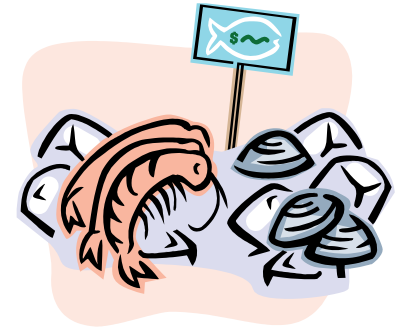


Teknologi for skånsom trenging / utblødning og kjøling

Tom Ståle Nordtvedt, SINTEF Energi AS i samarbeid med Hanne Digre, SINTEF Fiskeri og Havbruk AS og Torbjørn Tobiassen, Nofima.

Agenda

- Prosjektbakgrunn og deltakere
- Målsetning
- Kunnskapsstatus
 - Trenging
 - Utblødning
 - Kjøling
- Planer
- Workshop 7 januar



Bakgrunn

Tittel:

Optimalisering av slakteprosessen for laksefisk: Ny teknologi for trenging i ventemerd, bløgging og kjøling

Budsjett: 3 millioner kr fra FHF

Deltagere: SINTEF Energi AS, SINTEF Fiskeri og Havbruk AS, Nofima

Periode: 01.05.2014 – 31.01.2015

Mer info her ([Link til prosjektside hos FHF](#))

Optimalisering av slakteprosessen for laksefisk – ny teknologi for trenging i ventemerd, bløgging og kjøling. (TEKslakt)

Bakgrunn for prosjektet:

- Det har vært gjennomført to arbeidsmøter/seminar om problematikken rundt trening av fisk ([FHF link](#)) og utblødning og kjøling ([FHF Link](#)).
- Trengoperasjoner som foregår i ventemerd for å pumpe fisken inn på prosesslinjen er en betydelig stressfaktor som kan redusere fiskens pre-rigortid med flere timer.
- Flere lakseslakterier har rapportert om utfordringer rundt utblødning og kjøling av fisken. Mange slakterier har som en konsekvens av forbudet mot å benytte CO2 til bedøvelse endret slakteteknologien til strøm- eller slagbedøving og faset ut levendekjølingstankene. Tilbakemeldingene fra slakteriene har vært at dette har ført til økende blodmengder i filetene og utordringer med å få tilstrekkelig kjøling

Målsetning

Hovedmål:

Utvikle teknologi og prosedyrer for skånsom trenging, forbedret utblødning og effektiv kjøling av laks.

Delmål:

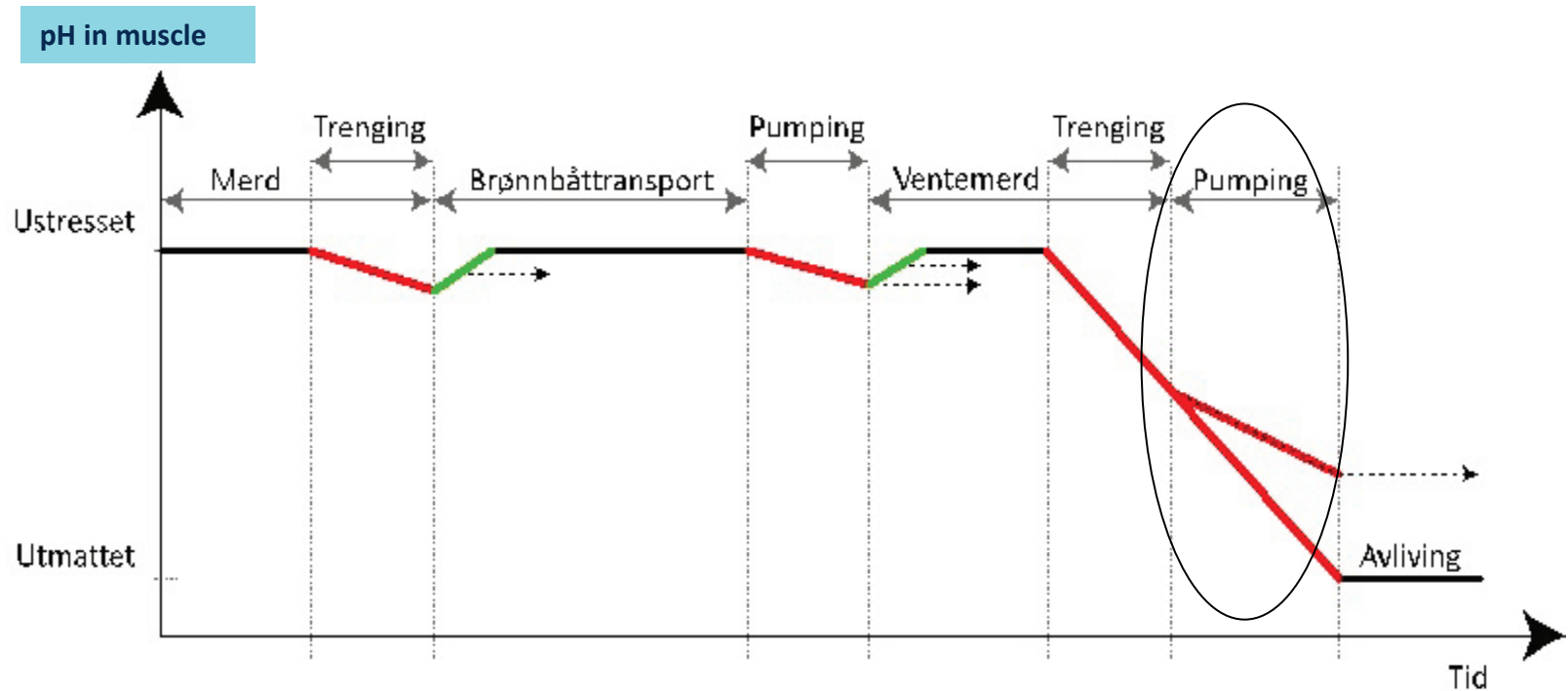
- *Skaffe ny kunnskap som bidrar til å løse problem relatert til trenging av fisk i vente-/slaktemerd.*
- *Definere målbare styringsparametere og terskelverdier som sikrer mer skånsom håndtering av fisk og kan være et redskap for å sikre optimale forhold ved trenging og slakting.*
- *Skaffe ny kunnskap om forhold og faktorer som særlig påvirker optimal blodtapping og kjøling av oppdrettslaks.*
- *Beskrive og prøve ut tiltak i slakteprosessen som kan sikre god blodtapping av fisken.*
- *Utvikle modellberegninger for optimal kjøling av oppdrettslaks.*

Ulik praksis for trenging i merd



**Fiskevelferd...?
Håndteringsstress**

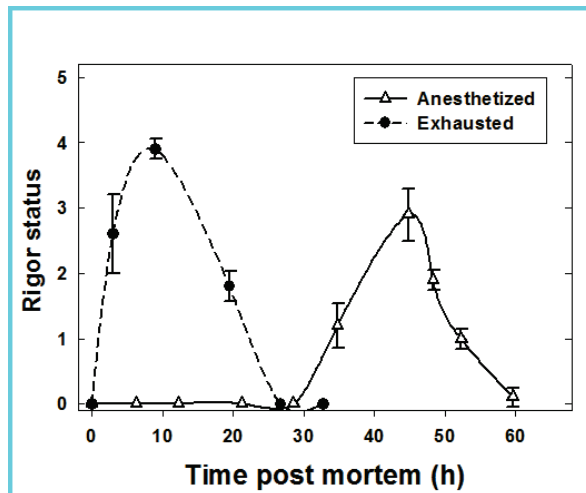
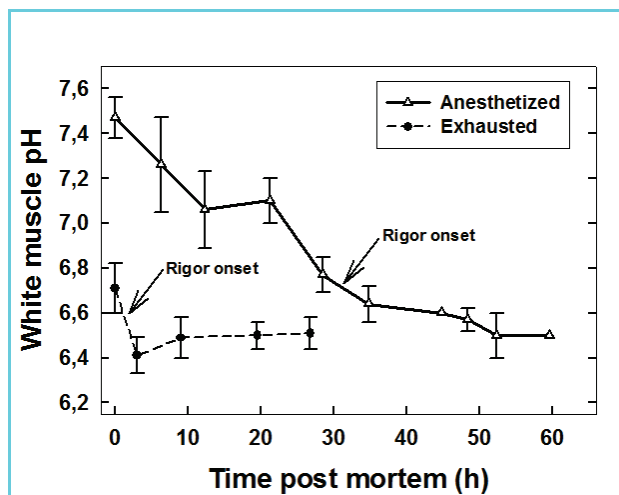
Gjentatt håndteringsstress i merd eventuelt under transport



Stress (ventemerd og pumping): Pre-rigor tid og effekt på utblødning

Kontrollert forsøk (lab.)

Ytterpunktene sjekket for laks: hvit muskel i hviletilstand vs utmattet muskel



Konklusjon:

Utmattet muskel – rigor startet etter kun få timer

Hviletilstand – rigor startet etter ca 30 timer

Ingen effekt av stress på farge og forekomst av blodflekker.

