KALA-JA RIISTARAPORTTEJA nro 207

Jari Setälä
Juhani Kettunen
Kari Ruohonen

Troolisilakan laatu

Kenttätutkimuksen suunnittelu, ohjeistus ja arviointi

Helsinki 2000

RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS

KUVAILULEHTI

Julkaisija	*Julkaisuaika*
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos	Joulukuu 2000

Tekijä(t)

Jari Setälä, Juhani Kettunen ja Kari Ruohonen

Julkaisun nimi

Troolisilakan laatu: Kenttätutkimuksen suunnittelu, ohjeistus ja arviointi

Julkaisun laji	*Toimeksiantaja*	*Toimeksiantopäivämäärä*
Tutkimusraportti	VTT, Biotekniikka	6.6.2000

Projektin nimi ja numero

Kalan säilymisen pidentäminen jäävеden avulla (319021)

Tiivistelmä

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) tutki projektissaan "Kalan säilymisen pidentäminen jäävеden avulla" mahdollisuuksia tehostaa silakan jäähdytystä troolialuksissa. VTT tilasi Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitokselta (RKTL) tutkimusta varten tutkimus- ja koesuunnitelman sekä kenttäohjeistuksen.

Tutkimus suunniteltiin vaiheittain. Kalastajia haastattelemalla määriteltiin ne jäähdytysmenetelmät, joita silakan troolikalastuksessa käytetään ja tekijät, jotka prosessien eri vaiheissa vaikuttavat silakan laatuun. Tämän jälkeen analysoitiin miten ao. muuttujien vaikutukset voitaisiin kenttäkokeessa ottaa huomioon siten, että varsinaisessa tutkimuksessa mitattaisiin luotettavasti juuri alkujäähdytysmenetelmien vaikutuksia kalan laatuun. Tehdyn analyysin perusteella valittiin kokeen tilastollinen malli ja koeasetelma. Valinnan kriteerinä pidettiin tilastollisen luotettavuuden maksimoinnin lisäksi kokeen käytännön toteutettavuutta. Lopuksi koesuunnitelma muunnettiin käytännön kenttäohjeiksi.

Raportissa on kuvattu suunnittelutyön kulku ja tutkimussuunnitelma sekä sen pohjalta laaditut kenttätyöohjeet. Raportin lopuksi tutkimusasetelmaa on arvioitu. Johtopäätöksissä osoitetaan ne kalastustapahtuman kriittiset vaiheet, joihin tutkimus- ja kehitystyötä tulisi jatkossa suunnata.

Asiasanat

Kalan laatu, troolikalastus, kalan jäähdytys, aistinvarainen arviointi

Sarjan nimi ja numero	*ISBN*	*ISSN*
Kala- ja riistaraportteja 207	951-776-306-9	1238-3325

Sivumäärä	*Kieli*	*Hinta*	*Luottamuksellisuus*
36 s. + 3 liitettä	Suomi		Julkinen

Jakelu	*Kustantaja*
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos Elinkeinokalatalouden tutkimus PL 6 00721 Helsinki Puh. 0205 7511 Faksi 0205 751 201	Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos PL 6 00721 Helsinki Puh. 0205 7511 Faksi 0205 751 201

Sisällys

ALKUSANAT 1

1. JOHDANTO 2
1.1 Silakka tärkein saaliskala - Kalastus pääasiassa troolilla 2
1.2 Tavoite: Laadun parantaminen jäähdytystä kehittämällä 2
1.3 Jäähdytyksen tehostamisen mahdollinen hyöty 3
1.4 Täyden mittakaavan koe jäähdytyksen vaikutuksista 3
1.5 Tutkimuksen suunnittelun vaiheet 4

2. KALASTUS- JA JÄÄHDYTYSPROSESSIT 5
2.1 Prosessien yleiskuvaus 5
2.2 Konttijäähdytys 5
2.3 RSW-jäähdytys 6

3. LAATUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT 7
3.1 Jäähdytystavoille yhteiset taustamuuttujat 7
3.1.1 Kalakanta ja kalastuspaikka 7
3.1.2 Troolin veto 10
3.2 Konttijäähdytykseen vaikuttavat taustamuuttujat 10
3.2.1 Nosto alukseen 10
3.2.2 Säilytys laivan kannella 11
3.2.3 Lajittelu 11
3.2.4 Jäävesikonttien täyttö 11
3.2.5 Konttien säilytys aluksessa 12
3.2.6 Konttien siirto aluksesta satamaan 12
3.2.7 Varastointi satamassa 12
3.2.8 Konttien kuljetus 12
3.3 RSW-jäähdytykseen vaikuttavat taustamuuttujat 13
3.3.1 Pumppaus troolipussista keräilysäiliöön 13
3.3.2 Kuljetus kouruissa keräilysäiliöstä tankkeihin 13
3.3.3 Säilytys aluksen tankeissa 13
3.3.4 Siirto aluksesta sataman tankkeihin 14
3.3.5 Välivarastointi sataman tankeissa 14
3.3.6 Lajittelu 14
3.3.7 Jäävesikonttien täyttö 14
3.3.8 Jäävesikonttien varastointi 15
3.3.9 Konttien kuljetus 15
3.4. Yhteenveto tärkeimmistä taustamuuttujista 15

4. JÄÄHDYTYSKOKEEN SUUNNITTELU 16
4.1 Lähestymistapa 16
4.2 Tutkimusongelman rajaus 16
4.3 Kokeen käytännöllinen muotoilu 17
4.3.1 Käsittelyt 17
4.3.2 Vastemuuttujat 17
4.3.3 Kiusa- ja taustamuuttujat 18
4.3.4 Koeasetelma 18
4.3.5 Kokeen aikataulu 20
4.3.6 Aistinvaraisia mittauksia koskeneet rajoitukset 20
4.3.7 Mikrobiologisia mittauksia koskeneet rajoitukset 21
4.4 Tilastollinen koesuunnittelu 21
4.4.1 Kokeen tilastolliset tavoitteet 21
4.4.2 Kokeen malli ja koeasetelma 22

4.4.3 Suunnittelussa tehdyt päätökset 22
4.4.4 Kokeen lähtöoletukset ja -tiedot 23

5. KOKEIDEN KÄYTÄNNÖN OHJEET 26
5.1 Koejärjestelyn toteuttamisesta 26
5.2 Näytteenkeruun ohjeistus 26
5.2.1 Valmistelu ennen kalastusmatkaa 26
5.2.2 Työskentely aluksessa 26
5.2.3 Työskentely satamassa 27
5.3 Työohjeet laboroinnille 28
5.3.1 Näytteiden otto satamassa 28
5.3.2 AVA-näytteiden valmistelu 28
5.3.3 AVA-näytteiden arviointi 29
5.3.4 Mikrobimittauksen ohjeet 29

6. JOHTOPÄÄTÖKSET 31
6.1 Tutkimusongelman rajaaminen 31
6.2 Suunnitelmaa koskevat rajoitukset 31
6.3 Jatkotutkimustarpeet 31

7. YHTEENVETO 34

KIRJALLISUUS 36

Alkusanat

Kalan tehokas jäähdytys heti pyynnin yhteydessä on tärkeä edellytys korkealle tuotelaadulle. Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) on projektissaan "Kalan säilymisen pidentäminen jääveden avulla" tutkinut mahdollisuuksia tehostaa silakan jäähdytystä troolialuksissa. VTT tilasi 6.6.2000 Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitokselta (RKTL) tutkimusta varten tässä raportissa esitetyn tutkimus- ja koesuunnitelman sekä kenttäohjeistuksen.

Raportissa on kuvattu suunnittelutyön kulku. Siinä arvioidaan jäähdyttämistutkimuksen hyötyjä, kuvataan keskeiset silakan jäähdytysmenetelmät ja analysoidaan silakan laatuun vaikuttavat muuttujat. Analyysin perusteella tehtiin tutkimusongelmaan sopiva tilastollinen koesuunnitelma ja ohjeistettiin kokeen tekeminen.

Tutkimuksen ideoinnista vastasivat tutkijat Jari Setälä, Tapani Hattula, Tiina Luoma ja tutkimusjohtaja Juhani Kettunen. Setälä ja Kettunen tekivät hyötyanalyysin. Setälä analysoi kalastus- ja jäähdytysprosessin vaikutukset laatuun yhteistyössä kalastajien Heikki Salokankaan ja Ralf Hellströmin kanssa. Kettunen ja erikoistutkija Kari Ruohonen laativat raportissa esitetyn tilastollisen koesuunnitelman. Setälä ja Kettunen tekivät kokeen kenttäohjeistuksen. Tässä raportissa on käytetty Tiina Luoman tekemää aistinvaraisen laatuarvioinnin ohjeistusta ja tutkija Hanna Miettisen mikrobiologisen laatuarvioinnin kuvausta. Setälä ja Kettunen kirjoittivat raportin.

Kiitämme VTT:ta luottamuksesta RKTL:een. Kaikkia työn tekemiseen osallistuneita kumppaneita kiitämme hyvästä yhteistyöstä. Erityisesti haluamme kiittää molempia kalastajia antoisasta yhteistyöstä ja monipuolisesta asiantuntemuksesta, jonka saimme käyttöömme.

Tämän työn rahoitukseen on VTT:n ja maa- ja metsätalousministeriön kala- ja riistaosaston lisäksi huomattavalla panoksella osallistunut RKTL.

1. Johdanto

1.1 Silakka tärkein saaliskala - Kalastus pääasiassa troolilla

Silakka on suomalaisen ammattikalastuksen tärkein kalalaji. Vuosina 1980-99 sen osuus kaupallisesta kokonaissaaliista on jatkuvasti ollut yli 70 prosenttia. Vuonna 1999 silakkaa pyydettiin noin 82 miljoonaa kiloa ja saaliin arvo oli 64 miljoonaa markkaa (Ammattikalastus merialueella 1999).

Kaksi kolmasosaa silakasta käytetään turkiseläinten rehuna. Silakalla on tärkeä merkitys myös ihmisravintona. Neljännes kaikesta Suomessa syödystä kalasta on silakkaa. Se on myös kotimaisen kalanjalostusteollisuuden tärkeimpiä raaka-aineita. Runsas puolet jalostetusta kalasta on silakkaa.

Yli 30 gramman silakat (I- ja O-kokoluokat) soveltuvat suoraan kulutukseen ja suomalaiselle jalostusteollisuudelle. Pienet kalat käytetään pääasiassa turkiseläinten rehuksi tai vientiin. Viime vuosina silakan vienti on lisääntynyt. Vuonna 1999 silakkaa vietiin noin 18 miljoonaa kiloa, enimmäkseen pakastekalana Venäjän säilyketeollisuuden raaka-aineeksi (Kalan ulkomaankauppa 1999). Viennin arvo oli noin 19 miljoonaa markkaa.

Silakkaa kalastetaan yleisimmin troolilla. Troolikalastuksen osuus kokonaissaaliista onkin noin 90 prosenttia. Troolialusten koko on kasvanut ja useimmilla voidaan tehokkaasti kalastaa ympäri vuoden. Troolikalastus on keskittynyt Selkämerelle, mistä pyydetään yli 60 prosenttia kokonaissaaliista. Kymmenesosa troolareista (noin 15 alusta) pyytää pääosan ruokasilakasta.

1.2 Tavoite: Laadun parantaminen jäähdytystä kehittämällä

Suomessa pääosa ihmisravinnoksi käytetystä silakasta jäähdytetään pyynnin päätteeksi lämpöeristettyihin kontteihin. Jäähdytys tapahtuu kalastustapahtuman lopuksi siten, että konttiin laitetaan kaloja ja jäätä kerroksittain. Lopuksi kontti täytetään merivedellä.

Valtamerikalastuksessa kalat jäähdytetään yleisesti ns. RSW (Refrigerated SeaWater)-tekniikkaa käyttäen. Siinä kalat johdetaan troolista suoraan suuriin tankkeihin, joissa on etukäteen koneellisesti jäähdytettyä merivettä. Suomessa on tällä hetkellä yksi RSW-jäähdytystä käyttävä alus. Viisitoista suurinta konttialusta pyytää yli puolet ja RSW-alus yksin noin viidenneksen Suomen elintarvikesilakasta.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli analysoida mahdollisia tapoja parantaa elintarvikekalan laatua alkujäähdytystä kehittämällä. Suunnitteluprosessin kuluessa kokeellinen toiminta rajattiin konttijäähdytykseen. RSW-tekniikkaa on raportissa käsitelty vain kuvattaessa kalastus- ja jäähdyttämisprosesseja sekä kalan laatuun vaikuttavia tekijöitä.

Suunnitelmaa laadittaessa konttijäähdytystä oletettiin voitavan tehostaa kahdella tavalla:

- Esijäähdyttämällä merivesi ennen konttiin johtamista.
- Lisäämällä konttiin johdettavaan veteen suolaa.

1.3 Jäähdytyksen tehostamisen mahdollinen hyöty

Suunnitelma aloitettiin analyysillä, jonka tarkoituksena oli havainnollistaa jäähdytyksen tehostamisen hyötyjä kalastuselinkeinolle. Tarkastelussa oletettiin, että tehokkaampi alkujäähdytys parantaa kauppaan tai jalostukseen tulevan kalan laatua ja parantuneesta laadusta saa korkeampaa hintaa. Tästä lähtökohdasta arvioitiin karkeasti niitä taloudellisia vaikutuksia, joita tehostuneella alkujäähdytyksellä voisi olla kahdenkymmenen suurimman konttialuksen taloudelliseen tulokseen.

Aiemman tutkimuksen mukaan kahdenkymmenen suurimman elintarvikesilakkaa kalastavan suomalaisen troolialuksen liikevaihto oli vuonna 1996 noin 17 miljoonaa markkaa vuodessa (Setälä ja Parmanne 1996). Setälä (1998) on edelleen arvioinut, että laatuun investoineet kalastajat pystyvät nostamaan markkinaosuuttaan ja saamaan korkeampaa hintaa saaliistaan. Jos kalastajien liikevaihto jatkossa nousisi 10 prosenttia paremman laadun seurauksena, olisi 20 suurimman kalastajan vuotuinen liikevaihdon lisäys 1,7 miljoonaa markkaa. Jos vielä oletetaan, että investoinnin vaikutus kestäisi viisi vuotta, olisi liikevaihdon lisäys tuona aikana noin 8,5 miljoonaa markkaa.

Jos jäähdytystekniikan parantamisen investointikustannukset yhdellä aluksella olisivat noin 100 000 markkaa, eikä uusi menetelmä aiheuttaisi lisääntyneitä käyttökustannuksia (vaan todennäköisesti vähentäisi niitä), olisivat 20 aluksen tehokkaampaan jäähdytykseen siirtymisen kustannukset kauden alussa 2 miljoonaa markkaa. Näin investoinnin jälkeen liikevaihdon lisäyksenä mitattu kokonaishyöty olisi viidessä vuodessa 6,5 miljoonaa (8,5 Mmk–2 Mmk).

Hyötyanalyysin tulokset voidaan tiivistää kuvan 1. mukaiseen nelikenttään. Sen mukaisesti investoinnit toisivat onnistuessaan kalastuselinkeinolle yhteensä 6.5 miljoonan markan hyödyn. Jos investoinnit tehtäisiin, mutta kalan laatu ei paranisi, aiheutuisi niistä hukkainvestointien takia 2 miljoonan markan menetykset.

	Investoidaan	Ei investoida
Investointi onnistuu	6,5 mmk	-6.5 mmk
Investointi epäonnistuu	- 2 mmk	0 mmk

Kuva 1.1 Nelikenttä hyötyanalyysin tuloksista.

Vastaavalla tavalla, jos investoinneista luovuttaisiin, vaikka ne olisivat kannattavia, elinkeino kärsisi 6.5 miljoonan markan menetyksen. Jos puolestaan investoinnit jätettäisiin tekemättä tilanteessa, jossa niistä ei koituisi hyötyä, olisi päätös oikea eikä siitä aiheutuisi tappioita tai hyötyjä.

Laadittu esimerkkilaskelma on suuntaa-antava. Siinä ei ole huomioitu investoinnin vaihtoehtoiskustannuksia ja rahan arvon muuttumisen vaikutusta hyötyyn. Laskettu hyöty ei myöskään mittaa kalastuksen nettohyötyä (liikevaihto – kaikki kustannukset). Rajoituksistaan huolimatta tarkastelua voidaan käyttää hyväksi myös kokeen suunnittelussa, asetettaessa kriteereitä ja alkuarvoja tilastollisille testeille.

1.4 Täyden mittakaavan koe jäähdytyksen vaikutuksista

Jäähdytyksen tehostaminen voisi laadun paranemisen kautta tuottaa kalastajille taloudellista hyötyä. Tutkimuksen päätavoitteena olikin arvioida kalan laadun parantumi-

sen todennäköisyyttä. Kokeellisen tutkimuksen tavoitteeksi asetettiin selvittää miten erilaiset jäähdytystavat vaikuttavat silakan fysikaaliseen, aistinvaraiseen ja mikrobiologiseen laatuun. Tutkimusongelmaa haluttiin analysoida mahdollisimman luotettavasti laajan, todellisessa mittakaavassa tehdyn kokeen avulla.

Tutkimuksen toteuttamisesta oli vastuussa VTT:n Biotekniikka, jonka tehtävänä olivat kokeessa näytteiden keruu ja näytekaloista tehdyt mittaukset. VTT tilasi Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitokselta tässä raportissa esitetyn tutkimus- ja koesuunnitelman sekä käytännön kenttäjärjestelyjä koskevan ohjeistuksen.

