kaloista.



Kuva 2. Eri-ikäisten kalojen suhteelliset osuudet eri käsittelyissä.

Kuolleiden kalojen määrä oli pienin (2 %) käsittelyssä L10 ja suurin (86 %) käsittelyssä K120. Käsittelyssä K10 kalojen kuolleisuus oli 16 %. Kahden vuorokauden sumpussa olon jälkeen kuolleiden kuhien määrä oli pienin (18 %) käsittelyssä K10/48 ja suurin (45 %) käsittelyssä K120/48 (kuva 3).

Eri käsittelyistä aiheutunut kokonaiskuolevuus laskettiin yhdistämällä heti troolinvedon ja 48 tunnin jälkeen kuolleiden kalojen määrä. Kokonaiskuolevuus oli suurin (83 %) troolauksen jälkeen 2 tuntia jäävedelle altistuneilla kuhilla (K120 + K120/48). Ero oli muihin käsittelyihin verrattuna tilastollisesti merkitsevä ($P < 0,001$). Kymmenen minuutin jäävesialtistus (K10 + K10/48, kuolleisuus 17 %) ei lisännyt merkitsevästi ($P > 0,1$) kuolleisuutta troolauksen jälkeen (L10 + L10/48, kuolleisuus 16 %) (kuva 3).



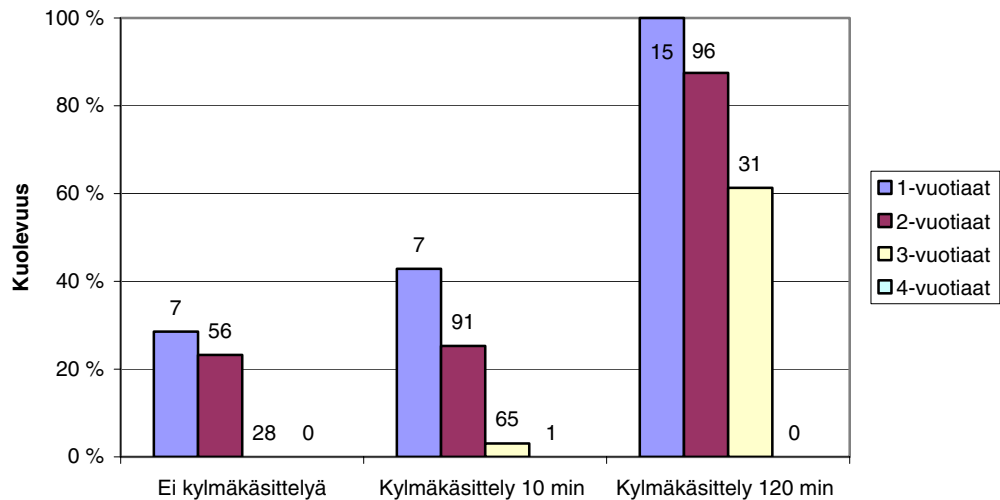
Kuva 3. Kuhien kokonaismäärä, kuolleiden kuhien osuus koekaloista 10 minuutin ja 2 vuorokauden toipumisen jälkeen, sekä kokonaiskuolevuus eri käsittelyissä.

Vuoden vanhojen kuhien kokonaiskuolevuus oli troolauksen ja 10 minuutin kylmäältistuksen jälkeen 43 % (K10 + K10/48) ja ilman kylmäältistusta 29 % (L10 + L10/48), mutta kuolleiden kalojen määrissä ei ollut merkitsevää eroa ($P > 0,1$). Troolinvedon ja kahden tunnin kylmäältistuksen jälkeen (K120 + K120/48) kuolleiden 1-vuotiaiden kuhien määrä (100 %) erosi merkitsevästi muista käsittelyistä ($P < 0,01$) (kuva 4).