Evaluert som pre-rigor fileter (Erikson et al., 2008)

Brønnbåt-transport

Scientific studies of well-boat transports of farmed salmon (open systems)

Erikson et al. (1997); Iversen et al. (1998); Erikson (2001); Iversen et al. (2005); Farrell (2006); Tang et al. (2009); Nomura et al. (2009)

Conclusions

1. Minor stress effects (muscle biochemistry)
2. Fish welfare not seriously compromised
3. Fish quality not affected

Gatica et al. (2008):

Successive decrease in initial muscle pH: crowding (farm, pH 7.3) → after loading → after transport → waiting cage just after unloading → after 24 h in waiting cage after crowding before pumping to plant → in plant (pH 6.7 = exhausted fish)

Ventemerd: Trenging og pumping av fisk

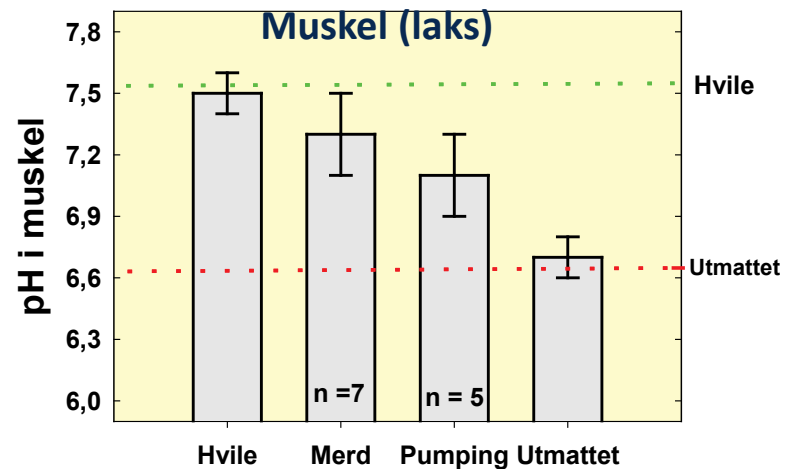
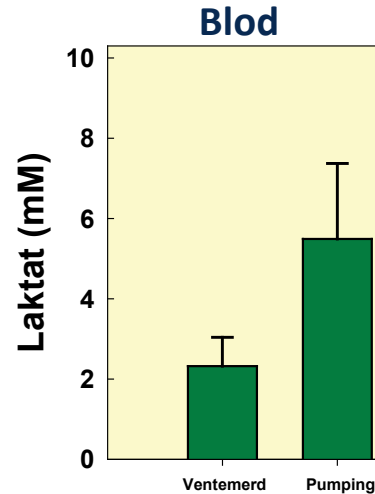
Håndteringsstress pga:

- Trenging
- Pumping

→ Effekten av stress er additiv!



Ekstrem trenging merd



Fiskevelferd vs stress i ventemerd

- **Risiko** (= sannsynlighet x konsekvens) for dårlig velferd betydelig mindre enn ved bedøving/avliving (EFSA, 2009)
 - Eksponering av fisken mot luft (få sekunder) er en alvorlig hendelse som må unngås
 - Høy tetthet nødvendig for å tilfredsstillere behovet for fisk på prosesslinjen
 - Finnes objektive velferds-kriterier som er egnet for fisk som skal avlives like etter den forlater ventemerden? Eller - Er det mer rasjonelt å bruke prosesstekniske kriterier for ventemerden (stressparametre relatert til pre-rigortid)?
 - **Velferd og stress**: situasjonen meget ulik (lavere konsekvens) den i oppdretts-merd. Vitenskapelige baserte velferdsindikatorer er nylig foreslått som egner seg for laks i oppdrettsmerd (Pettersen et al., 2013; Stien et al., 2013) – SWIM 1.0 (velferdsindikatorer) og SWIM 2.0 (fiskehelse) egner seg ikke uten videre til å evaluere akutt stress ved trenging i ventemerd
- Finnes ikke vitenskapelige baserte objektive metoder for evaluering av fiskevelferd i et kortvarig tidsperspektiv

Kjøling av laks etter slakting

Kunnskapsstatus



Termodynamiske begrensninger

$$\dot{Q} = k * A * \Delta T$$

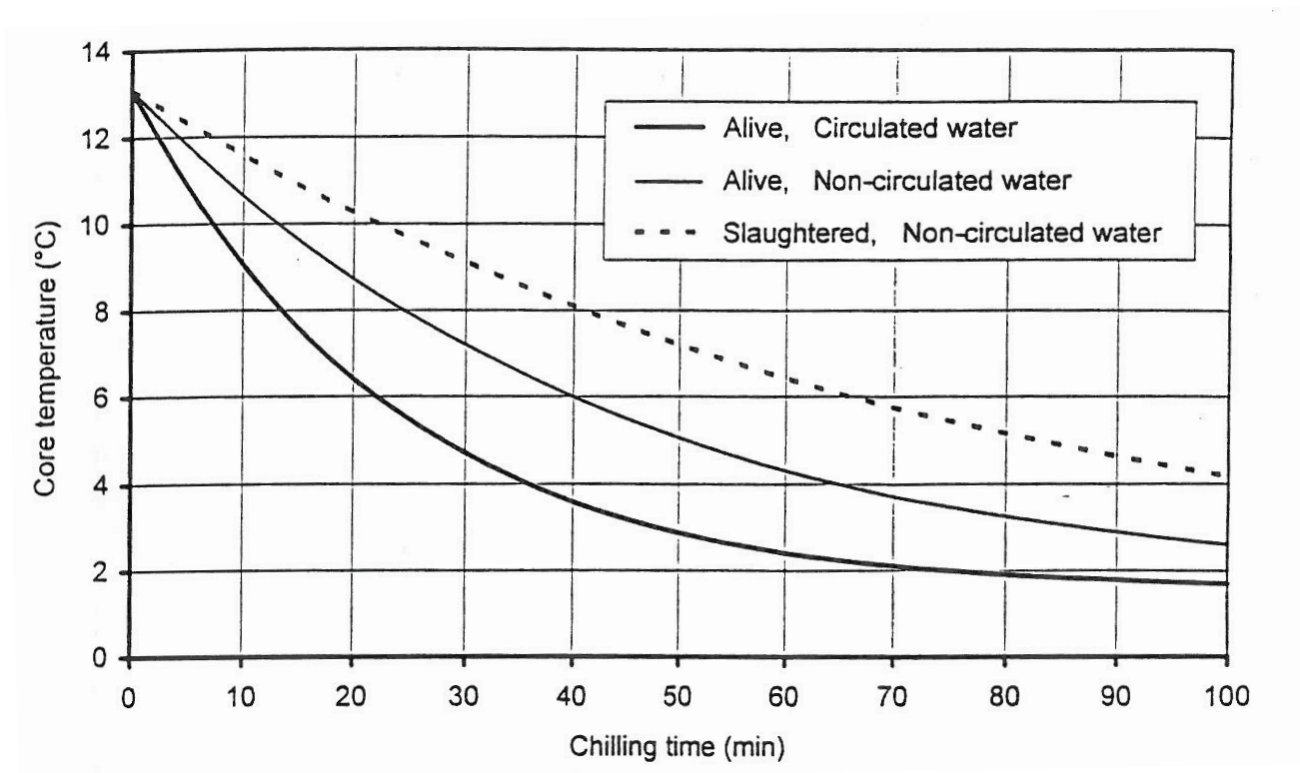
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha} + \frac{s}{\lambda} + \dots$$

Flere muligheter til å påvirke kjøling:

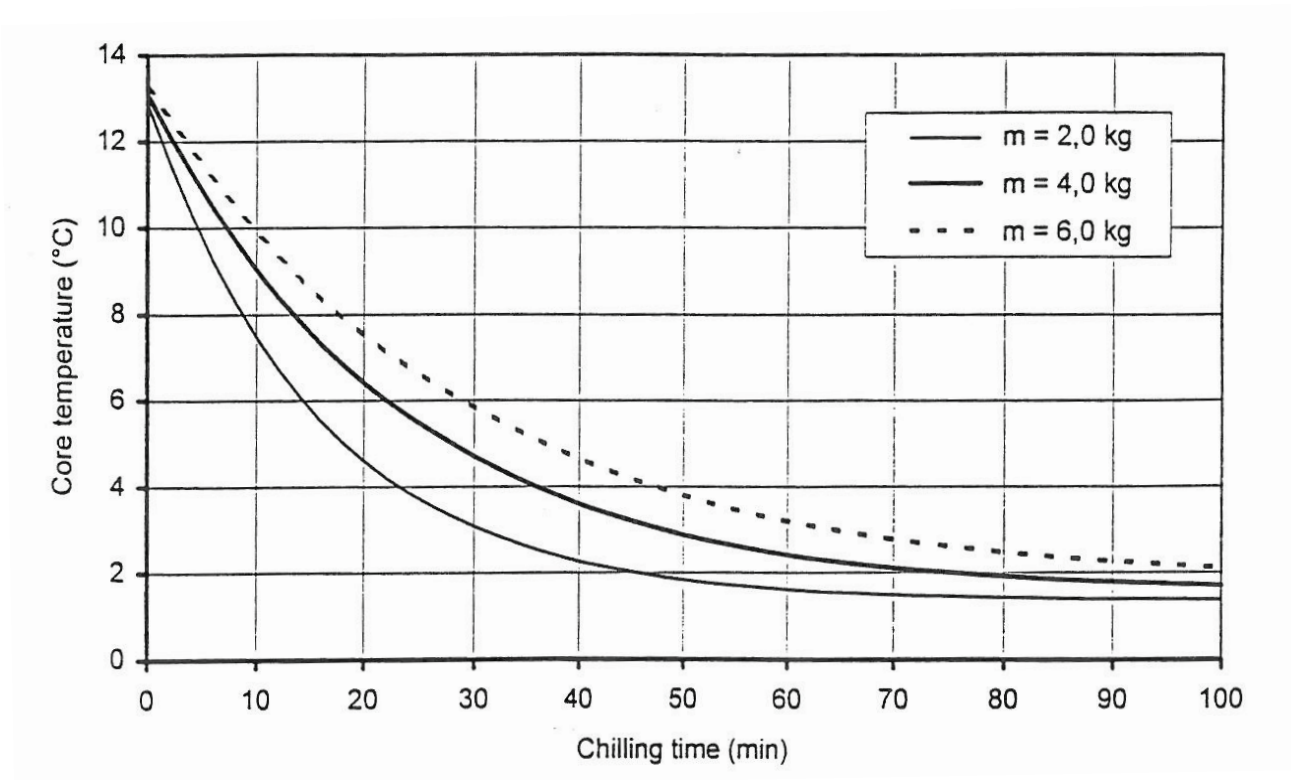
- Ekstern varmeovergang
- Tykkelse av fisken
- Overflate
 - Hel/sløyd/filetert laks \rightarrow m²/kg
- Temperaturdifferanse

