

# Rapport

## Kvalitet på ombordfryst sei

Kuldeanlegg med ulike kuldemedium – CO<sub>2</sub> og ammoniakk

### Forfattere

Kristina N. Widell

Guro Møen Tveit

Yves Ladam



SINTEF Ocean AS

Postadresse:  
Postboks 4762 Torgard  
7465 Trondheim

Sentralbord: 464 15 000

ocean@sintef.no  
www.sintef.no/ocean  
Foretaksregister:  
NO 937 357 370 MVA

# Rapport

## Kvalitet på ombordfryst sei

**Kuldeanlegg med ulike kuldemedium – CO2 og ammoniakk****EMNEORD:**Kvalitet  
Sei  
Kuldemedium**RAPPORTNR**

OC2017 A-130

**VERSJON**

1

**DATO**

2017-06-27

**FORFATTER(E)**Kristina N. Widell  
Guro Møen Tveit  
Yves Ladam, Kuldeteknisk AS**OPPDRAGSGIVER(E)**

Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)

**OPPDRAGSGIVERS REF.**

901301 (FHF)

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

33 + vedlegg

**GRADERING**

Åpen

**ISBN**

978-82-7174-303-1

**SAMMENDRAG**

Ammoniakk i kuldeanlegg er vanlig i fiskeindustrien og har vært det over lang tid. De siste årene har CO<sub>2</sub> som kuldemedium økt i popularitet, og det har blitt tatt i bruk i flere sektorer, deriblant ombord på fiskefartøy. Ombord på tråleren Roaldnes benyttes CO<sub>2</sub> for innfrysning av hvitfisk (sløyd og hodekappet) i platefrysere. Kunder av Nordic Wildfish, samt deres eksterne kvalitetsanalytiker, Otto Giskeødegård, har rapportert at kvaliteten på produktene fra dette fartøyet er bedre enn de fra andre fartøy.

Derfor ønsket FHF at SINTEF Ocean AS undersøkte kvaliteten av hvitfisk fryst i dette anlegget og sammenlignet det med hvitfisk fryst ombord Langenes, som har et konvensjonelt kuldeanlegg (med ammoniakk). Prosessene for øvrig skulle være mest mulig like. Det ble gjort flere analyser, både sensoriske og objektive av kvalitet på fisken, men det ble ikke funnet store forskjeller mellom båtene. Under de visuelle kvalitetsvurderingene kom Roaldnes litt bedre ut, men dette kan like gjerne ha med halstørrelse å gjøre, siden det ene halet på Langenes var uvanlig stort. Et lite hal er kjent for å kunne gi bedre kvalitet på fisken sammenlignet med et stort hal.

Kvaliteten på fisken fra begge fartøyene var gjennomgående god, og det ble ikke funnet noen store forskjeller.

**UTARBEIDET AV**

Kristina N. Widell

**KONTROLLERT AV**

Tom Ståle Nordtvedt

**GODKJENT AV**

Marit Aursand



# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1	2017-06-27	Rapport sendt til deltagere i prosjektet

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Summary</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>7</b>
	3.1 Faglig bakgrunn .....	7
	3.2 Prosjektets omfang .....	7
	3.3 Prosjektorganisering .....	8
<b>4</b>	<b>Problemstilling og formål</b> .....	<b>8</b>
	4.1 Prosjektets effektmål .....	8
	4.2 Prosjektets resultatmål .....	8
<b>5</b>	<b>Prosjektgjennomføring</b> .....	<b>8</b>
	5.1 Fiske og forsøksoppsett .....	9
	5.2 Diskusjoner angående kvalitet .....	10
	5.3 Temperaturer under transport .....	10
	5.4 Tinemetode .....	10
	5.5 Analyser.....	11
	5.5.1 Vektendring ved tining .....	11
	5.5.2 Lengde, vekt og kjernetemperatur .....	11
	5.5.3 Vanninnhold og pH av hvit muskel .....	11
	5.5.4 Kokeutbytte .....	11
	5.5.5 Filetkvalitet .....	12
	5.5.6 Objektiv vurdering av filetfarge .....	12
	5.5.7 Tekstur .....	13
	5.6 Statistikk.....	14
<b>6</b>	<b>Resultater, diskusjon og konklusjon</b> .....	<b>15</b>
	6.1 Beskrivelse av kuldeanlegg – Langenes .....	15
	6.2 Beskrivelse av kuldeanlegg – Roaldnes.....	17
	6.3 Informasjon fra fartøyene.....	21
	6.4 Temperaturer under transport .....	22
	6.5 Tekstur - Hardhet .....	23
	6.6 Subjektiv vurdering av filetkvalitet .....	25
	6.7 Objektiv vurdering av filetfarge .....	26
	6.8 Kjemiske analyser, biologiske data og temperatur.....	28
	6.9 Konklusjon.....	30
<b>7</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>Leveranser</b> .....	<b>32</b>

**BILAG/VEDLEGG**

---

Vedlegg A: Fangstskadeskjema for filetkvalitet

---

## 1 Sammendrag

Ammoniakk i kuldeanlegg er vanlig i fiskeindustrien og har vært det over lang tid. De siste årene har CO<sub>2</sub> som kuldemedier økt i popularitet, og det har blitt tatt i bruk i flere sektorer, deriblant ombord på fiskefartøy. Ombord på tråleren Roaldnes benyttes CO<sub>2</sub> for innfrysning av hvitfisk (sløyd og hodekappet) i platefrysere. Kunder av Nordic Wildfish, samt deres eksterne kvalitetsanalytiker, Otto Giskeødegård, har rapportert at kvaliteten på produktene fra dette fartøyet er bedre enn de fra andre fartøy.

Derfor ønsket FHF at SINTEF Ocean AS undersøkte kvaliteten av hvitfisk fryst i dette anlegget og sammenlignet det med hvitfisk fryst ombord på Langenes, som har et konvensjonelt kuldeanlegg (med ammoniakk). Prosessene for øvrig skulle være mest mulig like. Det ble gjort flere analyser, både sensoriske og objektive av kvalitet på fisken, men det ble ikke funnet signifikante forskjeller mellom fangstene fra de to båtene i dette forsøket. Under de visuelle kvalitetsvurderingene kom Roaldnes litt bedre ut, men dette kan også ha med halstørrelse å gjøre. Det ene halet på Langenes var uvanlig stort, noe som er kjent for å kunne gi dårligere kvalitet på fisken (Wagner 1978, Digre, Hansen et al. 2010)<sup>1</sup>.

Innfrysningshastighet har tradisjonelt blitt ansett som viktig for kvaliteten, siden rask innfrysning gir mindre iskrystaller, noe som er vurdert å gi mindre skader på vev enn langsom innfrysning (Bello et al, 1982). Imidlertid viser nylige studier at det er vanskelig å detektere kvalitetsforskjeller pga ulik innfrysningshastighet i dagens prosesser. Blant annet ble det i en studie på hel (sløyd) torsk hvor fisken ble frosset inn rett etter fangst, men med relativt stor forskjell i innfrysningshastigheter, ikke detektert signifikante forskjeller i noen av kvalitetsparameterne undersøkt (Erikson et al., 2016). Både i denne og den rapporterte studien ble fisken frosset inn ved lav temperatur, og med kort lagringstid og langsom tining.