Kaksivuotiaiden kuolleiden kuhien määrissä ei ollut eroa ($P > 0,1$) pelkän troolinvedon (L10 + L10/48, kokonaiskuoleisuus 23 %) ja troolauksen lisäksi 10 minuutin kylmäältistuksen (K10 + K10/48, kokonaiskuoleisuus 25 %) jälkeen, mutta kahden tunnin kylmäältistuksen jälkeen (K120 + K120/48) 2-vuotiaiden kuolleiden kalojen määrä (88 %) oli muita käsittelyjä merkitsevästi suurempi ($P < 0,001$) (kuva 4).

Kuolleiden 3-vuotiaiden kuhien kokonaismäärissä ei myöskään ollut eroa ($P > 0,1$) pelkän troolinvedon (L10 + L10/48, kuolleisuus 0 %) ja vedon jälkeen 10 minuutin jääältistuksen (K10 + K10/48, kuolleisuus 3 %) saaneilla kaloilla. Kahden tunnin jääältistuksen jälkeen (K120 + K120/48) kokonaiskuolevuus oli suuri (61 %) myös 3-vuotiailla kuhilla ja kalojen kokonaiskuolevuus erosi merkittävästi muista käsittelyistä ($P < 0,001$) (kuva 4).

Eri-ikäisten kuolleiden kuhien kokonaismäärät saatiin, kun yhdistettiin eri käsittelyissä olleiden eri-ikäisten kuhien määrä. Vuoden vanhojen kuhien kokonaiskuolevuus oli 69 %, mutta kuolleiden kalojen määrä ei eronnut merkitsevästi ($0,05 < P < 0,1$) 2-vuotiaiden kuolleiden kuhien määrästä (49 %). Toisaalta 3-vuotiaiden kuolleiden kuhien määrä (17 %) oli merkitsevästi pienempi ($P < 0,001$) kuin nuorempien kuhien. Kalojen kuolleisuuksissa havaitut erot osoittavat nuorten, 1- ja 2-vuotiaiden kuhien, menehtyvän helpommin troolauksen yhteydessä ja sen, että lyhyt (10 min) kylmäältistus ei vielä merkittävästi kohota kuolleiden kuhien määrää, mutta kahden tunnin altistus kylmälle koottaa alamittaisten kuhien kuolleisuutta huomattavasti.



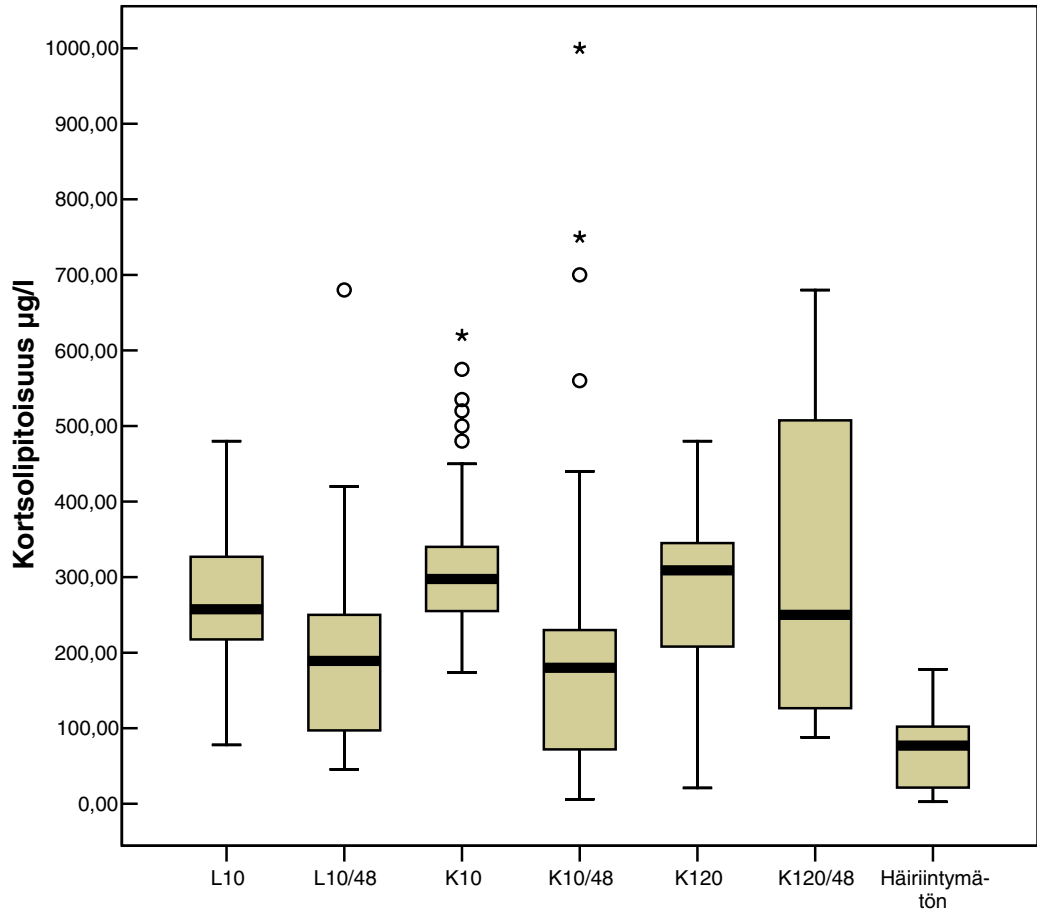
Kuva 4. Eri-ikäisten kuhien kokonaismäärä ja kuolleiden kalojen osuus ikäryhmittäin eri käsittelyissä.