1.5 Tutkimuksen suunnittelun vaiheet

Tutkimus suunniteltiin vaiheittain (kuva 1.2). Aluksi, kalastajia haastattelemalla, kartoitettiin minkälaisia jäähdytysmenetelmiä silakan troolikalastuksessa käytetään ja millaisista vaiheista kalastus- että jäähdytysprosessi koostuu. Tulosten perusteella päätettiin alustavasta tutkimusasetelmasta. Seuraavaksi, edelleen yhteistyössä kalastajien kanssa, kuvattiin ne tekijät, jotka kalastuksen ja jäähdytyksen eri vaiheissa vaikuttavat silakan laatuun. Samalla analysoitiin miten ja kuinka paljon niiden oletettiin laatuun vaikuttavan. Tämän jälkeen suunniteltiin miten muuttujien vaikutukset voitaisiin kokeessa joko poistaa tai ottaa huomioon siten, että kokeessa mitattaisiin luotettavasti juuri alkujäähdytyksen vaikutuksia kalan laatuun. Näin tehdyn analyysin perusteella valittiin tilastollinen malli ja koeasetelma. Valinnan kriteerinä pidettiin tilastollisen luotettavuuden maksimoinnin lisäksi kokeen käytännön toteutettavuutta. Lopuksi koesuunnitelma muunnettiin käytännön kenttäohjeiksi.

Kuva 1.2 Suunnitelman laadinnan vaiheet.

Seuraavissa luvuissa suunnittelun kulku ja laadittu koesuunnitelma on kuvattu tarkemmin.

2. Kalastus- ja jäähdytysprosessit

2.1 Prosessien yleiskuvaus

Kalastus- ja jäähdytysprosessin vaiheet kuvattiin haastattelemalla kahta kalastajaa, joista toinen jäähdyttää silakan konteissa ja toinen RSW-tankeissa. Kummatkin kalastajat pyytävät silakkaa Selkämerellä samalla tekniikalla. Prosessien vaiheet kummallakin jäähdytystavalla on yleistasolla esitetty kuvassa 2.1. Luvussa 3 kalastus- ja jäähdytysprosessit ja erityisesti silakan laatuun vaikuttavat tekijät prosessin eri vaiheissa kuvataan tarkemmin.

2.2 Konttijäähdytys

Kalastusmatka alkaa kalasatamasta, jossa kontit lastataan aluksen ruumaan. Jos aluksessa ei ole omaa jääkonetta, myös jäät siirretään ruumaan. Kalasatamasta siirrytään kalastusapajalle, jossa silakkaparvi etsitään kaikuluotaimella. Trooli lasketaan kalan paikannuksen jälkeen pyyntiin.

Troolia vedetään elintarvikekalastuksessa neljästä kahdeksaan tuntia, kunnes kalaa on riittävästi. Troolivetoja voi kalastusmatkalla olla yhdestä viiteen. Troolipussi nostetaan ylös ja puretaan aluksen kannelle laareihin. Sieltä saalis lasketaan luukun tai putken kautta koneeseen, joka lajittelee silakat kokoluokkiin eri käyttötarkoituksia varten (taulukko 2.1).

Taulukko 2.1. Silakan kokoluokitus Suomessa sekä lajitellun ruokasilakan pääasiallinen jalostustapa.

Kokoluokka	Silakkayksilöitä kilossa, kpl/kg	Jalostustapa
000	8-11	Savustus
00	12-17	Savustus
0	18-24	Fileointi
I	25-32	Fileointi, kulutus
II	<32	Vienti

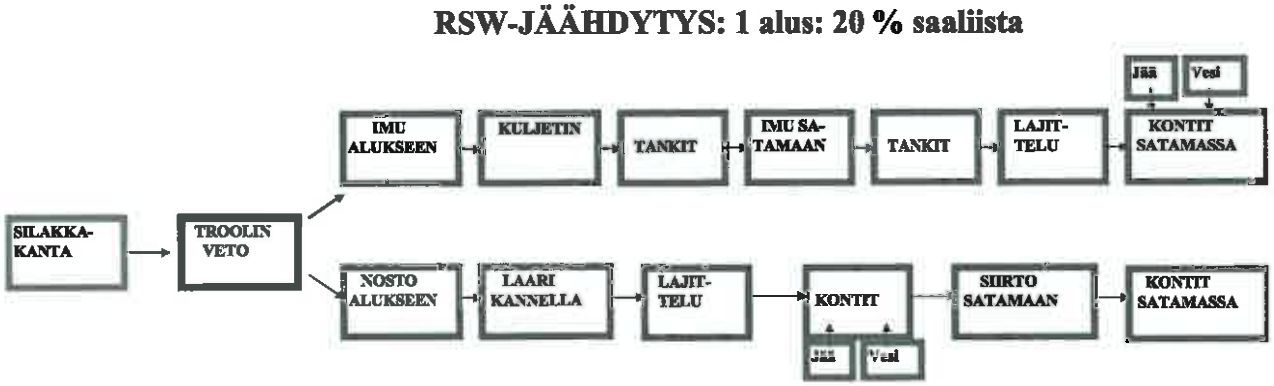
Lajiteltu kala ohjataan kontteihin, joissa kala lämpimänä vuodenaikana jäähdytetään. Kontit ovat eristettyjä ja kannellisia pakkauksia, joihin pannaan yleensä noin 400 kiloa kalaa. Kalojen joukkoon sekoitetaan jäätä, jota on noin neljännes kalan painosta. Lopuksi kontti täytetään merivedellä.

Kontteja mahtuu ruumaan yleensä kaksi päällekkäin. Konttien kulmissa on koukkupidikkeet, joiden varassa kontit nostetaan laituriin. Kalan ostaja noutaa kalan laiturista, yleensä vuorokauden sisällä. Koko kalastusmatka kestää yleensä puolesta vuorokaudesta kahteen vuorokauteen.

2.3 RSW-jäähdytys

RSW-aluksessa on useita, suuria koneellisesti jäähdytettyjä tankkeja. Niissä kala voidaan varastoida kylmään veteen välittömästi pyynnin jälkeen. Kaloja ei nosteta alukseen vaan troolipussin annetaan kellua meressä ja sen sisälle viedään putki, jonka kautta vettä ja kalaa pumpataan alukseen. Keräilyaltaassa vesi johdetaan pois ja kala ohjataan kourua pitkin tankkeihin, joissa on jäähdytettyä merivettä. Tankkeihin mahtuu satoja tonneja kalaa. Niinpä kalastusmatkat voivat olla pidempiä kuin konttijäähdytyksessä. Yleensä kalastusmatkan pituus on alle 2 vuorokautta.

Kala kuljetetaan tankeissa satamaan, missä kala imetään kylmän veden kanssa aluksen tankeista satamarakennuksessa sijaitsevaan keräilytankkiin. Keräilytankista kala johdetaan altaaseen, josta se siirretään kuljettimella lajittelukoneisiin. Lajittelun jälkeen kala varastoidaan eristettyihin kontteihin, joihin lisätään kylmää vettä ja jäähilettä.



Kuva 2.1 Silakantroolauksen vaiheet RSW- ja konttijäähdytyksessä.

3. Laatuun vaikuttavat tekijät

Alkujäähdytyksen lisäksi myös monet muut kalastuksen ja jäähdytyksen aikana esiintyvät tapahtumat ja tekijät vaikuttavat kalan laatuun. Näiden taustamuuttujien, ns. kokeen kiusamuuttujien, etukäteisanalysointi on tärkeää, jotta niiden vaikutukset voidaan ottaa huomioon koeasetelmassa. Tällöin ne eivät kohtuuttomasti haittaa kokeen suoritusta ja niiden vaikutus voidaan erottaa jäähdytysmenetelmien vaikutuksia koskevista koetuloksista. Näin myös kokeen tulkinta on helppoa.

Jäähdytyskokeen taustamuuttujat analysoitiin sekä kontti- että RWS-jäähdytystekniikan osalta. Apuna työssä käytettiin tarkoitusta varten piirrettyä prosessikaaviota (liite 1) ja sen perusteella laadittuja arviointilomakkeita (liitteet 2 ja 3).

Kalastajat arvioivat ensin itsenäisesti asteikolla 0-10 jokaisen lomakkeen taustamuuttujan merkitystä silakan laatuun. Tämän jälkeen arviointitulokset käytiin yksitellen läpi tutkijan ja kalastajan välisessä keskustelussa. Näin arviointia voitiin täydentää, ja tulkinta saatiin yhtenäiseksi ja yksikäsitteiseksi. Arvioidut muuttujat ja arviointitulokset on esitetty taulukoissa 3.1 ja 3.2 ja yksityiskohtaisesti selostettu luvuissa 3.1-3.3.

3.1 Jäähdytystavoille yhteiset taustamuuttujat

3.1.1 Kalakanta ja kalastuspaikka

Tulosten perusteella silakan mahan sisältö vaikuttaa kalan laatuun paljon. Haastateltujen kalastajien mukaan 1990-luvun puolivälistä alkaen keväällä ja alkukesällä pyydetyn silakan laatu on ollut erityisen heikko silloin, kun kalojen mahan sisältö ja uloste ovat olleet punaista massaa. Tuolloin kala on pehmennyt nopeasti, jopa niin, että mahan sisältö on saattanut pursuta kylkien läpi. Uloste on voinut pilata koko kalaerän. Tehokas jäähdytyskään ei ole kalan laatua ja säilyvyyttä parantanut. Myös pakastetut kalat ovat pilaantuneet nopeasti sulatuksen jälkeen. Keväällä pyydetyn silakan kauppakelpoisuus on ilmiön vuoksi huomattavasti heikentynyt. Silakka on kelvannut huonosti vientiin ja savustuksen raaka-aineeksi. Silakan mahan sisältö on muuttunut ongelmalliseksi säännöllisesti tiettyyn aikaan keväästä, etelärannikolla aikaisemmin kuin pohjoisessa. Vuonna 2000 ilmiö havaittiin Uudessakaupungissa 8.5., Porissa 15.5. ja Kaskisissa 22.5. alkaneella viikolla. Porin edustalta punamahaisia kaloja ei ole tavattu enää elokuussa. Kalastajien mukaan ilmiö on enemmän aika- kuin lämpötilariippuvainen. Rannikon läheisissä matalissa vesissä, esimerkiksi Saaristomeren rysäkalassa, punamahaisia silakoita ei sen sijaan ole havaittu. Ilmiön syyksi on epäilty silakan muuttunutta ruokavaliota, mahdollisesti jotain uutta planktonlajia. Eteläisen Itämeren kalastajat ovat kärsineet vastaavasta laadun huononemisesta jo ennen kuin se todettiin Suomen kalastuksessa.

Mahan sisällön lisäksi silakan laatuun vaikuttaa mahan täyteisyys. Täysivatsaiset silakat on todettu huonolaatuisimmiksi. Pitkä troolinveto on joskus saattanut parantaa kalan laatua, koska kalat ovat uidessaan todennäköisesti tyhjentäneet mahansa ennen saaliiksi jäämistään.

Kalan koon todettiin vaikuttavan laatuun siten, että pienempi kala heikkenee isoa nopeammin. Syyksi epäiltiin erilaista ravintoa tai pienemmän kalan heikompaa uintikestävyyttä. Pienten kalojen oletettiin väsyvän troolinvedossa niin nopeasti, että ne kuolevat mahat täynnä.

Taulukko 3.1. Silakan laatuun vaikuttavat tekijät konttijäähdytyksessä ja tekijöiden vaikutus laatuun.

VAIHTELUA AIHEUTTA-VA ASIA TAI TOIMINTO	MUUTTUJA	VAIKUTUS LAATUUN (1-10)	VAIHTELUA AIHEUTTAVA ASIA TAI TOIMINTO	MUUTTUJA	VAIKUTUS LAATUUN (1-10)
KALAKANTA	Silakan mahan sisältö	10	JÄÄVESI-	Kontin täyttöaste	10
	Silakan mahan täyteisyys	8	KONTTIEN	Jään määrä	10
	Silakan koko	6	TÄYTTÖ	Jään rakenne	8
	Veden lämpötila	5		Veden määrä	8
	Meriveden suolapitoi-suus	5		Veden lämpötila	8
	Kutukypsyysaste	1		Kalan määrä	8
	Kalastuspaikka	2		Käsittelyn nopeus	8
				Veden puhtaus	6
TROOLIN	Veden lämpötila	5-10		Tuulisuus	8
VETO	Troolin ominaisuudet	5-8		Konttien puhtaus	7
	Saaliin määrä troolissa	6		Konttien kuluneisuus	5
	Vedon pituus	4		Tuulen suunta	8
	Tuulisuus	3		Käsittelytavat	7
	Vetonopeus	1		Työskentelytilojen koko	7
				Käsittelijöiden hygie-nia	5
NOSTO	Veden lämpötila	8-10		Kansien tiiviys	3
ALUKSEEN	Tuulisuus	8-10		Veden suolapitoisuus	?
	Noston nopeus	8			
	Troolipussin koko tai rakenne	8	JÄÄVESI-	Jää/vesi/kala suhde	9
	Kalan määrä nostossa	8	KONTTIEN	Säilytysaika	8
	Troolipussin hygienia	3	SÄILYTYS	Tuulisuus	8
	Henkilöstön toiminta	2	ALUKSESSA	Tuulen suunta	8
	Tuulen suunta	1		Kontin täyttöaste	8
				Kontin paikka ruumassa	3
KANSITILA	Tuulisuus	10		Säilytyslämpötila	1
	Kannellaolon kesto	8-10		Jään lisääminen	-
	Veden lämpötila	6-8			
	Kalan käsittelytapa	7	KONTTIEN	Veden lisäys	9
	Auringon paiste	7	SIIRTO	Konttien täyttöaste	2
	Aluksen muu hygienia	7		Konttien kunto	2
	Laarin puhtaus	5		Sää	1
	Lapioiden, välineiden puhtaus	5		Siirtotapa	1
	Ilman lämpötila	5		Siirtoaika	1
				Ilman lämpötila	0
LAJITTELU	Tuulisuus	9		Sataman varusteet	0
	Lajittelun nopeus	8			
	Kalan määrä	8	JÄÄVESI-	Veden lisääminen	5-6
	Veden lämpötila	7	KONTTIEN	Varastointiaika	3
	Miehistön toiminta	5	VARASTOINTI	Jään lisääminen	2
	Tuulen suunta	5		Varaston lämpötila	0
	Veden määrä	3			
	Lajittelukoneen puhtaus	1	KONTTIEN	Kuljetuksen lämpötila	0
			KULJETUS		

Taulukko 3.2 Silakan laatuun vaikuttavat tekijät RSW-jäähdytyksessä ja tekijöiden vaikutus laatuun.

VAIHTELUA AIHEUTTAVA ASIA TAI TOIMINTO	MUUTTUJA	VAIKUTUS LAATUUN (0-10)	VAIHTELUA AIHEUTTAVA ASIA TAI TOIMINTO	MUUTTUJA	VAIKUTUS LAATUUN (0-10)
KALAKANTA	Silakan mahan sisältö	10	TANKIT	Veden lämpötila	9
	Veden lämpötila	9	SATAMASSA	Ilman lämpötila	9
	Kalan mahan täyteisyys	8		Säilytyksen kestoaika	8
	Silakan koko	4		Kalan täyttöaste	8
	Kalastuspaikka	2		Prosessin valvonta	7
	Meriveden suolapitoisuus	2		Tankkien puhtaus	6
	Kutukypsyysaste			Veden puhtaus	5
				Veden täyttöaste	2
TROOLIN VETO	Saaliin määrä troolissa	10		Veden suolaisuus	1
	Vedon pituus	8			
	Vetonopeus	2	LAJITTELU	Lajittelun nopeus	8
	Tuulisuus	2		Kalan määrä	5
	Troolin ominaisuudet	1		Lajittelukoneen puhtaus	?
	Veden lämpötila			Veden määrä	-
PUMPPAUS	Henkilöstön toiminta	9	JÄÄVESI-	Veden lämpötila	10
ALUKSEEN	Pumppauksen nopeus	8	KONTTIEN	Konttien puhtaus	9
	Putken koko/rakenne	7	TÄYTTÖ	Veden määrä	7
	Putken hygienia	4		Jään määrä	7
	Veden lämpötila	5		Kalan määrä	7
	Tuulisuus	-		Konttien kuluneisuus	5
	Tuulen suunta	-		Veden puhatus	4
				Kansien tiiviys	3
KULJETUS-	Tuulisuus	6		Käsittelijöiden hygienia	1
KOURUT	Aluksen hygienia	5		Jään rakenne	
	Kalan määrä kourussa	4		Käsittelyn nopeus	
	Siirron kesto	3		Käsittelytavat	
	Ilman lämpötila	2		Veden suolapitoisuus	?
	Kourujen puhtaus	2		Kontin täyttöaste	?
	Veden lämpötila	-			
			JÄÄVESI-	Kontin väri	8
ALUKSEN	Veden kierrätysnopeus	10	KONTTIEN	Varastointiaika	5
TANKIT	Veden lämpötila	9	VARASTOINTI	Varaston lämpötila	2
	Veden täyttöaste	8		Jään lisääminen	
	Kalan täyttöaste	8			
	Tuulisuus	9	KONTTIEN	Kuljetusaika	8
	Tuulen suunta	9	KULJETUS	Kuljetuksen lämpötila	5
	Säilytyksen kestoaika	8		Kuljetustapa	5
	Prosessin valvonta	8		Teiden kunto	5
	Veden puhtaus	7		Siirrot	2
	Tankkien puhtaus	6			
	Ilman lämpötila	-			
IMU SATA-	Henkilöstön toiminta	10			
MASSA	Veden lämpötila	9			
	Imun nopeus	8			
	Putken koko/rakenne	7			
	Putken hygienia	6			
	Tuulisuus	-			

Kohdistetusti isoa elintarvikesilakkaa pyytävien alusten saaliin laadun arvioitiin olevan paremman kuin niiden alusten, jotka myyvät vain osan saaliistaan ihmisravinnoksi. Syyksi arveltiin, että pienet kalat saaliin seassa heikentävät myös elintarvikkeeksi menevän osan laatua. Toisen kalastajan mukaan kilohaili on laadultaan selvästi kestävämpi laji kuin silakka.