Det kan være flere årsaker til at kunder har observert ulik kvaliteten på fisk fra de ulike båtene. Det er imidlertid vanskelig å isolere en del av prosessen (f.eks innfrysningstid) å si at denne gir god kvalitet, siden det er den totale prosessen fisken har vært igjennom som har betydning for kvaliteten av fisken, og denne vil variere fra fangst til fangst. Det at man raskere får fryst all fisk fra halet i CO<sub>2</sub>-anlegget, og dermed kortere ventetider, kan også ha påvirket kvaliteten.

For å redusere de negative effektene på klimaet er det viktig at fartøy som bruker syntetiske kuldemedier (f.eks R22) raskest mulig legger om til anlegg med naturlige kuldemedier. Både ammoniakk og CO<sub>2</sub> er effektive kuldemedier med lav negativ klimapåvirkning.

---

<sup>1</sup> For referanser, se kapittel 7.

## 2 Summary

Ammonia as refrigerant has been common in the Norwegian fish processing industry for a long time. Recently, CO<sub>2</sub> has become more common as refrigerant in several sectors, for example in refrigerant systems on board fishing vessels. On the trawler Roaldnes, white fish is gutted and frozen in plate freezers. Customers and the external quality analyst of Nordic Wildfish, Otto Giskeødegård, have reported that the quality of the product from this boat is better than from similar fishing vessels with other refrigerants.

FHF (The Norwegian Seafood Research Fund) asked SINTEF Ocean AS to analyse the quality of the fish produced on board Roaldnes and to compare that with fish frozen on board a vessel with ammonia as refrigerant. The other parts of the systems and processes were to be as equal as possible. Several analyses were conducted, both sensory and objective, but no significant differences were found. The visual quality analyses showed that the fish from Roaldnes were better, but it can also depend on the size of the haul. One of the hauls from Langenes were larger than usual, which is known to result in poorer quality of the fish (Wagner 1978, Digre, Hansen et al. 2010)<sup>2</sup>.

Freezing rate is traditionally seen as an important factor for the quality, because fast freezing results in smaller ice crystals, which can give less damage to the fish. However, new studies of fish frozen with different freezing rates showed that it is difficult to detect quality differences (Erikson et al., 2016). It is not correct to isolate one part of the total process (for example freezing rate) and conclude that this results in good quality, since the total process will always affect the quality.

To reduce negative impact on the global climate, fishing vessels with synthetic refrigerants (for example R22) should change their systems to natural refrigerant systems (CO<sub>2</sub> or NH<sub>3</sub>) as soon as possible. Both CO<sub>2</sub> and ammonia are effective refrigerants with low or no global warming potential.

---

<sup>2</sup> See Chapter 7 for References

### 3 Innledning

#### 3.1 Faglig bakgrunn

Nordic Wildfish selger frosset fisk til internasjonale kunder som videreforedler den nær sluttkundene. De mener at frosset fisk som håndteres riktig kan være et produkt med bedre kvalitet enn det vi normalt omtaler som fersk fisk. Matindustrien har store svinn grunnet kvalitetstap i verdikjeden, noe som kan være både et praktisk og etisk problem. Ved å effektivisere og forbedre frysemetoder mener Nordic Wildfish at en kan få til en varestrøm med mindre svinn.

På Mtr Roaldnes ble det gamle kuldeanlegget med R22<sup>3</sup> som kuldemedier byttet ut med et nytt kuldeanlegg med CO<sub>2</sub> som kuldemedier. Kuldeanlegget benyttes til å fryse hvitfisk (sløyd og hodekappet, HG-fisk) i platefrysere. Siden man kan kjøre et CO<sub>2</sub>-anlegg med lavere fordampertemperatur enn det som går med R22 eller ammoniakk (NH<sub>3</sub>), får man en raskere frysing av fisken. Man får også en raskere avriming av fryseplatene og man kan derfor også unngå lokal oppvarming av fiskens overflate. Kundene og Nordic Wildfish's eksterne kvalitetsanalytiker, Otto Giskeødegård, har rapportert at kvaliteten på produktene fra dette fartøyet er bedre enn de fra andre fartøy.

FHF ytret derfor et ønske om at SINTEF Ocean AS skulle undersøke kvaliteten av hvitfisk fryst ved dette anlegg og sammenligne det med hvitfisk fryst i et konvensjonelt kuldeanlegg. Prosessene skulle for øvrig være mest mulig like, og sammenligningen skulle gjøres ved å gjennomføre ulike sensoriske og objektive kvalitetsanalyser av fisken. For å få en god oversikt skulle en beskrivelse av systemets komponenter og funksjoner også gjøres.

Det er mange parametere som vil kunne påvirke kvalitet. Eksempelvis vet vi at forhold som dårlig vær, fangstdyp, fangstmengde og haletid, samt behandling av fangsten ombord som for eksempel tid i trål bunge, utblødning, sløyningen av fisken, plassering av fisk i platefrysene, tid i platefrysene og behandling av fisken etterpå vil kunne påvirke fiskens kvalitet. Innfrysningshastighet har tradisjonelt blitt ansett som viktig for kvaliteten, siden rask innfrysning gir mindre iskrystaller noe som er vurdert å gi mindre skader på vev enn langsom innfrysning (Bello et al, 1982). Imidlertid har en nylig studie hvor fisken (Atlantisk torsk) ble frosset inn rett etter fangst, og med relativt stor forskjell i innfrysningshastigheter (tradisjonell fryser, CAS (Cell Alive System) og ABF (Air Blast Freezer) vist at det er vanskelig å detektere kvalitetsforskjeller pga innfrysningshastighet (Erikson et al., 2016).

#### 3.2 Prosjektets omfang

Prosjektet ble finansiert med midler fra Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond (FHF-prosjektnummer 901201). Prosjektet startet opp i september 2016, og avsluttes i juli 2017. Størrelsen på prosjektet var NOK 579 000.

---

<sup>3</sup> R22 har Global Warming Potential (GWP) på 1810 og i tillegg noe ozonnedbrytende og skal derfor fases ut.



### 3.3 Prosjektorganisering

SINTEF Ocean har gjennomført mesteparten av prosjektarbeidet. Kuldeteknisk har delt informasjon om kuldeanlegget og deltatt på møter. Styringsgruppen har bestått av Tore Roaldsnes (Nordic Wildfish), Yves Ladam (Kuldeteknisk) og Roar Pedersen (FHF). Kristina N. Widell (SINTEF Ocean) har vært prosjektleder og administrator i styringsgruppen. Fra SINTEF har det vært totalt 10 prosjektdeltagere.

## 4 Problemstilling og formål

### 4.1 Prosjektets effektmål

Nordic Wildfish har fått tilbakemeldinger fra sine kunder at fisken fra Roaldnes er bedre enn den fra Langenes. Økt kvalitet på fisk fra innfrysingsanlegg med CO<sub>2</sub> (her representert som Roaldnes) vil kunne være ett insitament for at flere fiskefartøy legger om til CO<sub>2</sub> som kjølemedie. Ett media som kan gi raskere innfrysning av fiskeblokker på grunn av lavere temperatur, kan bygges kompakte og som samtidig er mer miljøvennlig enn tradisjonelle syntetiske kuldemedier som f.eks. R22.

