

Pro gradu –tutkielma

**Koukun koon ja väkäsien vaikutus kaloille aiheutuviin
vaurioihin, verenvuotoon ja koukun kiinnipysymiseen**

Ilkka Vesikko



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Kalabiologia ja kalatalous

27.1.2010

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Kalabiologia ja kalatalous

VESIKKO ILKKA, P.J.: Koukun koon ja väkäsän vaikutus kaloille aiheutuviin vaurioihin, verenvuotoon ja koukun kiinnipysymiseen

Pro gradu: 25 s.

Työn ohjaajat:

FT Timo Marjomäki, FM Jukka Syrjänen

Tarkastajat:

FT Timo Marjomäki, FL Pentti Valkeajärvi

Tammikuu 2010

Hakusanat: pyydystä ja päästä, taimen, valikoiva pyynti, vapaa-ajankalastus

TIIVISTELMÄ

Taimen (*Salmo trutta*, L.) on erittäin suosittu virkistyskalastuslaji, mutta sen kannat ovat taantuneet ja vaeltavat osakannat lähes hävinneet. Lajin suojelemiseksi on erityisesti Keski-Suomen koskikalastuskohteilla otettu käyttöön kalastus- ja välinerajoituksia, joiden tarkoituksena on vähentää kalastuspainetta ja -kuolleisuutta. Välinerajoitusten vaikutuksista kaloille aiheutuviin vaurioihin on kuitenkin niukasti tietoa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten koukun koko, väkänen ja tarttumiskohta vaikuttavat kalalle aiheutuneisiin kudosvaurioihin, verenvuodon määrään ja kalan kiinnipysymiseen. Aineisto kerättiin perinteisillä perhokalastusvälineillä. Käytössä oli kolmen kokoluokan yksihaarakoukkuja, joista puolet oli käsitelty painamalla väkänen pihdeillä kasaan. Väkäselliset koukut aiheuttivat kaloille väkäsettömiä useammin kudosvaurioita ja verenvuotoa. Pienin koukku ei aiheuttanut kaloille kudosvaurioita, ja suurimmassa koukussa kalat pysyivät kiinni muita koukkukokoja huonommin. Kalat pysyivät ylipäätään huonommin kiinni väkäsettömässä koukussa. Koukun koko tai väkänen ei vaikuta koukun tarttumiskohtaan.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Mathematics and Science

Department of Biological and Environmental Science

Fish Biology and Fisheries

VESIKKO ILKKA, P.J.: Effects of hook size and barb on injury, bleeding and landing probability of fish

Master of Science Thesis: 25 p.

Supervisors: PhD Timo Marjomäki, MSc Jukka Syrjänen

Inspectors: PhD Timo Marjomäki, PhLic. Pentti Valkeajärvi

January 2010

Key Words: brown trout, catch and release, recreational fishing, selective fishing

ABSTRACT

Brown trout (*Salmo trutta*, L.) is very popular game fish in recreational fishing, but the stocks have declined and migratory sub stocks almost become extinct. Fishing mortality has declined due to implementation of fishing regulations and gear restrictions to protect brown trout stocks, especially in Central Finland. There is, however, shortage of information concerning the effects of gear restrictions on injuries of fish. The aim of this study was to examine how hook size, barb and hooking location affect injury rate, bleeding and landing probability of fish. Data were collected using traditional fly fishing gear and single hooks. Three different hook sizes were used and half of the hooks were treated by crimping the barb down with pliers. Fish suffered from injuries and bleeding more frequently when caught with barbed hooks. The smallest hook size did not cause any injuries, and the largest hook size was less effective in landing the fish. Barbless hooks were less effective in landing the fish overall. Hook size or barb did not affect hooking location.

Sisältö

1. JOHDANTO.....	5
2. TUTKIMUKSEN TAUSTA.....	6
2.1. Stressin aiheuttamat haitat ja subletaalit vammat.....	6
2.2. Kuolevuus.....	7
2.3. Koukun ominaisuuksien vaikutus vammautumiseen.....	7
2.3.1. Koukun haarojen lukumäärä.....	8
2.3.2. Koukun malli.....	8
2.3.3. Koukun koko.....	9
2.3.4. Koukun väkänen.....	9
3. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	9
3.1. Tutkimusvälineet.....	10
3.2. Koekalastuksen toteutus.....	11
3.3. Tilastolliset menetelmät.....	12
4. TULOKSET.....	13
4.1. Kalan kiinnipysyminen.....	13
4.2. Kudosvauriot.....	15
4.3. Verenvuoto.....	16
4.4. Koukun irrotusaika ja tarttumiskohta.....	17
5. TULOSTEN TARKASTELU.....	19
5.1. Kalojen kiinnipysyminen.....	19
5.2. Kudosvauriot.....	20
5.3. Verenvuoto.....	20
5.4. Koukun irrotusaika.....	21
5.5. Koukun tarttumiskohta.....	21
5.6. Päätelmät ja suositukset.....	22
KIITOKSET.....	22
KIRJALLISUUS.....	24

1. JOHDANTO

Vapaa-ajankalastus on muuttunut osin kotitarvekalastuksesta elämysten ja kokemusten hakemiseksi (mm. Toivonen ym. 2003). Erityisesti vapakalastuksessa saaliin merkitys on vähentynyt ja valikoiva pyynti sekä pyydystä ja päästä –kalastus ovat yleistyneet (Airaksinen & Valkeajärvi 2005a). Saalista ei välttämättä enää tapeta ja oteta ruoaksi, vaan saadut kalat tai osa niistä vapautetaan.

Kalastuksesta aiheutuvat haitat ilmenevät kaloilla sekä populaatio- että yksilötasolla (Cooke & Sneddon 2007). Populaatiotasolla haitat johtuvat mm. kalastuksen kohdistumisesta populaation vielä lisääntymättömään tai muutoin elintärkeään osaan. Laji saattaa myös kärsiä sivusaaliin roolista, jolloin kalastus ei kohdistu siihen suoraan. Haitat voivat johtua myös liian voimakkaasta kalastuspaineesta, jolloin uusien yksilöiden määrä ei riitä kompensoimaan kalastuksen aiheuttamaa yksilömäärän laskua.

Suoran kalastuskuolevuuden lisäksi kaloille aiheutuu kalastuksesta epäsuoraa kuolleisuutta. Osa kaloista kohtaa pyydyksen mutta välttää siihen jäämisen tai vapautuu siitä pyynnin aikana. Kalastaja saattaa myös vapauttaa liian pienet tai ei-toivotut saaliskalat. Tästä saattaa aiheutua kaloille erityyppisten vammojen ja käyttäytymismuutosten lisäksi kasvun ja lisääntymiskyvyn (mm. Chopin ym. 1996, Cooke ym. 2000) sekä immunitietin heikkenemistä (mm. Campbell & Reese 2002, Yada ym. 2007). Pyydyksestä vapautuneet kalat kärsivät uupumuksesta, vammoista, tilahtauksesta sekä paineen vaihtelusta, ja vaikutusten vaste riippuu kalalajista, kalan kunnosta, pyydyksestä ja pyyntitavasta (Chopin ym. 1996) sekä lämpötilasta ja sen vaihtelusta (mm. Taylor & White 1992).

Keskisuomalaisissa virtavesissä 79 % kalastajista ilmoittaa taimenen (*Salmo trutta*, L.) pääsaaliskalakseen (Airaksinen & Valkeajärvi 2005b). Luonnonvaraisesti lisääntyvän taimenen vaeltavat muodot ovat lähes hävinneet Keski-Suomesta (mm. Syrjänen ym. 2007). Kantojen suojelemiseksi usealla koskikalastuskohteella on otettu käyttöön kalastuspainetta ja –kuolleisuutta vähentäviä keinoja, kuten kalastajamäärään, saaliiseen sekä kalastusvälineisiin kohdistuvia rajoituksia. Järvialueilla vastaavat rajoitukset ovat verkon solmuvälirajoituksia lukuun ottamatta vain suosituksia. Keski-Suomessa istutustaimenilta leikataan rasvaevä ja eväleikkaamattomat, villit taimenet on vapautettava lähes kaikissa koskikalastuskohteissa.

Valikoivaa kalastusta harjoitetaan Suomessa kalastusasetuksessa määritellyn alamitan perusteella ja kalastajan on vapautettava alamittaa pienemmät kalat. Suosituimmilla kalastuskohteilla sama kala altistuu koukun aiheuttamille vaurioille jopa kymmeniä kertoja elinikänsä aikana. Olisi tärkeää saada vähennettyä yksittäisestä pyyntitapahtumasta aiheutuneita vaurioita, koska haittojen on todettu kumuloituvan (Holland-Bartels ym. 1989, Meka 2004). Koukun väkäsättömyydestä voisi tässä tapauksessa olla hyötyä, jos se aiheuttaa kaloille väkäsellisiä koukkuja harvemmin tai lievempiä vammoja.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten koukun koko, väkänen ja tarttumiskohta vaikuttavat kalan koukusta saamiin kudonvaurioihin, koukun aiheuttamaan verenvuodon määrään ja kalan kiinnipysymiseen. Tutkimuksen pääkysymys on, aiheutuuko väkäsellisestä koukusta kalalle vammoja, jotka voitaisiin välttää käyttämällä väkäsöttömiä koukkuja. Tarkoituksena on myös selvittää, mitkä eri tekijät vaikuttavat kudonvaurioihin, verenvuodon määrään ja kalan kiinnipysymiseen. Tutkimus palvelee vesialueenomistajien sekä muiden kalastuksen säätelyn parissa toimivien instanssien

lisäksi myös kalastajia. Tulosten avulla heillä kaikilla on paremmat valmiudet arvioida kalastusvälineisiin kohdistuvien rajoitusten vaikutuksia ja tehdä niihin liittyviä päätöksiä.

2. TUTKIMUKSEN TAUSTA

Kalastuksen, erityisesti heittokalastuksen, vaikutuksesta vapautettujen kalojen kuolleisuuteen ja kalojen kokemaan stressiin on tehty lukuisia tutkimuksia, joilla on pyritty pääasiassa selvittämään pyydystä ja päästä –tyyppisestä kalastuksesta kaloille aiheutuvaa stressiä (mm. Barnhart 1989, Ferguson & Tufts 1992, Chopin ym. 1996, Cooke ym. 2001). Useat tutkimukset (mm. DuBois & Dubielzig 2004) ovat keskittyneet vapakalastuksesta ja erityisesti pyydystä ja päästä –kalastuksesta aiheutuvan epäsuoran kuolleisuuden tutkimiseen. Tutkimusten tietoja ovat meta-analyyseissään yhdistelleet mm. Muoneke & Childress (1994) sekä Bartholomew & Bohnsack (2005). Kuolleisuuden arviointimenetelmät sekä –tarkkuus ovat saaneet osakseen kritiikkiä, koska tutkimuksissa kalojen käsittely sekä säilytys, jotka mahdollisesti heikentävät kalojen selviämistä ja kuntoa (Cooke & Hogle 2000), eroavat suuresti kaloihin pyydystä ja päästä –kalastuksessa kohdistuvasta stressistä. Vammoja arvioitaessa kaloja saatetaan käsitellä pitkiäkin aikoja, kun normaalisti kalastaja vapauttaa kalansa usein hyvin nopeasti. Lisäksi kaloja säilytetään tämän jälkeen kuolleisuuden arviointia varten sumpussa, jossa mm. niiden liikkuminen ja käyttäytyminen on rajoitettua. Viime vuosien aikana tutkimukset ovat suuntautuneet vapakalastuksesta kaloille aiheutuvien vammojen arviointiin ja siihen, miten erilaisilla kalastusvälineillä, kuten koukun mallilla, voidaan vaikuttaa aiheutuvien vammojen frekvenssiin ja osin myös vakavuuteen (mm. Dubois & Kuklinski 2004, Bacheler & Buckel 2004, Mapleston ym. 2008).