Kalastuspaikalla ei nähty olevan yleensä suurta merkitystä. Toisaalta todettiin suomalaisten pyytävän silakkaa usein myös Ruotsin puolelta, Finngrundetin matalikolta, mistä saatavan kalan laatu vaihtelee joskus paljon.

Selkämeren suolapitoisuus on niin tasainen, ettei kalastuspaikan suolapitoisuudesta ollut havaittu aiheutuvan laatueroja. Kutukypsyyden ei myöskään todettu vaikuttavan ulkomereltä pyydetyn silakan laatuun. Tämä johtuu siitä, ettei sieltä pyydetä kutevaa silakkaa. Kutuvalmiit kalat ovat kuitenkin yleiskunnoltaan parempia kuin kutemattomat, koska heikot kalat eivät kude lainkaan. Todettiin myös, että mahat hajoavat helposti kudun jälkeen silloin kun silakat ahmivat mahansa täyteen.

3.1.2 Troolin veto

Ihmisravintoa pyytävät alukset vetävät troolia kalan laadun, moottoritehon ja kustannusten kannalta optimoidulla vakionopeudella (yleensä 2,5-3 solmua). Sen vuoksi, vetonopeus ei kalastajien mukaan aiheuta saaliserien välille laatueroja. Kovassa vastatuulessa tai puuskissa aluksen vauhti saattaa pudota ja trooli nykiä. Troolin vedon pituus riippuu veden lämpötilasta. Pitkä veto, paljon kalaa ja lämmin vesi johtavat heikkoon laatuun. Silakka viihtyy yleensä kylmässä alusvedessä, josta ihmisravinnoksi menevä kala pääasiassa pyydetään. Kesäöinä kala nousee pintaan. Pintavedestä kalaa ei tulisi pyytää, koska lämpimänä vuodenaikana kala pilaantuu helposti. Vedon aikana veden lämpötila ei ole laadun kannalta merkitsevä, koska troolia vedetään kylmässä vedessä. Vedon lakattua trooli kohoaa pintaan ja kalan lämpötila nousee nopeasti ympäröivän veden lämpöiseksi (kalastajan oma arvio 5-15 minuuttia). Nostovaihe todettiin tämän vuoksi vetovaihetta huomattavasti kriittisemmäksi. Väärä troolirakenne saattaa laittaa perän nykimään, jolloin kala hakkautuu pussin laitoihin. Kapeassa perässä kala kuolee helpommin. Jos havaskoko on 50 millimetriä tai sitä pienempi, jää kala usein troolin silmiin kiinni.

3.2 Konttijäähdytykseen vaikuttavat taustamuuttujat

3.2.1 Nosto alukseen

Nostovaiheeseen kuuluvat troolinvedon lopetus, pallojen ja vaijereiden sisäänkelaus ja saaliin siirto alukseen. Heti vedon loppuessa pussi nousee nopeasti pintaveteen. Nostovaiheen tulisi tapahtua sujuvasti, jota kalat olisivat ainakin lämpimänä vuodenaikana pinnassa mahdollisimman vähän aikaa ennen jäähdytystä. Työvaiheeseen kuluu yleensä 1/2-1 tuntia. Kalan määrä nostossa, noston nopeus ja troolipussin koko ja rakenne vaikuttavat yhdessä silakan laatuun. Jos kalaa nostetaan kerralla liikaa, hankaa troolipussi herkästi aluksen laitaan. Alimpana olevat kalat voivat tällöin musertua. Laitaan hakkautuminen on musertumista suurempi ongelma, koska nostossa pussiin jää yleensä vettä, jonka noste ehkäisee rusentumista. Troolin rakenteet on otettava nostossa huomioon. Tuuli vaikeuttaa nostoa huomattavasti, vaikka alus käännetäänkin tuulen kannalta otollisimpaan suuntaan. Troolipussi heiluu ja hakkaa vedessä, jolloin kala väsyy ja kuolee nopeasti. Pussi hakkautuu laivan kylkeen helpommin ja työturvallisuuskin vaarantuu. Troolipussi tulisi joka kalastustapahtuman jälkeen puhdistaa huo-

lella, ettei mätäneviä kaloja jää pussiin tai silmiin. Henkilöstön toiminta erityisesti nostovaiheessa, mutta myös kalastus- ja jäähdytystapahtuman kaikissa muissakin vaiheissa riippuu miehistön osaamisesta, motivaatiosta ja aluksen tavoista.

3.2.2 Säilytys laivan kannella

Troolipussi tyhjennetään laariin aluksen kannelle tai välikannelle. Kalat siirretään sieltä lajittelukoneen kautta jäähdytettäväksi. Laarissa oloaika riippuu saaliin määrästä ja lajittelun nopeudesta. Laarissa kalat tulisi suojata suoralta auringonpaisteelta ja lämpimänä vuodenaikana jäittää. Laarin ja työvälineiden tulisi olla puhtaita. Aluksen yleishygienian olisi oltava hyvä, koska mädäntyvä kala, öljy ja muu epäpuhtaus kulkeutuu helposti muualtakin aluksesta tähän tilaan. Tuuli vaikuttaa paljon kalan laatuun, koska koko lasti heiluu laarissa kokonaisuutena. Muutaman sentinkin heijausliike aiheuttaa hankauksen, joka vahingoittaa kaloja. Myös mahansisältö pursuaa ulos heikentäen koko kalaerän laatua.

3.2.3 Lajittelu

Myös lajitteluvaiheessakin tuuli on suurin ongelma. Kovalla tuulella lajittelu joudutaan kokonaan keskeyttämään. Lajittelu tapahtuu useimmiten ajossa. Jos apajalta ajetaan suoraan satamaan, saattaa sivutuuli olla hankala. Kone lajittelee noin 3-5 tonnia kalaa tunnissa. Saaliin määrä vaikuttaa paljon laatuun, koska ison saaliin viimeiset kalat ovat olleet kauan laarissa. Kalan on oltava lajittelussa kosteaa. Kun vesi on kylmää, pumpataan vettä merestä kalan joukkoon, jotta se kulkisi sujuvasti koneessa. Muulloin sulavasta jäästä tullut kosteus ajaa saman asian. Lajittelukone on puhdistettava aina käytön jälkeen, koska likainen kone ei toimi.

3.2.4 Jäävesikonttien täyttö

Lajittelukoneesta eri kokoiset kalat johdetaan eri kontteihin. Kontin vetoisuus on 660 litraa. Siihen tulisi laittaa noin 400 kiloa kalaa. Kalaa ei saa olla enempää, koska kala ei silloin jäähdy tehokkaasti, mutta ei myöskään vähempää, koska tyhjempien konttien kuljetus ei ole taloudellista. Kontit vievät paljon tilaa ruumassa. Kokeessa käytettyyn alukseen mahtuu noin 20-30 konttia. Siellä konttiin laitetaan ensin kala ja jää, jotta kalan määrä saadaan arvioitua. Lopuksi lisätään vesi. Jään määrä on laadun kannalta hyvin tärkeä. Jäätä laitetaan veden lämpötilan mukaan. Yleensä jäätä laitetaan ensin kontin pohjalle, sitten kalojen välikerrokseen ja lopuksi kalan päälle sekoittamatta sen enempää. Jään rakenne vaikuttaa paljon jäähtymiseen. Tehokkaimpana pidetään hyvin hienokiteistä nestemäisen juoksevaa jäätä (muita nimikkeitä ovat mm. mikrokiteinen jää, Flow-, Slush- tai Slurry-ice), mitä käytetään nykyisin useissa valtamerialuksissa. Suomen murtovesioloissa sitä ei vielä ole kokeiltu. Tällainen jää ympäröi pienenkin kalan kauttaaltaan ja jäähdyttää nopeasti. Hienokiteistä jäätä voidaan sekoittaa koko vesimassaan, kun taas tavallinen jää nousee helposti pintaan. Mikrokiteinen jää on helppo siirtää alukseen putkea myöten ja jakaa kontteihin. Siitä saattaisi olla hyötyä silloin kun tuulee. Jäähyhmä saattaa holvata kontin sisältöä vaimentaen veden hölskymistä.

Kontti tulisi täyttää piripintaan. Vesi aiheuttaa nosteen, jolloin kalan oma paino ei pääse musertamaan kalaa. Jäähdytyksen teho heikkenee tuulella huomattavasti, koska silloin kontteihin ei voida laittaa kuin vähän vettä, ettei vesi, kalat ja konttien kannet lennä ympäri ruumaa. Veden tulisi olla mahdollisimman kylmää. Suomalaisissa troolareissa käytetään yleisesti merestä pumpattua vettä, jonka lämpötila saattaa kesällä nousta jopa 20 asteeseen. Haastatellussa aluksessa käytetään kiinteässä säiliössä jäillä

esijäähdytettyä merivettä, minkä on havaittu nostavan silakan laatua kesällä. Suolan lisäyksen vaikutuksesta jäähdytykseen haluttaisiin tietoa. Teoreettisesti suolalisäyksen pitäisi tehostaa jäähdytystä, koska veden lämpötila voi suolaisessa vedessä jäätymättä laskea alle 0°C-asteeseen. Täysin makean veden käyttöä jäähdytysvetenä ei pidetty hyvänä, koska makea vesi muuttaa kalaa hailakaksi eikä se ole myyvän näköistä.

Nykyisten konttien suuri ongelma on, että niiden kannet eivät pysy kiinni. Toinen ongelma on konttien pohjakorkit, jotka menevät helposti rikki. Vuotaneissa konteissa kala ei jäähdy ja rantaan saavuttaessa niissä ollut kala kelpaa enää vain rehuksi. Konttien tulisi olla puhtaita. Konttien puhtaus riippuu paljon ostajasta, jonka tulisi kontin tyhjennyksen jälkeen pestä kontit. Työ tulisi tehdä heti tyhjennyksen jälkeen, koska kuivat kontit eivät tule puhtaaksi. Kalastajat huuhtelevat kontteja kalasatamassa. Joihinkin kalasatamiin tehdään automaattisia kontinpuhdistuslinjoja.

Jäähdytyksessä käytetyt työtavat vaikuttavat paljon lopputulokseen. Vaihtelua syntyy eniten, jos työvaiheita kuten jäiden lapiointia tehdään aluksessa käsityönä. Jos jää tai jäävesi johdetaan kannelta tai välikannelta putkella suoraan kontteihin, työvaiheet käyvät nopeammin ja silakan laatu paranee. Tuuli, etenkin sivutuuli, ja ruuman ahtaus haittaavat huomattavasti työskentelyä.

3.2.5 Konttien säilytys aluksessa

Kalastusmatkan pituus vaikuttaa säilytysaikaan. Ruuman lämpötila ei juurikaan vaikuta eristetyn kontin sisältöön matkan aikana. Kontit varastoidaan ruumassa kahdessa kerroksessa. Tuuli vaikuttaa kalan laatuun matkan aikanakin paljon, koska tuulella kalat hölskyvät konteissa ja suolet tyhjenevät veteen. Kannet irtoavat helposti päällimmäisistä konteista. Jäitä ei matkalla lisätä, mutta tuulen tyynnyttyä voidaan lisätä vettä päällimmäisiin kontteihin.

3.2.6 Konttien siirto aluksesta satamaan

Satamassa laivanosturin koukut kiinnitetään konttien kulmakierukoihin ja kontit nostetaan satamalaiturille. Sieltä ne viedään trukilla eteenpäin. Siirrot käyvät nopeasti, eikä ilman lämpötila tai sää muutoinkaan enää vaikuta satamassa. Jos piha on asfaltoitu, pysyy sataman hygienia yleensä hyvänä. Tärkeä tarkastustoimi on veden lisäys, jos vettä on tuulen takia jouduttu laittamaan liian vähän tai kontit ovat matkan aikana vuotaneet. Jos joudutaan lisäämään kylmää vesijohtovettä, voi kala haalistua.

3.2.7 Varastointi satamassa

Kalan laatu säilyy ehjässä ja täydessä kontissa hyvänä kaksikin vuorokautta. Satamassa kontit ovat kuitenkin yleensä alle vuorokauden, usein ne pakataan suoraan laiturilta autoon. Jos kontteja säilytetään satamassa auringonpaisteessa, lämpenevät tummat (esimerkiksi punaiset) kontit helposti.

3.2.8 Konttien kuljetus

Konttien kuljetukseen ei käytetä kylmäautoja. Matkan pituus ja kuljettajan ajotapa vaikuttavat jonkin verran kalan laatuun. Nykivä ajotapa aiheuttaa turhaa heijausta kontissa. Nykyiset tiet ovat niin hyviä, etteivät kuopat hölskytä lastia kuten joskus aikaisemmin.

3.3 RSW-jäähdytykseen vaikuttavat taustamuuttujat

3.3.1 Pumppaus troolipussista keräilysäiliöön

RSW-aluksessa silakka pumpataan troolipussista keräilysäiliöön, josta kala johdetaan kylmävesitankkeihin. Kalaa pumpattaessa mukana pitää olla tarpeeksi vettä, jottei kala rikkoudu ja vatsat tyhjene. Jos kalaa pumpataan liikaa ja liian nopeasti, pumppausvesi muuttuu punaiseksi ulosteiden ja/tai verenpurkausten takia. Pumppausnopeus on suhteessa putken kokoon. Isommalla putkella voidaan pumpata enemmän kalaa laadun kärsimättä. Atlantilla käytetään 16-18 tuuman putkea. Miehistön tulee säätää pumppausnopeus oikein. Troolipussia ei saa myöskään kiristää liikaa, koska kala pakkautuu silloin helposti siten, että putkeen ei saada tarpeeksi vettä. Tuulisuus ei juurikaan vaikuta pumppaukseen. Veden lämpötila ei ole niin oleellista kuin konttialuksissa, koska kalan siirto käy nopeasti. 350 millimetrin putkella pystytään pumppaamaan noin 2 tonnia kalaa minuutissa, eli 10 000 tonnin saalis siirtyy tankkeihin noin 5 minuutissa. Täten kalan ei tarvitse olla niin kauan lämpimässä pintavedessäkään kuin silloin kun troolipussi tyhjennetään nostamalla.

3.3.2 Kuljetus kouruissa keräilysäiliöstä tankkeihin

Kalojen säilyttäminen kannella on yleensä kriittinen vaihe suomalaisissa troolareissa. RSW-aluksessa kala siirtyy nopeasti keräilyastiasta tankkeihin, 20 tonnia 10 minuutissa, joten ilman lämpötila tai auringonpaiste ei haittaa. Sivusta nostettaessa kuluu vähintään kolminkertainen aika. Merivesi erottuu keräilyaltaan jälkeen kalasta. Kala valuu omalla painollaan kourua myöten tankkeihin. Kourut on helppo pitää puhtaana, koska järjestelmä on suljetumpi kuin konttialuksessa. Kouruissa ei kävellä ja ne huuhdotaan vedellä sen jälkeen kun kala on loppu. Lokkien ulosteet ja muu ulkoa tuleva epäpuhtaus pestään kuitenkin aina tarvittaessa pois. Tuuli ei hankaloita kalan kulkua kouruissa. Kovassa tuulessa lasti voi täyttövaiheessa lyödä tankin kattoon, koska tankit eivät vielä ole täynnä. Hakkausta voidaan estää asettamalla tankkeihin välilevyjä.

3.3.3 Säilytys aluksen tankeissa

RSW-tankkien veden lämpötila ja veden kiertonopeus ovat jäähdytyksen kannalta oleellisia. Tankit täytetään ulkomerellä puhtaalla merivedellä ja jäähdytetään koneellisesti 0°C asteeseen. Tankit täytetään vedellä aivan täyteen. Kalaa laitetaan korkeintaan 40 prosenttia tankin tilavuudesta. Vedenkierron tulisi olla niin hidasta, että kala ei lähde pyörimään ja hankautumaan tankin seinämiin tai toisiinsa. Toisaalta kierrolla pitäisi varmistaa, että koko vesipatsas on tasalämpöinen. Tankkiin menevän jäähdytetyn veden lämpötilaa seurataan automaattisin mittauksin.

Tuuli vaikuttaa paljon myös RSW-jäähdytyksessä kalan laatuun. Jos syvät tankit ovat aluksen pituussuunnassa pitkiä, lähtee lasti helposti vastatuulessa heijaamaan, vaikka tankit olisivatkin täynnä. Pitkällä tuulisella matkalla kalan laatu saattaa heiketä. Mikrokiteisen jään lisääminen tankkeihin saattaisi tehostaa jäähdytystä ja vaimentaa lastin keinumista. Kokemukset hyyteisestä merivedestä ovat olleet hyviä. Suomen oloissa ei ole testattu miten mikrokiteinen jää käyttäytyy murtovesitankeissa, sekoittuuko jää tasaisesti vesimassaan vai nouseeko pintaan. Koska mikrokiteisen jään käytön yhdistäminen RSW-jäähdytykseen merkitsee kallista investointia, toivottiin, että jään sopivuudesta saataisiin lisätietoa.