### 4.2 Prosjektets resultatmål

Leveranser i prosjektet var flere dokumenter, hvilke listes opp her:

- L1: Referat fra styringsgruppemøte 1
- L2: Referat fra styringsgruppemøte 2
- L3: Sluttrapport etter FHF mal med beskrivelse hva som har blitt gjort og resultater
- L4: Administrativ sluttrapport
- L5: Presentasjon av resultater
- L6: Faktaark

## 5 Prosjektgjennomføring

I prosjektet har det vært to styringsgruppemøter, hvor man i det første diskuterte hva som skulle gjøres og i det andre resultater. I tillegg dro et par medarbeidere fra SINTEF til Nordic Wildfish for å diskutere prosjektet. SINTEF og Kuldeteknisk har også vært i jevnlig kontakt og Kuldeteknisk har delt informasjon om anleggene med prosjektet. Det ble bestemt at man skulle analysere sei. Sei har tidligere vært en fisk som det var vanskelig å få god kvalitet på, men rederiet sier at man på senere år har bra kvalitet på frossen sei. Instruksjoner fra SINTEF angående forsøksoppsett ble sent til begge fartøyene og de i sin tur sendte utvalgte blokker til SINTEF. Blokkene ble tint i to omganger og deretter analysert. Tiningen foregikk over natt i kar med rennende ferskvann, metodikken ble valgt etter samtale med Otto Giskeødegård. Både sensoriske og objektive kvalitetsanalyser ble utført.

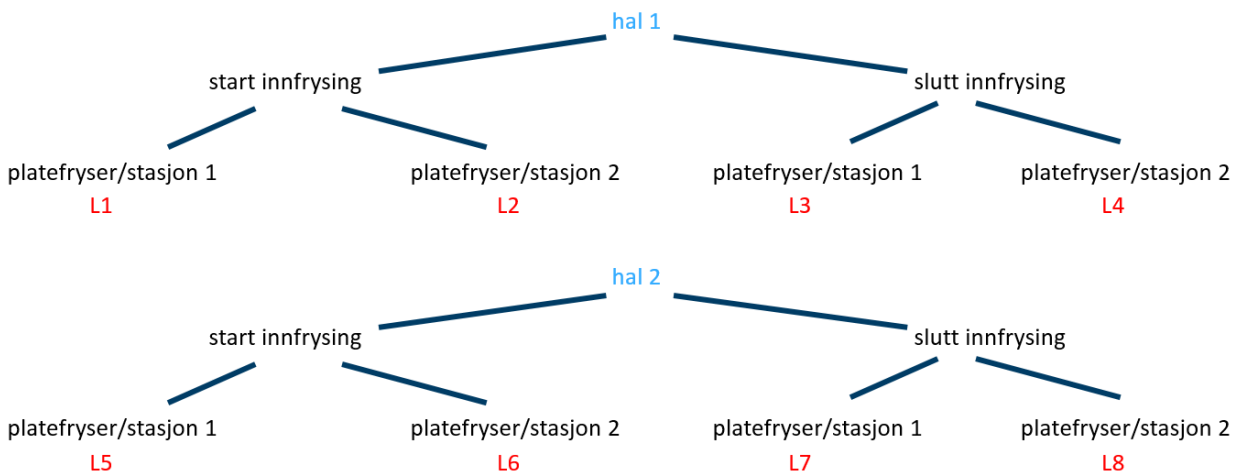
### 5.1 Fiske og forsøksoppsett

Fra februar til påske 2017 var begge fartøyene engasjert i seifiske på de samme områdene. Fisket foregikk som vist i Figur 1. Fisken som ble analysert ved SINTEF ble fanget den 29 mars 2017.



Figur 1. Posisjon hvor fisket foregikk.

Utvelgelse av blokker som skulle analyseres vises i Figur 2. Hensikten var å få fisk fra to forskjellige hal, hvor man fra hvert hal valgte ut to blokker fra starten av innfrysingen og to fra slutten av innfrysingen. Disse to blokkene skulle være fra to ulike platefrysere/stasjoner. Mannskapet på Langenes fulgte dette opplegget. Fra hver blokk ble 5 fisker analysert.



Figur 2. Forsøksoppsett for Langenes.

## 5.2 Diskusjoner angående kvalitet

I forbindelse med kvalitetsanalyser og tinemetoder ble Otto Giskeødegård, som gjør de eksterne kvalitetsvurderingene av fisk fra Nordic Wildfish, kontaktet etter ønske fra Nordic Wildfish. Etter samtaler med Otto ble det besluttet å benytte en tinemetode lignende det han benytter ved kvalitetsvurdering for tining av sei fra Roaldnes og Langenes.

## 5.3 Temperaturer under transport

Temperaturloggere ble lagt ved blokkene når de ble sendt fra lageret til Nordic Wildfish. Dette var for å kontrollere at blokkene ikke ble utsatte for unødvendig høye temperaturer før de ankom SINTEF.

## 5.4 Tinemetode

Tiningen av fisken ble utført i kar med ferskvann, se Figur 3. Vannet ble langsomt skiftet ut (ca. 1 lit/min), ved at nytt vann ble ført inn via slanger på bunnen av karene og overflødig vann rant over kanten. I hvert kar ble en blokk fra Roaldnes og en blokk fra Langenes tint, for at man skulle ha mest mulig likt oppsett. Størrelsen på karene var 0.6 x 0.6 m og 0.5 m høye. Blokkene var 0.53 x 0.53 x 0.17 m og gikk fint ned i karene.



Figur 3. I hvert tinekar ble det tint en blokk fra Langenes og en fra Roaldnes.

## 5.5 Analyser

### 5.5.1 Vektendring ved tining

Blokkene med sei ble veid før og etter tining, og vektendringen blir representert som ligning 1.

$$\text{Vektendring}(\%) = \frac{\text{vekt av fryste seiblokker}(kg) - \text{vekt av tinte seiblokker}(g)}{\text{vekt av fryste fiskeblokker}(g)} * 100 \quad (\text{ligning 1})$$

### 5.5.2 Lengde, vekt og kjernetemperatur

Det ble tatt lengde (cm) og vekt (g) av fem HG-fisk fra hver blokk. Videre ble det målt kjernetemperatur i fisken ved å føre en temperaturmåler inn langs ryggbeinet på venstre side av fisken.

### 5.5.3 Vanninnhold og pH av hvit muskel

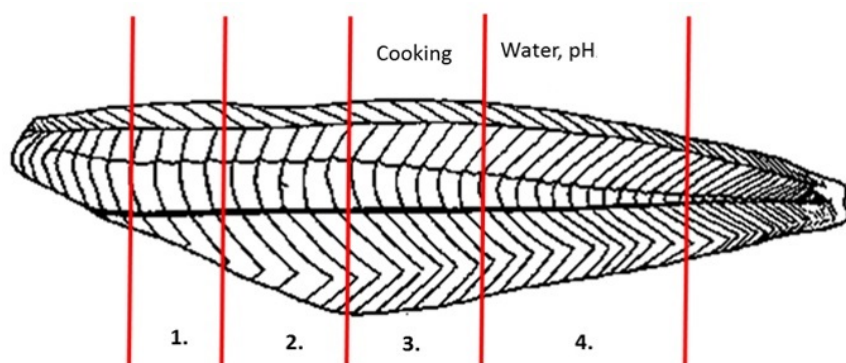
For evaluering av pH i hvit muskel og vanninnhold ble en bit av venstre seifilet (Figur 4) kvernet med en minihakker (Tefal, Quaick foodmaster) i 20 sekunder. pH-elektroden (Weilheim, WTW, pH3110, Germany) ble senket ned i den kverneede fiskemasse, som dekket elektroden fullstendig. pH-elektroden ble kalibrert før bruk med pH 4,01 og 7,00 buffere, og ble kontinuerlig rensset gjennom målingene. Vanninnholdet i kvernet prøve av hvit muskel ved å tørke prøvene (2-4 g) ved 105°C til konstant vekt (n=2). Forskjellen mellom vekt før og etter tørking ble tatt som det totale vanninnholdet i prøven.