Termodynamiske begrensinger

Det er bare en mulighet for påvirkning av termisk konduktivitet (varmetransport inn i fisken → blodsirkulasjon) under kjøling

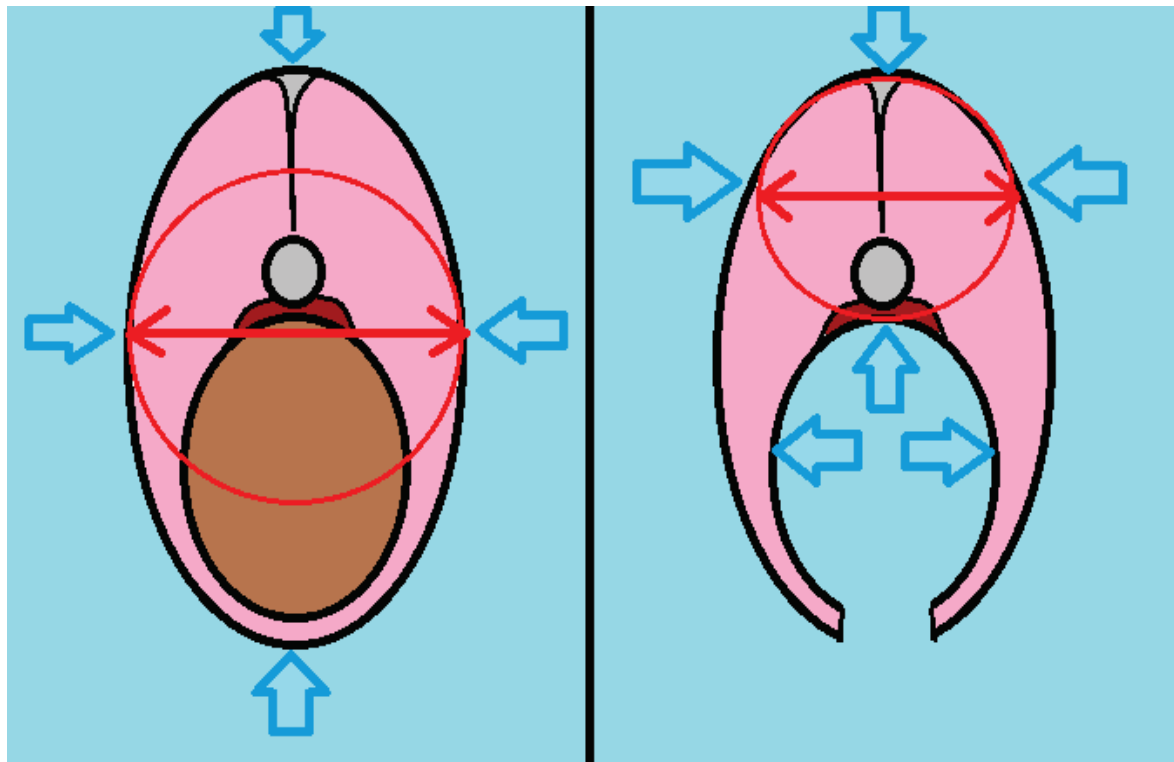


Termodynamiske begrensninger



Kjøling av fisk → forskjellige størrelsen/vekt

Termodynamiske begrensninger



Når skal fisken kjøles ?

→ Så snart som mulig

1. Kombinert blødning og kjøling?
2. Oppdeling i forskjellige kjøleavsnitt (da er det også mulig å kombinere forskjellige kjølemedier)
3. Rask kjøling etter filetering ? (Super-kjøle teknologi kan blir brukt)

Hver metode har sin særegen karakteristikk, som må bli evaluert.

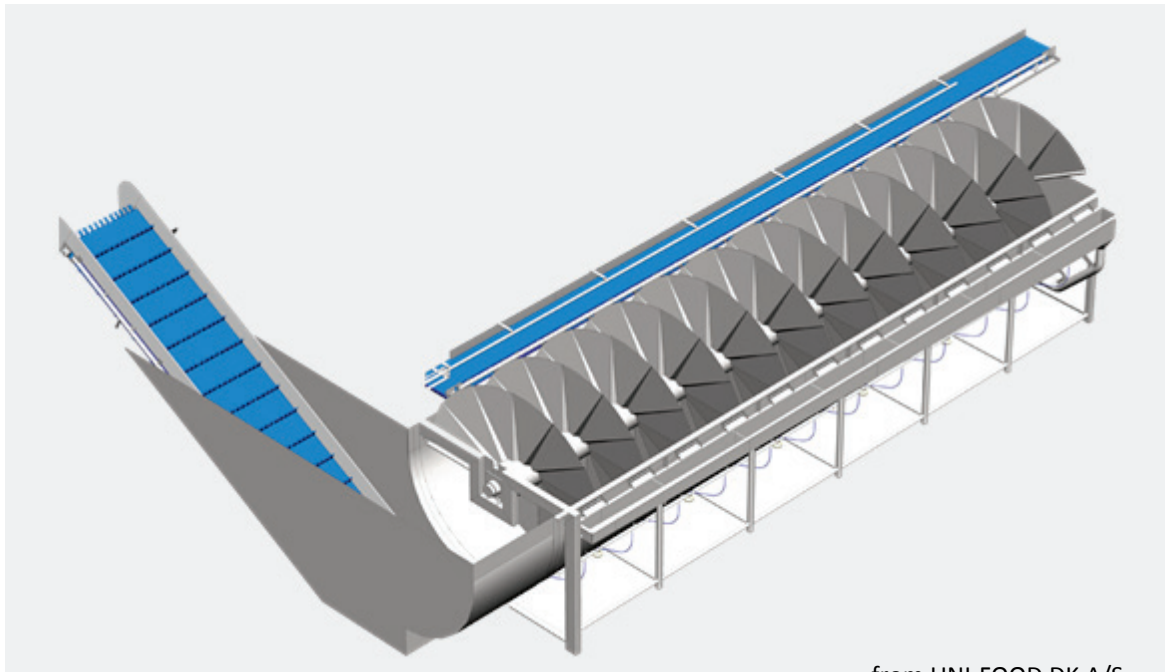
→ Termiske egenskaper !

4. Faktorer for kjøling av laks

- Temperatur av kjølemedia: høy temperaturgradient → rask kjøling (ned til ønsket temperatur)
- Hva slags kjølemedia: forskjellige typer fører også til forskjellige masseovergang (tap/uttørking?): tetthet, viskositet, overflatekontakt og hastighet er faktorer
- Varmeledning i laksen; lav termisk konduktivitet gir også lav kjølehastighet.
- Geometri av laksen: spesifikk overflate areal (m²/kg), limiterer mengde av overførbar varme
- Tykkelse av laksen: eksponential innflytelse for varmeoverføring → Eksempel:
 - kjøling av 10mm tykk bit til 3 °C (senter) → 1 time
 - kjøling av 20mm tykk bit til 3 °C (senter) → 4 timer

5. Hvordan skal laks blir kjølt?

- Sirkulasjon av kjølt sjøvann
- Mulighet for kombinasjon med utblødning
- Sjøvann kan blir kjølt til $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Varmeovergangstall fra 100 til $200\text{ W/m}^2\text{K}$
- Med nytt design skal det være mulig å oppnå høyere varmeutveksling



from UNI-FOOD DK A/S

5. Hvordan skal laks blir kjølt?

- **Kjølt tank med saltlake/brine:**
 - Bruk av dagens utstyr
 - Temperatur ned til -5 °C
 - Redusert kjøletid
- **Is-slurry (laget fra saltlake)**
 - 20-30% is krystaller
 - Holder temperaturen under kjølingen (is er en termisk buffer)
 - Høy viskositet (4-5 ganger høyere enn vann)
 - Sirkulasjon og pumping kan blir et problem
 - Vanskelig med turbulent strømning
 - Varmeovergangstall (laminær strømning) 1000-2000 W/m²K
 - Signifikant høyere enn med vann



Referanser:

- <http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5958e/x5958e01.htm>
- Meewisse J.W. and Ferreira C.A. (2001) FREEZING POINT DEPRESSION OF VARIOUS ICE SLURRIES, In International congress of refrigeration, IIF – IIR - Commission B1 - Paderborn, Germany - 2001/5
- <http://www.seatemperature.org/>
- Magnussen O.M., Flesland O., Nordtvedt T.S., (1991) Nedkjøling og transportsystem for oppdrettsfisk. Rapport SINTEF Energy, 1991.
- Nordtvedt T.,S., (1991) Nedkjøling I kjølelake. Rapport SINTEF Energy, 1991.
- Nordtvedt T.S. and Magnussen O.M., (1996) Mellomgrading I båt Kuldebehovberegninger. Rapport SINTEF Energy, 1996
- Nordtvedt T.S., Johansen S., (2005) Superchilling of salmon fillets. Rapport SINTEF Energy, 2005.