Kalastuksella on kaloille kolmen tyyppisiä negatiivisia seurauksia, joita ovat kuolema, subletaalit fyysiset vammat sekä stressi. Nämä joko altistavat kalat kivulle tai muuten vaikuttavat niiden hyvinvointiin (Cooke & Sneddon 2007).

2.1. Stressin aiheuttamat haitat ja subletaalit vammat

Pyynnistä ja kalan käsittelystä aiheutuu kaloille vammoja, joista kaikki eivät ole niin vakavia, että aiheuttaisivat kuoleman. Kalat, jotka saavat vammoja arkoihin kohtiin, kuten silmiin, ruokatorveen, kiduksiin ja kieleen, altistuvat muita suuremmalle kuolleisuudelle (Meka 2004, Bartholomew & Bohnsack 2005, Alos ym. 2008). Näistä vammoista selviytyneet kalat puolestaan altistuvat herkimmin vammautumisen subletaaleille vaikutuksille (Meka & Margraf 2007).

Suurosen ym. (2005) mukaan troolista paenneille kaloille aiheutuu ihovaurioita, kuten suomujen irtoamista. Troolin silmäkoolla ja pauloitustyyppillä on vain vähän vaikutusta vammojen syntyyn ja kalojen kuolleisuuteen. Tärkein tekijä arvioitaessa troolista paenneiden kalojen kuolleisuutta on veden lämpötila, ja esimerkiksi harppauskerroksen alapuolelta pyydetyt kalat kärsivät lämpötilamuutoksen aiheuttamasta stressistä ja muita suuremmasta kuolleisuudesta.

Chopin ym. (1996) vertailivat verkko- ja koukkukalastuksen aiheuttamaa stressivastetta ja kuolleisuutta. Koukulla pyydetyillä kaloilla oli koukun aiheuttamia vähäisiä haavoja suun alueella sekä satunnaisesti siiman jättämiä jälkiä vartalossa. Verkolla pyydetyillä kaloilla havaittiin puolestaan vammoja kalan ihossa suomupeitteessä ja evissä sekä syviä verinahkaan ulottuvia viiltoja rintaevien etupuolella ja vatsan alueella. Vammojen vakavuus ja määrä kasvoivat kalojen ollessa verkossa pitempään.

Koukun aiheuttamat silmiin ja leukoihin kohdistuneet vammat haittaavat saalistusta ja voivat heikentää myös kalan kasvua (Dubois & Dubielzig 2004, Meka 2004). Dubois & Dubielzig (2004) havaitsivat, että 10 % uistimella pyydetyistä kaloista sai vakavia silmävammoja, joista aiheutui pitkäaikainen näön heikkeneminen. Lisäksi osa kaloista sai lievempiä silmävaurioita, jotka paranivat ennalleen.

Meta-analyysissään Bartholomew & Bohnsack (2005) esittävät joitakin tutkimusalueita, johon heidän mukaansa tulisi kiinnittää huomiota. Vapautettujen kalojen kuolleisuutta vähentäviä tekniikoita ja välineitä tulisi edelleen kehittää. Varsinkin pyynnin aikaista ja sen jälkeistä saaliiksi joutumisen aiheuttamaa kuolleisuutta tulisi kyetä arvioimaan. Lisäksi olisi selvitettävä useiden pyynti ja vapautus –tapahtumien kumulatiiviset vaikutukset kuolleisuuteen sekä mitattava subletaalit vaikutukset kalojen käyttäytymiseen, fysiologiaan, kasvuun ja lisääntymiseen.

2.2. Kuolevuus

Suuronen ym. (2005) tutkivat troolin perästä karanneiden kalojen kuolevuutta. Kalojen kuolleisuus oli suurempi saaliin kasvaessa ja kalojen tällöin kärsiessä tilanahtaudesta.

Kalat kuolevat verkkokalastuksessa usein hapen puutteeseen verkkoliinan estäessä kiduskansien normaalin liikkeen (Vander Haegen ym. 2004). Kuolleisuutta saadaan vähennettyä pienentämällä verkon solmuväli sellaiseksi, ettei kala pääse työntämään päätään liian syvälle ja kiduskansien toiminta pystyy jatkumaan normaalisti.

Chopin ym. (1996) vertailivat verkko- ja koukkukalastuksen vaikutusta kalojen kuolevuuteen. Koukulla pyydytetyt kalat eivät kuolleet 38 vrk seurannan aikana. Verkoilla pyydytyistä kaloista puolestaan 28 % kuoli verkkoihin, 5 % kuoli 48 tunnin aikana vapauttamisesta, ja 11 % kaloista kuoli seuraavien 8–18 vrk päästä vapautuksesta.

Bartholomew & Bohnsack (2005) tutkivat vapautettujen kalojen kuolleisuutta pyydystä ja päästä -kalastusta käsittelevässä meta-analyysitutkimuksessaan. Kuolleisuuden keskiarvossa oli suurta lajien välistä ja lajin sisäistä vaihtelua, ja koukun kiinnityskohta oli tärkein kuolleisuuteen vaikuttava tekijä. Muita tärkeitä kuolleisuuteen vaikuttavia tekijöitä olivat luonnonsyöttien käyttö, syvälle kalan nieluun kiinnittyneen koukun irrottaminen, koukkutyypit, pyyntisyvyys, veden lämpötila sekä kalan väsytyksen ja käsittelyaika.

2.3. Koukun ominaisuuksien vaikutus vammautumiseen

Koukku aiheuttaa aina jonkinasteisia fyysisiä vammoja tunkeutuessaan kalan kudoksiin. Yleensä koukku kiinnittyy ylä- tai alaleukaan, mutta se saattaa kiinnittyä myös silmään, ruokatorveen, kieleen tai kiduksiin (mm. Meka 2004). Joissain tapauksissa koukku kiinnittyy kalan pään ulkopuolelle ja muutamissa harvoissa tapauksissa myös muihin ruumiinosiin, kuten pyrstöön, selkään, kylkeen tai vatsaan. Koukku saattaa tehdä useamman vamman samalla pyyntikerralla, irrota ja kiinnittyä uudelleen, tai kalan liikkeessa kudosten läpi työntynyt kärki saattaa aiheuttaa vammoja laajemmin. Esimerkiksi Mekan (2004) mukaan 16 % saaduista kaloista oli saanut enemmän kuin yhden vamman pyyntikerralla.

Koukun kalalle aiheuttaman vamman laajuuden ja anatomisen kiinnittymiskohdan välillä näyttäisi olevan selvä yhteys, ja useassa tutkimuksessa koukusta aiheutuneen vamman aste on kategorisoitu koukun kiinnittymiskohdan perusteella joko vakavaksi tai lieväksi (Taylor & White 1992, Cooke & Sneddon 2004, Meka 2004, Alos ym. 2008).

Alos ym. (2008) havaitsivat, että 85 % ruokatorvesta, vatsalaukusta tai kiduksista kiinni olleista kaloista kuoli seuraavan kahden tunnin aikana pyynnistä.

Koukun aiheuttamaa kuolleisuutta voidaan vähentää käyttämällä koukkuja, joista aiheutuu vähemmän vammoja ja verenvuotoa ja jotka tarttuvat harvemmin syvälle kalan suuhun ja nieluun (Mapleston ym. 2008).

2.3.1. Koukun haarojen lukumäärä

Koukun haarojen lukumäärän vaikutuksesta kalojen kuolleisuuteen ja vammautumiseen on tehty muutamia tutkimuksia, joiden tulokset ovat keskenään hieman ristiriitaisia.

Ayvazian ym. (2002) havaitsivat, että kuolleisuus oli suurin komihaarakoukuilla, mutta yksihaarakoukut tarttuivat muita useammin kiduksiin ja kolmihaarakoukut puolestaan kalan leukaan. Muoneke & Childress (1994) saivat puolestaan täysin päinvastaisia tuloksia, ja kolmihaarakoukkujen aiheuttama kuolleisuus oli pienempi kuin yksihaarakoukkujen.

Ehkä syy kolmihaarakoukkujen aiheuttamaan pienempään kuolleisuuteen (Muoneke & Childress 1994) on siinä, ettei saaliskala ole kyennyt nielemään samaa koukkukokoa olevaa, käytännössä leveämpää kolmihaarakoukkuun niin syvälle nieluunsa, että siitä olisi aiheutunut kuolleisuutta lisääviä vammoja.

Bartholomew & Bohnsack (2005) tekivät pyydystä ja päästä –kalastusta käsittelevistä tutkimuksista meta-analyysin, jonka mukaan kuolleisuudessa ei ollut eroja yksi- ja kolmihaarakoukkujen välillä.

2.3.2. Koukun malli

Koukut voidaan luokitella koukun mutkan ja kärjen asennon perusteella karkeasti kahteen ryhmään: J- ja pyörökoukkuihin (circle hook). J-koukussa mutka on 180° ja koukun kärki koukun varren suuntainen. Pyörökoukussa mutka on aina yli 180° ja koukun kärki on yleensä taivutettu voimakkaasti kohti koukun vartta. Tämän lisäksi ahraimen asennon perusteella koukut voidaan jakaa suoriin ja sivuvääriin koukkuihin. Suorassa koukussa ahraim on päältä katsottaessa koukun varren suuntainen ja sivuväärässä ahraim on käännetty ja koukun kärki osoittaa koukun varren linjasta hieman sivulle.

Ostrand ym. (2005) tutkivat sivuvääriä ja suoria pyörökoukkuja bassin (*Micropterus salmoides*, Lacepède) kalastuksessa. Suorat koukut olivat sivuvääriä tehokkaampia tartuttamaan ja pitämään kalan kiinni väsytyksen ajan. Kalat tarttuivat suoriin koukkuihin suupielestä ja sivuvääriin yleensä leuoista, mutta koukkujen välillä ei esiintynyt eroa vakaviin kohtiin (esim. kurkku, silmät) kiinnittymisessä.