### 5.5.4 Kokeutbytte

Kokeutbytte ble evaluert på fem sei fra hver tinte halvblokk. Det ble skjært ut en bit fra fileten i henhold til Figur 4 (venstre fillet ble benyttet). Prøven ble varmebehandlet i en forhåndsvarmet ovn (Rational, SelfCookingCenter, Canada) ved 95°C og damp (100%) i 10 minutter. Det ble tatt vekt av filetbiten før koking og etter avrenning på rist i 10 minutter. Prosentvis kokeutbytte (%) ble bestemt fra ligning 2.

$$\text{kokeutbytte}(\%) = \frac{\text{vekt av kokt muskel}(g)}{\text{vekt av rå muskel}(g)} * 100$$

(ligning 2)



Figur 4. Det ble skjært ut en bit av seifileten lik område 3 (ca. 150 g) for beregning av kokeutbytte, og en bit lik område 4 (ca. 200 g) for kverning og analyse av muskel pH og vanninnhold (%) av fileten.

### 5.5.5 Filetkvalitet

Filetkvalitet ble vurdert på høyrefiletten for fem fisk fra hver halvblokk. Vurdering av fileter ble gjort sensorisk på håndfiletert sei ved å se på grunnfarge av buk og loins, andel av blodfylte årer i buk, blodflekker på fileten samt andel av filetspalting/gaping. Skjema for filetvurdering er gjengitt i vedlegg A. I tillegg til visuell vurdering av filetfarge ble over- og underside av alle fileter avbildet for objektive målinger av farge.

### 5.5.6 Objektiv vurdering av filetfarge

Fargerommet CIE  $L^*a^*b^*$ , hvor  $L^*$ ,  $a^*$  og  $b^*$  representerer henholdsvis lyshet, rødhet og gulhet av filetene, ble brukt for objektiv vurdering av filetfarge i det utvalgte interesseområdet.

For avbildning av fileter ble det brukt et Nikon speilreflekskamera i kombinasjon med polarisert blits og linse. Kameraet ble plassert vinkelrett over fisken. Fileten ble plassert på et mørkt, matt underlag for å begrense reflekser fra blits, og tre hvite markører ble plassert i hvert sitt hjørne for å kunne kompensere for variasjoner i styrke på blits. I tillegg ble det før hver økt tatt bilde av en X-Rite ColorChecker som utgangspunkt for fargekalibrering.

Før analyse ble bildene av fileten preprocessert for å sikre at fargedataene fra hvert bilde var sammenlignbare med hverandre, og det ble kompensert for eventuelle variasjoner i blitslys og fargevariasjoner i belysning. Råbildene fra kameraet har 14-bit oppløsning per fargekanal. Dette er en unødvendig høy oppløsning for selve fargeanalysen, men nødvendig for å sikre at man ikke mister informasjon når man justerer for blitsintensitet. Snittverdien for hver hvit markør brukes for å finne en oppjusteringsfaktor som sørger for at intensiteten for alle bildene blir lik.

Som nevnt ble hver økt med avbildning startet med å ta bilde av en fargereferanse (X-Rite ColorChecker), som intensiteten justeres på samme måte som over. Hvert referansebilde analyseres for å finne forholdet mellom fargedata i bildet og sRGB referanseverdier gitt av X-Rite. Dette forholdet brukes så til å kalibrere alle bildene i tilhørende økt til korrekt fargeverdier.

Etter fargekalibreringen ble bakgrunnen i bildet (nummertag, hvit markør og matte) fjernet slik at bare fileten er synlig på bildet. For framsiden av fileten ble i tillegg bukhinnen fjernet manuelt som vist i Figur 5.



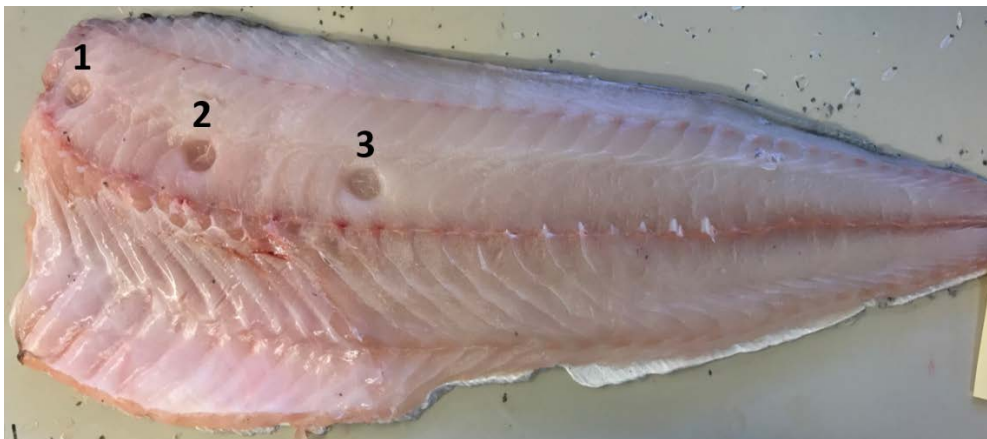
Figur 5. Segmentering av seifilet.

For alle segmenterte fileter ble så snittverdier for følgende fargeverdier beregnet:

- $L^*$  (CIELAB)
- $a^*$  (CIELAB)
- $b^*$  (CIELAB)
- Chroma ( $C_{ab}^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$ ) (Ligning 3)
- Whiteness ( $W^* = L^* - 3b^*$ ) (Ligning 4)
- Hue ( $H_{ab}^* = \arctan(\frac{b^*}{a^*})$ ) (Ligning 5)
- Saturation (HSL fargerom) (Ligning 6)

### 5.5.7 Tekstur

Det ble gjennomført teksturanalyse av høyrefileten på 40 fisk fra hvert av de to fartøyene like etter tining og håndfiletering ved nedtrykk ved tre ulike lokasjoner (se figur 6). Det ble målt hardhet av prøvene ved hjelp av en teksturmåler, TA.XT2 Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, UK), og en modifisert metode for analyse beskrevet av Einen og Thommassen (1998) og modifisert av Digre, Erikson et al. (2010). Programvaren Exponent ble benyttet for dataprosessering og dataanalyser. Analysen ble gjort med en veicelle på 5 kg og en sylindrisk probe med flat bunn med diameter 12 mm, en P0.5 probe ( $1/2$ , *delrin for gelatine*). Hardhet ved nedtrykk til 60% av prøvetykkelsen ble registrert ved at proben ble trykket ned i kjøttet normalt på muskelfibrenes lengderetning med en hastighet på 0,5 mm/s og trigger force på 0,049N.



Figur 6. Nedtrykk ved lokasjon 1-3 ved teksturmålinger på høyre seifilet.

## 5.6 Statistikk

Statistikkprogrammet IBM® SPSS® Statistics (versjon 21) og Microsoft Excel ble nyttet for dataprosessering og statistiske analyser av data. For å teste om det var signifikante forskjeller mellom fisken fra de to kuldeanleggene ble det kjørt enveis ANOVA med bruk av post hoc *Tukey's* test. For diskrete variabler (f.eks. visuell vurdering av ytre skader og fileter) ble *Mann Whitney* og *Kruskal-Wallis* test benyttet. De statistiske resultatene ble ansett som statistisk signifikante ved  $p < 0.05$ . Usikkerhetene i teksten er fremstilt som standardfeil (SEM) dersom ikke annet er spesifisert.