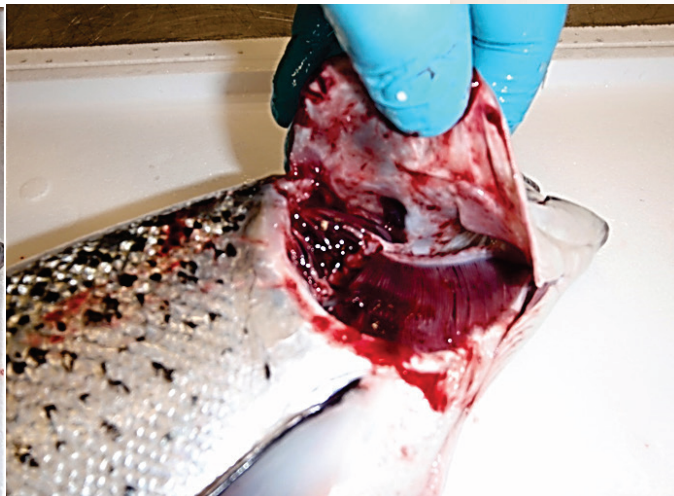
Kvalitetsutfordringer

- Problemet vises ofte ikke før fisken videreforedles
- Røykeri og filetbedrifter: Norge, Polen, Danmark og Frankrike (Norges sjømatråd).
 - Blodflekker på grunn av ryggknekk, redusert problem.
 - Blod, svarte prikker i filetene, kommer først frem etter prosessering og pakking.
 - Konsistens/bløthet.

Tobiassen, T., Herland, H., Heide, M., Østli, J., Sogn-Grundvåg, G., Midling, K.Ø., Erikson, U., Digre, H. (2012) Bedøvelse av laksefisk - status i forhold til forskrift og produktfeil. Rapport/Report 32/2012.

Blod i buk og gjeller – dårlig utblødning og rengjøring

For store volum gjennom slakteriet på kort tid, kan føre til for dårlig utblødning, rengjøring og kjøling

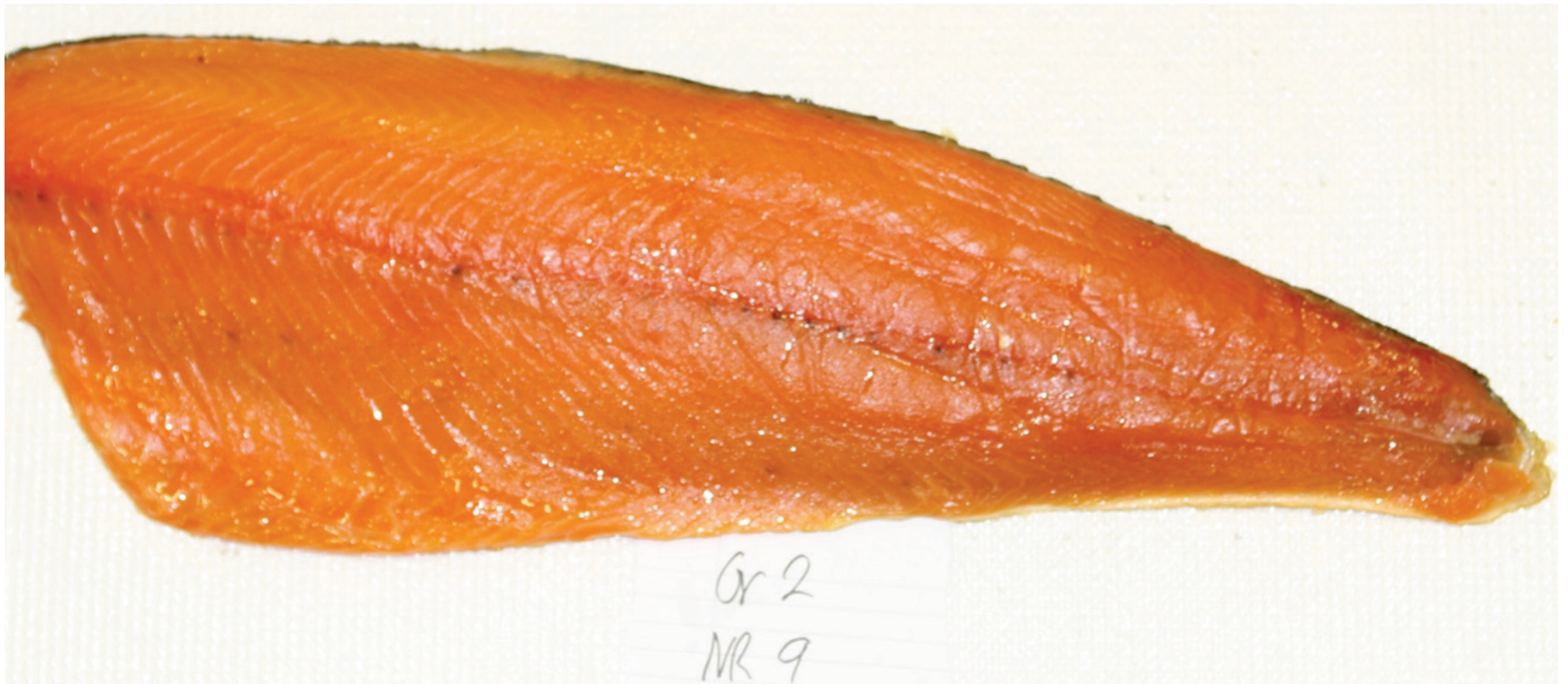


Mye restblod i og på fisken før pakking

Fører til blodsøl i bunnen av kassene og på selve fisken under transport og lagring



Blodflekker på laksefilet er vanskelig å se



Det meste av restblod oppdages ikke før fileten bearbejdes og slices

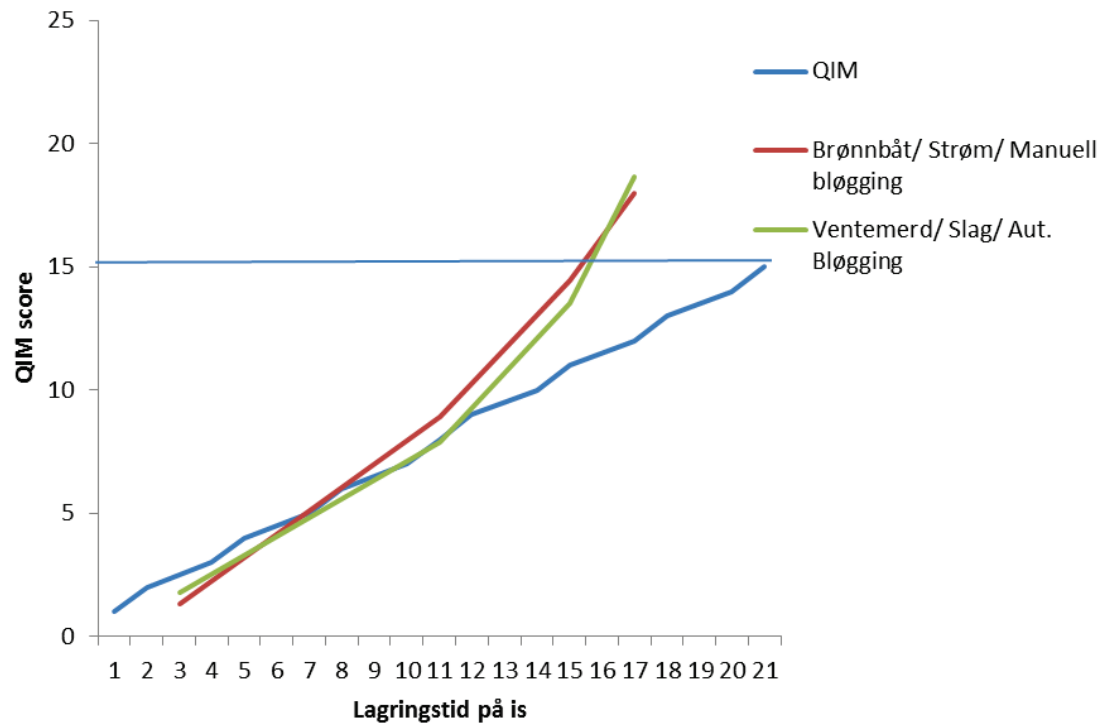


Skade som følge av EI-bedøving



Mye restblod fører til lavere holdbarhet

Bakteriene fra våre farvann er tilpasset kalde omgivelser og kan vokse selv ved 0 °C. I tillegg er restblod “snop” for disse bakteriene og bidrar til raskere bederving



Tobiassen, T., Nordtvedt, T.S., Olsen, S.H., Akse, L. (2013) Workshop om utblødning og kjøling av laks, med fokus på kvalitet. Rapport/Report 37/2013

Hva er årsak til mye restblod og blodflekker?

- Flere kjente faktorer som kan påvirke utblødningen
 - Transport
 - Restitusjon
 - Pre-slakte håndtering/stress
 - Bedøving
 - Bløggemetoder
 - Utblødningsmetode, tid og temperatur
 - Rengjøring/vasking av fisk
 - Hvordan fisken pakkes og lagres
 - Fileteringstidspunkt (pre-rigor/post-rigor)

Akse, L., Midling, K., Herland, H., Tobiassen, T., Ås, K., Sørensen, N.K., Prytz, K. 2004. Slakting og pre rigor filetering av oppdrettsfisk. Ny slakteprosess, Hydrotech-Gruppen AS. Nofima (Fiskeriforskning) Rapport. August 2004.