Kuhien toipuminen

Kortisolinäytteitä otettiin yhteensä 191 kalasta (taulukko 2). Keskimääräiset kortisolipitoisuudet olivat suurimmat kaikissa käsittelyissä heti vedon jälkeen. Kuhien kortisolipitoisuudet olivat käsittelyn K10 jälkeen tilastollisesti merkitsevästi korkeammat kuin käsittelyn L10 jälkeen (Mann-Whitney, $P < 0,05$). Kuhien kortisolipitoisuudet käsittelyn K120 jälkeen eivät kuitenkaan eronneet merkitsevästi käsittelyiden K10 ja L10 jälkeen havaituista kortisolipitoisuuksista. Tähän on voinut vaikuttaa aineiston suuri hajonta ja havaintojen pieni lukumäärä käsittelyssä K120 (kuva 5).

Sumputettujen kalojen kortisolipitoisuudet olivat merkittävästi alhaisemmat käsittelyiden L10 ja L10/48 sekä K10 ja K10/48 välillä ($P < 0,05$), mikä osoittaa kalojen toipuneen molempien käsittelyiden (K10 ja L10) jälkeen (kuva 5). Käsittelyn K120/48 keskimääräinen kortisolipitoisuus oli korkeampi kuin käsittelyssä K120, mutta kortisolipitoisuuksien ero ei ollut tilastollisesti merkittävä (taulukko 2). Tulos viittaisi siihen, että kalat eivät olisi ehtineet toipua kahdessa vuorokaudessa troolauksen ja 120 minuutin kylmäaltistuksen aiheuttamista rasituksista.

Häiriintymättömillä kaloilla keskimääräinen kortisolipitoisuus oli pienin (taulukko 2). Häiriintymättömien kalojen kortisolipitoisuus erosi tilastollisesti merkitsevästi ($P < 0,05$) kaikista muista käsittelyistä, paitsi käsittelyistä K10/48 ($P = 0,056$) ja K120/48 ($P = 0,086$). Käsittelyn K10/48 keskiarvo oli kuitenkin suurempi kuin käsittelyn L10/48, mikä viittaisi siihen, että myös suuri osa lämpötilan muutoksille altistumattomista kuhista olisi toipunut häiriintymättömien kalojen tasolle. Käsittelyssä K120/48 verinäytteitä oli vähän (4) ja kalojen keskimääräinen kortisolipitoisuus sekä keskiarvon keskiarvo olivat käsittelyistä suurimmat, joten kalat eivät olleet ehtineet toipua kahdessa vuorokaudessa, vaikka ero häiriintymättömiin kaloihin ei ollut merkitsevä.



Kuva 5. Kuhien kortisolipitoisuuksien jakaumat eri käsittelyissä.