Tankkien jäähdytys vaatii henkilökunnalta teknistä osaamista. Silloin kun ajetaan monessa vuorossa tulisi usean henkilön hallita hyvin venttiilien säädöt, jotta prosessi voidaan tilannetekijät huomioiden optimoida. Tankit tulisi käytön jälkeen huuhdella hyvin jäähdytetyllä vedellä. Huuhteluvettä varten olisi varattava oma kylmävesitankki. Tankkien bakteriologisen puhtauden voi vielä varmistaa otsonikäsittelyllä, jos siihen tarvittavat laitteet kuuluvat aluksen varustukseen.

3.3.4 Siirto aluksesta sataman tankkeihin

Satamassa kala imetään putkea myöten aluksen tankeista kylmän veden kera sataman keräilytankkeihin. Siirrossa käytetty vesi otetaan joko erillisestä laivan tankista tai käytetään samaa vettä missä kalakin kuljetettiin. Puolessa minuutissa voidaan imeä noin 2000 litraa kalaa ja vettä. Siirtomatkan pituus vaikuttaa kalan laatuun. Paras ratkaisu on, että sataman tankit ovat aluksen vieressä ja siirtoputki on lyhyt ja mutkia putkessa vähän. Hyvä ratkaisu voisi olla myös siirrettävä kelluva välivarastointi- ja lajitteluproomu, jonka kupeeseen alus ajetaan. Tällöin myös kalastusmatkoja voisi lyhentää, jos yksikkö siirretään apajien lähellä sijaitseviin satamiin. Siirtoputket tulee käytön jälkeen huuhdella hyvin kylmällä vedellä. Sataman merivettä ei saa lämpö- ja hygieniasyistä käyttää siirroissa ja huuhteluissa.

3.3.5 Välivarastointi sataman tankeissa

Kala joudutaan välivarastoimaan satamassa, koska kala pystytään siirtämään aluksesta sataman tankkeihin huomattavasti nopeammin kuin lajittelu etenee. Tällä tavalla alus voidaan nopeasti valmistella seuraavaa kalastusmatkaa varten. Veden lämpötilan tulee olla varastoinninkin aikana matala. Tankin tai koko varastorakennuksen tulee olla hyvin eristetty, jotta vesi ei lämpene lämpimällä ilmalla. Säilytysveden lämpötilaa seurataan automaattisin mittauksin ja tuotantoprosessia säilytys- ja lajitteluvaiheessa kameravalvonnalla. Tankit huuhdellaan jokaisen lastin jälkeen ja pestään joskus myös painepesurilla.

3.3.6 Lajittelu

Välivarastointitankeista kalat valuvat putkea myöten keräilyaltaaseen, josta kuljetin nostaa ne lajittelukoneeseen. Kuljetin pitää säätää oikeaan nopeuteen, jotta lajittelu etenisi optimaalisesti. Keräilysäiliö ja lajittelukone pestään aina jokaisen saaliin käsittelyn jälkeen.

3.3.7 Jäävesikonttien täyttö

Lajittelusta kalaa ohjataan korkeintaan 400 kiloa eristettyihin kontteihin, joihin lisätään vettä ja jäitä. Jäitä pistetään kalan lämpötilan mukaan, koska liian jään todettiin olevan haitaksi. 1°C-asteiseen kalaan laitetaan vähän jäitä. Talvella jäitä laitetaan yleensä 3-4 lapiollista ja kesällä 10-12 lapiollista. Kuutiojäähän ei olla täysin tyytyväisiä. Parhaiten sopisi mikrokiteinen jää. On hyvin tärkeää, että konttiin laitettava vesi on kylmää. Yli 6 °C asteinen vesi pilaa kalan jo matkalla ostajalle. Yleensä käytetään aluksesta kalan mukana pumpattua vettä. Jos satamassa on mahdollisuus jäähdyttää puhdasta meri- tai makeaa vettä, voidaan sitäkin käyttää, koska se on puhtaamman näköistä kuin tankeista pumpattu vesi. Varsinaisesti kalan laatuun uudella vedellä ei ostajan havaintojen perusteella ole merkitystä. Konttiin laitetaan noin 50-70 litraa vet-

tä, ensin noin 20 senttiä pohjalle, sen jälkeen lisätään kala ja jää, ja lopuksi täytetään vedellä 20 sentin päähän ylälaidasta. Sitten kansi suljetaan.

Konttien tulisi olla puhtaita. Kaikki kalanostajat eivät pese kontteja ulkopuolelta, jonka vuoksi myös kalastaja pesee kontit tarvittaessa painepesurilla. Jatkossa kontteja pestään myös ostajan pesulinjalla. Venäjältä palautetut kontit ovat usein likaisia. Kuluneiden konttien kulmiin saattaa jäädä bakteereita. Kontit eivät yleensä käytössä raapiinnu, vaikkakin himmenevät sisältä. Konttien kansien tiiviyden kanssa on paljon ongelmia. Käsittelijöiden hygienialla ei liene kalan lopulliselle laadulle suurta todellista merkitystä, mutta erityisesti tuoteimagon kannalta on tärkeää, että työntekijät ovat siistejä.

3.3.8 Jäävesikonttien varastointi

Kontit varastoidaan lajittelurakennuksessa. Varastointiaika pyritään mahdollisimman lyhyeksi, vaikka kala säilyy hyvin ainakin vuorokauden kontissa.

3.3.9 Konttien kuljetus

Kala kuljetetaan autolla ostajalle. Kuljetusajan tulisi olla lyhyt. Harvoin käytetään kylmäautoja. Huonokuntoisilla teillä kontit hölskyvät.

3.4 Yhteenveto tärkeimmistä taustamuuttujista

Analyysin pohjalta voidaan nostaa esiin kolme lopputuotteen laadun ja koesuunnittelun kannalta keskeistä asiaa: ensinnäkin kalastettavan kalan lähtölaatu, toiseksi tuulen vaikutus jäähdytyksen ja merimatkan aikana sekä kolmantena henkilöstön osaaminen ja toiminta.

Kumpikin kalastaja totesi silakan keväisen mahansisällön olevan suuri ongelma kalan laadulle ja käytettävyydelle. Jäähdytystä tehostamalla ei voida kovin paljon vaikuttaa tähän ongelmaan, mutta jäähdytyskoetta suunniteltaessa pitää ongelma ottaa huomioon.

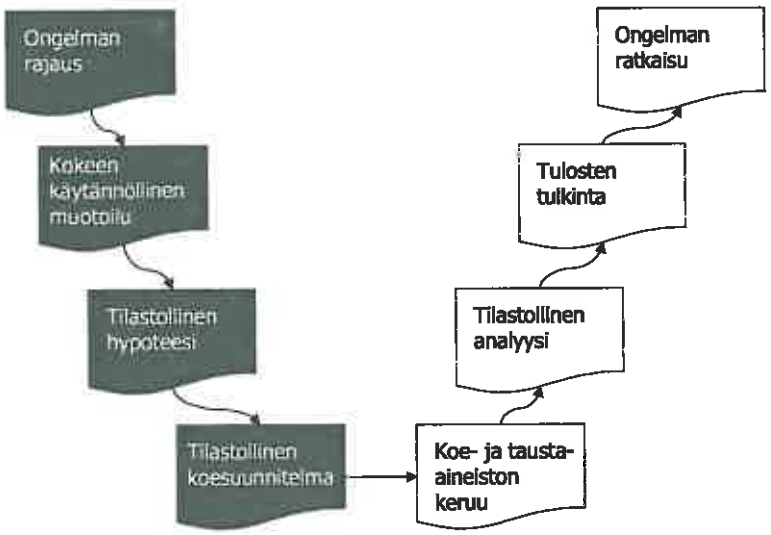
Tuuliolosuhteet vaikuttavat jäähdytystulokseen paljon. Konttijäähdytyksessä lähes kaikissa prosessin vaiheissa. Myös RSW-jäähdytyksessä tuulella voi olla keskeinen vaikutus laatuun etenkin pitkillä kalastusmatkoilla. Tuulen vaikutus tulee ottaa hyvin huomioon koetta suunniteltaessa, koska kummallakin aluksella tuuli voi vaikuttaa silakan laatuun jopa enemmän kuin tutkittavat jäähdytystavat.

Jäähdytystulokseen vaikuttaa paljon, kuinka oikein ja samalla tavalla jäähdytystä edeltävät toimet ja jäähdytykset on suoritettu. Konttijäähdytyksen yksi kriittisimmistä vaiheista on kalan säilytys kannella, jossa kala on alttiina muun muassa ulkoilman ja sään vaikutuksille. RSW-jäähdytyksessä tämä vaihe on ohitettu, koska kalan siirto kylmään sujuu hyvin nopeasti. Konttialuksella kalan, jään ja meriveden määrän suhde tulee olla oikea. Kontin tulee olla piripintaan täytetty kylmällä vedellä, jotta kala jäähtyisi nopeasti ja veden noste estäisi kalan musertumisen. Konttijäähdytyksessä työvaiheet osataan jo aikaisemman kokemuksen perusteella optimoida, joten työntekijän motivaatio jää työn laadun kannalta tärkeimmäksi tekijäksi. RSW-jäähdytys vaatii monessa vaiheessa hyvää teknistä osaamista (mm. kalan pumppaus alukseen, vedenkierron säätö jäähdytystankeissa, kalan imu satamasäiliöihin, huuhtelut), jotta kalan laatu säilyisi parhaana mahdollisena. RSW-alus on käytössä lähes jatkuvasti kolmella eri miehistöllä. Jokaisen miehistön tulee hallita tekninen kokonaisuus yhtä hyvin, jotta ei synny laatuvaihteluita. Kokeen kannalta on keskeistä, että työvaiheet olisi tehty hyvin ja toistettu mahdollisimman yhdenmukaisesti, jotta jäähdytysmenetelmien vaikutuksista saadaan luotettavaa tietoa.

4. Jäähdytyskokeen suunnittelu

4.1 Lähestymistapa

Kokeellisen tutkimuksen suunnittelussa sovellettiin ajattelua, jota havainnollistaa kuva 4.1. Sen mukaisesti jäähdytysongelmasta muotoiltiin ensin rajattu kokeellisen tutkimuksen tehtävä, joka edelleen pelkistettiin käytännölliseksi hypoteesiksi. Tämän jälkeen hypoteesi muotoiltiin tilastolliseksi hypoteesiksi, jonka avulla laadittiin koesuunnitelma.



Kuva 4.1 Tutkimusongelman ratkaisun vaiheet. Koesuunnittelun osuus tummennettu.

Seuraavissa luvuissa on lyhyesti kuvattu koesuunnittelun vaiheet sekä työssä tehdyt oletukset.

4.2 Tutkimusongelman rajaus

Tutkimushankkeen yleistavoitteena oli analysoida silakan alkujäähdytyksen vaikutus kalan laatuun ja laadun säilyvyyteen. Työn kuluessa tutkimusongelmaa tarkennettiin muun muassa seuraavasti:

Ensiksi, päätettiin, että kenttäkokeet tehdään käytännön mittakaavassa. Alunperin yhtenä ajatuksena oli, että RSW-jäähdytystä vertailtaisiin konttijäähdytykseen. Sen mukaisesti RSW-aluksella tehtäisiin koe, jossa samasta troolaustapahtumasta saatu kala

jäähdytettäisiin sekä RSW että konttijäähdytysmenetelmällä. Jäähdytysmenetelmien vertailusta kuitenkin luovuttiin, koska se osoittautui teknisesti hyvin ongelmalliseksi.

Toiseksi, koetoiminta rajattiin konttijäähdytykseen.

Kolmanneksi, koe päätettiin toteuttaa elo-syyskuussa, jolloin pintaveden lämpötila Selkämerellä on korkeimmillaan ja jäähdytyksen hyöty suurimmillaan. Elokuussa silakoilla ei myöskään ole havaittu punaista mahansisältöä, mikä olisi voinut kokeessa aiheuttaa suuria kalayksilö- tai konttikohtaisia eroja.

Neljänneksi, kokeet suunniteltiin toteutettaviksi kalastusalus Libertyllä, jonka kotisatama on silakankalastuksen tärkeimmässä maihintuontipisteessä Reposaaressa ja joka troolaa silakkaa Selkämerellä. Edelleen, alus soveltui hyvin kokeiden toteuttamiseen, koska siinä oli koejärjestelyyn tarvittavat laitteistot ja kalastajilla hyvät valmiudet ja tahto yhteistyöhön: Liberty siirtyi ensimmäisten alusten joukossa jäävesijäähdytykseen 1990-luvun puolivälissä, ja tehostaa nykyisin jäävesijäähdytystä meriveden esijäähdytyksellä. Libertyssä on myös kiinteä vesisäiliö, johon merivesi voidaan jäiden avulla jäähdyttää jo matkalla kalastusapajalle.

4.3 Kokeen käytännöllinen muotoilu

4.3.1 Käsittelyt

Konttijäähdytystä oletettiin voitavan tehostaa kahdella tavalla:

- Esijäähdyttämällä merivesi ennen konttiin johtamista.
- Lisäämällä konttiin johdettavaan veteen suolaa.

Tämän mukaisesti kokeeseen otettiin mukaan kolme erilaista jäähdytyskäsittelyä, joista käytetään jatkossa nimiä:

J_1: Normaali konttijäähdytys: Nykyisin käytössä oleva tekniikka, jonka mukaan konttiin laitetaan kerroksittain 400 kiloa silakkaa ja noin 100 kiloa jäätä, jonka jälkeen kontti täytetään piripintaan merivedellä.

J_2: Jäähdytys esijäähdytettyä merivettä käyttäen: Konttiin laitetaan 400 kiloa silakkaa ja noin 100 kiloa jäätä, jonka jälkeen se täytetään piripintaan kiinteästä säiliöstä jäiden avulla esijäähdytetyllä merivedellä.

J_3: Jäähdytys 1%:sta suolavettä käyttäen: Konttiin laitetaan 400 kiloa silakkaa, ja noin 100 kiloa jäätä, jonka jälkeen se täytetään piripintaan 1 prosenttisella suolavedellä..

4.3.2 Vastemuuttujat

Kalan tuotelaatua ja säilyvyyttä, eli kokeen vasteita, oletettiin voitavan arvioida fysikaalisten, mikrobiologisten ja aistinvaraisten mittausmenetelmien avulla. Vastemuuttujat on esitetty taulukossa 4.1.

Kokeen suunnittelussa oletettiin, että kaikkia vastemuuttujia voidaan käsitellä suhdelukuasteikolla, mikä aistinvaraisten analyysien (AVA) osalta saatiin aikaiseksi siten, että arvioijat esittivät käsityksensä kalan laadusta jana-asteikkoa käyttäen. Vastaavalla tavalla mikrobiologista laatua arvioitiin mittaamalla sitä aikaa, jonka kuluessa kalasta otetun näytteen sähkönjohtokyky saavutti kynnysarvon. Näin myös bakteriologisen mittauksen voidaan olettaa noudattaneen suhde-asteikkoa.

Taulukko 4.1 Konttijäähdytyskokeen vastemuuttujat

Vastemuuttuja	Asteikko	Vaihteluväli	Mittausvirhe	Pienin kiinnostava ero	Tyyppi/tulkinta
Torrymetrilukema	Suhde	16...0			Fysikaalinen/ Kalan pilaantumisaste
Sähkönjohtokyky	Suhde	0...30	1	3	Mikrobiologinen/ Bakteerien määrä
Bakteeriviljely	Suhde				Mikrobiologinen/ Bakteerien määrä
Hajun tuoreus/raikkaus	Intervalli/suhde	1...10	1*	2	Aistinvarainen
Värin kirkkaus	Intervalli/suhde	1...10	1*	2	Aistinvarainen
Maun tuoreus/raikkaus	Intervalli/suhde	1...10	1*	2	Aistinvarainen
Rakenteen kiinteys	Intervalli/suhde	1...10	1*	2	Aistinvarainen

* Yksittäisen arvioijan mittaushajonta

Taulukossa 4.1 on asteikon lisäksi esitetty vastemuuttujamittauksien odotettu vaihteluväli, aiemman kokemuksen perusteella arvioitu muuttujan mittausvirhe sekä pienin ero, jonka havaitsemisesta tutkimuksessa katsottiin oltavan kiinnostuneita tuloksia tulkittaessa. Aistinvaraisten vastemuuttujien pienimmäksi kiinnostavaksi eroksi arvioitiin 2 yksikköä. Toisin sanoen oletettiin, että pienemmillä eroilla ei ole käytännön merkitystä.