## 6 Resultater, diskusjon og konklusjon

### 6.1 Beskrivelse av kuldeanlegg – Langenes

Figur 7 viser bilder tatt ombord Langenes. Kuldeanlegget er dimensjonert med en kompressorkapasitet til å fryse 70 tonn pr døgn. Dette gjøres med to Howden skruekompressorer, ni vertikale platefrysere, en viftefordamper i fryse- og ribberør (fordamperelementer) godt fordelt under kledning i begge lasterom.



Figur 7 Bilder fra Langenes. Foto: Nordic Wildfish.

Fryseanlegget er basert på direktefordampning av kuldemediet (ammoniakk). Væskeutskilleren blir forsynt med væske fra anleggets høytrykksside. Kuldemediet blir resirkulert i systemets lavtrykksside av anleggets kuldemediepumper. Anlegget har to adskilte Howden WRV204.145.50 skruekompressorer med optimal ytelsesfaktor tilpasset temperaturområdet og er utstyrt med trinnløs sleideregulering og turtalsregulering for optimal effektfaktor og automatisk ytelsesregulering. Anlegget er meget driftssikkert og kan enkelt kjøres i manuell eller automatisk drift.

Kompressorene er utstyrt med automatisk kapasitetskontroll, som også tillater at anlegget opereres halvautomatisk. Kapasitetskontrollen er regulert fra en temperatursensor som sitter sentralt montert i anlegget. Denne settes til -38 °C men kan justeres lavere om dette er ønskelig. Den vil styre anleggets kompressorkapasitet på den mest effektive måte. Anlegget overvåkes og



er sikret mot feil som måtte oppstå. Det elektriske systemet er designet for å betjene og behandle gassalarmer og nødvendig temperaturlogg iht. til EU - regler og krav.

Data som er lagt til grunn for systemløsning, dimensjonering og leveringsomfang (designndata) vises i Tabell 1.

Tabell 1. Designndata for kuldeanlegg ombord i Langenes.

GA plan	Ja
Lasteroms temperatur	-28 / -30 °C
Omgivende lufttemperatur	25 °C
Sjøvannstemperatur	0 - 15 °C
K-verdi for isolasjon	0,3 W/m <sup>2</sup> K
Strømtype kompressorer 3 fase	380-440V/50-60Hz
Strømtype 1 fase	240 V
Styrestrøm kontroll	24 V DC
Kuldemedium	3700 kg. R717 (Ammoniakk)
Kompressorkapasitet	Totalt 480kW ved -38C/25C.
Kondenseringstemperatur	25 °C
Fordampningstemperatur frys	-38 °C
Dimensjonering basert på	Fisk
Lasterommets volum	Inntil 200 + 600 m <sup>3</sup>
Kuldebehov fryselagere inkl. etterfrysing	60 kW

Kompressorkapasitet er beregnet for å kunne fryse minimum 70 tonn pr døgn. Trykkbeholdere, styresystem, ammoniakk gassalarmsystem er levert med produktsertifikater iht. DNV GL sine regler for å kvalitetskrav og god sikkerhet.

## 6.2 Beskrivelse av kuldeanlegg – Roaldnes

Figur 8 viser bilder tatt ombord på Roaldnes.

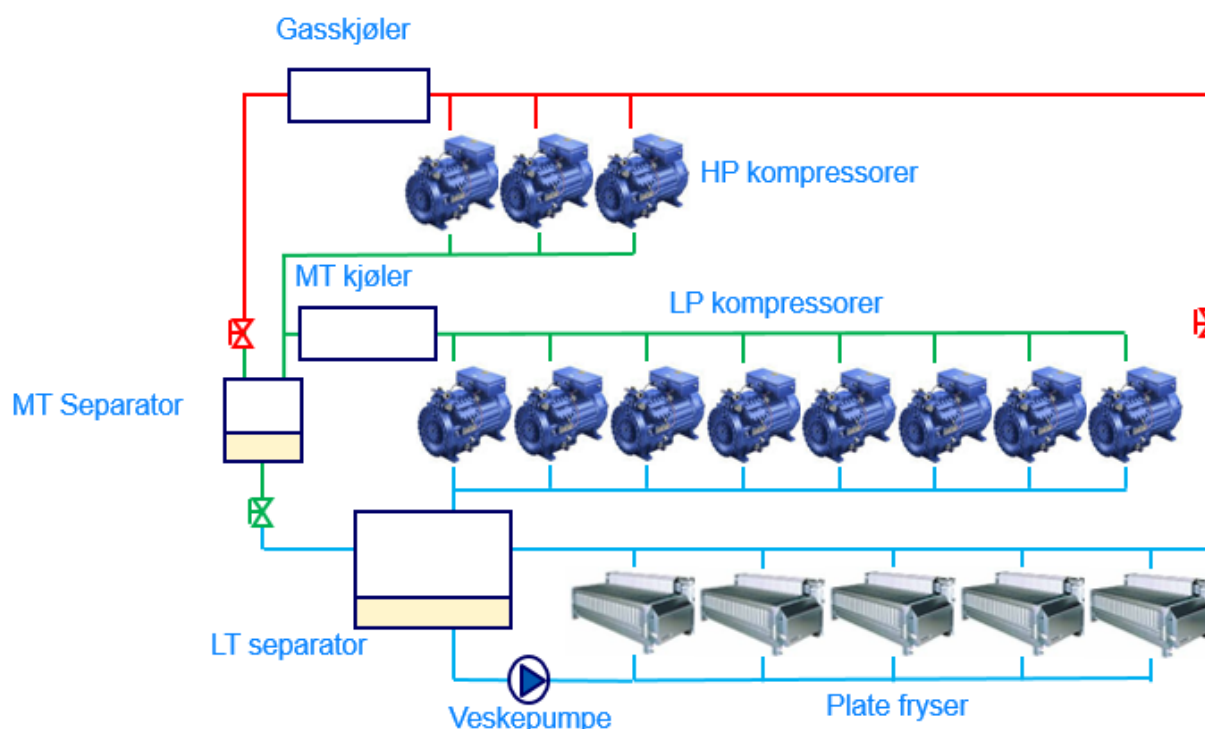


Figur 8. Bilder fra Roaldnes. Foto: Nordic Wildfish.

Teknisk løsning er basert på Booster to-trinns CO<sub>2</sub>-anlegg som er dimensjonert til å kunne driftes med fordampingstemperaturer ned til -50 °C. Anlegget er pumpesirkulert. Kuldeanlegget har trykkklasse på 52 Bar på lavtrykksside, 80 bar på mellomtrykk og 120 bar på høytrykksside. Kompressoraggregatet leveres komplett med kjøle- og frysekompressorer ferdig montert på ramme. Aggregatene består i hovedsak av oljesystem, væskeutskillere, væsketanker, kuldemediepumper, mellomkjølere, oljeutskillere og automatikk påmontert aggregatet. Høytemperaturaggregatet er topptrinnet i systemet og komprimerer CO<sub>2</sub> gass fra lavtrykkstrinnet og avleverer varme til uteluft via gasskjøler. Aggregatet er bygd i industriell standard med rustfrie stålør og sammenbygget på en lakkert sveist stålramme. Lavtemperaturaggregatet består av en væskeutskiller for CO<sub>2</sub> og lavtrykkskompressorer. Lavtemperaturaggregatet er lavtrykkssiden i anlegget og komprimerer CO<sub>2</sub>-gass opptil mellomtrykksnivå.