Taulukko 2. Kortisolinäytteiden määrä ja keskimääräinen kortisolipitoisuus eri käsittelyissä.

Käsittely	n	Kortisolipitoisuus µg/l	Keskivirhe µg/l
L10	40	266,7	14,4
L10/48	32	200,6	22,4
K10	54	316,2	13,4
K10/48	43	207,5	31,9
K120	13	278,3	35,6
K120/48	4	317,0	131,5
Häiriintymätön	5	76,2	31,2
Koko aineisto	191	253,2	10,7

Vedon kestolla, saaliin määrällä ja järiveden lämpötilalla ei havaittu olevan merkittävää vaikutusta kortisolipitoisuuksiin (Spearmann $P > 0,05$). Kuhien pituudella ($r_s = -0,190$, $P < 0,01$), painolla ($r_s = -0,160$, $P < 0,05$) ja toipumisajalla koekala-astiassa ($r_s = -0,229$, $P < 0,01$) oli sen sijaan merkittävä negatiivinen riippuvuussuhde kortisolipitoisuuden kanssa. Tulos osoittaa että suuremmat kalat kestivät saaliinkäsittelyn pieniä paremmin ja, että kalojen toipuminen alkoi jo koekala-astiassa, jolloin pitkään toipumisastiassa olleet kalat olivat ehtineet toipua enemmän kuin kalat, joista verinäytteet otettiin heti näytteenoton alkuvaiheessa.

Tulosten tarkastelu

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella 10 minuutin kylmäaltistus ei lisännyt kuhien kuolevuutta troolauksen jälkeen. Sen sijaan pitkä (2 h) kylmäaltistus aiheutti merkittävää lisäkuolevuutta. Veren kortisolipitoisuuksien erojen perusteella kalojen rasitustila kuitenkin nousi troolauksen jälkeen, vaikka ne olisivat altistuneet vain lyhyen aikaa (10 min) jäähileiselle vedelle. Sekä lyhyen (10 min) kylmäkäsittelyn saaneet, että lämpötilan muutoksille altistumattomat kuhat toipuivat veren kortisolipitoisuuksien muutosten perusteella kahdessa vuorokaudessa troolivedon ja saaliin käsittelyn aiheuttamista rasituksista. Pitkään (2 h) kylmälle altistuneille kaloille tässä tutkimuksessa käytössä ollut kahden vuorokauden sumputusaika oli liian lyhyt, sillä kalat olisivat vaatineet pidemmän toipumisajan troolauksen ja saaliin käsittelyn aiheuttamista rasituksista. Lisäksi havaittiin, että 1- ja 2-vuotiaat kuhat kuolivat helpommin kuin 3-vuotiaat troolauksen ja saaliin käsittelyn yhteydessä.

Kalojen kuolevuus troolikalastuksen jälkeen oli tässä tutkimuksessa suurempi kuin, mitä Suomessa kuhilla tai taimenilla (*Salmo trutta*) on aiemmin havaittu olevan (Turunen ym. 1994, Jurvelius ym. 2000). Kuhia oli kuollut vain 4 %, kun kalat olivat tulleet saaliiksi pintavedon yhteydessä, mutta syvältä troolattujen ja paineen vaihteluille altistuneiden kuhien kuolevuus oli 47 %, kun kuhien oli annettu toipua sumpuissa viikon ajan (Jurvelius ym. 2000). Troolattujen taimenten kuolevuus on ollut 14,5 % (Turunen ym. 1994) tai 14 % (Jurvelius ym. 2000) viikon toipumisen jälkeen. Tässä tutkimuksessa troolaus tapahtui pintavetoina, joten kuhat eivät olleet altistuneet suurille paineen vaihteluille, kuten Jurveliuksen ym. (2000) tutkimuksessa. Aikaisemmissa tutkimuksissa kalat eivät olleet altistuneet lämpötilan muutoksille saaliin käsittelyn yhteydessä.