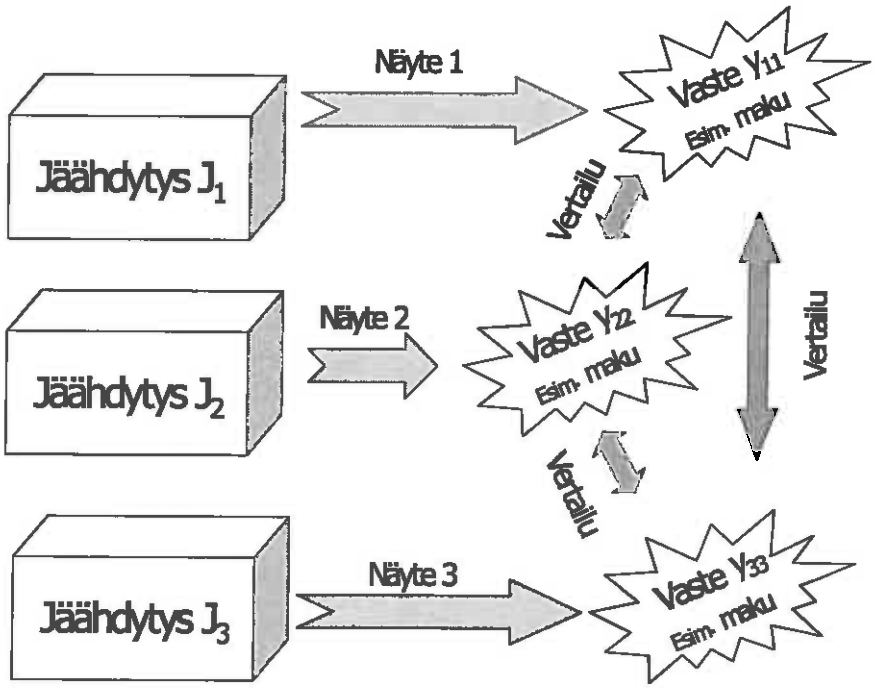
4.3.3 Kiusa- ja taustamuuttujat

Varsinaisten vastemuuttujien lisäksi kokeessa mitattiin ja kirjattiin ylös joukko koetta haitanneita kiusamuuttujia (mm. tuuli- ja muut olosuhteet) sekä taustamuuttujia, joiden avulla varianssianalyysikokeen antamia tuloksia uskottiin voitavan analysoida pidemmälle. Tärkeimmät taustamuuttujat olivat jäähdytyskonteissa kokeen kuluessa vallinnut lämpötila sekä konteissa olleen veden natriumpitoisuus.

Myös konttien kunnosta ja kokeen kulusta sovittiin pidettävän päiväkirjaa.

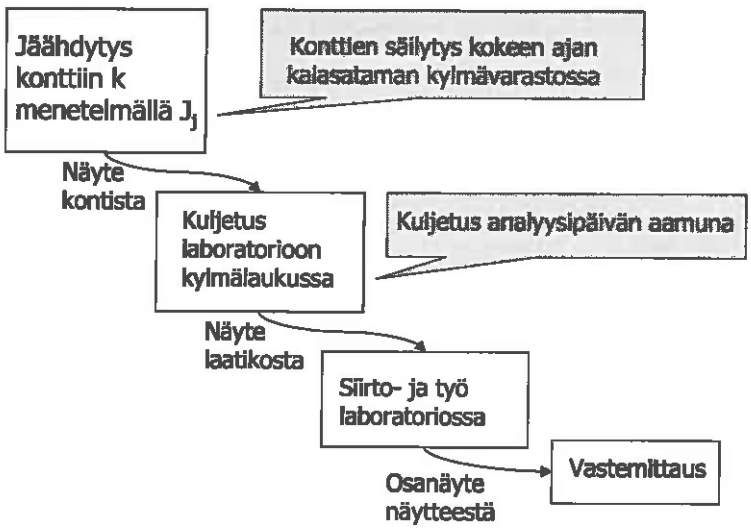
4.3.4 Koeasetelma

Kokeen käytännöllinen asetelma haluttiin tehdä hyvin suoraviivaiseksi (Kuva 4.2). Kokeen tavoitteena oli yksinkertaisesti määrittää tietyn käsittelyn, jäähdytysmenetelmän tuottama vastemuuttujan (esim. kalan maku) arvo ja verrata poikkeaisiko se merkittävästi vastaavasta toisella jäähdytysmenetelmällä käsitellyn vastemuuttujan arvosta.



Kuva 4.2 Kokeen periaate

Koejärjestely jouduttiin rakentamaan monimutkaisemmaksi. Tämä johtui mm. siitä, että kokeet tehtiin kenttäolosuhteissa ja torrymetrilukemia lukuun ottamatta vasteet mitattiin laboratoriossa. Todellisuudessa koe suunniteltiin tapahtuvaksi kuvan 4.3 mukaisesti.



Kuva 4.3 Kokeen käytännön kulku.

Käytännössä koe suunniteltiin sellaiseksi, että silakat jäähdytettäisiin kenttämittakaavan kontteihin. Konteista näytteet haettiin kylmälaukuissa laboratorioon, jossa kustakin laukusta poimittiin erillinen näyte analysoitavaksi laboratoriossa. Tämän jälkeen laboratorioon siirretyt näytteet jaettiin vielä osanäytteisiin varsinaisia vastemittauksia varten. Esimerkiksi mikrobiologiset näytteet otettiin tupottamalla ne laboratorioon tuoduista näytekaloista.

4.3.5 Kokeen aikataulu

Jäähdytysmenetelmän vaikutusta kalan laatuun haluttiin seurata noin kuuden vuorokauden ajan kalastustapahtumasta alkaen. Tämän mahdollistamiseksi päädyttiin koesuunnitelmaan, jonka mukaan kokeen tulisi alkaa ennen viikonloppua. Päädyttiin siihen, että koe tehtäisiin ensimmäisenä kuuden vuorokauden periodina, jonka tuuliolosuhteet elokuun 20. päivän jälkeen sallisivat.

Suunnitelman mukaan koekontit tuotiin satamaan ja siirrettiin siellä jäävarastoon, josta kustakin kuljetettiin näytteet laboratorioon kylmälaukuissa kalastustapahtumaa seuraavana päivänä sekä neljän ja kuuden vuorokauden kuluessa satamaan saapumisesta (taulukko 4.4).

Taulukko 4.2 Kokeen eteneminen ajassa.

Toimenpide	Aika	1	2	3	4	5	6
	To	Pe	La	Su	Ma	Ti	Ke
Kalastus							
Jäähdytys							
Siirto jäävarastoon							
Taustamittaukset							
Näytteenotto							
Kuljetus laboratorioon							
Laborointi							

Kylmälaukkuja sovittiin käytettäviksi vain näytteen siirtoon, ei silakoiden varastointiin. Kalat olivat jäitettynä kylmälaukussa korkeintaan 4-6 tuntia. Kustakin kontista otettiin näytteenhakukerralla riittävä määrä silakkaa. Näyte sovittiin otettavaksi niin, että se edustaa kontissa olevaa silakkaerää. Näytteenotto tapahtui aikaisin aamuyöllä ja näytteiden tuli olla laboratoriossa viimeistään kello 8.15 analysointipäivän aamuna.

Näytteenoton yhteydessä kustakin kontista päätettiin mitata taustamuuttujat, joita voitaisiin myöhemmin käyttää selitettäessä mahdollisia eroja konttien välillä. Osaan jäähdytyskonteista sijoittettiin lämpötilaa mittaavat jatkuvatoimiset mittarit.

4.3.6 Aistinvaraisia mittauksia koskeneet rajoitukset

Laboratoriomittaukset asettivat kokeelle käytännöllisiä vaatimuksia. Aistinvaraisten mittausten ehdot olivat seuraavat:

1. Analyysi on saatava laboratoriossa tehdyksi 1 päivässä.
2. Aistinvaraisen analyysin laboratoriossa saattoi olla korkeintaan 12 hengen arviointiraati ja raadin käytännöllinen maksimikoko oli 8 ja minimikoko 4 henkilöä.
3. Yhden arvioijan oletettiin pystyvän kullakin analyysikerralla analysoimaan korkeintaan 6 näytettä.
4. Analyysikertoja voi olla korkeintaan 3 kappaletta päivässä.
5. Näytteet on saatava laboratorioon viimeistään kello 8.15 laborointipäivän aamuna.

4.3.7 Mikrobiologisia mittauksia koskeneet rajoitukset

Mikrobiologisten mittausten rajoitukset olivat seuraavat:

1. Kalan mikrobiologinen laatu analysoidaan kalastustapahtumaa seuraavana päivänä (1d) ja neljän ja kuuden vuorokauden kuluttua kalastustapahtumasta.
2. Mikrobiologiset analyysit on saatava laboratoriossa käyntiin yhden päivän kuluessa
3. Mittaukset tehdään ns. sähkönjohtokyky-menetelmällä, jonka on onnistuttava kerralla (sitä ei voi uusia koskien samaa ajanhetkeä)
4. Mikrobiologisessa analyysissä mitataan aikaa, jona analysoitavan näytteen laatu saavuttaa tietyn kynnysarvon. Kynnysarvo vastaa tiettyä sähkönjohtavuutta. Mittauksen vaste ilmoitetaan tunteina. Sen suuri arvo indikoi hyvää mikrobiologista tilaa.
5. Laboratoriokapasiteetti riittää 120 analyysiin/analyysikerta (1d, 4d ja 6d)
6. Yhtä ajankohtaa vastaava analysointi kestää noin yhden vuorokauden.

4.4 Tilastollinen koesuunnittelu

4.4.1 Kokeen tilastolliset tavoitteet

Kokeelle asetettiin seuraavat kaksi tavoitetta:

1a. Testata poikkeavatko eri menetelmillä alkujäähdytetyn silakan fysikaalinen, aistinvarainen tai mikrobiologinen laatu säilytyksen kuluessa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.

1b. Arvioida, mikä jäähdytysmenetelmistä tuottaa parhaan fysikaalisen, aistinvaraisen ja mikrobiologisen laadun.

2. Selittää taustamuuttujien avulla, miksi menetelmien välille tulee eroja.

Koe suunniteltiin kohdan 1. mukaisesti siten, että tulokset olisivat analysoitavissa varianssianalyysin avulla. Samalla painotettiin sitä, että kokeen perusteella tulisi voida arvioida käytännön keinoja, joilla troolisilakan jäähdytystä voitaisiin jatkossa kehittää. Siksi koeasetelman ja mitattavien taustamuuttujien haluttiin olevan sellaisia, että niitä voitaisiin käyttää hyväksi suunniteltaessa parannuksia jäähdytystekniikoihin.

4.4.2 Kokeen malli ja koeasetelma

Tilastollinen koesuunnittelu tehtiin varianssianalyysiä käyttäen. Kokeessa silakan alkujäähdyttämisen onnistumiseen oletettiin vaikuttavan erityisesti kahden tekijän, jotka olivat:

- Jäähdytysmenetelmä, jota merkitään seuraavassa symbolilla J_j
- Konttien vaikutus jäähdytystulokseen, jota symbolisoi K

Kokeen tilastolliseksi malliksi valittiin hierarkkinen varianssimalli, joka oli muotoa:

$$y = \mu + J_j + K_{k(j)} + \varepsilon$$

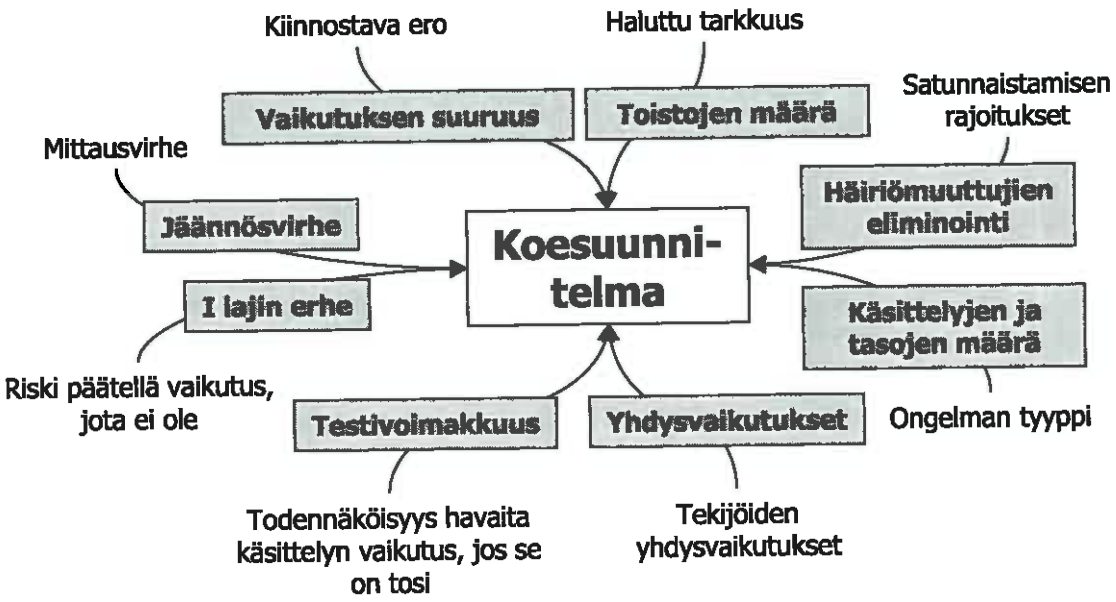
missä y tarkoittaa vastemuuttujan arvoa ja ε satunnaisvirhettä. Alaviite k(j) tarkoittaa sitä, että kontin vaikutus oli hierarkkisesti alisteinen jäädytysmenetelmälle, mikä otettiin huomioon tilastollisessa suunnitelmassa.

Saadut suunnittelutulokset on lähtötietoineen kuvattu seuraavassa.

4.4.3 Suunnittelussa tehdyt päätökset

Perustelluimmat lähtötiedot tilastollisen suunnitelman laatimiseksi olivat käytössä aistinvaraisista analyyseistä (AVA), joten suunnitelma tehtiin ensin AVA:lle. Sen kuluessa kiinnitetty jäittämiskäsittelyjen toistoja ja konttimääriä koskenut asetelma todettiin tehokkaaksi myös torrymetri- ja mikrobiologisten mittausten osalta.

Tilastollisen koesuunnitelma laadittiin sovitteluratkaisuna, jossa otettiin huomioon kahdeksan kokeen lopputulokseen vaikuttavaa tekijää tai päätöstä, joita havainnollistaa kuva 4.4. ja joita on tarkemmin kuvattu jatkossa.



Kuva 4.4 Koesuunnitelmaan vaikuttavat tekijät (Ruohonen et. al., 2000)

4.4.4 Kokeen lähtöoletukset ja -tiedot

Osa suunnitelman lähtötiedoista johdettiin etukäteistiedosta, jota on kuvattu luvussa 4.32 ja taulukossa 4.1. Sen mukaisesti:

- Kalan arvioinnissa liikutaan jana-asteikolla välillä 0...10 AVA-yksikköä.
- Pienin kiinnostava jäähdyttämisestä aiheutuva ero on 2 AVA-yksikköä.
- Yksittäisen arvioijan mittausten hajonta ao. asteikolla on 1 AVA-yksikkö.
- Mikrobiologisen mittauksen kiinnostava ero on 3 tuntia.
- Mikrobiologisen mittauksen varianssi on 1 tunti.

AVA-arviointiryhmän kooksi valittiin 8-henkinen raati. Mittausvirhe arvioitiin raatilaisten laatuarvioinnin yhdistettynä arvona.

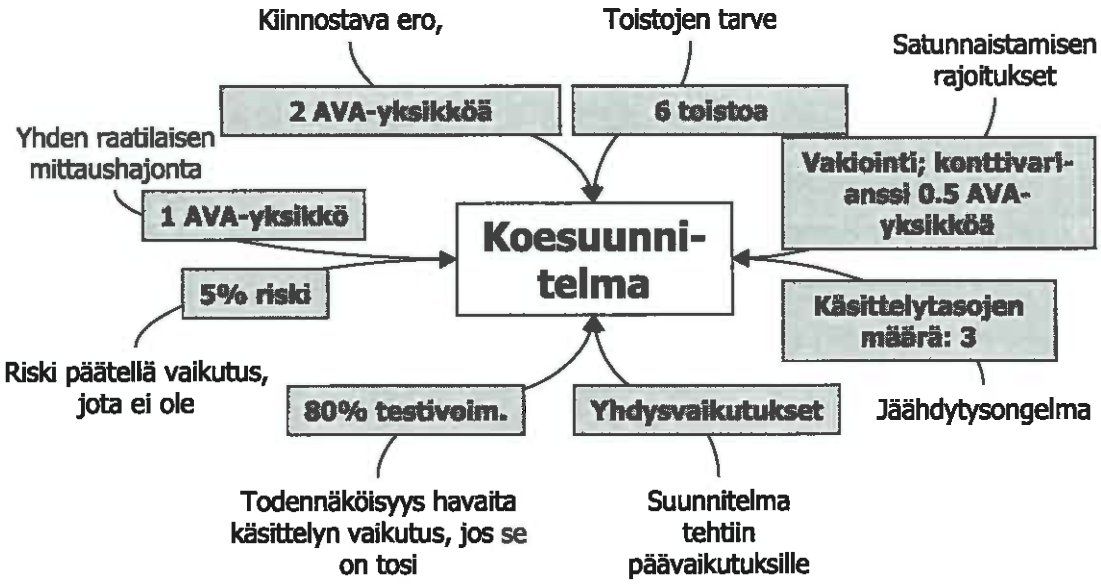
Koe suunniteltiin mittaamaan luotettavasti jäittämismenetelmien vaikutusta vasteisiin. Niinpä kokeen riskitasot valittiin päävaikutukselle J. Ne päätettiin kahdella kriteerillä. Toisaalta haluttiin, että tulosten tulee olla julkaisukelpoisia kansainvälisissä tiedesarjoissa. Tästä syystä α-riskitasolle asetettiin vaatimus, että sen tuli olla alle 5%. Toisaalta luvussa 1.3 esitetyn kustannus-hyötyanalyysin perusteella myös testivoimakkuudelle tulisi panna painoa. Perussuunnitelmassa kokeen epäonnistumisen riskit olivat seuraavat:

- I-lajin erheen mahdollisuus eli kokeen α-riskitaso on korkeintaan 5%.
- II-lajin erheen mahdollisuus eli β-riskitaso on korkeintaan 20%. Toisin sanoen testin voimakkuus ≥ 0.80.