Anlegget består i hovedsak av 8 stk lavtrykkskompressorer (JK11-JK18) som suger kuldemedie i dampform fra 1 stk væskeutskiller (NT01). Væskeutskiller er tilkoblet 5 stk platefrysere (LF01-LF05) og 2 stk fryseromsfordampere (LF06 og LF07). Det pumpes væske ved lavt trykk og lav temperatur gjennom platefrysere og fordampere der en del av væsken fordampes, og en væske/gass blanding føres tilbake til væskeutskiller der gass skiller fra væske. Gass suges av til kompressorer og væske sirkuleres tilbake til frysere/fordampere ved kuldemediepumper (JP01 og JP02).

Gass som suges til lavtrykkskompressorer komprimeres opp til mellomtrykk og går gjennom mellomkjøler (JK10-LK01). Den avkjølte trykk-gassen føres inn til 3 stk høytrykkskompressorer (JK21-JK23). Gass komprimeres her opp til høytrykk og føres inn i en sjøvannskjølt gasskjøler / kondensator. Kondensert væske / nedkjølt gass strupes ned til mellomtrykk ved motorventil (LE01-SB01) og føres inn på mellomtrykkstank (NT02). Flashgass suges av til HT kompressorer fra mellomtrykkstank. Væske på mellomtrykk går videre fra mellomtrykkstank gjennom oljeutkoker (LF50-LF50) og gjennom motorventil (SB03) der den strupes fra mellomtrykk til lavtrykk og føres inn på væskeutskiller (NT01). Figur 9 viser en forenklet systemskisse av kuldeanlegget ombord i Roaldnes.



Figur 9. Forenklet systemskisse av CO<sub>2</sub>-anlegget ombord i Roaldnes. Illustrasjon: Kuldeteknisk AS.

### LT kompressorer (JK11 til JK18)

8 stk. Bock semihermetiske stempelkompressorer (HGX46-345-4 ML) er tilkoblet væskeutskiller på sugesiden og sjøvannskjølt mellomkjøler på trykksiden. Gass suges inn fra væskeutskiller ved ca. 6,4 bar, noe som tilsvarer -48 °C i metningstrykk. Gassen komprimeres opp til ca. 24,7 bar, noe som tilsvarer -11 °C i metningstrykk. I og med at gassen blir komprimert, blir den også kraftig oppvarmet slik at trykk-gass fra LT kompressorene ligger på ca. 80 °C. Alle 8 LT-kompressorer har en felles oljeutskiller (JK10-MO01) der olje skilles fra trykk-gass. Denne oljeutskilleren fungerer også som oljereservoar. Oljenivå i kompressorer måles både med trykk og nivåbryter og disse styrer oljeretur til kompressorene fra oljeutskiller via magnetventiler (SC11-SC18).

### Mellomkjøler (LK01)

Den varme trykk-gassen fra de 8 LT kompressorene føres fra oljeutskiller (JK10-MO01) til mellomkjøler (desuperheater) -LK01. Temperatur på gassen kan komme opp i rundt 90 °C og må derfor kjøles ned før den går til sug HT kompressorer. Den varme trykk-gassen veksler mot sjøvann i mellomkjøler til ca. 25 °C. Mellomkjøler er en shell&tube veksler der CO<sub>2</sub> går inne i rør og sjøvann på utsiden av rør. Rør og endeplate i mellomkjøler er av titan og mantel er av glassfiber.

### HT kompressorer (JK21 til JK23)

Det er 3 stk. Bock semihermetiske stempelkompressorer (HGX46-345-4 ML) på HT trinnet i anlegget. Disse er tilkoblet mellomkjøler (JK10-LK01) og MT tank (NT02-NT02) på sugesiden og oljeutskiller (JK20-MO02) og gasskjøler / kondensator (LE01-LE01) på trykksiden. Gass suges inn fra MT-beholder ved ca. 24,7 bar. Gassen komprimeres opp til mellom 70 og 90 bar avhengig av sjøvannstemperatur. I og med at gassen blir komprimert blir den også oppvarmet, slik at trykk-gass fra HT kompressorene ligger på ca. 90 °C. Alle 3 HT-kompressorer har en felles oljeutskiller (JK20-MO01) der olje skilles fra trykk-gass. Olje som skilles ut fra trykk-gass dreneres tilbake til LT oljeutskiller ved signal fra nivåbryter i oljeutskiller. Oljenivå i kompressorer måles både med trykk og nivåbryter og disse styrer oljeretur til kompressorene fra LT oljeutskiller / reservoar via magnetventiler (SC21-SC23).

### Kondensator/gasskjøler (-LE01)

Sjøvannskjølt kondensator/gasskjøler er en shell/tube varmeveksler med CO<sub>2</sub> inne i rør og sjøvann på utsiden. Rør og endeplate er i titan og kappe er av et glassfiber materiale. CO<sub>2</sub> går over i transkritisk område på 72,8 bar og man kan derfor ikke snakke om metningstrykk og kondensering når man kommer over 72,8 bar på HT siden. Det er også derfor det kalles for kondensator/gasskjøler. Ved trykk på HT siden under 72,8 bar fungerer dette som en tradisjonell kondensator.

*Funksjon:* Varm CO<sub>2</sub>-gass fra kompressor kommer inn i topp av kondensator/gasskjøler. Ved å varmeveksle varm CO<sub>2</sub>-gass ved høyt trykk mot kaldt sjøvann vil gassen kjøles inntil gassen enten 1.: når duggpunkt og kondensere til væske eller 2.: ved transkritisk drift kjøles til ca. 22 °C. Kondensert væske / kjølt gass går fra kondensator / gasskjøler til motor-ekspansjonsventil (SB01) som styres av trykk i gasskjøler og temperatur på væske/gass ut fra kondensator/gasskjøler. Sjøvann til kondensator/gasskjøler besørgeres av sjøvannspumpe JP61 som igjen er frekvensstyrt basert på høytrykk.

### MT væsketank, receiver (-NT02)

Eksandert væske/gass fra motor-ekspansjonsventil SB01 føres inn i på MT tank. Ved ekspansjon dannes en del gass som suges av til HT kompressorer. Væsknivå i MT tank måles av nivåsensor RN02, og signal fra denne gir åpningsgrad på motor- ekspansjonsventil SB03 der væske på mellomtrykk på ca. 24,7 bar strupes ned til lavtrykk på ca. 6,4 bar. Den ekspanderte lavtrykksvæsken og gassblandingen går inn på væskeutskiller NT01-NT01.

### Væskeutskiller (-NT01)

Væske fra motorekspansjonsventil (SB03) kommer inn i væskeutskiller. Væske i utskiller kjøles ned ved at trykk reduseres til metningstrykk=-48 °C ved at kompressor suger gass fra toppen av væskeutskiller. Kald væske fra bunn av væskeutskiller ledes ned i kuldemediepumper (JP01 og JP02). Den kalde væska pumpes inn i bunn av fryseplater på 5 platefrysere (LF01-LF05) og 2 fordampere i fryserom (LF06 og LF07). En del av væska fordampere i fryseplater og fordampere og blandingen av væske og gass føres tilbake til væskeutskiller. Gass skilles fra væske i væskeutskiller og gass suges av til LT kompressorer. Væske går til pumper og sirkuleres ut til platefrysere / fordampere.