Muilla lajeilla (*Anoplopoma fimbria* ja *Hippoglossus stenoplesis*) tehdyissä tutkimuksissa kuolleiden määrät olivat suuria (75-100 %), kun kalat olivat altistuneet 30 minuuttia lämpimälle vedelle, jonka lämpötila oli 11-11,2 °C korkeampi kuin mihin kalat olivat tottuneet, simuloidun troolikalastuksen jälkeen (Olla ym. 1998, Davis ja Olla 2001, Davis ym. 2001). Toisaalta lyhyen (10 min) kylmäaltistuksen ei ole havaittu aiheuttavan taimenille kuolevuutta simuloidun troolauksen jälkeen (Hyvärinen ym. 2004), mutta esimerkiksi haukia (*Esox lucius*) oli kuollut, kun lämpötila oli laskenut 16,9 °C puolella tunnissa (Ash ym. 1974).

Lämpötilan muutosten lisäksi sumputusmenettely voi selittää kuolleiden kuhien suurta määrää tässä tutkimuksessa, sillä Jurveliuksen ym. (2000) tutkimuksessa oli käytetty erilaista sumputustapaa ja kalojen sumputus kesti viikon ajan. Tässä tutkimuksessa käytetyn sumputusmenettelyn ei ole kuitenkaan havaittu aiheuttavan laboratorioolosuhteissa kuolevuutta 3-vuotiaille taimenille simuloidun troolinvedon ja kylmäaltistuksen jälkeen (Hyvärinen ym. 2004).

Tämän tutkimuksen mukaan kookkaammat kuhat selviytyvät pieniä paremmin troolauksen aiheuttamista rasituksista. Jurveliuksen ym. (2000) tutkimuksessa havaitut kuolleiden kuhien määrät saattoivat johtua kalojen suuremmasta koosta, sillä tässä tutkimuksessa kuhat olivat pienempiä. Myös muissa tutkimuksissa oli havaittu, että kookkaan merikalalajin (*Hippoglossus hippoglossus*) suuremmat yksilöt olivat selviytyneet troolauksesta pieniä paremmin (Neilson ym. 1989). Pienten kalojen suurempi kuolevuus saattaa johtua siitä, että ne kokevat lämpötilan muutokset rajumpina saaliin jäähdytyksen yhteydessä. Kalojen kuolleisuuden (Olla ym. 1998, Davis ym. 2001) on havaittu nousevan lämpötilan vaihteluiden kasvaessa.

Pienet kuhat saattavat myös rasittaa kookkaita kuhia enemmän vedon aikana. Uupuneet ja pienet kuhat eivät ehkä jaksa ponnistella riittävästi troolisaaliin tyhjennyksen yhteydessä, jolloin ne saattavat puristua kalamassojen alle, kun saalis nostetaan alukseen. Soivio ym. (1991) havaitsivat, että tunnin vedon jälkeen taimenet olivat erittäin stressaantuneita ja jos veto kesti 2 h ja 20 minuuttia kalat uupuivat täysin. Turunen ym.

(1994) havaitsivat taimenten kuolevuuden lisääntyvän myös, jos saalis nostettiin alukseen yhdellä nostolla ja taimenet olivat stressaantuneempia silloin, kun saalis oli suuri. Lisääntynyt kuolevuus ja stressi saattoivat johtua siitä, että saaliin seassa olleet alamittaiset olivat joutuneet puristuksiin. Myös Lockwood ym. (1983) havaitsivat, että makrillin (*Scomber scombrus*) kuolevuus oli suuri, kun kalat joutuivat puristuksiin. Tässä tutkimuksessa saaliin määrällä ja vedon kestolla ei kuitenkaan havaittu olevan vaikutusta kuhien kortisolipitoisuuteen.