Kaikki luvussa 3 kuvatut, kokeen satunnaistamista vaikeuttavat kiusamuuttujat pyrittiin vakioimaan perusteellisella ohjeistuksella ja asettamalla ehtoja kokeen suorittamisolosuhteille. Esimerkiksi sovittiin siitä, että koetta ei tehdä, mikäli tuulen voimakkuus merellä on yli 7m/s. Ohjeistusta on tarkemmin kuvattu luvussa 5.

Oletettiin, että jäittäminen ei onnistuisi samalla tavalla eri konteissa. Konttien vaikutus oletettiin niin suureksi, että se otettiin huomioon sisällyttämällä konttivaikutus koeasetelmaan. Konttivarianssiksi oletettiin aistinvaraisen mittauksen osalta 0.5 AVA-yksikköä eikä niiden oletettu vaikuttavan mikrobiologisiin tuloksiin.

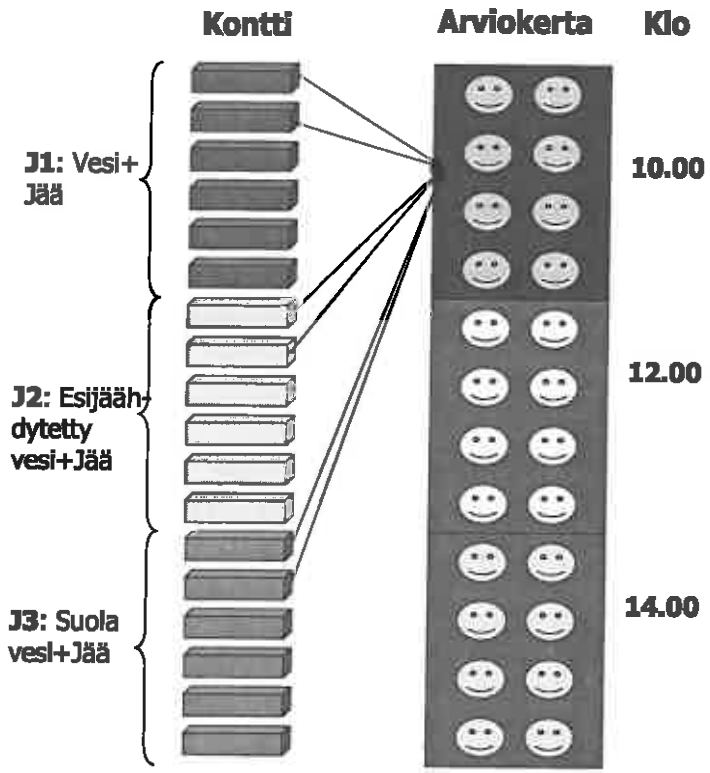
Koe viimeisteltiin laskemalla tarvittavien rinnakkaisten jäähdytyskäsittelyjen määrä. Tavoiteltuihin tuloksiin arvioitiin päästävän toistamalla kutakin käsittelyä 6 rinnakkaisessa kontissa. Ne satunnaistettiin kolmen kontin ryhminä siten, että kunkin ryhmän kontteihin jäittämiskäsittelyt tehtiin satunnaisessa järjestyksessä. Näin taattiin se, että kutakin jäittämiskäsittelyä tehtiin sekä saaliin käsittelyprosessin alussa että lopussa. Koesuunnitelmaa havainnollistaa kuva 4.5 ja AVA-laboratorioasetelmaa kuva 4.6.



Kuva 4.5 Suunnitelman lähtötiedot ja koetoistot.

Tiivistäen koe oli seuraava:

- Alukselle otettiin mukaan 18 konttia.
- Kutakin kolmesta jäähdytyksestä toistettiin 6 kontissa.
- Konttien järjestys satunnaistettiin 3 kontin peräkkäisissä ryhmissä siten, että kuhunkin ryhmään tuli satunnaisessa järjestyksessä kaikkia jäittämiskäsittelyjä.
- Aistinvarainen arviointi tehtiin 8 hengen ryhmissä.
- Kukin AVA-ryhmä kokoontui päivän kuluessa 3 kertaa kahden tunnin välein ja määritti kerralla 6 näytettä (2 satunnaisessa järjestyksessä tullutta näytettä kustakin käsittelystä.)
- Oletettiin, että kalan laatu ei muuttunut arviointikertojen välillä olleen 2 tunnin kuluessa.
- AVA-ryhmän tulos lasketaan 8 arvioijan keskiarvona.
- Sekä AVA- että mikrobimittaukset toistettiin kalastusta seuraavana päivänä sekä 4 ja 6 päivän päästä kalastustapahtumasta.
- Aineisto suunniteltiin käsiteltävänä kolmena erillisenä kokeena (1, 4 ja 6 päivää kalastuksesta).



Kuva 4.6 Koeasetelma laboratoriossa.

5. Kokeiden käytännön ohjeet

5.1 Koejärjestelyn toteuttamisesta

Kalastusprosessista aiheutuvaa koevirhettä pyrittiin vähentämään näytteen hakijoiden ja kalastajien kirjallisella ohjeistuksella, jotka toimitettiin kalastajalle etukäteen tiedoksi. Ohjeet ja työvaiheet käytiin vielä suullisesti satamassa miehistön kanssa läpi ennen näytteiden keruun toteuttamista. Aistinvaraista arviointia tekevän paneelin jäsenille tehtiin myös kirjalliset ohjeet etukäteen.

Kalastajille ja arvioitsijoille tehdyt ohjeet esitetään seuraavassa tarkemmin. Aistinvaraisten ja mikrobiologisten arviointien ohjeet on kirjoitettu VTT:n tutkijoiden toimittamien kuvausten perusteella.

5.2 Näytteenkeruun ohjeistus

5.2.1 Valmistelu ennen kalastusmatkaa

Libertyn miehistö pesee aluksen (etenkin kansirakenteet), troolin ja työvälineet (lapiot, kuljettimet, lajittelukoneet jne.) hyvin. Myös miehistön työvaatteiden ja saappaiden on oltava puhtaat. Miehistö pesee kaikki alukseen otettavat kontit ja konttien kannet huolella sekä ulkoa että sisältä. Samalla tarkastetaan, että kokeissa käytettävät kontit ovat ehjät, kannet pysyvät tiiviisti kiinni ja ettei kontit ole sisäpuolelta raapiintuneita tai muutoin kuluneita. Tutkija merkitsee koekontit vedenkestävin tarralapuin, joista näkyy kontin järjestysnumero ja jäähdytystapa. Miehistö lastaa kontit alukseen siten, että ne on helppo ottaa käyttöön myöhemmin kohdassa 2 mainitussa täyttöjärjestyksessä. Tutkija sekoittaa miehistön kanssa satamassa tai menomatkalla aluksessa suolavesikontteihin suolaa ja vettä siten, että suolapitoisuudeksi tulee 1 %. Tämä vesi jäähdytetään jäillä mahdollisimman kylmäksi. Miehistö jäähdyttää jäillä menomatkalla veden esijäähdytyssäiliöön.

5.2.2 Työskentely aluksessa

Tuuli vaikeuttaa lähes kaikkia työvaiheita, heikentää kalan laatua ja estää konttien täyttämisen vedellä. Tämän vuoksi kokeet tehdään päivänä, jolloin tuulee korkeintaan 7 m/s. Jos tuulee jonkin verran (4-7 m/s), on pyrittävä siihen, että tuuli vaikuttaa eri työvaiheissa koekaloihin mahdollisimman samalla tavalla.

Kaikki näytteet otetaan mieluiten samasta troolinvedosta. Näin saadaan vakioitua kalastuspaikasta, pyyntiveden ja ilman lämpötilasta sekä troolinvedosta aiheutuva vaihtelu. Jos näytekaloja ei kuitenkaan saada yhdellä vedolla riittävästi, tehdään toinen veto mahdollisimman samalla tavalla.

Kaikki työvaiheet vedon jälkeen tehdään siten, että kalan laatu pysyy mahdollisimman hyvänä ja samat työvaiheet tehdään kaikille näytekaloilla yhtä nopeasti ja samalla tavalla: esimerkiksi kalaa nostetaan troolipussilla yhtäläinen määrä, varotaan, ettei pussi hakkaa aluksen laitoihin, kalat suojataan nopeasti suoralta auringonpaisteelta kannella, jäitä laitetaan laariin saaliin päälle tasaisesti siten, että koko erä olisi mahdollisimman tasalämpöinen ennen lajittelua. Tutkija kirjaa kalastus- ja työvaiheiden keston kaa-

vakkeelle ja mittaa ilman lämpötilan, merestä pintaveden lämpötilan ja aluksessa merestä normaalijäähdytykseen pumpattavan meriveden lämpötilan. Samoin kalojen lämpötiloja ja fysikaalisia ominaisuuksia mitataan silakoista laarista heti pyynnin jälkeen. Muut mittaukset tehdään konteista.

Näytekaloiksi koekontteihin otetaan vain I-0-kokoluokan silakoita. Miehistö huolehtii, että lajittelukoneesta saadaan samaan koekonttiin ohjattua kummankin kokoluokan kalat. Muu osa saaliista voidaan käyttää muuhun kuin koetarkoitukseen.

Miehistö täyttää kontit seuraavassa numerojärjestyksessä:

1) Normaali	2) Suola	3) Esijäähdytetty
4) Esijäähdytetty	5) Suola	6) Normaali
7) Esijäähdytetty	8) Normaali	9) Suola
10) Esijäähdytetty	11) Normaali	12) Suola
13) Esijäähdytetty	14) Suola	15) Normaali
16) Suola	17) Esijäähdytetty	18) Normaali

Kaikki kolme jäähdytysmenetelmää toistetaan siis kuusi kertaa (3*6=18), mutta menetelmien tekojärjestys vaihtelee edellä esitetyssä satunnaistetussa järjestyksessä.

Normaali jäähdytys tehdään siten, että konttiin laitetaan 400 kiloa kalaa. Jäät lisätään siten, että kontin pohjalle laitetaan ensin 4 samankokoista lapiollista jäätä, kun puolet kalasta on laitettu toiset 4 lapiollista jäätä ja kontin päälle vielä 4 lapiollista. Lopuksi lisätään merestä pumpattu vesi piripintaan asti. Muut menettelyt tehdään samalla tavalla muutoin paitsi esijäähdytysmenetelmässä käytetään esijäähdytysaltaasta johdettua vettä ja suolavesimenetelmässä käytetään suolavesikonttien 1 prosenttista esijäähdytettyä vettä. Miehistö varmistaa ennen jäähdytystä, että veden pumppaus ja veden johtaminen säiliöistä toimii teknisesti. Tutkija mittaa kontteihin lisättävien vesien lämpötilat ja suolaveden suolapitoisuuden sekä veden lämpötilan kontista sitten kun kontti on täytetty piripintaan. Tutkijat asentavat kontteihin tai kaloihin lämmönmittauslaitteet, jotka rekisteröivät konteissa tasaisin välein lämpötiloja koko kokeen ajan (1 vko). Kontit suljetaan tiiviisti. Konttien säilytys aluksessa, lastin purku ja muut työrutiinit voidaan tehdä normaaliin tapaan kunhan kontteja käsitellään kaikissa työvaiheissa samalla tavalla.

5.2.3 Työskentely satamassa

Satamassa miehistö siirtää kontit tasalämpöisiin ja häiriöiltä turvallisiin kylmätiloihin yhdeksi viikoksi. Tutkija mittaa jo ensimmäisenä aamuyönä kalojen fysikaalisia ominaisuuksia ja ottaa joka kontista kylmälaukullisen kalaa, jotka viedään pakettiautolla VTT:lle aamu kahdeksaan mennessä jatkotutkimuksia varten. Tutkija toistaa mittaukset ja hakee laatuarviointeja varten kolmen päivän päästä yhden kylmälaukullisen ja viiden päivän päästä kaksi kylmälaukullista kalaa joka kontista. Tämän jälkeen kontteihin jääviä kaloja ei enää tarvita kokeisiin vaan kalastaja voi myydä ne rehuksi.

5.3 Työohjeet laboroinnille

5.3.1 Näytteiden otto satamassa

Näytteet otetaan Reposaaren kalastamassa kylmälaukkuihin aamuyöstä ja kuljetetaan VTT:lle saman aamun aikana ennen kello kahdeksaa. Kylmälaukkuihin on tussilla valmiiksi merkitty näytteenottopäivämäärä, sekä kontteja vastaava numero ja jäähdytysmenetelmien nimike (ks. konttien satunnaistus kohdassa 5.22).

Näytteiden otto suoritetaan seuraavalla tavalla:

1. Ennen näytteenottoa laukkuihin laitetaan noin viisi senttimetriä jäähilettä pohjalle.
2. Näytteenottaja ottaa äyskärillä noin kahdeksan, mutta vähintään viisi kiloa kalaa kustakin kontista vastaavalla numerolla merkittyyn kylmälaukkuun. Näytesilakat laitetaan autoklaavipussiin ja pussin suu suljetaan metallisulkijalla. Laatikon kansi teipataan kiinni siten, ettei se avaudu kuljetuksessa.
3. Näytteet kuljetetaan VTT Biotekniikkaan saman tien. Reposaaresta lähdetään mieluummin jo kello 5.00, jotta saapuvat ajoissa perille.
4. Näytteet otetaan systemaattisesti samalla tavalla joka päivä.
5. Näytteiden saavuttua Biotekniikkaan ne toimitetaan heti hallin kylmävarastoon (+4 °C).

5.3.2 AVA-näytteiden valmistelu

Aistinvarainen näytteenotto tehdään aseptisesti eli steriloiduilla hansikkailla käyttäen steriloitua folioon pakattua dekkaa (dekat pantava sterilointiin ajoissa), millä voi noukkia silakoita pussin sisältä laatikon keskeltä. Pussi ja laatikon kansi suljettava huolellisesti. Näytteeksi ja arvioitavaksi otetaan aina kuusi laukkua kerrallaan, eli kaksi laukkua joka käsittelystä (taulukko 5.1). Tarja ja Erja ottavat mkrobiologiset näytteet aina kolmen näytteen riveissä. Laukut pidetään kolmen sarjoina, jotta käsittelyjen satunnainen järjestys säilyy käsittelyjen välillä.

Yksi kylmälaukku tuoretta vertailusilakkaa otetaan mahdollisesti mukaan seitsemänneksi näytteeksi toisena (4 vrk kulunut näytteenkeruusta) ja kolmantena (6 vrk) arviointipäivänä.

Muutoin näytteenoton valmistelu tehdään seuraavasti:

1. Näytteet perataan arviointia varten (vähintään 5 silakkaa per arvioitsija, eli 8 x 5 silakkaa=40 kpl/laukku). Keittiössä kolme henkilöä perkaa kalan. Perkauksen jälkeen näytteet säilytetään jääkaapissa.
2. Silakat huuhdotaan ja valmistellaan kypsennystä varten: viisi silakkaa/nyytti/näyte-käsittely. Muiden näytteiden perkauksen ajan valmiit osanäytteet pidetään jääkaapissa.
3. Arviointi tehdään ottamalla kullekin arvioijalle kaksi osanäytettä (nyyttiä)/näytekäsittely ja mahdollisesti samana päivänä pyydetystä tuoreesta silakasta yksi osanäyte kolmen ja viiden vuorokauden kuluttua kalastuspäivästä
4. Nyyttien esitysjärjestys satunnaistetaan siten, että 18 kontin näytteet jaetaan kolmeen istuntoon (arviointikertaan), joissa kaikissa on samat henkilöt. Arvioijalla on edessään yhden vuorokauden jälkeen kuusi näytettä/istunto satunnaistettuna

2+2+2 kustakin jäähdytyskäsittelystä. Kokeen jatkuessa otetaan myös 2+2+2 osanäytettä kustakin käsittelystä ja vertailunäyte (ks taulukko 5.1)

Taulukko 5.1. Näytteiden arviointijärjestys.

Arviointipäivä	Normaali	Esijäähdytetty	Suola	Vertailu
1.9.2000				
1. kerta	1, 8	7, 17	12, 14	-
2. kerta	6, 18	4, 13	2, 16	-
3. kerta	11, 15	3, 10	5, 9	-
4.9.2000				
1. kerta	11, 15	7, 17	14, 16	jos saadaan
2. kerta	1, 8	10, 13	9, 12	"
3. kerta	6, 18	3, 4	2, 5	"
6.9.2000				
1. kerta	1, 15	4, 13	2, 14	"
2. kerta	11, 18	3, 10	9, 16	"
3. kerta	6, 8	7, 17	5, 12	"

1. Esikokeiden perusteella istuntoa varten nyytit kypsennetään höyryohjelmalla 100 °C:ssa noin kymmenen minuuttia. Näytteet laitetaan tasaisesti uuniin.