Robb, D.H.F., Phillips, A.J., Kestin, S.C., 2003. Evaluation of methods for determining the prevalence of blood spots in smoked Atlantic salmon and the effect of exsanguination method on prevalence of blood spots. *Aquaculture* 217, 125-138.

Roth B, Obach A, Hunter D, Nortvedt R, Oyarzun F. 2009. Factors affecting residual blood and subsequent effect on bloodspotting in smoked Atlantic salmon fillets. *Aquaculture* 297:163–8.

Roth, B., Torrissen, O.J., Slinde, E., 2005. The effect of slaughtering procedures on blood spotting in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 250, 796-803.

Olsen, S.H., Sørensen, N.K., Stormo, S.K., Elvevoll, E.O., 2006. Effect of slaughter methods on blood spotting and residual blood in fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 258, 462–469

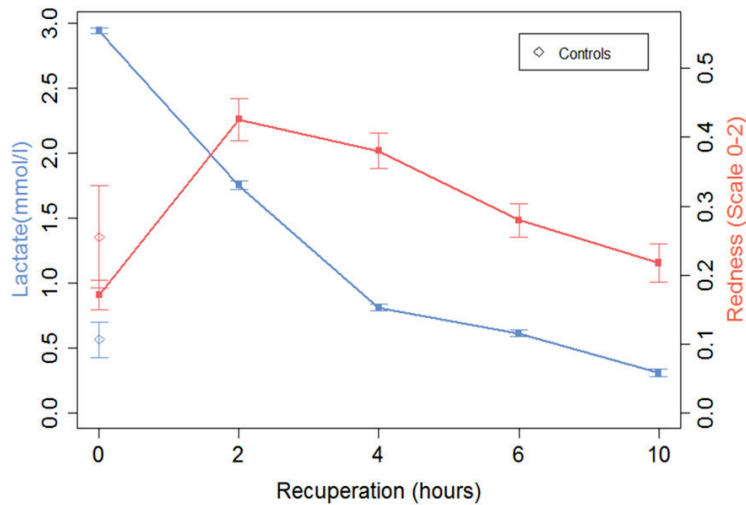
Olsen, S.H., Sørensen, N.K., Larsen, R., Elvevoll, E.O., Nilsen, H. 2008. Impact of pre-slaughter stress on residual blood in fillet portions of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) - Measured chemically and by Visible and Near-infrared spectroscopy. *Aquaculture* 2008; 284. 90-97

Olsen, S.H. 2011. Quantification and characterisation of residual blood in fish muscle. PhD. Thesis. Tromsø: Universitetet i Tromsø 2011 100 s. UiT

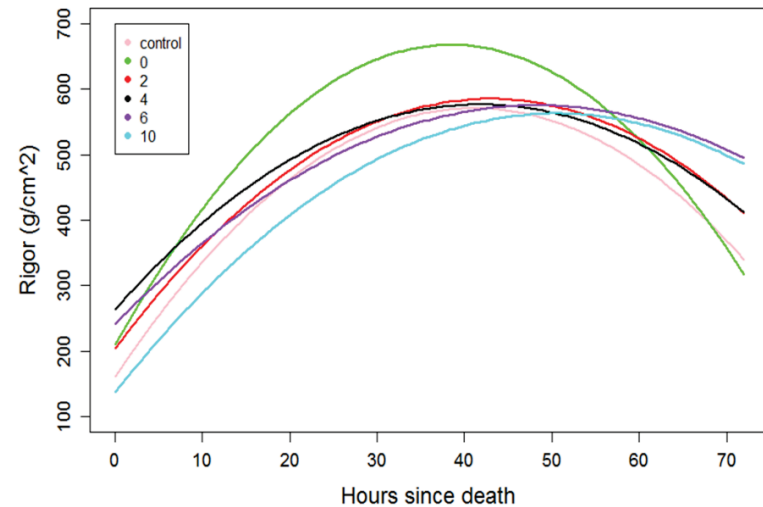
Svømmetunell (fysisk aktivitet) og restitusjon



Restitusjon og rødhhet

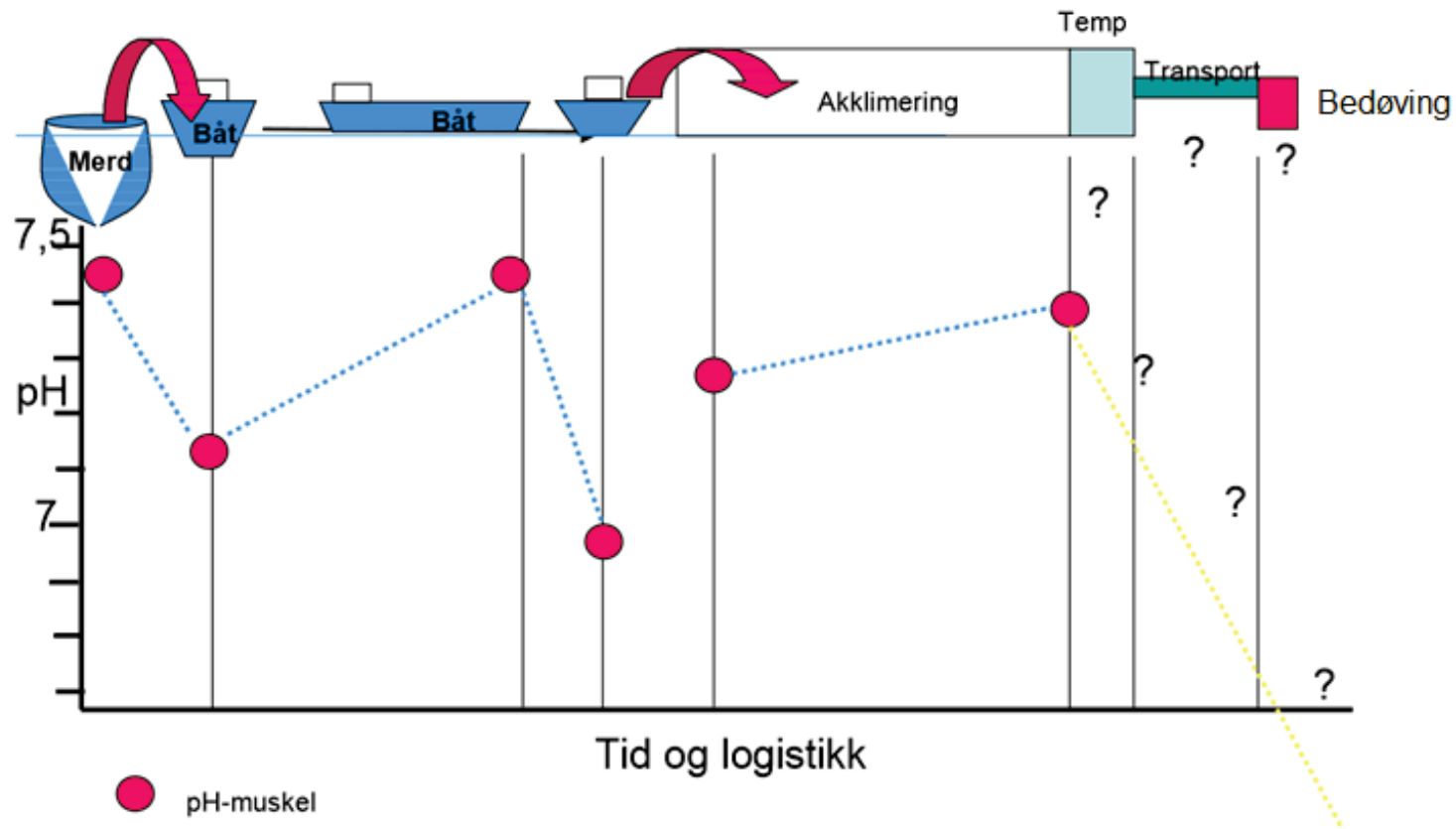


Restitusjon og rigor



Svalheim, R.A., Karlsson, A., Olsen, S.H., Johnsen, H.K., Aas-Hansen, Ø. 2014. RECUPERATION OF ATLANTIC COD (GADUS MORHUA) FOLLOWING EXHAUSTIVE EXERCISE IN A SWIM TUNNEL – HOW CAN KNOWLEDGE OF SWIMMING PHYSIOLOGY IMPROVE FLESH QUALITY? Poster; 44th WEFTA meeting. 9-11 June 2014. Bilbao (Spain)

Vanlig håndteringstress og endringer i muskel- og blod-pH før slakting



Espmark, Å.M.O., Humborstad, O.-B., Midling, K.Ø. (2012) Pumping av torsk og laks, faktorer som påvirker velferd og kvalitet. Rapport 6/2012.