Mapleston ym. (2008) puolestaan tulivat siihen tulokseen, että suora pyörökoukku, verrattuna sivuväärään, vähensi syvältä tarttuneiden kalojen osuutta lähes kaikilla heidän tutkimillaan trooppisten riuttojen kalalajeilla.

Pyörökoukkujen on havaittu useissa tutkimuksissa (mm. Bacheler & Buckel 2004, Meka 2004, Kerstetter & Graves 2006) tarttuvan J-koukkuja useammin kalan leukoihin, ja verenvuoto leuasta tarttuneilla kaloilla on ollut vähäisempää. Esimerkiksi Espanjan vapaa-ajankalastusta käsittelevässä tutkimuksessa (Alos ym. 2007) yksikään pyörökoukulla saaduista kaloista ei ollut tarttunut koukkuun leukoja syvemmillä.

Suora pyörökoukku on hankalampi irrottaa kuin sivuväärä, ja kalalle aiheutuu irrotuksesta hieman runsaampaa verenvuotoa (Ostrand ym. 2005). Meka (2004) mukaan

pyörökoukku on koettu J-koukkua hankalammaksi irrottaa, ja irrotuksesta on aiheutunut vammoja kaloille.

2.3.3. Koukun koko

Mapleston ym. (2008) tulivat siihen tulokseen, että suuremmat koukut aiheuttivat todennäköisemmin verenvuotoa ja kiinnittyivät pieniä koukkuja useammin kalan silmään tai muuten kalan selviämisen kannalta huonoon kohtaan. Pienistä koukuista aiheutui kaloille suurempia koukkuja vähemmän vammoja ja verenvuotoa.

Mekan (2004) mukaan koukkukoolla ei ollut vaikutusta vammautumiseen, mutta tutkimuksessa käytetyt koukkukoot (#6 ja #8) ovat käytännössä hyvin samankokoisia, mikä saattaa vaikuttaa saatuun tulokseen. Bartholomew & Bohnsack (2005) havaitsivat tekemässään meta-analysissä, ettei koukun koko vaikuttanut kalojen kuolleisuuteen. Alos ym. (2007) havaitsivat puolestaan, että kuolleisuus oli suurempaa käytettäessä pieniä (#14, #12) kuin suuria (#6, #8 ja #10) koukkuja.

Kerstetter & Graves (2006) esittävät, että kalastuksessa käytettävän koukun koko on hyvin lajikohtainen ja sen tarkastelu vaatii hyvän kohdelajin koon ja anatomian tuntemuksen lisäksi soveltamista. Kirjolohille käytetyt koot, kuten #6 ja #8 (Meka 2004), ovat useampaa kertaluokkaa pienempiä kuin esimerkiksi tonnikalaille ja miekkakaloille (Kerstetter & Graves 2006) käytetyt koukut (#16/0, #9/0).

2.3.4. Koukun väkänen

Koukun väkäsen vaikutusta vapautettujen kalojen kuolleisuuteen on tutkittu lukuisissa eri tutkimuksissa, ja tulokset viittaavat siihen, ettei väkäsellisten tai väkäsettömien koukkujen välillä ole eroja kalojen kuolleisuudessa (Schill & Scarpella 1997, Cooke ym. 2001, Schaeffer & Hoffman 2002, DuBois & Kuklinski 2007, DuBois & Pleski 2007).

Väkäsettömät koukut ovat väkäsellisiä nopeampia irrottaa kalasta (mm. Cooke ym. 2001), mutta koukun kiinnittymiskohtaan väkäsellä ei ole vaikutusta (mm. Schaeffer & Hoffman 2002).

Koukun kiinnittymiskohta ratkaisee viime kädessä aiheutuneen vamman vakavuuden, ja se on tärkein ja selvin kuolleisuuteen vaikuttava tekijä (Taylor & White 1992, Cooke & Sneddon 2004, Meka 2004, Alos ym. 2008).

Koukun väkäsettömyydestä on tullut kuitenkin useissa maissa pyydystä ja päästä -kalastuksen normi, jonka asemaa vain harvat tutkimukset ovat uskaltaneet horjuttaa (Schill & Scarpella 1997).

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineisto kerättiin neljällä virtavesikohteella 8.5.–12.6.2007. Tutkimuskohteita olivat Päijänteeseen laskevat Muuramenjoki, Joutsassa sijaitsevat Rutajoki ja Joutsan reitin Myllykoski sekä Konnevedellä Rautalammin reitin Siikakoski, Karinkoski ja Kellankoski. Tutkimuskohteet edustavat hyvin erikokoisia keskisuomalaisia koskikalastuskohteita. Konneveden kohteet ovat virtaamaltaan suhteellisen suuria ja esimerkiksi Siikakosken (keskivirtaama (MQ) = 57 m³/s) virtaama oli tutkimuksen aikana noin 70 m³/s. Tutkimuskohteet Muuramessa ja Joutsassa ovat virtaamaltaan selvästi pienempiä (MQ < 4 m³/s) ja edustavat puolestaan pienempiä keskisuomalaisia koskikalastuskohteita. Virtaamatiedot perustuvat Keski-Suomen ympäristökeskuksen mittauksiin.

Aineiston keruussa käytettiin perinteisiä perhokalastusvälineitä, neljää eri perhomallia sekä kolmea erikokoista koukkuja. Tutkimusta varten sidotut perhomallit valittiin sekä ajankohdan että käytettävän koukun koon mukaan, ja ne edustavat kalastajien normaalisti käyttämiä perhoja. Puolet koukuista käsiteltiin puristamalla väkänen pihdeillä kasaan. Näin saatiin vertailtua sekä koukkukoon että väkänen vaikutusta tutkittaviin muuttujiin.

3.1. Tutkimusvälineet

Tutkimusvälineinä käytettiin noin 3 m (9-10 jalkaa) pitkiä AFTM-luokituksen (Mäki ym. 1980) 6-8 mukaisia yhden käden perhokalastusvapoja. Perukeksiimana käytettiin 0,20, 0,30 ja 0,40 mm paksua Stroft GTM monofil-siimaa.

Tutkimuksessa käytettiin kolmea erikokoista Kamasan B175 –mallin J-koukkuja (Kuva 1). Koot suurimmasta pienimpään ovat #2, #6 ja #14. Suurimman koukun valmistukseen käytetty lanka on paksumpaa kuin keskikokoisen, ja keskikokoisen puolestaan paksumpaa kuin pienimmän. Koukkuihin sidottiin neljä erityyppistä perhoa. Pikkukalaa jäljittelevät perhot, Tinseli ja Busyman, sidottiin suurimpaan koukkukokoon. Keskikokoiseen koukkuun sidottiin puolestaan juotikasta jäljittelevä sekä monipuolisena yleisjäljitelmänäkin toimiva Liitsi. Ajeeseen joutunutta tai kuoriutumaan pyrkivää hyönteistä jäljiteltiin pienimpään koukkuun sidotulla Pupalla. Kalastaja sai halutessaan painottaa siimaa tai perhoja lyijyn tai vastaavan aineen avulla.



Kuva 1. Tutkimuksessa käytetyt perhot A) Tinseli, B) Busyman, C) Liitsi ja D) Pupa sekä Kamasan B175 koukut a) #2, b) #6 ja c) #14.

3.2. Koekalastuksen toteutus

Tutkimusryhmän muodostivat kaksitoista perhokalastuksen aktiiviharrastajaa, joista pääosa oli toiminut aiemmin vastaavassa tehtävässä (Haatanen & Vesikko 2007). Tutkimusryhmä jaettiin pareihin, jossa toinen parista toimi vuorollaan avustajana kirjaten ylös tarvittavat tiedot toisen keskittyessä kalastamiseen.

Virtavesikohteet jaettiin sektoreihin ja tutkimusparit sijoitettiin eri sektoreille. Sektoreita vaihdettiin parien kesken niin, että kaikki kalastivat jokaisella sektorilla ja sama pari kalasti samalla sektorilla vain yhden kerran saman vuorokauden aikana. Kalastus tapahtui annetulla sektorilla vapaasti kunkin kalastajan parhaaksi katsomalla tavalla. Toinen parista kalasti sektorilla tunnin mittaisen jakson, jonka jälkeen pari vaihtoi keskenään tehtäviä. Vuoro keskeytettiin, jos kaloja lähdettiin kuljettamaan merkintäpaikalle ja aloitettiin uudelleen, kun kalastus jatkui. Aiemmin merkkaamattomat, pituudeltaan yli 150 mm taimenet merkittiin Carlin-merkillä, ja taimenista otettiin myös suomunäyte. Carlin-merkinnän ja suomunäytteen avulla tutkitaan ensisijaisesti taimenten mahdollisia järvi-vaelluksia, mutta aihe ei itsessään kuulu tähän työhön.

Kalastajan tehtäviin kuului itse kalastus, saaliin haaviminen ja mittaus, koukun kiinnityskohdan sekä vammojen ja verenvuodon arviointi. Avustajan tehtäviin kuului huolehtia käytetystä ajasta (60 minuuttia aktiivista kalastusta) sekä tapahtumien tasaisesta kirjautumisesta eri perho- ja koukutyypeille tutkimusjakson aikana. Lisäksi avustaja mittasi kalan väsytyksajan, koukun irrotusajan sekä kirjasi muut tarvittavat tiedot lomakkeelle (Kuva 2). Kalastaja ja avustaja huolehtivat yhdessä kalojen kuljetuksesta sekä kalojen riittävästä hapen saannista mahdollisen säilytyksen aikana.

Saatiin	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	Väkänen	<input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	Tarttumiskohta	<input type="checkbox"/> yläleuka <input type="checkbox"/> alaleuka	<input type="checkbox"/> suupieli <input type="checkbox"/> kieli	<input type="checkbox"/> ei tiedossa/irtosi haavissa <input type="checkbox"/> suuontelo <input type="checkbox"/> nielu/kid.	<input type="checkbox"/> ulkopuoli <input type="checkbox"/> muu?	
Kello	_____	Laji	<input type="checkbox"/> taimen <input type="checkbox"/> harjus <input type="checkbox"/> muu?	Kudosvauriot	<input type="checkbox"/> ei lainkaan <input type="checkbox"/> lievä <input type="checkbox"/> kohtalainen	<input type="checkbox"/> vakava	Verenvuoto	<input type="checkbox"/> ei lainkaan <input type="checkbox"/> lievä <input type="checkbox"/> kohtalainen	<input type="checkbox"/> vakava
Väsytyaika	_____ s	Irrotusaika	_____ s	Pituus	_____ mm	Carlin-numero	_____	Panjet-merkintä	<input type="checkbox"/> oikea kylki <input type="checkbox"/> vasen kylki
Perho	<input type="checkbox"/> Tinseli <input type="checkbox"/> Busyman	Muut huomiot	<input type="checkbox"/> Liitsi <input type="checkbox"/> Pupa						

Kuva 2. Aineiston keräämisessä käytetty lomake.