5.3.3 AVA-näytteiden arviointi

Näytteet arvioidaan seuraavasti:

1. Arviointia varten on valmiiksi koodatut pahvilautaset, joille kypsennetyt silakkanyytit asetetaan suoraan uunista. Näytteet kootaan tarjottimille Compusense-ohjelman satunnaistamissuunnitelman mukaan.
2. Arviointiin on koottu 8 hengen vakioraati, joka tarvittaessa odottaa paikalla, kunnes kalat tuodaan arvioitavaksi.
3. Arvioidaan värin kirkkaus, hajun tuoreus, rakenteen kiinteys, maun tuoreus, maun suolaisuus janalla 0-10 (ei lainkaan kirkas/samea/tuore/kiinteä/tuore/suolainen - erittäin kirkas väri/tuore/kiinteä/suolainen).
4. Suun huuhteluun käytetään lämmintä vettä ja kurkkuviipaleita.
5. Tulokset kootaan Excel-taulukoksi. Päiväkohtaiset datat yhdistetään ensin tiedostoiksi.
6. QIM-arviointi tehdään yksilöllisesti iltapäivällä perkaamattomista silakoista, jos vain ehditään. Ohjekuvat tulostetaan verkosta (http://www.dfu.min.dk/uk/links_fr.htm).

5.3.4 Mikrobimittauksen ohjeet

Mikrobiologisia mittauksia tehdään kunakin määrityspäivänä jokaisesta kolmesta jäähdytystavasta otetuista näytteistä kuudessa erässä. Yhdellä työskentelykerralla käsitellään siten 3 x 6 kalaa. Kaloista tupotetaan pinta-alaltaan 10,1 cm² kokoinen alue

kyljestä kehikon avulla. Tuppo siirretään koeputkeen, jossa viisi millilitraa peptonisaliinia. Tämän jälkeen putkea sekoitetaan voimakkaasti (0-näyteputki). Viljelynäytteitä varten tupotus suoritetaan yhdestä kalasta ja sähkönjohtokykymittausta varten kuudesta kalasta. Tupotuksen ja impedanssimittauksen välissä tupotetut näytteet saavat odottaa mittauksen aloitusta maksimissaan 30 minuuttia. Kaikki näytteet käsitellään kuuden tunnin aikana. Käsittelemättömät kalat pidetään odotusajan kylmälaukuissa.

Sähkönjohtokykymittauslaitteessa (BacTrac 4100, Sy-Lab, Sveitsi) määritetään impedanssiarvojen muutosta ajan funktiona. Muutokset ilmoitetaan prosentteina näytteen impedanssin pienenemisestä alkuperäiseen impedanssiarvoon verrattuna. Koneen ohjelmaan asetetaan kynnysarvo, jolloin näytteen saavutettua ko. arvon, kone tallentaa siihen kuluneen ajan muistiin. Mitä lyhyempi aika kuluu kynnysarvon saavuttamiseen, sitä enemmän näytteessä on eläviä soluja.

Näyte (1ml) 0-näyteputkesta ja TVC (Total Viable Counts, Sy-Lab)-liuos (9 ml) pipetoidaan mittasoluun, jossa on kaksi elektrodiparia. Mittasolu asetetaan mittalaitteeseen, joka mittaa impedanssia 30 °C:ssa kaksi vuorokautta. Tulos ilmoitetaan kuuden tutkitun kalan rinnakkaisten näytteiden keskiarvona detektioajasta.

Bakteerien kokonaismäärän selvittämiseksi näyteputkista (0-näyteputket) tehdään logaritminen laimennossarja peptonisaliiniputkiin. Putkista tehdään pintaviljely PC (Plate Count agar, Difco, USA) maljoille. Kustakin laimennosputkesta viljellään rinnakkaiset maljat (100 ml/malja). Maljoja inkuboidaan kolme vuorokautta 30 °C:ssa.

Inkuboiduista maljoista tarkastetaan mikrobikasvu ja kunkin näytteen tulos lasketaan painotettuna keskiarvona kahdesta rinnakkaisesta maljasta per laimennos. Tuloksista otetaan logaritmit ja lopulliset tulokset lasketaan kunkin menetelmän tulosten logaritmien keskiarvona.

6. Johtopäätökset

6.1 Tutkimusongelman rajaaminen

Tutkimuksen tavoitteena oli analysoida alkujäähdytyslämpötilan vaikutusta silakan laatuun. Kalastajien kanssa tehty tausta-analyysi kuitenkin paljasti, että monet muut tekijät saattavat vaikuttaa kalan laatuun enemmän kuin alkulämpötila. Analyysin perusteella hyvän laadun saavuttamiseen liittyy kalan biologiaan ja fysiologiaan, kalastus-, laite- ja työtekniikkaan ja yritystalouteenkin kuuluvia tekijöitä. Esimerkiksi alkukesästä pyydetyn silakan laatu todettiin mahansisällön vuoksi heikoksi. Tuulisella säällä työvaiheet taas vaikeutuvat huomattavasti. Konttijäähdytystä ei voida suorittaa täydellisesti, ja kalan laatu heikkenee sekä kontti- että RSW-jäähdytyksessä pelkästään tuulen mekaanisen vaikutuksen takia. Yhtenä tärkeänä johtopäätöksenä voidaankin todeta, että tutkijoiden tulisi, aina ennen työläiden ja kalliiden kokeellisten tutkimusten aloittamista, mieluiten tiiviissä yhteistyössä elinkeinon harjoittajien kanssa, tehdä perusteellinen esiselvitys, jonka perusteella varsinainen tutkimusongelma rajataan. Tutkimusongelma tulisi myös valita siten, että sen ratkaisemisesta koituu tieteellisen tiedon kasvamisen lisäksi selkeää hyötyä myös elinkeinoille.

6.2 Suunnitelmaa koskevat rajoitukset

Alkujäähdytyslämpötilan vaikutusta silakan laatuun haluttiin luotettavasti. Tästä syystä tutkimuksen kenttäkoe rajattiin selkeästi ja toteutettiin optimaalisissa, hyvin vakioiduissa sääoloissa. Käytännössä kuitenkin vain noin 10 prosenttia saaliista kalastetaan valitun kaltaisessa, hyvässä säässä. Todellisissa kalastusolosuhteissa alkujäähdytystapojen ja jäähdytysjärjestelmien aiheuttamat laatuerot jäävät todennäköisesti pieniksi. Suurimmat laatuerot syntynevät huonoissa sääolosuhteissa silloin, kun kalastusta ja jäähdytystä ei voida suorittaa parhaalla mahdollisella tavalla. Jäähdytysjärjestelmien välille syntynee tällöin suuria eroja, koska tuuli vaikeuttaa konttijäähdytystä huomattavasti enemmän kuin RSW-jäähdytystä. RSW-aluksella kala siirtyy suoraan jäähdytettyyn säilytysveteen ja pysyy kylmässä kovalla tuulellakin koko matkan. RSW-alus voi myös kalastaa vielä silloin kun konttialus joutuu tuulen takia jäämään rantaan. Täten RSW-alus voinee varmemmin tarjota tasalaatuista kalaa ympäri vuoden kuin konttialus. Tämä olisi markkinoiden tarpeiden kannalta keskeinen kilpailuetu ja siten myös kannustin kalliiseen investointiin. Edellä mainituista syistä tässä raportissa esitetyllä kokeella ei pystytä vastaa kysymykseen, millä kalastus- ja jäähdytysmenetelmällä saavutettaisiin kokonaisuuden kannalta paras silakan laatu.

Suunniteltaessa mahdollisia jatkokokeita tai tutkimuksia, tulee painottaa sitä, että ne toisivat sellaista informaatiota, joka ohjaisi taloudellisiin käytännön päätöksiin. Tämä edellyttää perusteellista hyötyanalyysia.

6.3 Jatkotutkimustarpeet

Suunnittelun aikana nousivat esille muun muassa seuraavat kalastetun silakan laatuun vaikuttavat tekijät: Mahansisältö, tuuli, tekniset ongelmat konttien toiminnassa, nykyisin käytetyn jään rakenne, miehistön osaaminen. Seuraavassa esitetään esimerkkejä siitä, miten näiden todettujen ongelmien ratkaisussa voitaisiin edetä.

Mahansisällön vaikutuksesta silakan laatuun olisi hyvä saada lisätietoa. Muun muassa seuraavat asiat ovat kiinnostavia:

Johtuuko ilmiö silakan ravintoplanktonista? Jos johtuu, niin missä vesikerroksessa, kuinka kauan ja kuinka kaukana rannikosta sitä esiintyy? Mikä ravinnossa aiheuttaa silakan laadun heikkenemisen? Löytyykö ravintokohteen esiintymisaikana vaihtoehtoisia troolauspaikkoja? Paraneeko pyydetyn silakan laatu, jos kalat saadaan tyhjentämään mahansisältönsä jo troolin vetovaiheessa? Pitäisikö silakan fysiologisen laadun vaihtelu ottaa huomioon jalostustavoissa ja myyntiajoissa? Lisäsikö nopeasti tapahtuva koneellinen perkaus silakan säilyvyyttä? Onko ilmiötä aikaisemmin tutkittu ja minkälaiset ovat mahdolliset tutkimustulokset?

Tuulen vaikutusta laatuun voitaneen osittain vähentää mikrokiteisen jään avulla. Kalastajat arvelivat, että mikrokiteinen jää saattaisi myös vähentää lastin heijausta konteissa ja RSW-tankeissa. Valtamerikalastuksessa ollaan siirtymässä laajasti mikrokiteisen jään käyttöön, koska se jäähdyttää kalan tehokkaammin kuin aikaisemmin käytetyt menetelmät. Lisäksi jään siirto alukseen ja aluksessa helpottuisi, koska mikrokiteinen jää voidaan imeä putkella alukseen. Mikrokiteisen jään käyttöä suomalaisissa aluksissa ja murtovesioloissa tulisi selvittää. Kokonaisuuden kannalta on tärkeää, että kalastus- ja jäähdytysvaihtoehtoja analysoidaan siten, että Suomen olosuhteisiin löydetään laadun, markkinoiden ja kalastajien talouden kannalta optimaalinen silakan kalastustapa.

Nykyiset kontit vuotavat usein ja niiden kannet eivät pysy tuulessa kiinni. Kalastajat eivät ole kokeneet konttien vuotamisongelmaa suureksi, koska vuotaneet kontit täytetään satamassa ja kuljetukset ostajalle tehdään yleensä nopeasti. Tuulella kontteihin ei uskalleta laittaa vettä. Kontit eivät silloin jäähdy ja kalojen oma paino puristaa kaloja. Heikentyneen laadun lisäksi kansien irtoaminen tuulella aiheuttaa työturvallisuusriskin. Ongelmat tulisi selkeämmin viedä konttien valmistelijoiden tietoon, ja kalastajien tulisi yhdessä heidän kanssa etsiä käytännöllisiä ratkaisuja konttien toimivuuden parantamiseksi.

Miehistön työn laatu vaikuttaa paljon tuotteen laatuun. Työn jälki riippuu työntekijän motivaatiosta ja osaamisesta. Työvaiheiden teknistyessä kalastajiltakin vaaditaan entistä monipuolisempaa osaamista. Työn teknisen taitamisen lisäksi jokaisen työntekijän tulisi olla tietoinen yrityksen asiakkaiden vaatimuksista, jotta työn ja tuotteen laatu olisi tasaista ja vastaisi kysyntää. Tämä edellyttää, että koko miehistö saa kokonaisvaltaisesti näitä asioita koskevaa tietoa ja koulutusta, mikä lisää samalla myös motivaatiota oman työn ja yrityksen kehittämiseen. Kalastuselinkeinon rakenneohjelmassa ja kansallisessa laatustrategiassa pyritään siihen, että suuri osa alan yrityksiä ottaisi käyttöön laatujärjestelmän seuraavan viiden vuoden aikana. Kalastusyritykselle laatujärjestelmä voisi antaa miehistölle toimintaperiaatteen, minkä avulla järjestelmällisesti kehittää toimintansa ja tuotteidensa laatua siten, että kannattavuus pysyy hyvänä tai nousee.

Koe toteutettiin optimaalisissa sääoloissa vain konttialuksella, joten jäähdytysjärjestelmien välisiä eroja ei edes pyritty saamaan selville. Jatkokysymykseksi jää, tuottaako RSW-jäähdytys Suomen olosuhteissa niin paljon paremman kokonaistuloksen, että tekniikkaan kannattaa laajemmin investoida? Kontti- ja RSW-jäähdytystä jäähdytystä ei voida nykyisissä aluksissa suorittaa täydellisesti rinnakkain, joten menetelmien aiheuttamaa laatueroa on vaikea luotettavasti tutkia. Eri aluksista hankitun raaka-aineiden laadun vertailu puolestaan ei kerro luotettavasti laatuerojen syitä, jotka saattaisivat itse asiassa aiheutua monesta muusta tekijästä jäähdytysjärjestelmien eroista kuten taustaselvityksestä ilmeni. Muiden tekijöiden vaikutusta voitaneen kuitenkin rajata ja analysoida, jos kalastus tehdään samaan aikaan samasta paikasta ja kalastus- ja jäähdytysprosessit dokumentoidaan hyvin. Rajoituksistaan huolimatta tällaisella esikokeella voitaisiin saada lisätietoa tutkimuksen ja kalastuksen kehittämisen suuntaamisesta.

Tausta-analyysi havainnollisti, että kalastajat joutuvat tarkasti seuraamaan silakan vuotuista vaellus- ja syönnöskäyttäytymistä, jotta he saisivat ympäri vuoden oikean kokoista ja laatuista kalaa. Kalan käyttäytymisen lisäksi markkinoiden vaatimukset ja toiminnan taloudellisuus ohjaavat voimakkaasti kalastusta. Yhteiskunnallinen ohjaus perustuu tällä hetkellä pääosin kalakantojen tilan biologiseen arvioon, eikä käytännössä kalastusta suuntaavia teknisiä, taloudellisia ja markkinaperusteisia ohjausmekanismeja ole tarpeeksi otettu huomioon. Tässä tutkimuksessa saadun tiedon perusteella voidaan arvioida, että kestävän kalastuksen tehokkaan ohjauksen kannalta olisi hedelmällistä kehittää ammattikalastajien, biologien ja taloustutkijoiden välistä verkostoitumista ja käytännön yhteistyötä.

7. Yhteenveto

Kalan tehokas jäähdytys heti pyynnin yhteydessä on tärkeä edellytys korkealle tuotelaadulle. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Biotekniikka (VTT) tutki projektissaan "Kalan säilymisen pidentäminen jääveden avulla" mahdollisuuksia tehostaa silakan jäähdytystä troolialuksissa. VTT tilasi Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitokselta (RKTL) tutkimusta varten tutkimus- ja koesuunnitelman sekä kenttäohjeistuksen.

Tutkimus suunniteltiin vaiheittain. Kalastajia haastattelemalla selvitettiin minkälaisia jäähdytysmenetelmiä silakan troolikalastuksessa käytetään ja mitkä tekijät prosessien eri vaiheissa vaikuttavat silakan laatuun. Tämän jälkeen suunniteltiin miten muuttujien vaikutukset voitaisiin kenttäkokeessa ottaa huomioon siten, että mitattaisiin luotettavasti juuri alkujäähdytysmenetelmien vaikutuksia kalan laatuun. Näin tehdyn analyysin perusteella valittiin kokeen tilastollinen malli ja koeasetelma. Valinnan kriteerinä pidettiin tilastollisen luotettavuuden maksimoinnin lisäksi kokeen käytännön toteutettavuutta. Lopuksi koesuunnitelma muunnettiin käytännön kenttäohjeiksi.

Suomalaiset troolarit käyttävät nykyisin kahta jäähdytysmenetelmää. Pääosa aluksista jäähdyttää silakan eristetyissä konteissa jääveteen. Menetelmässä saalis nostetaan troolipussissa laivan kannelle, josta kala ohjataan lajittelun kautta kontteihin, johon lisätään jää ja vesi. Kala tuodaan konteissa satamaan, josta ostaja ne noutaa. Suomessa on myös yksi troolialus, joka käyttää tehokkaampaa valtamerikalastuksessa yleistä RSW-jäähdytystä. Menetelmässä kala pumpataan suoraan troolipussista aluksen tankkeihin, jossa on koneellisesti jäähdytettyä merivettä. Satamassa kala imetään kylmän veden kanssa aluksen tankeista sataman välivarastointitankkeihin. Niistä kala ohjataan keräilyaltaan kautta lajittelukoneeseen. Lajittelun jälkeen kala säilötään jatkokuljetusta varten kontteihin, joihin lisätään kylmä vesi ja jää. Silakan laatuun vaikuttavia tekijöitä analysoitiin kahden kalastajan kanssa, joista toinen käytti konttijäähdytystä ja toinen RSW-jäähdytystä.