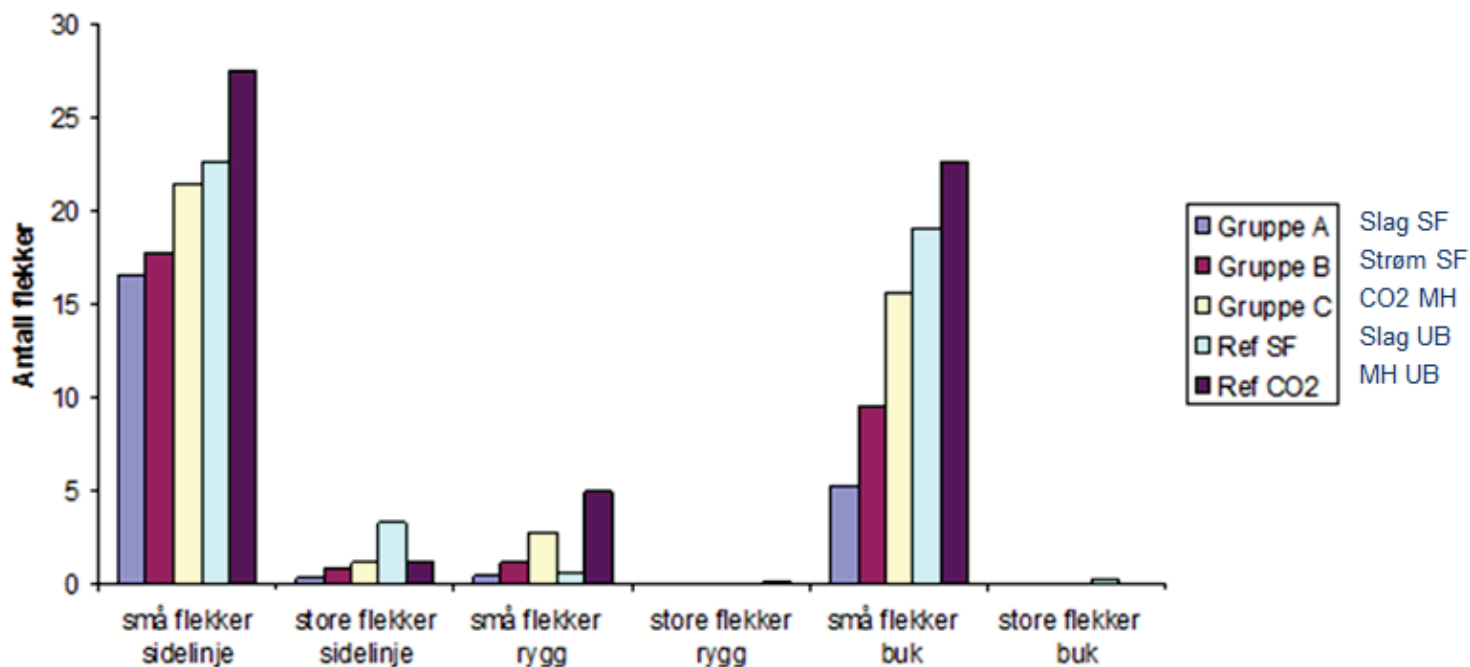
Akse, L., Midling, K., Herland, H., Tobiassen, T., Ås, K., Sørensen, N.K., Prytz, K. 2004. Slaktning og pre rigor filetering av oppdrettsfisk. Ny slakteprosess, Hydrotech-Gruppen AS. Nofima (Fiskeriforskning) Rapport. August 2004.

Akse, L., Midling, K. 2004. Hydrotech – prosjektet, Kr. Sund 26 – 27 oktober 2004.

Transport og stress

- Muskelaktivitet tenderer til å føre til litt mer blod i fileten.

Synlige blodflekker 5 mm inn i fillet



Midling, K.Ø., Mejdell, C., Olsen, S.H., Tobiassen, T., Aas-Hansen, Ø., Aas, K., Harris, S., Oppedal, K., Fremsteinevik, Å. (2008) Slakting av oppdrettslaks på båt, direkte fra oppdrettsmerd Rapport 6/2008.

Trenger hvile for å bli best mulig (torsk)

- Stor aktivitet før slakting øker blodmengden i muskel
 - blodet er fortsatt i muskel etter bløgging
 - restituering av fisk før slakting (fra rosa til hvit)



Olsen, S.H., Tobiassen, T., Akse, L., Evensen, T.H., Midling, K.Ø. (2013) Capture induced stress and live storage of Atlantic cod (*Gadus morhua*) caught by trawl: Consequences for the flesh quality. *Fisheries Research*, 147, 446-453.

Svalheim, R.A., Karlsson, A., Olsen, S.H., Johnsen, H.K., Aas-Hansen, Ø. 2014. RECUPERATION OF ATLANTIC COD (*GADUS MORHUA*) FOLLOWING EXHAUSTIVE EXERCISE IN A SWIM TUNNEL – HOW CAN KNOWLEDGE OF SWIMMING PHYSIOLOGY IMPROVE FLESH QUALITY? Poster; 44th WEFTA meeting. 9-11 June 2014. Bilbao (Spain)

CRISP-årsrapport (2011; 2012; 2013).

Trenging og pumping fra slaktemerd

- For stor tetthet og hard trenging i avkast
 - Muskelen får lav pH, økt blodmengde og går raskt i rigor
- Pumping
 - Klemskader, kollisjoner, slag, pumpelengde, utforming av rørgate og pumpestans.
 - fisken svømmer i røret fram til utmatting



Eksempel på rød buk fra trenging og pumping.

- Akse, L., Midling, K., Herland, H., Tobiassen, T., Ås, K., Sørensen, N.K., Prytz, K. 2004. Slakting og pre rigor filetering av oppdrettsfisk. Ny slakteprosess, Hydrotech-Gruppen AS. Nofima (Fiskeriforskning) Rapport. August 2004.
- Espmark, Å.M.O., Humborstad, O.-B., Midling, K.Ø. (2012) Pumping av torsk og laks, faktorer som påvirker velferd og kvalitet. Rapport 6/2012.
- Roth, B., Grimsbø, E., Slinde, E., Foss, A., Stien, L.H., Nortvedt, R. (2012) Short communication: Crowding, pumping and stunning of Atlantic salmon, the subsequent effect on pH and rigor mortis. Aquaculture, 326-329. 178-180.

Bedøving/bløgging

- Bedøving:
 - strøm og slag
 - ryggknekk, sprenge blodkar, blåflekker

- Bløgging:
 - manuell og mekanisk
 - ikke bløgget, feil bløgget



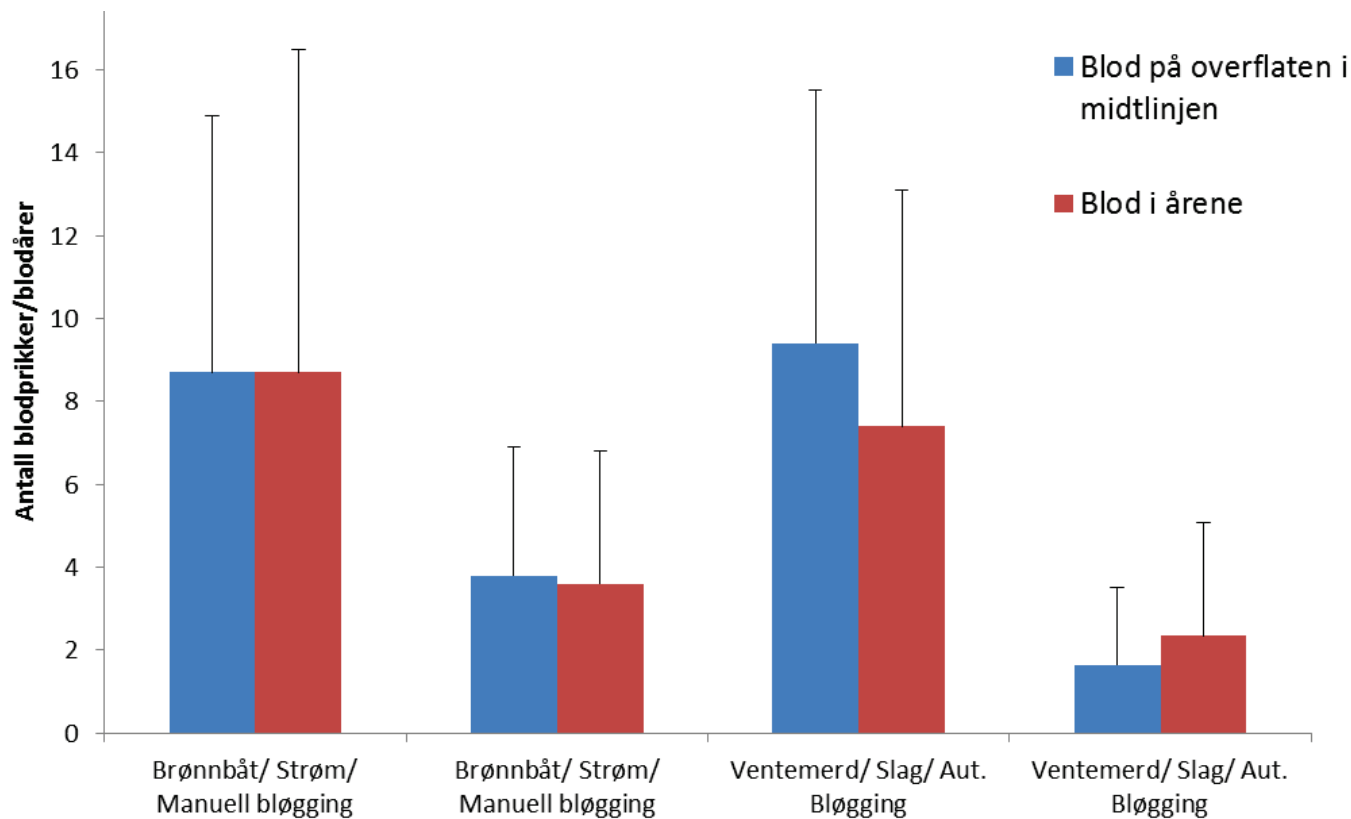
Tobiassen, T., Herland, H., Heide, M., Østli, J., Sogn-Grundvåg, G., Midling, K.Ø., Erikson, U., Digre, H. (2012) Bedøvelse av laksefisk - status i forhold til forskrift og produktfeil. Rapport/Report 32/2012.