Väsytyaika ja koukun irrotusaika mitattiin sekuntikellolla 1 s tarkkuudella. Väsytyksajan mittaus aloitettiin kalastajan ilmoitettua kalan tartumisesta ja lopetettiin kalastajan joko ilmoitettua kalan irtoamisesta (karkaamisesta) tai kalan haavimisesta. Koukun irrotusajan mittaus aloitettiin, kun kalastaja ilmoitti olevansa valmis koukun irrottamiseen, ja lopetettiin, kun kalastaja ilmoitti koukun irronneen. Irrotusaikaa ei mitattu, jos koukku irtosi kalasta itsekseen, vaan lomakkeeseen tehtiin toisenlainen merkintä. Kalat mitattiin mittanauhalla leuan kärjestä yhteen puristetun pyrstön kärkeen (RT, rostrum total) 1 mm tarkkuudella.

Kalojen kudosvauriot arvioitiin seuraavalla asteikolla:

1. Ei lainkaan – Kalalle ei ole aiheutunut kalastuksen yhteydessä, koukun pistoa lukuun ottamatta, silmin havaittavia vammoja. Haavin mahdollisesti aiheuttamia evärikköjä ei huomioida. Koukku ei ole aiheuttanut tekemänsä reiän lisäksi muita kudosvaurioita, kuten epiteelikudoksen riekaleita.
2. Lievä – Koukku tai siima hangannut kalan epiteeliä, jossa pieniä viiltoja, muttei repeytymiä. Suuosissa on koukun aiheuttamia epiteelikudoksen riekaleita, mutta vammojen laajuus kuitenkin pientä.
3. Kohtalainen – Koukku tai siima aiheuttanut kalalle selviä vammoja, joista ei kuitenkaan aiheutune kalalle pysyvää haittaa. Esimerkiksi koukku joudutaan jättämään suuhun (ei kiduksiin) tai yläleuan *maxilla* voimakkaasti hankaantunut mutta ei sanottavasti repeytynyt.
4. Vakava – Kalalle aiheutunut kalastuksesta pysyvä haitta, esimerkiksi koukku lävistänyt silmän, *maxilla* repeytynyt tai koukku on tarttunut kiduksiin.

Koukun aiheuttamaa verenvuotoa arvioitiin seuraavalla asteikolla:

1. Ei lainkaan – Ilman tarkempaa tutkimusta kala ei näytä vuotavan verta.
2. Lievä – Verta tihkuu koukun reiästä. Verenvuoto ei kuitenkaan niin runsasta, että se värjäisi sanottavasti esimerkiksi ämpärissä olevaa vettä. On odotettavissa, että kala selviytyy.
3. Kohtalainen – Kala vuotaa verta ja verenvuoto havaittavissa myös vedessä, vuoto ei kuitenkaan sykkivää. Kala ei menetä tajuntaansa, mutta se voi kuolla.
4. Vakava – Kala vuotaa runsaasti verta, vuoto mahdollisesti sykkivää. Kala menettää mahdollisesti tajuntansa ja sen selviytyminen on epätodennäköistä.

3.3. Tilastolliset menetelmät

Aineiston tilastollisessa käsittelyssä käytettiin Excel –taulukkolaskentaohjelmaa ja SPSS 17.0 –tilasto-ohjelmaa. Tilastollisen merkitsevyyden rajana oli P-arvo $\leq 0,05$.

Kolmen kalastajan havainnot poistettiin aineistosta, koska heillä väkäsöttömien ja väkäsellisten koukkujen käytön frekvenssit eivät olleet jakaantuneet tasaisesti. Kun tiedot oli poistettu, aineisto jakautui kalastajien välillä melko tasaisesti väkäsellisten ja väkäsöttömien koukkujen kesken.

Koukun väkäsen, koukun koon, perhomallin, perukkeen, kalastajan ja koskikohteen vaikutus kalan kiinnipysymiseen testattiin χ^2 -riippumattomuustestillä. Nollahypoteesi (H_0) oli, ettei kalojen kiinnipysyminen riipu em. muuttujista.

Kudosvaurioiden ja verenvuodon jakaumien luokkien välisiä eroja testattiin χ^2 -riippumattomuustestillä. Nollahypoteesi oli, ettei luokkien välillä ole eroa. Kudosvaurioluokat lievä, kohtalainen ja vakava yhdistettiin, koska yksittäisissä luokissa oli liian vähän havaintoja. Verenvuotoluokat lievä, kohtalainen ja vakava yhdistettiin samasta syystä.

Väkäsen, koukkukoon ja perhomallin vaikutus koukun tarttumiskohtaan I. tarttumisloukkaan testattiin χ^2 -riippumattomuustestillä. Nollahypoteesi oli, että tarttumisloukan jakauma ei poikennut koukun väkäsen, koukun koon tai perhomallin eri luokissa. Koukun tarttumisloukissa oli liian vähän havaintoja ja luokkia yhdisteltiin.

Havainnot luokista ylä- ja alaleuka yhdistettiin ja nimettiin uudelleen luokaksi leuka. Havainnot luokista kieli, suuontelo, nielu ja kidukset yhdistettiin ja nimettiin uudelleen suu/nielu luokaksi. Luokassa muu ei ollut lainkaan havaintoja, ja se jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Luokkien yhdistämisen jälkeen χ^2 -testin oletukset saatiin voimaan.

Kalan pituuden vaikutusta kudosaaurioiden syntyyn ja kourun tarttumisloukkaan testattiin χ^2 -riippumattomuustestillä. Testausta varten kalat luokiteltiin kahteen pituusluokkaan (≤ 399 mm ja ≥ 400 mm).

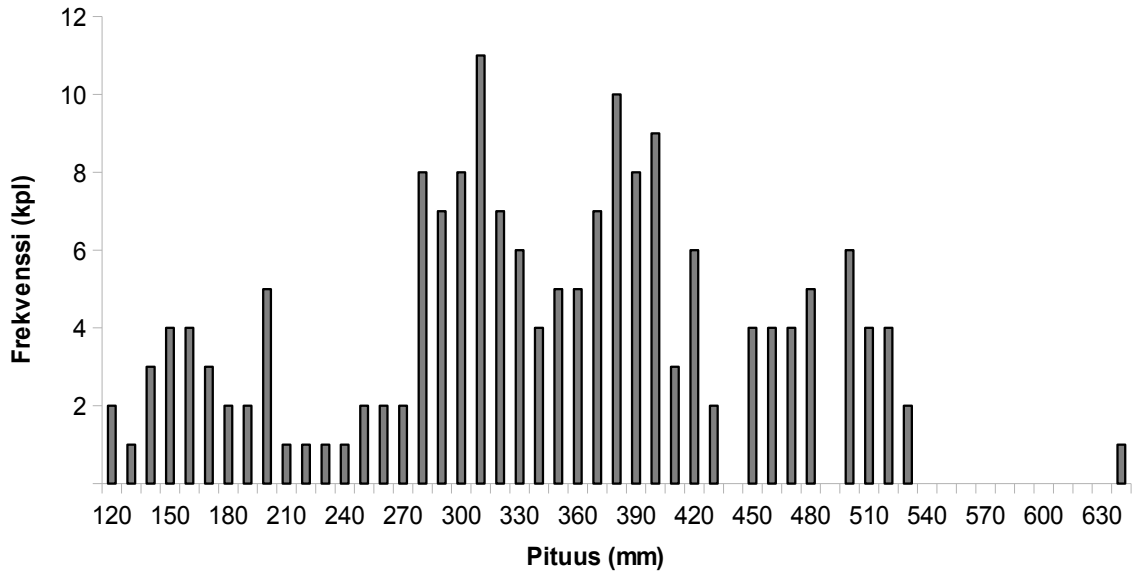
Väkäsettömän ja väkäsellisen kourun irrotusaikaa eri tarttumis- ja koukkukokoluokissa testattiin varianssianalyysillä ja parivertailussa käytettiin Tukeyn testiä. Havaintoja ei ollut kaikilla kolmen faktorin kombinaatioilla. Ongelma saatiin korjattua jättämällä koukkukoko #14 tämän tarkastelun ulkopuolelle. Kourun irrotusaika-muuttujalle tehtiin $\log(x)$ -muunnos ja muuttujan varianssit saatiin yhtä suuriksi eriluokissa. Irrotusaikaa ei muunnoksenkaan avulla saatu noudattamaan normaalijakaumaa. Tällä ei kuitenkaan pääse syntymään kovin karkeita virheitä suurten otosten ($n > 20$) vertailussa (Ranta ym. 1992).

Log-lineaarisen mallin avulla selvitettiin, mitkä tekijöistä (kalastaja, väkänen, koukkukoko, tarttumisloukka ja kalan pituus) yhdessä vaikuttivat kalojen saamisen kudosaaurioiden vakavuuteen, aiheutuneen verenvuodon määrään sekä kalan kiinnipysymiseen, ts. ylössaamiseen. Mallin rakentamisessa käytettiin ns. backward selection lähestymistapaa. Tarkoituksena oli löytää sellainen malli, joka sopii aineistoon ja jossa on mahdollisimman vähän parametrejä estimoitavana. Parametrien valintakriteerinä käytettiin P-arvoa 0,05. Mallin katsottiin sopivan aineistoon, kun P-arvo oli suurempi kuin 0,05. Malleihin otettiin mukaan vain kaksi suurinta koukkukokoa (#2 $n=228$, #6 $n=147$), koska pienimmän kourun havaintomäärä ($n=28$) ei ollut riittävän suuri.

4. TULOKSET

4.1. Kalan kiinnipysyminen

Tutkimuksessa saatiin kerättyä yhteensä 403 havaintoa, jotka koostuivat 178 kiinnipysyneestä ja 225 irronneesta kalasta. Kiinnipysyneiden kalojen keskipituus oli 342 mm ($n=176$, $SD=105,6$ mm) (Kuva 3). Havainnot (Taulukko 1) jakaantuivat tasaisesti eri koukkukokojen kesken käsittelyjen välillä (χ^2 -testi, $df=2$, $P=0,205$).