### Kuldemediepumper (JP01-JP02)

Kuldemediepumper er plassert under væskeutskiller slik at CO<sub>2</sub> væske har fallhøyde ned til pumper. Kuldemediepumpene er en flertrinns sentrifugalpumpe der væske føres gjennom flere seriekoblede løpehjul med en mindre trykkøkning i hvert hjul. Kuldemedium føres inn i senter av løpehjul nummer 1 og ut 90 grader fra det siste løpehjulet.

### Platefrysere (LF01-LF05)

Platefrysere (DSI, V3 26/100) er en konstruksjon med rammeverk, hydrauliske sylindre og fryseplater i aluminium. Fryseplatene er montert vertikalt med 100 mm avstand. Mellomrommet mellom plater danner frysestasjoner ved at bunn og ende-åpninger er tettet med løftegaffel og plast-skinner. En 26 stasjoners platefryser har 27 fryseplater. Alu-platene har interne kanaler både horisontalt og vertikalt som CO<sub>2</sub> pumpes gjennom. Stasjoner fylles med fisk og sirkulasjon av CO<sub>2</sub> med lav temperatur startes og fisk fryses til blokker i stasjonene.

### Romfordampere (LF06-LF07)

Det er montert 2 standard viftefordampere i fryserom. Det er montert en vifte i front av hver fordampere som sirkulerer luft over lameller i fordampere og kaster luft ut i rommet. Kald CO<sub>2</sub> sirkuleres gjennom rør i fordampere og lufta blir kjølt ved at CO<sub>2</sub> varmes opp og fordampere.

### Automatikk og overvåking

Fryseanlegget er utstyrt med PLS i hovedstyretavle som styrer alle funksjoner i kuldeanlegget som kompressorer, gasskjøler, pumper og motorventiler. Alle data kan leses av i skjerm i tavlefront. Fryseromsfordampere har en egen liten tavle som plassert i tilstøtende rom til fryserom.

### Fordeler med CO<sub>2</sub> sammenlignet med andre kuldemedier ombord i fartøy

I en presentasjon som ble holdt av Helge Hansen og Yves Ladam (Kuldeteknisk) ved Norsk Kjøleteknisk møte i 2016 ble det lagt frem noen fordeler med CO<sub>2</sub> sammenlignet med andre kuldemedier ombord. Man hadde sett at frysetiden ble forkortet med 25 %, fordi man kan ha en

lavere fordampningstemperatur. Disse anleggene krever også mindre plass ombord, fordi man kan ha tynnere rør, enhetene er mindre og man trenger ikke like mange fryserer for å få samme kapasitet. Dessuten er service og vedlikehold enklere.

### 6.3 Informasjon fra fartøyene

Fartøyene har registrert en del data under fisket, dette vises i Tabell 2 og Tabell 3. Man ser at begge fartøyene fisket den 29 mars og i samme område og på samme dybde. Tråltiden var varierende, den korteste 2 t 38 min og den lengste 5 t 10 min, begge for Langenes. Størrelsen på hal var forskjellig. Langenes hadde et veldig stort hal på 16 tonn, mens det andre var på 5,7 tonn. De to halen til Roaldnes var av lik størrelse, 5,5 tonn og 4,7 tonn. Nordic Wildfish har selv kommet med retningslinjer om at halene ikke bør overskride 7 tonn, for å få høy kvalitet på fisken. Tiden i fryseren var lenger ombord i Langenes enn i Roaldnes, dette sannsynligvis fordi temperaturen er lavere i platene i Roaldnes.

**Tabell 2. Informasjon om hal og blokker fra Langenes.**

Fartøy	Langenes			
haul nr	2	2	4	4
dato	29.03.2017	29.03.2017	29.03.2017	29.03.2017
skytte kl	04:43	04:43	14:12	14:12
hyve kl	07:21	07:21	19:22	19:22
tråltid [h:min]	02:38	02:38	05:10	05:10
temperatur luft	5.0	5.0	7.0	7.0
temperatur vann	7.5	7.5	7.8	7.8
posisjon start	N62 44 Ø5 00	N62 44 Ø5 00	N62 43 Ø5 03	N62 43 Ø5 03
posisjon slutt	N62 42 Ø4 55	N62 42 Ø4 55	N62 39 Ø4 55	N62 39 Ø4 55
dybde start [m]	120	120	120	120
dybde slutt [m]	120	120	122	122
vindstyrke [m/s]	12	12	10	10
fiskearter	sei, hyse, lyr	sei, hyse, lyr	sei, hyse, lyr	sei, hyse, lyr
trålpose	1	1	1	1
totalfangst [kg]	16000	16000	5700	5700
start frysing	11:10	15:10	01:10	01:49
slutt frysing	14:45	19:05	06:00	07:04
tid i fryser	03:35	03:55	04:50	05:15
blokker	1 og 2	3 og 4	5 og 6	7 og 8
kjernetemp ved rykking [°C]	21.1	23.7	24.9	24.7
kommentar	første fisken på frys	siste fisken på frys	første fisken på frys	siste fisken på frys

**Tabell 3** Informasjon om hal og blokker fra Roaldnes

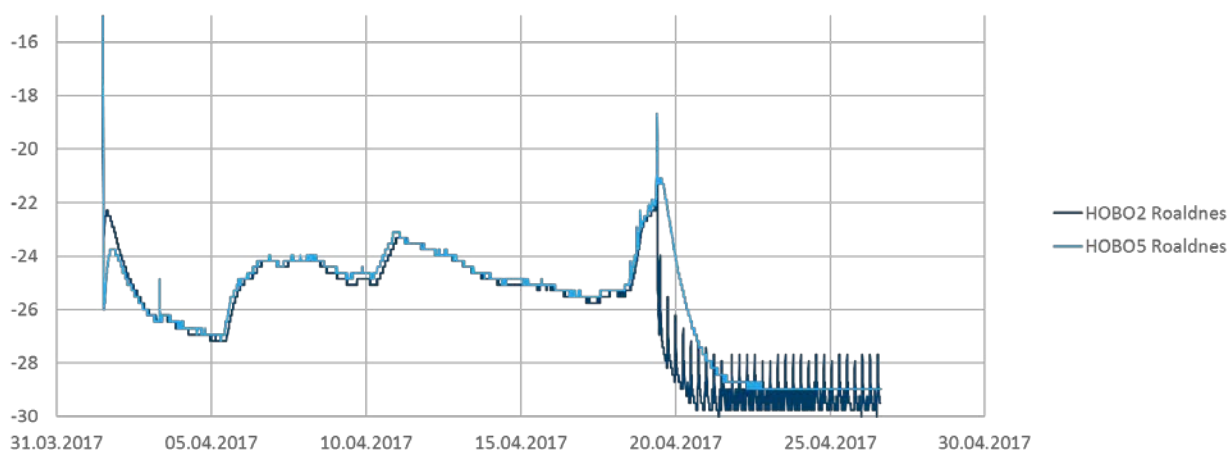
Fartøy	Roaldnes	
haul nr	3	5
dato	29.03.2017	29.03.2017
skytte kl	05:06	14:40
hyve kl	08:44	18:49
tråltid [h:min]	03:38	04:09
temperatur luft	5.0	5.0
temperatur vann	7.9	7.5
posisjon start	N62 43 Ø5 02	N62 41 Ø4 54
posisjon slutt	N62 40 Ø5 04	N62 41 Ø4 50
dybde start [m]	120	120
dybde slutt [m]	120	120
vindstyrke [m/s]	12	12
fiskearter	sei, hyse, lyr	sei, hyse, lyr
trålpose	1	1
totalfangst [kg]	5509	4813
start frysing		
slutt frysing		
tid i fryser	03:15	03:15
blokker		
kjernetemp ved rykking [°C]		
kommentar	har ikke tidspunkt for frysere	har ikke tidspunkt for frysere

## 6.4 Temperaturer under transport

Blokkene ble lagt på lageret til Nordic Wildfish over påske og etterpå transportert til SINTEF med lastebil. Temperaturen under lagring og transport ble logget og vises i Figur 10 og Figur 11. Temperaturkurvene varierer litt, men holder seg stort sett under -23 °C.