Midling, Kjell et. al Evaluering av elektrisk bedøvelse til oppdrettsfisk. Fiskeriforskning (Nofima) rapport. Mars 2007.

Olsen, S.H: 2011. Quantification and characterisation of residual blood in fish muscle. PhD. Thesis. Tromsø: Universitetet i Tromsø 2011 100 s. UiT

Roth B, Obach A, Hunter D, Nortvedt R, Oyarzun F. 2009. Factors affecting residual blood and subsequent effect on bloodspotting in smoked Atlantic salmon fillets. Aquaculture 297:163–8.

Bløggemetoden har mindre å si for antall synlige blodprikker og blodfylte årer i fileten



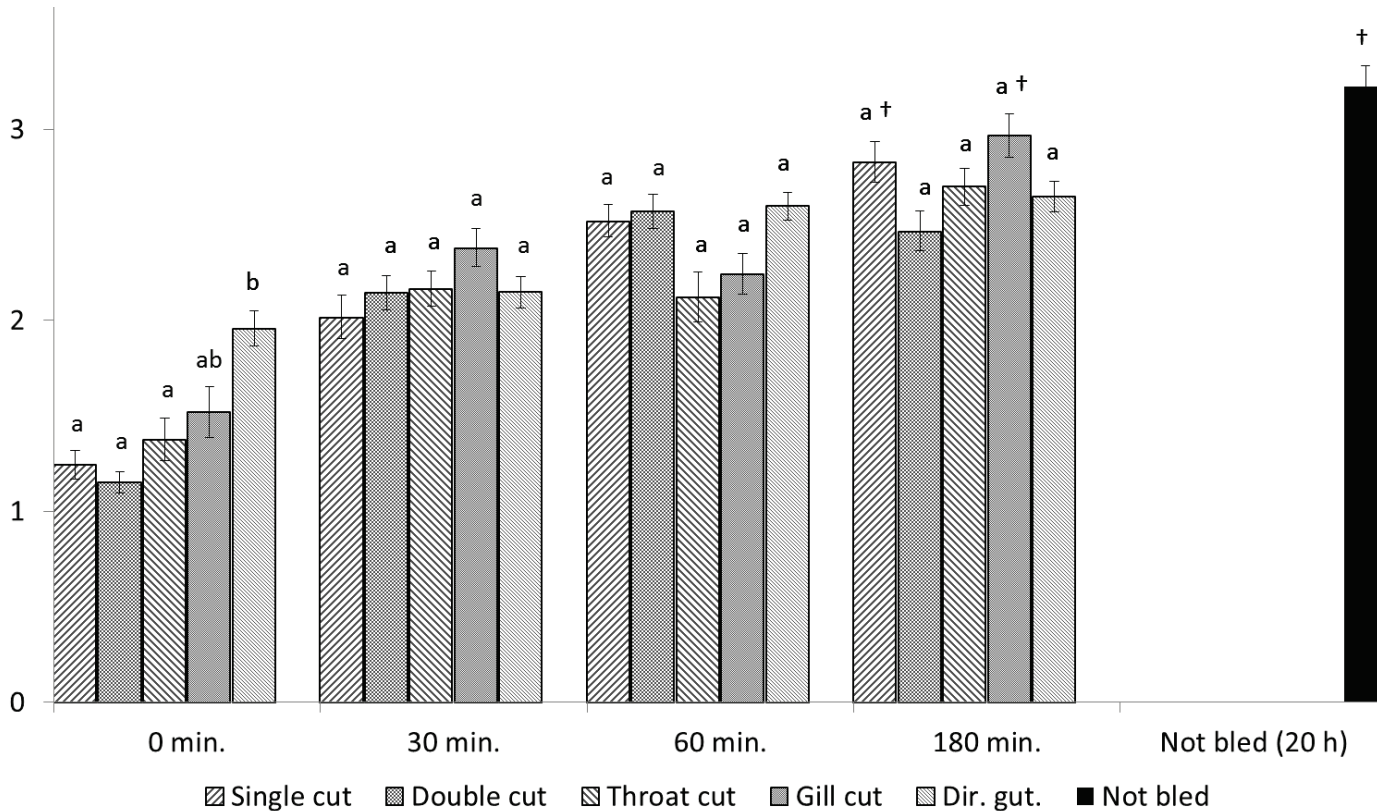
Tobiassen, T., Nordtvedt, T.S., Olsen, S.H., Akse, L. (2013) Workshop om utblødning og kjøling av laks, med fokus på kvalitet. Rapport/Report 37/2013

Roth B, Obach A, Hunter D, Nortvedt R, Oyarzun F. 2009. Factors affecting residual blood and subsequent effect on bloodspotting in smoked Atlantic salmon fillets. Aquaculture 297:163–8.

Robb, D.H.F., Phillips, A.J., Kestin, S.C., 2003. Evaluation of methods for determining the prevalence of blood spots in smoked Atlantic salmon and the effect of exsanguination method on prevalence of blood spots. Aquaculture 217, 125-138.

Olsen, S.H., Sørensen, N.K., Stormo, S.K., Elvevoll, E.O., 2006. Effect of slaughter methods on blood spotting and residual blood in fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 258, 462–469

Bløggetidspunkt etter bedøving/avlivning er viktig

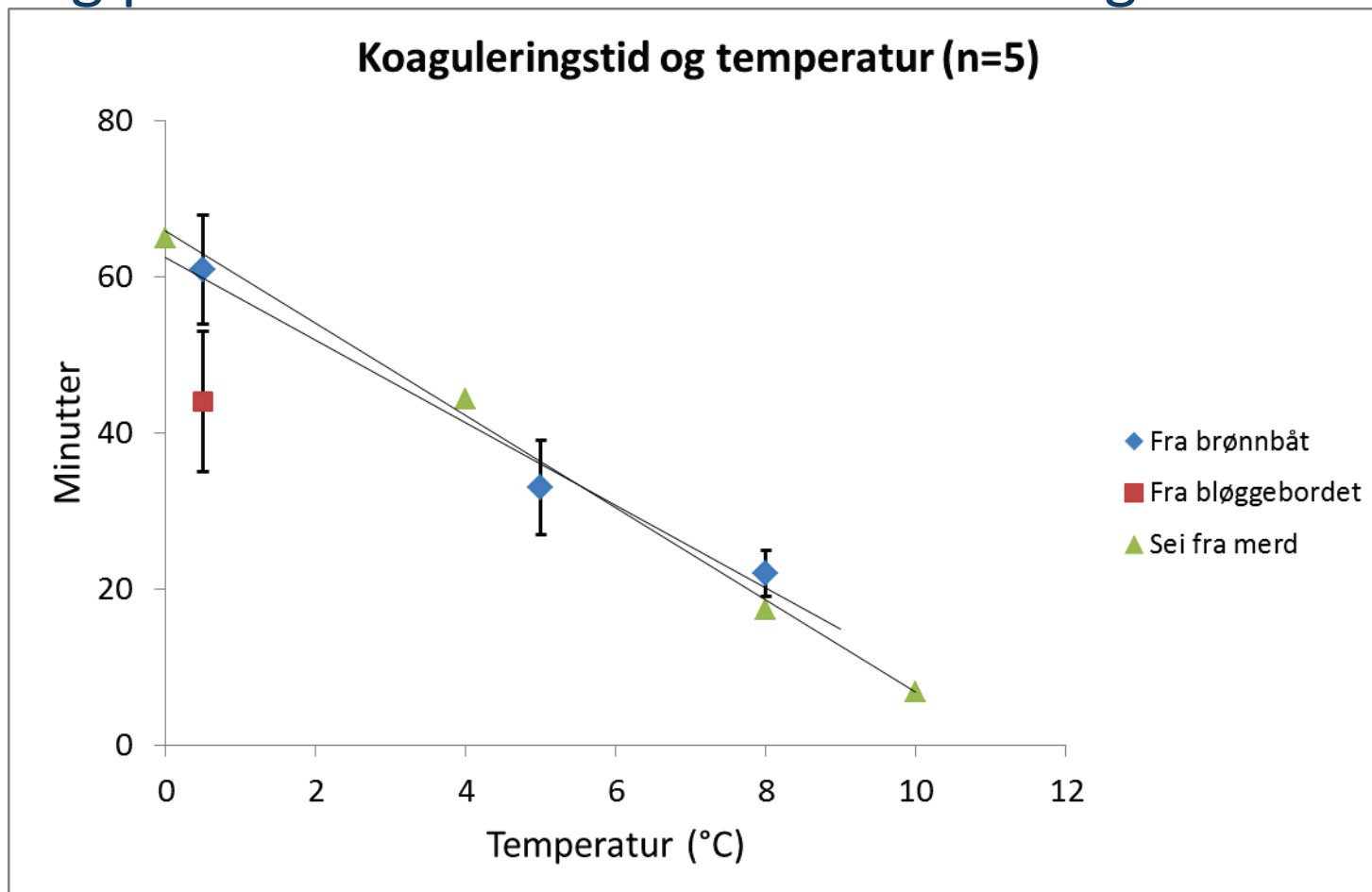


Midling, K.Ø., Mejdell, C., Olsen, S.H., Tobiassen, T., Aas-Hansen, Ø., Aas, K., Harris, S., Oppedal, K., Fremsteinevik, Å. (2008) Slakting av oppdrettslaks på båt, direkte fra oppdrettsmerd Rapport 6/2008.