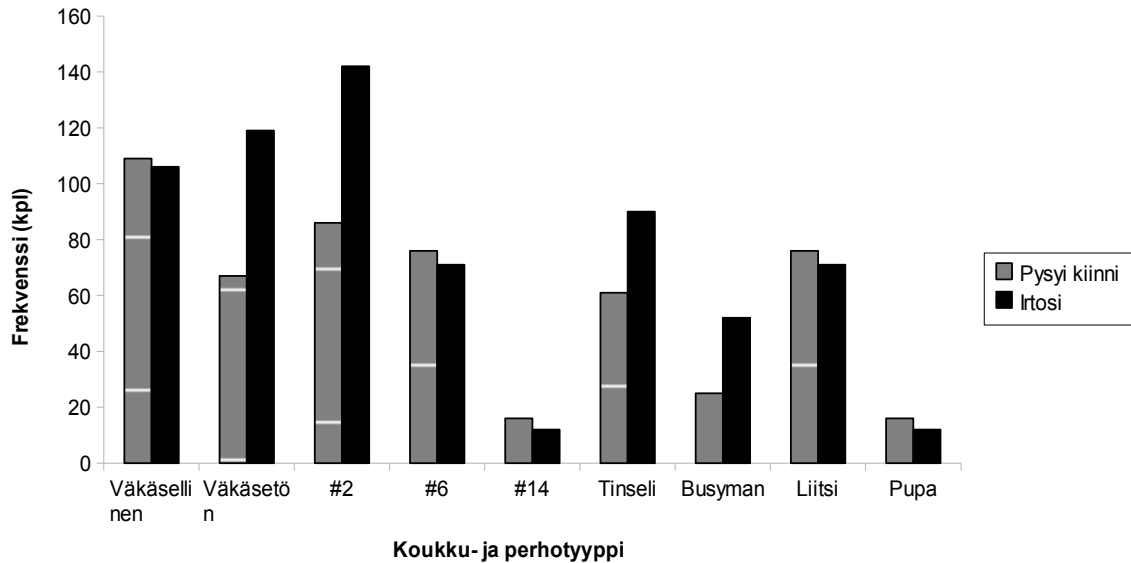


Kuva 3. Kiinnipysyneiden kalojen pituusluokkajakauma, jossa joka toisen luokan alaraja on numeroitu.

Taulukko 1. Havaintojen jakautuminen koukkukoko- ja perhomalliluokkiin väkäsellisten ja väkäsettömien koukkujen kesken.

	Koukkukoko			Perhomalli			
	#2	#6	#14	Tinseli	Busyman	Liitsi	Pupa
Väkänen on	126	80	9	73	53	60	9
ei	101	66	19	78	23	66	19
-tieto puuttuu	1	1			1	1	
Yhteensä	228	147	28	151	77	127	28

Kalat pysyivät paremmin kiinni väkäsellisissä koukuissa (χ^2 -testi, $df=1$, $P=0,003$). Väkäsellisissä koukuissa pysyi kiinni 51 % kaloista ja väkäsettömissä vastaavasti 36 % (Kuva 4). Kiinnipysyminen erosi tilastollisesti myös koukkukoon (χ^2 -testi, $df=2$, $P=0,010$) ja perhomallin (χ^2 -testi, $df=3$, $P=0,015$) suhteen. Suurimmalla koukkukoolla (#2) ei ollut eroa kalojen kiinnipysymisessä väkäsellisten ja väkäsettömien koukkujen välillä (χ^2 -testi, $df=1$, $P=0,116$). Kokoa #6 olevilla koukuilla oli tilastollisesti merkitsevä ero (χ^2 -testi, $df=1$, $P=0,003$) kalojen kiinnipysymisessä väkäsellisten ja väkäsettömien koukkujen välillä. Koon #14 koukuilla havaintojen määrä oli liian pieni ja testin oletukset eivät täyttyneet (25 % odotetuista frekvensseistä alle 5). Samaan koukkukokoon (#2) sidottujen Tinseli- ja Busyman-perhojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa kalan kiinnipysymisessä (χ^2 -testi, $df=1$, $P=0,243$).



Kuva 4. Kiinni pysyneiden ja irronneiden kalojen frekvenssit koukku- ja perhotyypeittäin.

Log-linearisessa mallissa kalastaja, väkänen ja koukkukoko vaikuttivat merkittävästi kalan kiinnipysymiseen. Näillä kaikilla oli yhdysvaikutus suhteessa kalan kiinnipysymiseen (Taulukko 2). Log-lineaarinen malli sopi aineistoon ($\chi^2=47,397$, $df=42$, $P=0,262$).

Taulukko 2. Kalan kiinnipysymisen ja siihen vaikuttavien tekijöiden välisten yhdysvaikutusten merkitsevyydet log-linearisessa mallissa.

	χ^2	df	P-arvo
Väkänen*Kiinnipysyminen	8,289	1	0,004
Koukkukoko*Kiinnipysyminen	5,955	1	0,015
Kalastaja*Kiinnipysyminen	18,777	8	0,016
Kalastaja*Koukkukoko	39,669	8	<0,001

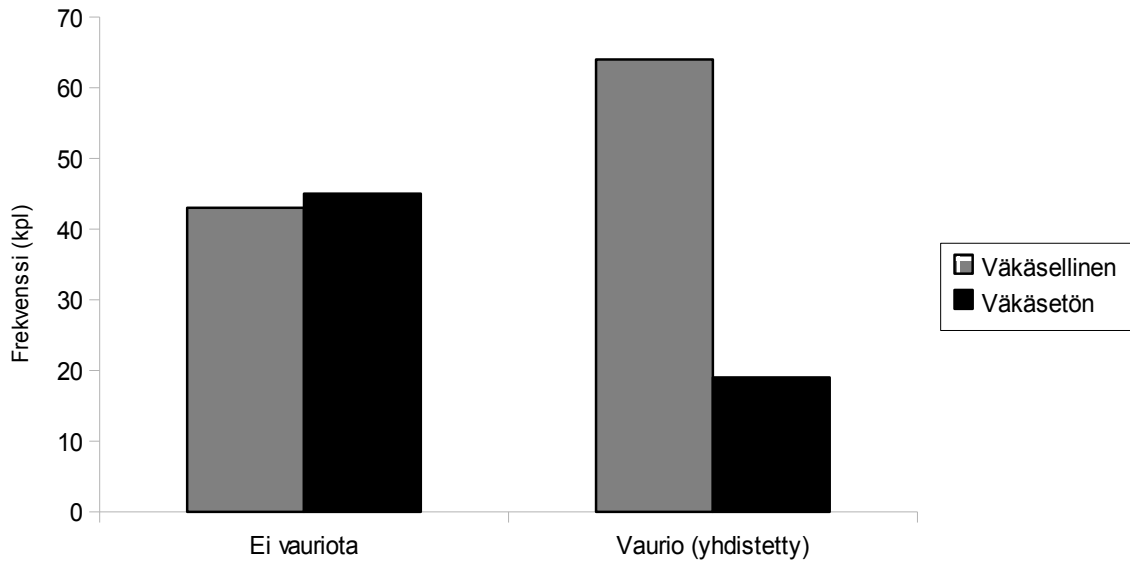
4.2. Kudonvauriot

Väkäselliset koukut aiheuttivat kaloille (Kuva 5) useammin kudonvaurioita (χ^2 -testi, $df=1$, $P<0,001$).

Erikokoisten koukkujen (Taulukko 3) aiheuttamat kudonvauriot eroavat toisistaan (χ^2 -testi, $df=2$, $P<0,001$). Koon #14 koukku ei aiheuttanut havaittavia kudonvaurioita ja käsittely erosi merkittävästi muista (χ^2 -testi, $df=2$, $P<0,001$). Käsittelyjen #2 ja #6 välillä ei ollut eroa (χ^2 -testi, $df=1$, $P=0,801$).

Kalan koko ei vaikuttanut kudonvaurioiden syntyyn ($\chi^2=1,640$, $df=1$, $P=0,200$).

Log-linearisessa mallissa koukkukoko ($\chi^2=23,279$, $df=6$, $P=0,001$) ja väkänen ($\chi^2=20,342$, $df=3$, $P<0,001$) vaikuttivat merkittävästi kalan saamiin kudonvaurioihin, mutta esimerkiksi tarttumislukua puolestaan ei. Log-lineaarinen malli sopi aineistoon ($\chi^2=36,716$, $df=54$, $P=0,965$).



Kuva 5. Kaloilla todettujen kudosvaurioiden frekvenssit väkäsellisillä ja väkäsetömillä koukuilla.

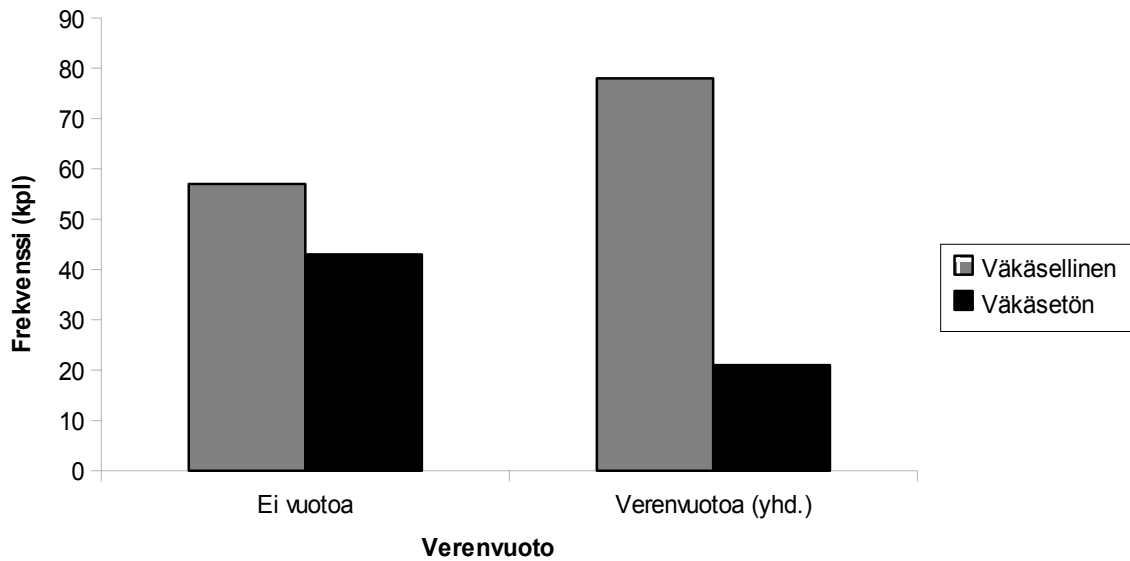
Taulukko 3. Kudosvaurioluokkien frekvenssit erikokoisilla väkäsellisillä ja väkäsetömillä koukuilla.

Koukkutyyppi	Kudosvaurio				Yhteensä
	Eilainkaan (1)	Lievä (2)	Kohtalainen (3)	Vakava (4)	
Väkäsellinen	43	44	20	0	107
Koko #2	16	20	14	0	50
Koko #6	20	24	6	0	50
Koko #14	7	0	0	0	7
Väkäsetön	45	12	5	2	64
Koko #2	21	7	2	1	31
Koko #6	15	5	3	1	24
Koko #14	9	0	0	0	9

4.3. Verenvuoto

Väkäsellisellä koukulla saadut kalat kärsivät verenvuodosta (Kuva 6) useammin kuin väkäsetömillä saadut kalat (χ^2 -testi, $df=1$, $P=0,048$). Väkäsellisten ja väkäsetömiä koukkujen kaloille aiheuttamassa verenvuodossa ei ollut tilastollisesti merkitsevää ($P=0,232$) eroa koukkukokojen välillä (Taulukko 4).