Tässä tutkimuksessa saaliin jäähdytysmenettelyn havaittiin aiheuttavan kaloille lisästressiä vedon jälkeen. Lyhyestä kylmäältistuksesta kuhat pystyivät toipumaan, mutta pitkän (2 h) kylmäältistuksen kokeneet kuhat eivät toipuneet kahden vuorokauden sumputuksen aikana. Kuhien kortisolipitoisuuksista ei ole aiemmin julkaistua tietoa, mutta esimerkiksi karpeilla (*Cyprinus carpio*) ja taimeniilla kortisolipitoisuudet ovat olleet korkeimmat heti (10-20 min) kylmäältistuksen jälkeen (Tanck ym. 2000, Hyvärinen ym. 2004). Suurimmat havaitut pitoisuudet (330 ± 37 ng/ml ja 338 ± 43 ng/ml) olivat niillä karpeilla, joiden kokemat lämpötilan muutokset ($11\text{ }^{\circ}\text{C}$) olivat suurimmat (Tanck ym. 2000). Hyvärinen ym. (2004) mukaan taimenten kortisolipitoisuudet olivat suurimmat (keskimäärin 400 ng/ml) niillä kaloilla, jotka olivat altistuneet simuloidulle troolaukselle ja saaliin jäähdytysmenettelylle, mutta kalat olivat pystyneet toipumaan jo neljässä tunnissa kontrollikalojen tasolle. Toisaalta Hyvärinen ym. (2004) havaitsivat, että pelkän kylmäältistuksen saaneiden taimenten toipuminen kesti 24 h. Tanck ym. (2000) havaitsivat lisäksi, että suurimmalle lämpötilan muutokselle altistuneiden karppien toipumisaika oli kaikkein pisin.

Alamittaisten kuhien määrän troolisaaliissa on havaittu runsastuvan Oulujärvellä, kun järveden lämpötila saavutti $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, vaikka myös muut syyt saattoivat vaikuttaa kuhien esiintymiseen troolausalueella, ja eniten kuhia oli saaliin joukossa heinä-elokuussa (Korhonen ym. 2004). Lämpimän veden aikaan alamittaisten kuhien kokemat lämpötilan muutokset ovat suurimmat, sekä saaliin jäähdytysmenettelyn, että kalojen vapauttamisen yhteydessä, millä saattaa olla vaikutusta kalojen eloonjääntiin ja toipumiseen, vaikka tässä tutkimuksessa järveden lämpötilalla ei havaittu oleva vaikutusta kuhien stressaantumiseen. Kuitenkin Turunen ym. (1994) havaitsivat taimenten stressaantuvan enemmän, kun järvesi oli lämmintä, vaikka taimenet eivät olleet altistuneet jäähdytysmenettelylle saaliin käsittelyn yhteydessä.

Korhonen ym. (2004) ovat havainneet, että saaliin joukossa olevista alamittaisista kuhista voidaan löytää huolellisella etsinnällä jopa 80 % heti vedon jälkeen. Nopeasti jäävedestä vapautettujen kalojen toipuminen on yhtä todennäköistä kuin niiden kalojen, jotka eivät koe lyhytkestoista lämpötilan muutosta vedon jälkeen. Kuitenkin jo kahden tunnin kylmäältistus oli kuhille liian pitkä. Siten alamittaisten kalojen etsiminen ja vapauttaminen vasta satamassa on tulosten perusteella liian myöhäistä. Muilla lajeilla tehtyjen aikaisempien tutkimusten perusteella on todennäköistä, että äkillinen ja puoli tuntia kestävä lämpötilanmuutos saattaa kohottaa merkittävästi myös kuhien kuolevuutta (Olla ym. 1998, Davis ja Olla 2001, Davis ym. 2001).

Vaikka saaliin joukosta vapautettu kalat pystyisi selviytymään troolauksen ja saaliin käsittelyn aiheuttamista rasituksista, saattavat ne kuitenkin jäädä esimerkiksi petokalojen tai kalaa syövien lintujen saaliiksi. Eräiden merikaloiden (*Therragra chalcogramma*) on havaittu jäävän helpommin saalistajien saaliiksi troolauksen jälkeen (Olla ym. 1997). Myös siikojen (*Coregonus lavaretus*) kyky välttää saalistajia on ollut huono, kun ne ovat altistuneet lämpötilan muutoksille (Yocom ja Edsall 1974). Nuorten hopealohien (*Oncorhynchus kisutch*) kyky välttää saalistajia palautui kuitenkin jo 90 minuutin kuluttua vähäisestä stressistä (Olla ym. 1992). Tämän tutkimuksen mukaan kuhat alkoivat toipua jo koekala-astiassa ja on todennäköistä, että jos kuhien annettaisiin toipua erillisessä, hyvälaatuista vettä sisältävässä astiassa vedon jälkeen, eivät ne päätyisi kalaa syövien saalistajien saaliiksi yhtä helposti, kuin suoraan saalisastiasta vapautetut kalat.