Olsen, SH.; Joensen, S., Tobiassen, T., Heia, K., Akse, L., Nilsen, H. 2014. Quality consequences of bleeding fish after capture. Fisheries Research 153-103-107

Roth B, Obach A, Hunter D, Nortvedt R, Oyartzun F. 2009. Factors affecting residual blood and subsequent effect on bloodspotting in smoked Atlantic salmon fillets. Aquaculture 297:163–8.

Kjøling påvirker fiskeblodets evne til å koagulere

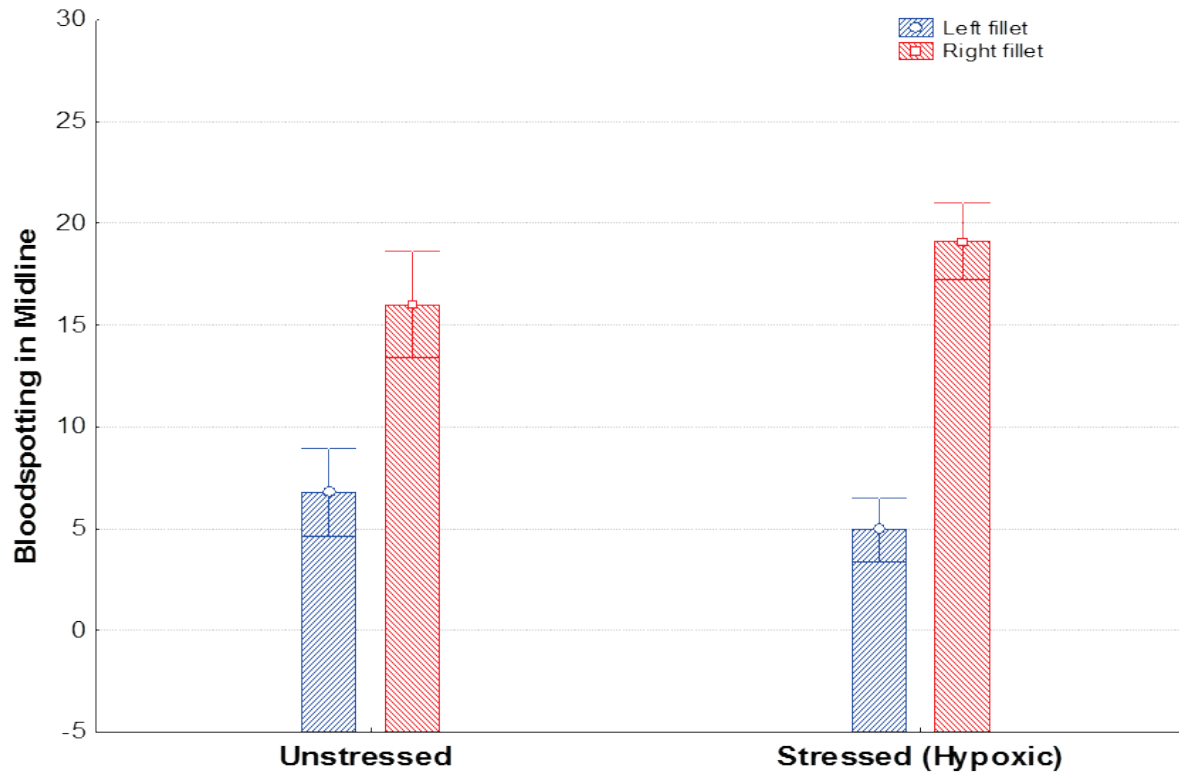


Kilde: Olsen, S.H., Sørensen, N.K., Stormo, S.K., Elvevoll, E.O., 2006. Effect of slaughter methods on blood spotting and residual blood in fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 258, 462–469

Pedersen, R. 2005. Utblødning av sei. Fiskerikandidatoppgave - marine næringsmidler. Norges Fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø, 2005.

Gravitasjon påvirker resultatet:

Forskjell mellom høyre og venstre fillet etter lagring av rund fisk på siden

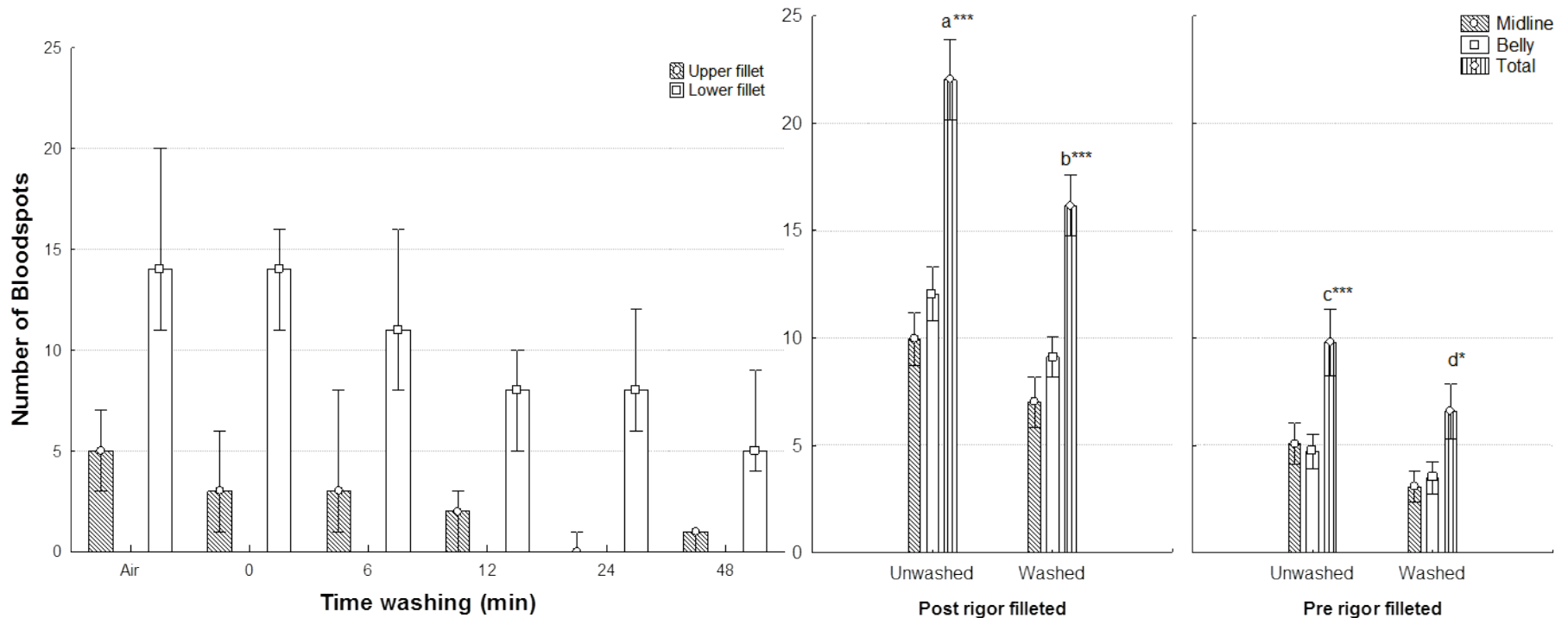


Tobiassen, T., Nordtvedt, T.S., Olsen, S.H., Akse, L. (2013) Workshop om utblødning og kjøling av laks, med fokus på kvalitet. Rapport/Report 37/2013

Roth B, Obach A, Hunter D, Nortvedt R, Oyarzun F. 2009. Factors affecting residual blood and subsequent effect on bloodspotting in smoked Atlantic salmon fillets. Aquaculture 297:163–8.

Vasking, filetering og restblod

- Dårlig rengjøring/spyling av bløggesenitt etter bløgging redusert utblødning som følge av koagulering



Rotabakk, B.T., Bleie, H., Stien, L.H., Roth, B. 2014. Effect of Blood Removal Protocol and Superchilling on Quality Parameters of Prerigor Filleted Farmed Atlantic Cod (*Gadus morhua*). *J Food Sci.* 79: E881-6.

Roth, B., Obach, A., Hunter, D., Nortvedt, R., Oyarzun, F. 2009. Factors affecting residual blood and subsequent effect on bloodspotting in smoked Atlantic salmon fillets. *Aquaculture*, 297(1), 163-168.

Aktiviteter høsten 2014

- Behandling av fisken før bedøving
 - Tester i svømmetunnel mht aktivitetsnivå, restituering, trenging og tetthet
- Konsekvens av endringer i slaktprosessen
 - bedøvelses og avlivingsystem
- Rask koagulering av blodet (årsaker til dette)
- Tid før fisken går i vann/tid i vann
- Utblødnings- og kjøletank:
 - hvor er fisken i tanken? gjellebevegelse, mengde fisk/tetthet, vannstrøm, kjøling/temperatur osv.
- Definere målbare styringsparametere og terskelverdier som sikrer mer skånsom håndtering av fisk
- Kartlegge årsakene til basisproblemene for trengeprosessen i ventemerd
- Forslå bedre trengeprosedyrer og utarbeide en sjekklister med definerte styringsparametere
- Nye sensorsystemer og teknologiske konsepter for trenging skal foreslåes
- Besøk ved anlegg
- Gjennomføre kjøleforsøk med stor fisk > 5kg
- Kjølemodeller
- Arrangere workshop

Arbeidsmøte/seminar vil bli arrangert 7 januar 2015.

Her vil resultater fra prosjektet bli presentert og det vil inviteres til en diskusjon om hvilke tema som det bør jobbes videre med.