Log-lineaarisen mallin muodostamisessa olivat mukana väkänen, koukkukoko, tarttumislukko, verenvuodon määrä sekä kalan pituus. Yksikään tekijöistä ei vaikuttanut merkitsevästi kalan verenvuodon määrään.



Kuva 6. Kaloilla todetun verenvuodon frekvenssit väkäsellisillä ja väkäsetömillä koukuilla.

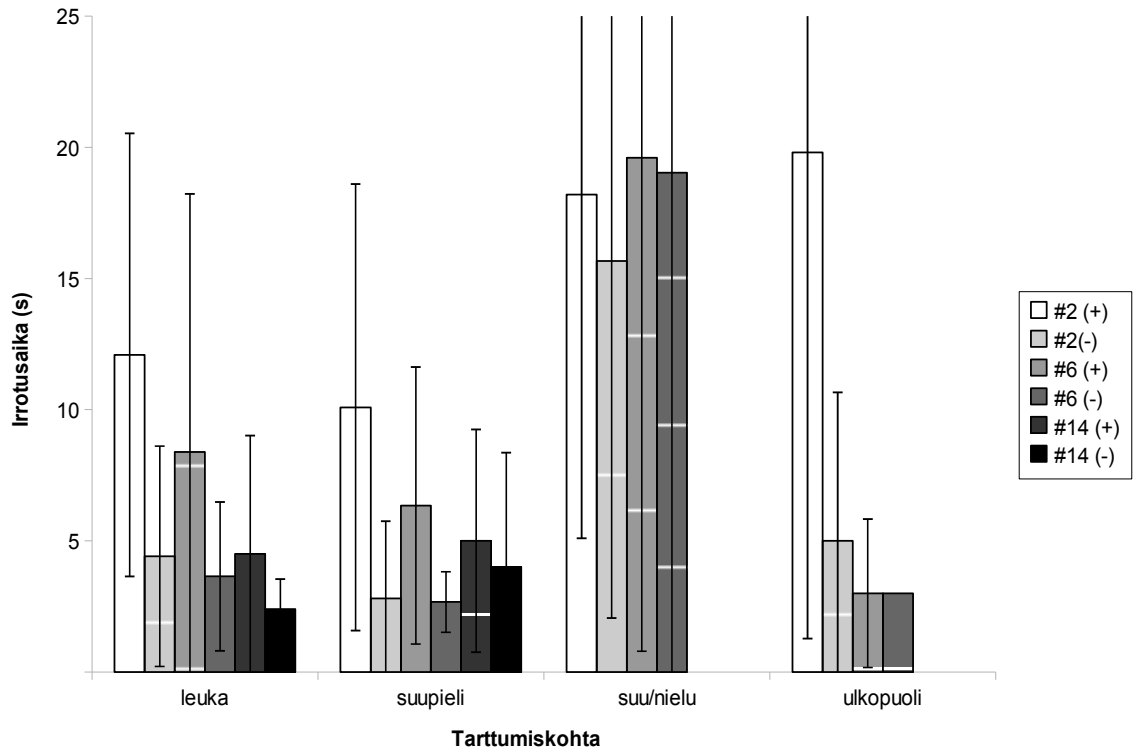
Taulukko 4. Verenvuotoluokkien frekvenssit erikokoisilla väkäsellisillä ja väkäsetömillä koukuilla.

Koukutyyppi	Kudosvaurio				Yhteensä
	Ei lainkaan (1)	Lievä (2)	Kohtalainen (3)	Vakava (4)	
Väkäsellinen	57	35	15	3	110
Koko #2	31	11	8	2	52
Koko #6	23	20	7	1	51
Koko #14	3	4	0	0	7
Väkäsetön	43	16	4	1	64
Koko #2	19	9	2	1	31
Koko #6	19	3	2	0	24
Koko #14	5	4	0	0	9

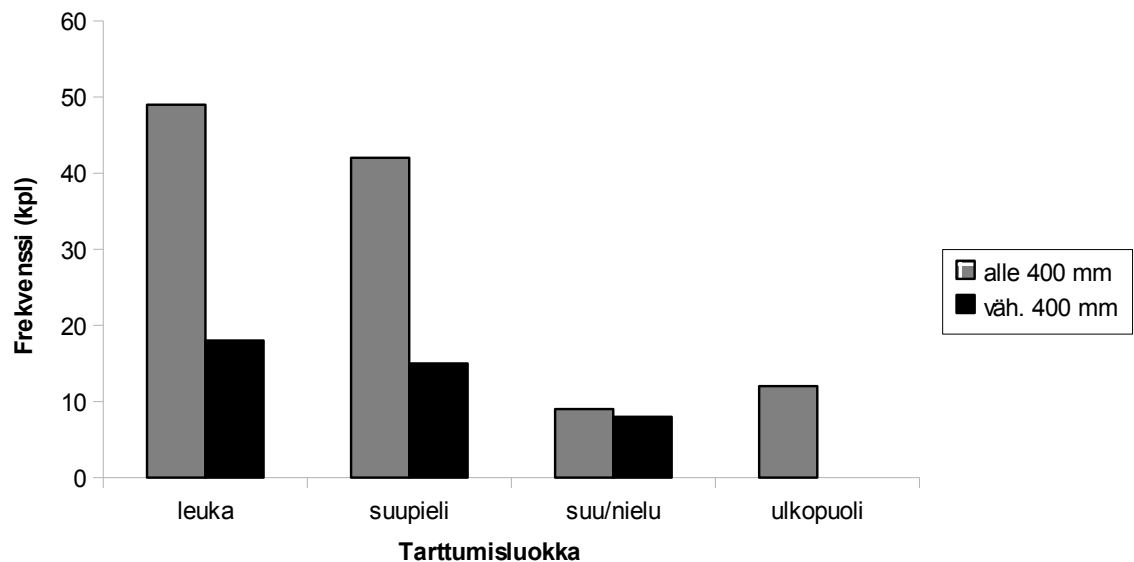
4.4. Koukun irrotusaika ja tarttumiskohta

Koukun irrotusaikaan vaikuttivat sekä väkänen (MANOVA, $F=7,421$, $P=0,007$) että tarttumislukka (MANOVA, $F=6,446$, $P<0,001$). Koukkukoko (#2 tai #6) ei vaikuttanut irrotusaikaan (MANOVA, $F=2,066$, $P=0,153$). Muuttujilla ei ollut yhdysvaikutuksia.

Irrotusaika oli lyhyempi väkäsetömästä koukusta (Kuva 7) ja irrotusaika suusta tai nielusta oli merkitsevästi pitempi kuin leuasta ($P=0,007$) tai suupielestä ($P=0,002$).



Kuva 7. Väkäsellisten (+) ja väkäsettömien (-) koukkujen tarttumisloukkakohtaisen irrotusajan keskiarvo ja keskiarvon keskiarvo erikokoisilla koukuilla.



Kuva 8. Koukun tarttumiskohdan pituusluokkakohtaiset frekvenssit kiinnipysyneillä kaloilla.

Koukun tarttumisloukan jakauma väkäsellisellä ja väkäsettömällä koukulla ei eronnut toisistaan merkitsevästi (χ^2 -testi, $df=3$, $P=0,292$). Koukun tarttumisloukan jakauma erikokoisilla koukuilla ei eronnut toisistaan merkitsevästi (χ^2 -testi, $df=6$, $P=0,548$).

Koukun tarttumislukan jakauma eri pituusluokissa (Kuva 8) erosi merkitsevästi (χ^2 -testi, $df=3$, $P=0,047$). Havaitun empiirisen jakauman mukaan suusta ja nielusta tarttuneiden alle 400 mm kalojen osuus oli selvästi odotettua pienempi ja ulkopuolelta tarttuneiden osuus puolestaan selvästi odotettua suurempi. Vähintään 400 mm kaloilla tilanne oli täysin päinvastainen, sillä suusta ja nielusta tarttuneiden osuus oli selvästi odotettua suurempi ja ulkopuolelta tarttuneiden selvästi odotettua pienempi.

5. TULOSTEN TARKASTELU

5.1. Kalojen kiinnipysyminen

Väkänen paransi odotetusti kalojen kiinnipysymistä. Väkäsellisistä koukuista irtosi 49 % ja väkäsättömistä 64 % kaloista. Meka (2004) sai tutkimuksessaan samansuuntaisia tuloksia. Siinä väkäsellisistä J-koukuista irtosi 32 % ja väkäsättömistä 41 % kaloista. Tutkimuksessa käytettiin koon #6 ja #8 koukkuja.

Isoimmasta koukusta kaloja irtosi enemmän kuin pysyi kiinni. Muilla kokoluokilla tilanne oli päinvastainen. Näyttäisi siltä, että kalat pysyvät paremmin kiinni pienemmässä koukussa ja koukkukoko olisi yksi mahdollinen kalojen kiinnipysymiseen vaikuttava tekijä. Tähän ovat päätyneet myös Alos ym. (2008), sekä Mapleston ym. (2008) tutkimuksissaan.

Suurimmalla koon #2 koukulla ei ollut merkitsevää eroa kalojen kiinnipysymisessä väkäsellisten ja väkäsättömien koukkujen välillä, mutta kahdessa pienemmässä koukkukoossa kalat pysyivät paremmin kiinni väkäsellisissä kuin väkäsättömissä koukuissa. Koon #14 väkäsellisestä koukusta irtipäässeiden kalojen määrä tosin jäi ainoastaan kahteen, eikä tilastollinen testaus ollut mahdollista, koska tilastollisen testin oletuksia ei saatu voimaan.

Kalan kiinnipysymiseen vaikuttaa mahdollisesti myös koukun langan paksuus ja koukun kalan kudoksiin muodostaman reiän halkaisija. Kun ohutlankainen koukku kiinnittyy, osa kudoksista saattaa repeytymisen sijaan venyä koukun kiinnityskohdan ympärillä ja palautua lähes normaaliksi koukun irrotuksen jälkeen. Paksulankainen koukku saattaa puolestaan repiä enemmän kudoksia kiinnittyessään, ja revenneet kudokset pitävät koukun huonommin paikoillaan kalan tempoillessa. Tämä saattaa vaikuttaa myös siihen, että suuremmista koukuista aiheutuu kalalle useammin kudosvaurioita. Tutkimuksessa käytetyn Kamasan B175 #2 koukun lanka on suhteellisen paksu verrattuna yleisesti taimenen perhokalastuksessa käytettäviin saman kokoluokan koukkuihin.