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että sivusaaliiksi saatavat kuhat tulisi etsiä saaliin joukosta mahdollisimman pian sen jälkeen, kun saalis on nostettu alukseen.

Saalis tulee tutkia mahdollisimman tarkasti, jotta myös pienet kuhat pystytään löytämään saaliin joukosta. Mikäli alamittainen kuha löydetään riittävän nopeasti, ei troolikalastuksen yhteydessä käytettävä saaliin jäädytysmenetelmä lisää merkittävästi kuolleiden kuhien määrää, vaan kalat toipuvat troolikalastuksen ja saaliin käsittelyn aiheuttamista rasituksista.

Suosituksset

- Alamittaiset kuhat tulee etsiä saalisastiasta mahdollisimman pian troolinvedon jälkeen, sillä pitkä kylmäältistusaika aiheuttaa kuhille lisärasitusta ja kuolevuutta. Saalis on syytä tutkia mahdollisimman hyvin, jotta myös pienet alle 3-vuotiaat kuhat pystytään löytämään.
- Vapautettavien kuhien rasitustila oli suurin heti pyynnin jälkeen. Antamalla kalojen toipua erillisessä, hyvälaatuista vettä sisältävässä altaassa, ennen niiden vapauttamista voidaan vähentää niiden riskiä tulla kalaa syövien lintujen tai petokalojen saaliiksi.

Kiitokset

Tämä tutkimus on toteutettu Kainuun TE-keskuksen myöntämällä KOR-rahoituksella. Kiitokset myös Pekka Hyväriselle ja Pekka Korhoselle käsikirjoituksen kommentoinista sekä troolikalastajille hyvästä yhteistyöstä.

Kirjallisuus

- Ash, G. R., Chymko, N. R. ja Gallup, D. N. 1974: Fish Kill Due to "Cold Shock" in Lake Wabamun, Alberta. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 31 (11): 1822-1824.
- Barton, B. A. ja Peter, R. E. 1982: Plasma cortisol stress response in fingerling rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, to various transport conditions, anesthesia, and cold shock. *Journal of Fish Biology* 20: 39-51.
- Berghahn, R., Walthemath, M. & Rijnsdorf, A. D. 1992: Mortality of fish from the by-catch of shrimp vessels in North Sea. *Journal of Applied Ichthyology* 8: 293-306.
- Chopin, F. S. ja Arimoto, T. 1995: The condition of fish escaping from fishing gears – a review. *Fisheries Research* 21: 315-327.
- Davis, M. W., Olla, B.L. ja Schreck, C.B. 2001: Stress induced by hooking, elevated sea water temperature and air in sablefish: lack of concordance between mortality and physiological measures of stress. *Journal of Fish Biology* 58: 1-15.
- Davis, M.W. ja Olla, B. L. 2001: Stress and Delayed Mortality Induced in Pasific Halibut by Exposure to Hooking, Net Towing, Elevated Seawater Temperature and Air: Implications for Management of Bycatch. *North American Journal of Fisheries Management* 21: 725-732.
- Hyvärinen, P., Heinimaa, S. & Rita H. 2004. Effects of abrupt cold shock on stress responses and recovery in brown trout exhausted by swimming. *Journal of Fish Biology* 64: 1015-1026.
- Jurvelius, J., Riikonen, R., Marjomäki, T. J. ja Lilja, J. 2000: Mortality of pike-perch (*Stizostedion lucioperca*), brown trout (*Salmo trutta*) and landlocked salmon (*Salmo salar* m. *Sebago*) caught as by-catch in pelagic trawling in a Finnish lake. *Fisheries Research* 45: 291-296.
- Korhonen, P., Hyvärinen, P., Leppäniemi, V., Johansson, K. ja Ahonen, M. 2004: Taimen- ja kuhaistukkaat troolin sivusaaliina Oulujärvellä. Kala- ja riistaraportti 334. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki. 20 s.
- Lockwood, S. J., Pawson, M. G. & Eaton, D. R. 1983: The effects of crowding on mackerel (*Scomber scombrus* L.)- physical condition and mortality. *Fisheries Research* 2: 129-147.
- Neilson, J., D., Waiwood, K., G. ja Smith, S., J. 1989: Survival of Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) Caught by Longline and Otter Trawl gear. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 46: 887-897.
- Olla, B. L, Davis, M. W. & Schreck, C. B. 1992: Comparison of predator avoidance capabilities with corticosteroid levels induced by stress in juvenile coho salmon. *Transactions of the American Fisheries Society* 121: 544-547.
- Olla, B. L, Davis, M. W. & Schreck, C. B. 1998: Temperature magnified postcapture mortality in adult sablefish after simulated trawling. *Journal of Fish Biology* 53: 743-751.
- Olla, B. L., Davis, M. W. and Schreck, C. B. 1997: Effects of simulated trawling on sablefish and walleye pollock: the role of light intensity, net velocity and towing duration. *Journal of Fish Biology* 50: 1181-1194.
- Pankhurst, N. W ja Dedual, M. 1994: Effects of capture and recovery on plasma levels of cortisol, lactate and gonadal steroids in a natural population of rainbow trout. *Journal of Fish Biology* 45: 1013-1025.