Analyysin perusteella nousi esiin kolme silakan laadun ja koesuunnittelun kannalta keskeistä asiaa: ensinnäkin kalastettavan kalan lähtölaatu, toiseksi tuulen vaikutus jäähdytyksen onnistumiseen sekä kolmantena henkilöstön osaaminen ja toiminta. Keväällä ja alkukesällä troolatun silakan mahansisältö heikentää nopeasti kalan laatua. Tuuli vaikuttaa konttijäähdytykseen lähes kaikissa prosessin vaiheissa ja myös RSW-jäähdytyksessä tuulella voi pitkillä kalastusmatkoilla olla keskeinen vaikutus laatuun. Jäähdytystulokseen vaikuttaa paljon kuinka oikein ja samalla tavalla jäähdytystä edeltävät toimet ja jäähdytykset on suoritettu. Konttijäähdytyksen yksi kriittisimmistä vaiheista on kalan säilytys kannella, jossa kala on alttiina muun muassa ulkoilman ja sään vaikutuksille. RSW-jäähdytyksessä tämä vaihe on ohitettu, koska kalan siirto kylmään sujuu hyvin nopeasti. Konteissa kalan, jään ja meriveden määrän suhde tulisi olla optimaalinen. Tuulella vesi ei pysy konteissa, ja jäähdytystä ei voi suorittaa hyvin. Konttijäähdytyksessä työvaiheet on helppo oppia, joten työntekijän motivaatio jää työn laadun kannalta tärkeimmäksi tekijäksi. RSW-alusta käytetään kolmessa vuorossa kolmella miehistöllä. RSW-jäähdytys vaatii monessa vaiheessa hyvää teknistä osaamista, jotta kalan laatu säilyisi parhaana mahdollisena. Jokaisen miehistön tulee hallita tekninen kokonaisuus yhtä hyvin, jotta ei synny laatuvaihteluita. Kenttäkokeen kannalta on keskeistä, että työvaiheet olisi tehty hyvin ja toistettu mahdollisimman yhdenmukaisesti, jotta jäähdytysmenetelmien vaikutuksista saadaan luotettavaa tietoa. Tämän vuoksi kalastusaluksella suoritettavat työt päätettiin suunnittelussa ohjeistaa hyvin.

Kenttäkokeet päätettiin tehdä konttialuksella täydessä mittakaavassa. Jäähdytyskokeet suunniteltiin tehtävän kalastusalus Libertyllä Selkämerellä tyynenä päivän elokuun lopussa, jolloin merivesi on lämmintä ja silakan mahansisältö ei vaikuta koetuloksiin. Konttijäähdytystä oletettiin voitavan tehostaa kahdella tavalla:

1. Esijäähdyttämällä merivesi ennen konttiin johtamista.
2. Lisäämällä konttiin johdettavaan veteen suolaa.

Kokeessa päätettiin vertailla seuraavan kolmen jäähdytysmenetelmän vaikutusta silakan laatuun:

1. Nykyisin käytetty konttijäähdytys, jossa vesi johdetaan kontteihin suoraan merestä.
2. Jäähdytys esijäähdytettyä merivettä käyttäen, jossa kontteihin johdetaan jäillä valmiiksi jäähdytettyä merivettä.
3. Jäähdytys 1%:sta suolavettä käyttäen, jossa kala jäähdytetyllä 1 prosenttisella suolavedellä.

Kalan tuotelaatua ja säilyvyyttä oletettiin voitavan arvioida fysikaalisten, mikrobiologisten ja aistinvaraisten mittausmenetelmien avulla.

Kokeelle asetettiin seuraavat kaksi tavoitetta:

1. Testata poikkeavatko eri menetelmillä alkujäähdytetyn silakan fysikaalinen, aistinvarainen tai mikrobiologinen laatu säilytyksen kuluessa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.
2. Selittää taustamuuttujien avulla, miksi menetelmien välille tulee eroja.

Koe suunniteltiin siten, että tulokset olisivat analysoitavissa hierarkkisen varianssianalyysin avulla. Suunnittelussa päädyttiin koeasetelmaan, jossa aluksella jäähdytetään 18 kontillista kalaa kolmen kontin peräkkäisissä ryhmissä siten, että jokaisessa kolmen ryhmässä kukin jäähdytysmenetelmä suoritetaan satunnaisessa järjestyksessä. Näin ollen jokaisesta menetelmästä tehtäisiin kuusi toistoa. Näytteen keruun jälkeen kontteja säilytetään Reposaaren sataman kylmätiloissa kuusi päivää, jonka aikana niistä noudetaan ensimmäisenä, neljäntenä ja kuudentena päivänä säilytyksen alkamisesta näytteitä laboratorio-analyyseihin. Näytteet kuljetetaan kylmälaukuissa Reposaaresta Helsinkiin VTT:n laboratorioon.

Laboratoriossa näytteistä tehdään mikrobiologiset ja aistinvaraiset analyysit. Aistinvaraiset arviot suunniteltiin tehtävän kahdeksan hengen ryhmässä, joista kukin arvioi kolmena arviointikertana kuusi kalaa kustakin kontista. Arvioitava ominaisuudet ovat väri, maku, haju ja rakenne. Mikrobiologista laatua arvioidaan bakteeriviljelyn ja sähkönkykymittausten perusteella. Näytteiden keruusta ja laboratorioanalyyseista tehtiin erilliset ohjeet.

Suunnitteluvaiheen perusteella jatkossa tulisi muun muassa saada lisää tietoa silakan mahansisällön vaikutuksesta silakan laatuun, mikrokiteisen jään soveltuvuudesta suomalaiseen kalastukseen ja jäähdytysjärjestelmien vaikutuksesta silakan kokonaislaatuun. Kestävän kalastuksen tehokkaan ohjauksen toteuttamiseksi olisi elinkeinon harjoittajien, biologisen ja taloudellisen tutkimuksen yhteistyötä tiivistettävä.

Kirjallisuus

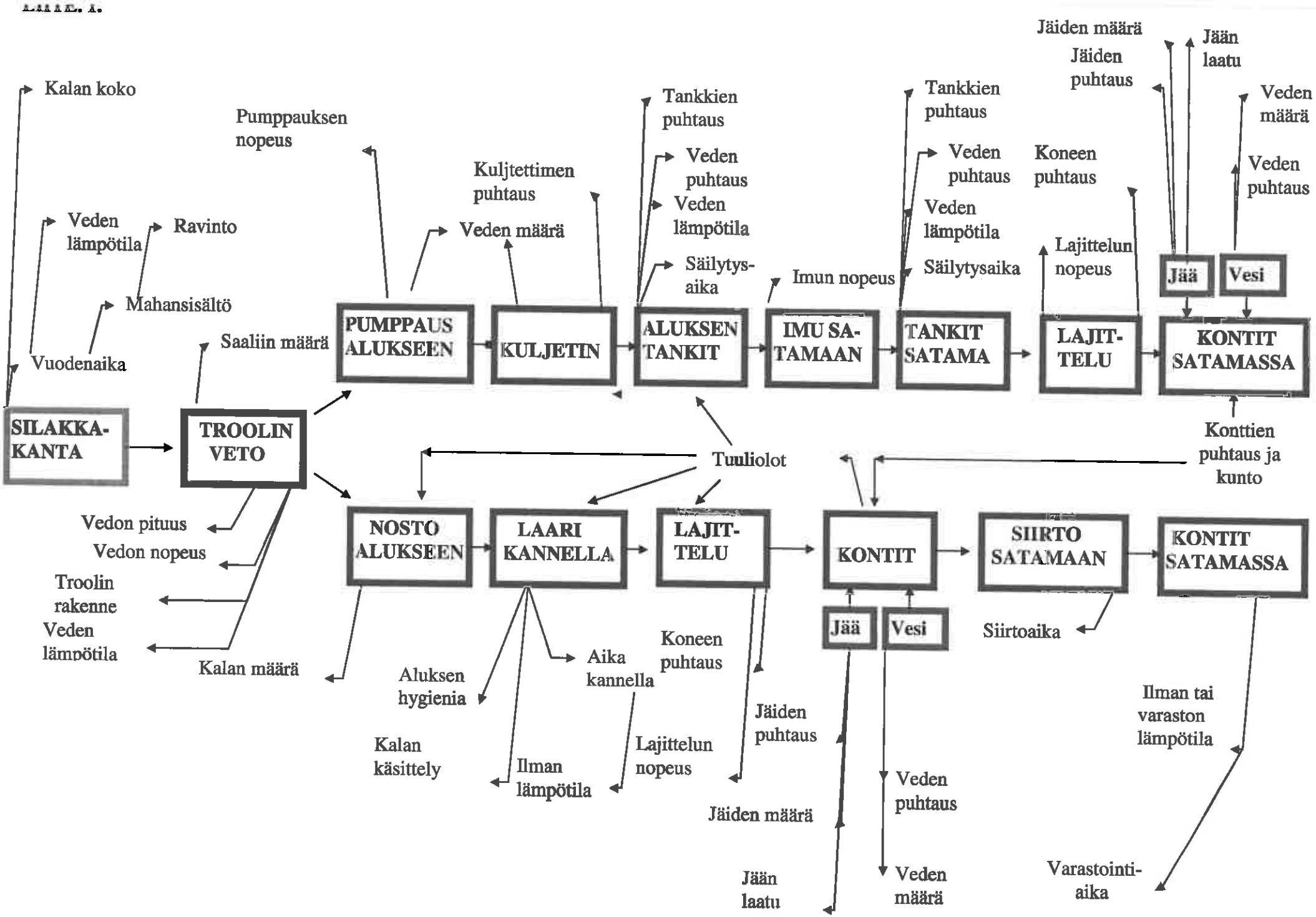
Ammattikalastus merialueella 1999. Suomen virallinen tilasto. Maa-, metsä- ja kalatalous 2000:7. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki.

Kalan ulkomaankauppa 1999. Suomen virallinen tilasto. Maa-, metsä- ja kalatalous 2000:10. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki.

Ruohonen K, Kettunen J & King J. 2000. Experimental Design in Feeding Experiments on Fish. In: Houlihan D, Boujard T & Jobling M (eds) Feed Intake in Fish. Blackwell Science, Oxford (in press).

Setälä, J. 1996: Rehukalastuksen taloudellinen merkitys. Teoksessa: Silakan rehukalastuksen taloudellinen merkitys ja vaikutus silakkakantoihin, Lauri Urho (Toim.). Kalantutkimuksia-Fiskundersökningar 115:s. 25-45. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki.

Setälä, J. 1998. Parantaako silakan tehokas jäähdytys troolikalastuksen kannattavuutta. Kalantutkimuksia 136. 36 s. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki.


Kalan koko
Pumppauksen nopeus
Tankkien puhtaus
Jäiden määrä
Jäiden puhtaus
Jään laatu
Veden määrä
Veden lämpötila
Ravinto
Kuljettimen puhtaus
Veden puhtaus
Veden lämpötila
Säilytys-aika
Tankkien puhtaus
Veden puhtaus
Veden lämpötila
Säilytysaika
Koneen puhtaus
Veden puhtaus
Mahansisältö
Veden määrä
Imun nopeus
Lajittelun nopeus
Jää
Vesi
Vuodenaika
Saaliin määrä
PUMPPAUS ALUKSEEN
KULJETIN
ALUKSEN TANKIT
IMU SA-TAMAAN
TANKIT SATAMA
LAJIT-TELU
KONTIT SATAMASSA
SILAKKA-KANTA
TROOLIN VETO
Tuuliolot
Konttien puhtaus ja kunto
Vedon pituus
Vedon nopeus
Troolin rakenne
Veden lämpötila
Kalan määrä
NOSTO ALUKSEEN
LAARI KANNELLA
LAJIT-TELU
KONTIT
SIIRTO SATAMAAN
KONTIT SATAMASSA
Jää
Vesi
Siirtoaika
Aluksen hygienia
Aika kannella
Koneen puhtaus
Kalan käsittely
Ilman lämpötila
Lajittelun nopeus
Jäiden puhtaus
Ilman tai varaston lämpötila
Jäiden määrä
Veden puhtaus
Jään laatu
Veden määrä
Varastointi-aika

LIITE 2.

KONTTIJÄÄHDYTYSTULOKSEEN VAIKUTTAVIEN MUUTTUJIEN ARVIOINTI

VAIHTELUA AIHEUTTAVA ASIA TAI TOIMINTO	MUUTTUJA	VAIKUTUS LAATUUN (1-10) Oma alus	VAIKUTUS LAATUUN (1-10) Yleensä	MITEN VAIKUTTAA LAATUUN
KALAKANTA	Silakan koko			
	Kalastuspaikka			
	Veden lämpötila			
	Silakan mahan täyteisyys			
	Silakan mahan sisältö			
	Meriveden suolapitoisuus			
	Kutukypsyysaste			
TROOLIN VETO	Vetonopeus			
	Vedon pituus			
	Saaliin määrä troolissa			
	Veden lämpötila			
	Troolin ominaisuudet			
	Tuulisuus			
NOSTO ALUKSEEN	Kalan määrä nostossa			
	Noston nopeus			
	Troolipussin koko tai rakenne			
	Troolipussin hygienia			
	Veden lämpötila			
	Tuulisuus			
	Tuulen suunta			
	Henkilöstön toiminta			

KANSITILA	**Laarin puhtaus**			
	Lapioiden, välineiden puhtaus			
	Aluksen muu hygienia			
	Kannellaolon kesto			
	Veden lämpötila			
	Ilman lämpötila			
	Tuulisuus			
	Kalan käsittelytapa			
LAJITTELU	**Lajittelun nopeus**			
	Kalan määrä			
	Lajittelukoneen puhtaus			
	Veden määrä			
	Veden lämpötila			
	Miehistön toiminta			
	Tuulisuus			
	Tuulen suunta			
JÄÄVESIKONTTIEN	**Kalan määrä**			
TÄYTTÖ	**Jään määrä**			
	Jään rakenne			
	Veden määrä			
	Veden suolapitoisuus			
	Veden puhtaus			
	Veden lämpötila			
	Kontin täyttöaste			
	Kansien tiiviys			
	Konttien puhtaus			
	Konttien kuluneisuus			
	Käsittelyn nopeus			
	Käsittelytavat			
	Käsittelijöiden hygienia			

	Tuulisuus			
	Tuulen suunta			
	Työskentelytilojen koko			
JÄÄVESIKONTTIEN	**Säilytysaika**			
SÄILYTYS ALUKSESSA	**Säilytyslämpötila**			
	Jään lisääminen			
	Tuulisuus			
	Tuulen suunta			
	Kontin paikka ruumassa			
	Kontin täyttöaste			
	Jää/vesi/kala suhde			
KONTTIEN SIIRTO	**Ilman lämpötila**			
	Siirtotapa			
	Siirtoaika			
	Sää			
	Sataman varusteet			
	Konttien täyttöaste			
	Konttien kunto			
JÄÄVESIKONTTIEN	**Varastointiaika**			
VARASTOINTI	**Varaston lämpötila**			
	Jään lisääminen			

KONTTIEN KULJETUS	**Kuljetuksen lämpötila**			
	Kuljetustapa			
	Kuljetusaika			
	Siirrot			
	Teiden kunto			
	Kuljettaja			

LIITE 3.

RSW-JÄÄHDYTYSTULOKSEEN VAIKUTTAVIEN MUUTTUJIEN ARVIOINTI

VAIHTELUA AIHEUTTAVA ASIA TAI TOIMINTO	MUUTTUJA	VAIKUTUS LAATUUN (0-10)	MITEN VAIKUTTAA LAATUUN
KALAKANTA	Silakan koko		
	Kalastuspaikka		
	Veden lämpötila		
	Silakan mahan täyteisyys		
	Silakan mahan sisältö		
	Meriveden suolapitoisuus		
	Kutukypsyysaste		
TROOLIN VETO	Vetonopeus		
	Vedon pituus		
	Saaliin määrä troolissa		
	Veden lämpötila		
	Troolin ominaisuudet		
	Tuulisuus		
PUMPPAUS ALUKSEEN	Pumppauksen nopeus		
	Putken koko tai rakenne		
	Putken hygienia		
	Veden lämpötila		
	Tuulisuus		
	Tuulen suunta		
	Henkilöstön toiminta		
KULJETUSKOURUT	Kourujen puhtaus		

	Kalan määrä kourussa		
	Siirron kesto		
	Aluksen hygienia		
	Veden lämpötila		
	Ilman lämpötila		
	Tuulisuus		
ALUKSEN TANKIT	**Tankkien puhtaus**		
	Veden puhtaus		
	Veden täyttöaste		
	Kalan täyttöaste		
	Veden kierrätysnopeus		
	Veden lämpötila		
	Ilman lämpötila		
	Säilytyksen kestoaika		
	Prosessin valvonta		
	Tuulisuus		
	Tuulen suunta		
IMU SATAMASSA	**Imun nopeus**		
	Putken koko tai rakenne		
	Putken hygienia		
	Veden lämpötila		
	Tuulisuus		
	Henkilöstön toiminta		
TANKIT SATAMASSA	**Tankkien puhtaus**		
	Veden puhtaus		
	Veden suolaisuus		
	Veden täyttöaste		
	Kalan täyttöaste		

	Veden lämpötila		
	Ilman lämpötila		
	Säilytyksen kestoaika		
	Prosessin valvonta		
	Tuulisuus		
	Tuulen suunta		
LAJITTELU	**Lajittelun nopeus**		
	Kalan määrä		
	Lajittelukoneen puhtaus		
	Veden määrä		
	Veden lämpötila		
JÄÄVESIKONTTIEN	**Kalan määrä**		
TÄYTTÖ	**Jään määrä**		
	Veden määrä		
	Kontin täyttöaste		
	Veden suolapitoisuus		
	Veden puhatus		
	Veden lämpötila		
	Jään rakenne		
	Konttien kuluneisuus		
	Konttien puhtaus		
	Kansien tiiviys		
	Käsittelyn nopeus		
	Käsittelytavat		
	Käsittelijöiden hygienia		
JÄÄVESIKONTTIEN	**Varastointiaika**		
VARASTOINTI	**Varaston lämpötila**		

	Jään lisääminen		
KONTTIEN KULJETUS	**Kuljetuksen lämpötila**		
	Kuljetustapa		
	Kuljetusaika		
	Siirrot		
	Teiden kunto		