Lisäksi koukun sijainti perhon hahmoon nähden sekä mahdollisesti myös petokalan ravintokohteen koosta riippuva ravinnonottotapa saattavat vaikuttaa kiinnipysymiseen. Isoimpaan koukkuun sidotut pikkukalaa imitoivat perhot olivat noin 12 cm pitkiä, ja koukun kärki on selvästi perhon etukolmanneksella. Muissa perhomalleissa koukun kärki on selvästi perhon takaosassa. Kun koukun kärki sijaitsee aivan perhon etuosassa, se saattaa heikentää kalan tarttumista. Petokalat saattavat ottaa suuremman ravintokohteen, kuten kalan, eri tavalla kuin esimerkiksi vapaasti virran mukana kulkevan hyönteisen. Tämä saattaa vaikuttaa siihen, miten koukku tarttuu ja pysyy kiinni.

Kalastajan vaikutusta kalan kiinnipysymiseen ei tule aliarvioida, sillä karkuun päässeiden kalojen osuus vaihteli kalastajakohtaisesti välillä 18–81 %. Kalastuskokemuksella ja -tyylillä on varmaankin suuri vaikutus kalojen kiinnipysymiseen, mutta kalastajan ominaisuuksien vaikutus kalan kiinnipysymiseen ei kuulu tämän tutkimuksen piiriin.

5.2. Kudosvauriot

Pieni koukku aiheutti kaloille harvemmin vammoja kuin iso. Mapleston ym. (2008) toteavat 8 kalalajia käsittävässä tutkimuksessaan, että isommat koukut aiheuttivat useammin vammoja lajista riippumatta.

Kalojen pituus saattaa myös vaikuttaa vaurioiden syntyyn, mutta aineiston perusteella näin ei kuitenkaan ole. Meka (2004) havaitsi, että alle 440 mm pitkät kirjoloheet saivat suurempia useammin vaurioita.

Aineiston kerääminen lopetettiin jo ennen kesäkuun puoliväliä eikä koon #14 koukkuun sidotulla Pupalla kalastaminen ollut aikaisesta ajankohdasta johtuen kovin tuloksekasta. Vaikka aineisto kyseisen perhomallin kohdalla jäikin varsin vaatimattomaksi, se edustaa mielestäni kuitenkin varsin hyvin pienikokoisen koukun aiheuttamia vammoja, jotka eivät yleensä ole pientä koukun reikää vakavampia.

Väkäsellinen koukku aiheutti kaloille useammin vammoja (48 % kaloista) kuin väkäsetön (33 % kaloista). Myös Ayvazian ym. (2002) sekä Meka (2004) ovat tulleet tutkimuksissaan samaan tulokseen. Valikoivassa kalastuksessa väkänen aiheuttaa tarttuessaan tai irrotusvaiheessa kudosvaurioita, jotka voitaisiin välttää käyttämällä väkäsetömiä koukkuja (mm. Meka 2004).

Väkäsetömällä koukulla saatiin kaksi kalaa, joille aiheutui koukusta vakava kudosvaurio (Taulukko 3). Molemmissa tapauksissa koukku oli lävistänyt kalan silmän, eikä syy vamman vakavuuteen ollut koukun väkäsetömyydessä vaan koukun tarttumiskohdassa.

Väkäsellisellä koukulla saaduista kaloista vaurioitui 60 % ja väkäsetömällä 30 %. Vastaavan tyyppisissä tutkimuksissa väkäsellisellä koukulla saaduista kaloista vaurioitui 65 % ja väkäsetömällä 55 % (Meka 2004), sekä 72 % ja 68 % (Ayvazian ym. 2002). Suuri ero väkäsetömiä koukkujen osalta tutkimusten välillä saattaa selittyä sillä, että tässä tutkimuksessa käytettiin myös selvästi pienempää koukkuja. Meka (2004) käytti tutkimuksessaan koon #6 ja #8 koukkuja, Ayvazian ym. (2002) puolestaan vain #2 koukkuja.

5.3. Verenvuoto

Väkäsellinen koukku aiheutti kaloille useammin havaittavissa olevaa verenvuotoa. Meka (2004) ei puolestaan löytänyt eroa kalojen verenvuodossa väkäsellisten ja väkäsetömiä koukkujen välillä, mutta silmästä, kurkusta, kiduksista ja kielestä tarttuneet sekä pienemmät (< 440mm) kalat vuotivat verta useammin kuin muut.

Tämän tutkimuksen mukaan koukkukoolla ei ollut vaikutusta verenvuodon esiintymiseen. Samaan tulokseen päätyivät myös Bachelor & Buckel (2004), mutta Mapleston ym. (2008) tulivat siihen tulokseen, että isommat koukut aiheuttavat pieniä useammin verenvuotoa.

Voisi kuvitella, että verenvuoto olisi runsaampaa, kun koukku osuu suureen verisuoneen, joista suurin osa on kalalla kidusten välittömässä läheisyydessä. Tästä ei kuitenkaan ollut viitteitä aineistossa. Muutamien muidenkin tutkimusten tulokset ovat ristiriidassa keskenään. Mapleston ym. (2008) havaitsivat, että verenvuoto oli yleisempää leuoista tai suusta kiinni oleilla kaloilla kuin muilla. Bachelor & Buckel (2004) puolestaan toteavat, että yli puolet kiduksista tarttuneista kaloista vuoti verta, kun leuoista tarttuneista vuoti ainoastaan 15 %.

Tässä tutkimuksessa saaduista kaloista vain neljä oli kiinni nielusta tai kiduksista, ja näistä vain yhdellä kalalla oli havaittu runsasta verenvuotoa. Kahdella kalalla verenvuoto oli lievää ja yhdellä kalalla ei ollut verenvuotoa. Kaikissa tapauksissa koukku oli irrotettu kalasta normaalisti, eikä sitä ollut jätetty paikoilleen.

5.4. Koukun irrotusaika

Koukun irrotusaika riippui selvästi koukun väkäsestä ja väkäsetön koukku oli nopeampi irrottaa. Meka (2004) tutki samaa asiaa, mutta tutkimuksessa ei saatu eroa väkäsetömiä ja väkäselisten koukkujen välille. Tutkimuksessa (Meka 2004) irrotusaika oli mitattu siitä hetkestä, kun kala on haavissa, siihen asti kunnes koukku oli irrotettu. Käytännössä koukun irrotusajan mittaaminen tulisi aloittaa siitä, kun koukku aletaan irrottaa, muuten kyseessä on kalan käsittelyyn käytetyn ajan mittaaminen. Saattaa mennä kymmeniä sekunteja, ennen kuin haavissa kamppailevasta kalasta saa sellaisen otteen, että koukku voi ryhtyä irrottamaan. Koukun irrottamiseen menee keskimäärin 5-10 s. Jos tähän lisätään kymmenien sekuntien haavin kanssa temppuilu, eivät erot väkäselisten ja väkäsetömiä koukkujen irrottamisaikojen välillä todennäköisesti tule esiin. Kalojen haavissa kamppailu on tapauskohtaista, ehkä myös ennalta arvaamatonta, eikä varmastikaan koukun väkäsestä riippuvaa.

Koukun irrotusaikaan vaikutti selvästi myös koukun tarttumiskohta. Nielusta, kielestä ja kiduksista tarttuneiden koukkujen irrottamiseen kului enemmän aikaa kuin leuasta tai suupielestä kiinni olleiden. Ulkopuolelta kiinni tarttuneiden koukkujen irrotusaika ei eronnut merkitsevästi muista ryhmistä.

Irrotusajan tarkastelusta jouduttiin jättämään pois pienin koukkukoko (#14), koska havaintojen määrä ei riittänyt tilastolliseen tarkasteluun. Havaintoja jäi puuttumaan etenkin ulkopuolelta ja suu/nielu -luokasta tarttuneista kaloista. Kun mukana tarkastelussa oli vain kaksi koukkuluokkaa, ei ehkä ollut niin todennäköistäkään löytää merkitsevää eroa koukkukokojen välillä.

5.5. Koukun tarttumiskohta

Suurin osa saaduista kaloista oli kiinni leuan alueelta. Tulos on samanlainen muiden tutkimusten (esim. Bachelor & Buckel 2004, Meka 2004, Mapleston ym. 2008).

Tutkimuksessa väkänen, perhomalli tai koukkukoko ei vaikuttanut tarttumiskohtaan. Pienimmän koukun kohdalla ei ollut havaintoja ulkopuolelta tai suu/nielu luokasta tarttuneista kaloista, mutta tällä ei ollut tilastollista merkitsevyyttä. Aineiston pieni koko saattaa vaikuttaa asiaan.

Kirjallisuuden perusteella koukun tarttumiskohtaan voidaan vaikuttaa ainakin koukun mallia (mm. Bartholomew & Bohnsack 2005) ja kokoa (mm. Alos ym. 2008) muuttamalla.

Monessa tutkimuksessa (mm. Bachelor & Buckel 2004, Meka 2004, Kerstetter & Graves 2006) on todettu, että pyörökoukku (engl. circle hook) tarttuu J-koukkuun useammin kalan leukoihin ja verenvuoto on ollut vähäisempää.

Koukun koon vaikutus tarttumiskohtaan on ristiriitainen eri tutkimusten välillä. Esimerkiksi Mapleston ym. (2008) havaitsivat, että pienet koukut tarttuvat useammin kalan leukoihin, mutta Bachelor & Buckel (2004) tulivat puolestaan siihen tulokseen, että pienet koukut tarttuvat useammin kalan kiduksiin. Tutkimuksissa käytetty koukkukoko vaihteli välillä #4/0–#8/0 (Mapleston ym. 2008) ja #5/0–#12/0 (Bachelor & Buckel 2004). Koukut ovat tutkimusten välillä lähes samankokoisia, joten se tuskin selittää eroa. Syynä eroihin

tarttumiskohdassa saattaisi olla kalojen kokoero aineistojen välillä. Mapleston ym. (2008) käyttivät aineistoa, jossa kalojen keskikoko oli lajista riippumatta alle 500 mm. Bachelor & Buckel (2004) käyttivät puolestaan aineistoa, jossa kalat olivat suurempia ja vain 8 % tutkimuksen päälajin yksilöistä oli pituudeltaan alle 508 mm. Toinen selittävä tekijä saattaisi olla kalastustapa tai syötti, mutta molemmissa tutkimuksissa (Mapleston ym. 2008, Bachelor & Buckel 2004) käytettiin samantyyppistä kalastustapaa ja syöttiä.

Kalastuksessa käytettävän koukun koko on hyvin lajikohtainen ja sen tarkastelu vaatii hyvän kohdelajin koon ja anatomian tuntemuksen lisäksi myös tapauskohtaista soveltamista (Kerstetter & Graves 2006).

Koukun tarttumiskohdan jakauma erosi pienempien (alle 400 mm) ja suurempien (vähintään 400 mm) kalojen välillä merkitsevästi. Pienemmät kalat olivat odotettua useammin tarttuneet koukkuun ulkopuolelta mutta odotettua harvemmin suusta tai nielusta. Suuremmilla kaloilla tilanne oli päinvastainen.