- Salojärvi, K., Partanen, H., Auvinen, H., Jurvelius, J., Jäntti-Huhtanen, N. ja Rajakallio, R. 1985: Oulujärven kalatalouden kehittämissuunnitelma. Osa 1: Nykytila. Monistettuja julkaisuja 40. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki. 278 s.
- Soivio, A., Forsman, L., Kauttu, A., Kauttu, J. ja Muona, M. 1991: Trawling stress of brown trout. *Finnish Fisheries Research* 12: 135-142.
- Strange, R. J., Schreck, C. B. and Golden, J., T. 1977: Corticoid Stress Responses to Handling and Temperature in Salmonids. *Transactions of the American Fisheries Society* 106: 213-218.
- Sutela, T., Hyvärinen, P. ja Ylitalo, A. 2001: Troolikalastus vakiinnutti asemansa Oulujärvellä. Kala- ja riistaraportteja 218. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki. 21 s.
- Tanck, M. W. T., Booms, B. H. R., Eding, E. H., Wendelaar Bonga, S. E. ja Komen, J. 2000: Cold shocks: a stressor for common carp. *Journal of Fish Biology* 57: 881-894.
- Turunen, T., Käkelä, A. ja Hyvärinen, H. 1994: Trawling stress and mortality in under-sized (<40 cm) brown trout (*Salmo trutta* L.). *Fisheries Research* 19: 51-64.
- Vehanen, T., Marttunen, M., Tervo, H., Kylmälä, P. ja Hyvärinen, P. 1998: Oulujärven kalatalouden monitavoitteinen kehittäminen. Suomen ympäristö 256. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 73 s.
- Wassenberg, T. J. & Hill, B. J. 1993: Selection of the appropriate duration of experiments to measure the survival of animals discarded from trawlers. *Fisheries Research* 17: 343-352.
- Wedemeyer, G., A. ja McLeay, D., J. 1981: Methods for Determining the Tolerance of Fishes to Environmental Stressors. s. 247-275. Teoksessa: Pickering, A., D. (toim) 1981: Stress and Fish. Academic Press. Lontoo. 367 s.
- Wood, C. M., Turner, J. D. ja Graham, M. S. 1983: Why do fish die after severe exercise? *Journal of Fish Biology* 22: 189-201.
- Yocom, T.G. ja Edsall, T. A. 1974: Effect of acclimation temperature and heat shock on vulnerability of fry of lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) to predation. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 31: 1503-1506.