Isoista kaloista 19,5 % oli tarttunut koukkuun suusta tai nielusta, mutta pienistä kaloista ainoastaan 8 %. Saattaa olla, että koukku tarttuu suurilla kaloilla pieniä useammin suuhun ja nieluun jo pelkän kokoeron takia. Suuremmassa suussa on avautuessaan pientä suurempi imuvaikutus, jonka lisäksi perho mahtuu isommilla kaloilla helpommin syvempiin suosiin. Myös perhon uittotyylä, joko vapaasti virran mukana tai vetäen aktiivisesti siimaa käsin sisään, saattaa vaikuttaa koukun tarttumiskohtaan.

Koukun tarttumiskohta saattaa vaikuttaa kalan kiinnipysymiseen, mutta aiheutta on vaikea lähestyä tieteellisesti ja tilastollisesti luotettavalla tavalla. Ongelmana ovat ensinnäkin irtipäässeet kalat, joiden osalta koukun tarttumiskohta ei ole tiedossa. Toisen ongelman muodostavat tapaukset, joissa koukku on irronnut jo haavissa, eikä koukun kiinnittymiskohta ole siten tiedossa. Aineistossa oli 15 havaintoa, jossa väkäsetön koukku on irronnut haavissa. Väkäsellisellä koukulla havaintoja oli vain neljä. Tämä kertoo omalta osaltaan siitä, että väkäsetön koukku irtoaa väkäsellistä helpommin, mutta tuo myös tietynlaista epävarmuutta koukun tarttumiskohdan tarkasteluun.

5.6. Päätelmät ja suositukset

Tämän tutkimuksen ja aiempien tulosten (mm. Meka 2004, Mapleston 2008) perusteella valikoivassa kalastuksessa tulisi ehdottomasti käyttää vain väkäsetömiä koukkuja. Valikoivassa kalastuksessa osa saaliista vapautetaan ja näiden kalojen tahallinen vahingoittaminen väkäsellisillä koukuilla on eettisesti hyvin arveluttavaa ja lisäksi myös eläinsuojelulain vastaista. Eläinsuojelulain 3 § sekä erityisesti eläinsuojeluasetuksen 14 § 8. mom. tarkoituksena on estää tarpeettoman kärsimyksen tuottaminen eläimille. Tarpeeton kärsimys voidaan tässä tapauksessa välttää käyttämällä väkäsetömiä koukkuja.

Voisi olla harkinnan arvoista jopa miettiä, että sallitaanko kalastus vain väkäsetömillä ja tiettyä kokoa pienemmillä tai ohutlankaisilla koukuilla, jos lakisääteistä alamittaa pienempien kalojen koukkuun tarttumista ei voida välttää. Erityisesti koskikalastuskohteilla, joissa on luontaisesti lisääntyvä taimenpopulaatio, saattaa alamittaisten saaliskalojen välttäminen olla vaikeaa.

KIITOKSET

Tahdon kiittää mukana olleita osakaskuntia ja Konneveden kalantutkimus ry:tä, jotka mahdollistivat tutkimuksen toteuttamisen hallinnoimillaan kalastuskohteilla. Kiitän myös Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitosta, joka rahoitti tutkimuksen matkakustannuksia, sekä Jyväskyläläistä Perhokolmio Oy -liikettä, joka lahjoitti tutkimukseen tarvitut

perhosidontamateriaalit, siimat ja koudut. Lisäksi Antti Eloranta, Matti Kotakorpi, Ossi Käkränen, Mikko Leminen, Pekka Majuri, Mika Oraluoma, Jouni Penttinen, Timo Ruokonen, Miika Sarpakunnas ja Kimmo Sivonen ansaitsevat kiitokset tutkimuksen eteen tekemästään vapaaehtoisesta työstä.

KIRJALLISUUS

- Airaksinen M. & Valkeajärvi P. 2005a. Vapakalastus Keski-Suomen koskilla vuonna 2004, osa II. Kalastajien näkemyksiä kalastuksen järjestelyistä ja taimenkantojen hoidosta. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kala- ja riistaraportteja* 362: 1–28.
- Airaksinen M. & Valkeajärvi P. 2005b. Vapakalastus Keski-Suomen koskilla vuonna 2004, osa I. Saalis ja pyyntiponnistus. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kala- ja riistaraportteja* 360: 1–26.
- Alos J., Cerdá M., Deudero S. & Grau A.M. 2008. Influence of hook size and type on short-term mortality, hooking location and size selectivity in a Spanish recreational fishery. *J. Appl. Ichthyol.* 24: 658–663.
- Ayvazian S.G., Wise B.S. & Young G.C. 2002. Short-term hooking mortality of tailor (*Pomatomus satatrix*) in Western Australia and the impact on yield per recruit. *Fish. Res.* 58: 241–248.
- Bacheler N.M. & Buckel J.A. 2004. Does hook type influence the catch rate, size, and injury of grouper in a North Carolina commercial fishery? *Fish. Res.* 69: 303–311.
- Barnhart R.A. 1989. Symposium review: Catch-and-release fishing, a decade of experience. *N. Am. J. Fish. Man.* 9: 74–80.
- Bartholomew A. & Bohnsack J.A. 2005. A review of catch-and-release angling mortality with implications for no-take reserves. *Rev. Fish. Biol. Fish.* 15: 129–154.
- Campbell N.A. & Reese J.B. 2002. *Biology* (6th edition). Benjamin Cummings, San Francisco.
- Cooke S.J. & Hogle W.J. 2000. Effects of retention gear on the injury and short-term mortality of adult smallmouth bass. *N. Am. J. Fish. Man.* 20: 1033–1039.
- Cooke S.J., Philipp D.P., Schreer J.F. & McKinley R.S. 2000. Locomotory impairment of nesting male largemouth bass. *N. Am. J. Fish. Man.* 20: 968–977.
- Cooke S.J., Philipp D.P., Dunmall K.M. & Schreer J.F. 2001. The influence of terminal tackle on injury, handling time, and cardiac disturbance of rock bass. *N. Am. J. Fish. Man.* 21: 333–342.
- Cooke S.J. & Sneddon L.U. 2007. Animal welfare perspectives on recreational angling. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 104: 176–198.
- Chopin F.S., Arimoto T. & Inoue Y. 1996. A comparison of the stress response and morality of sea bream (*Pargus major*) captured by hook and line and trammel net. *Fish. Res.* 28: 277–289.
- DuBois R.B. & Dubielzig R.R. 2004. Effect of hook type on mortality, trauma and capture efficiency of wild stream trout caught by angling with spinners. *N. Am. J. Fish. Man.* 24: 609–616.
- DuBois R.B. & Kuklinski K.E. 2004. Effect of hook type on mortality, trauma, and capture efficiency of wild, stream-resident trout caught by active baitfishing. *N. Am. J. Fish. Man.* 24: 617–623.
- DuBois R.B. & Pleski J.M. 2007. Hook shedding and mortality of deeply hooked brook trout caught with bait on barbed and barbless hooks. *N. Am. J. Fish. Man.* 27: 1203–1207.
- Ferguson R.A. & Tufts B.L. 1992. Physiological effects of brief air exposure in exhaustively exercised rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Implications for “catch and release” fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 1157–1162.
- Haatanen J. & Vesikko I.P.J. 2007. *Koukun väkäsien vaikutus kalan tarttumiseen, kiinnipysymiseen, vammautumiseen ja koukun irrotusaikaan perhokalastuksessa*. Kandidaatintutkielma, Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Vesistötieteet.

- Holland-Bartels L.E., Dewey, M.R. & Zigler S.J. 1989. Effects of water temperature on the Mortality of Field-Collected Fish Marked with Fluorescent pigment. *N. Am. J. Fish. Man.* 9: 341–344.
- Kerstetter D.W. & Graves J.E. 2006. Effects of circle versus J-style hooks on target and non-target species in a pelagic longline fishery. *Fish. Res.* 80: 239–250.
- Mapleston A., Welch D., Begg G.A., McLennan M., Mayer D. & Brown I. 2008. Effect of changes in hook pattern and size on catch rate, hooking location, injury and bleeding for a number of tropical reef fish species. *Fish. Res.* 91: 203–211.
- Meka J.M. 2004. The influence of hook type, angler experience, and fish size on injury rates and the duration of capture in an Alaskan catch-and-release trout fishery. *N. Am. J. Fish. Man.* 24: 1309–1321.
- Meka J.M. & Margraf F.J. 2007. Using a bioenergetic model to assess growth reduction from catch-and-release fishing and hooking injury in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Fish. Manag. Ecol.* 14: 131–139.
- Muoneke M.I. & Childress W.M. 1994. Hooking mortality: A review for recreational fisheries. *Rev. Fish. Sci.* 2: 123–156.
- Mäki T.V., Soikkanen M., Rinne V. & Jahnukainen J. 1980. Tapiola: Suuri suomalainen eräkirja, osa 3. Weilin & Göös, Espoo.
- Ostrand K.G., Siepkers M.J., Cooke S.J., Bauer W.F. & Wahl D.H. 2005. Largemouth bass catch rates and injury associated with non-offset and offset circle hook configurations. *Fish. Res.* 74: 306–311.
- Ranta E., Rita H. & Kouki J. 1992. *Biometria. Tilastotiedettä ekologeille*. Yliopistopaino, Helsinki.
- Schaeffer J.S. & Hoffman E.M. 2002. Performance of barbed and barbless hooks in a marine recreational fishery. *N. Am. J. Fish. Man.* 22: 229–235.
- Schill D.J. & Scarpella R.L. 1997. Barbed hook restrictions in catch-and-release trout fisheries: A social issue. *N. Am. J. Fish. Man.* 17: 873–881.
- Suuronen P., Lehtonen E. & Jounela P. 2005. Escape mortality of trawl caught Baltic cod (*Gadus morhua*) – the effect of water temperature, fish size and codend catch. *Fish. Res.* 71: 151–163.
- Syrjänen J., Marjomäki T.J. & Karjalainen J. 2007. *Päijänteiden luonnonvarainen taimen – tuntematon nykytila ja turvaton tulevaisuus*. Yhteistutkimushankkeen loppuraportti 28.3.2007, Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos.
- Taylor M.J. & White K.R. 1992. A meta-analysis of hooking mortality of nonanadromous trout. *N. Am. J. Fish. Man.* 12: 760–767.
- Toivonen A.L., Mikkola J., Salmi P. & Salmi J. 2003. Vapaa-ajankalastuksen monet merkitykset. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalatutkimuksia* 187: 1–130.
- Vander Haegen G.E., Ashbrook C.E., Yi K.W. & Dixon J.F. 2004. Survival of spring Chinook salmon captured and released in a selective commercial fishery using gill nets and tangle nets. *Fish. Res.* 68: 123–133.
- Yada T., Azuma T., Hyodo S., Hirano T., Grau E.G. & Schreck C.B. 2007. Differential expression of corticosteroid receptor genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 64: 1382–1389.