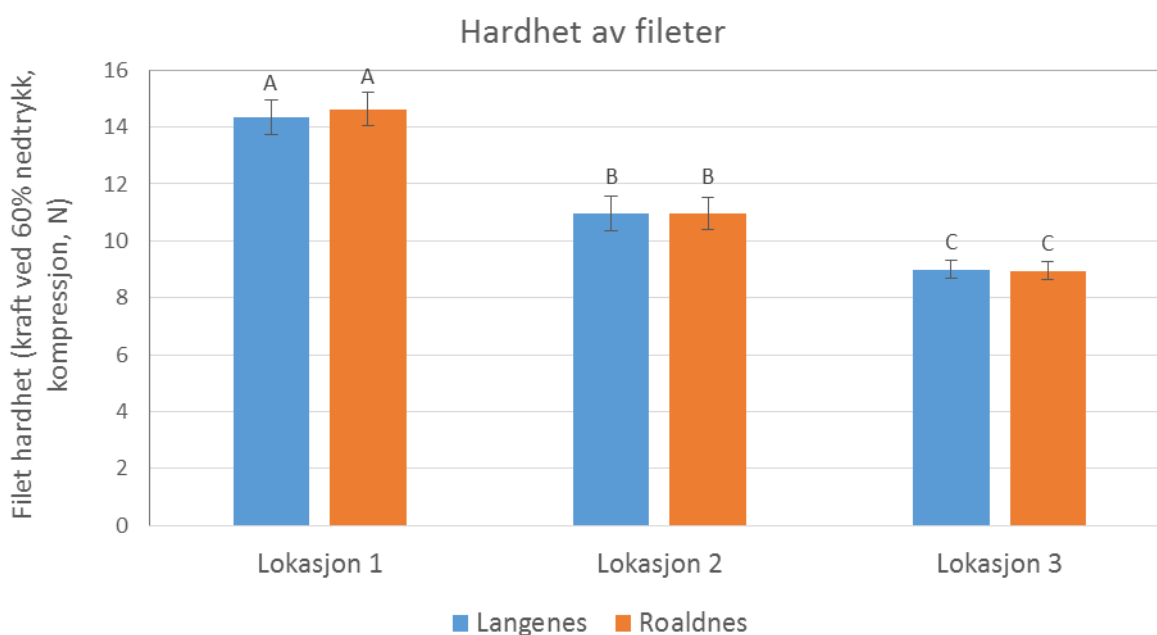
**Figur 10.** Temperatur under transport for blokker fra Langenes.



**Figur 11.** Temperatur under transport for blokker fra Roaldnes.

## 6.5 Tekstur - Hardhet

Verdier for hardheten til seifiletene fra Roaldnes og Langenes med nedtrykk ved tre ulike lokasjoner er gjengitt i Figur 12.



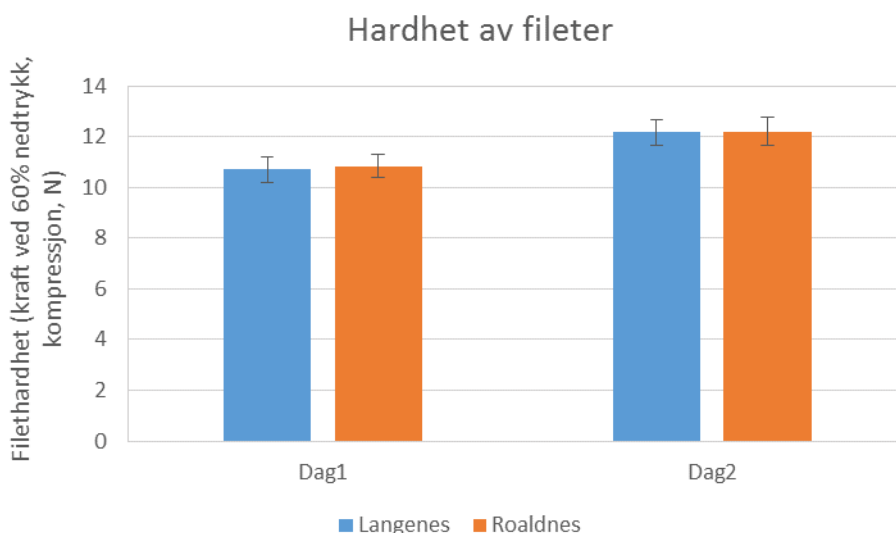
**Figur 12.** Tekstur av fileter målt som hardhet av høyre filet ved nedtrykk til 60% av prøvetykkelse ved tre ulike lokasjoner av fisk innfrosst med henholdsvis CO<sub>2</sub> (Roaldnes) og NH<sub>3</sub> (Langenes) ombord. Gjennomsnitt ± standardfeil, n=40. Bokstaver gjengir signifikante forskjeller mellom nedtrykkslokasjon for hvert av fartøyene (p<0,05).

Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller i hardhet mellom filetene fra de to fartøyene, og filetene fra Roaldnes og Langnes hadde gjennomsnittlig hardhet på  $11,4 \pm 0,4$  N og  $11,5 \pm 0,4$  N. Det ble derimot funnet signifikante forskjeller i hardhet mellom de ulike lokasjonene for hvert av fartøyene, hvor filetene var hardest ved lokasjon 1 og mykest ved lokasjon 3 (p<0,05). Studier som har benyttet samme målemetode som her gav gjennomsnittlig hardhet på fileter på 12,3 -14,0 N



for oppdrettstorsk lagret på is i 7 dager (Erikson et al., 2012), 22 N for oppdrettstorsk lagret på is i hhv. 4 og 10 dager (Hultmann og Rustad, 2007) og rundt 10 N etter 6 dager med lagring på is for villfanget torsk (Hultmann og Rustad, 2002). Det er ønskelig med høye verdier for hardhet, da dette representerer faste og fine fileter, mens lavere verdier ofte blir funnet for fileter med mykere konsistens og mer gaping/filetspalting. Sammenlignet med målinger gjort på ferske eller is og kjølelagrede fileter er disse hardhetsverdiene lavere. Dette er å forvente ettersom disse målingene ble gjennomført på tinte seifileter. Filetspalting eller gaping er kjent for å være en utfordring hos fisk som er fryst, tint og filetert ettersom det ved frysing blir produsert iskrystaller som fysisk bryter opp bindevevet i muskelen, noe som er med på å skape gaping eller spalting av muskelsegmentene (Foegeding et al, 1996). Det kan være flere grunner til at filetspalting oppstår som for eksempel lav muskel pH (f.eks. grunnet stress) og høy temperatur (Lavety et al., 1988). Filetspalting er ikke ønskelig ettersom fileten blir mykere og mindre attraktiv for produsenter og forbrukere som ønsker naturlig faste og spenstige fileter.

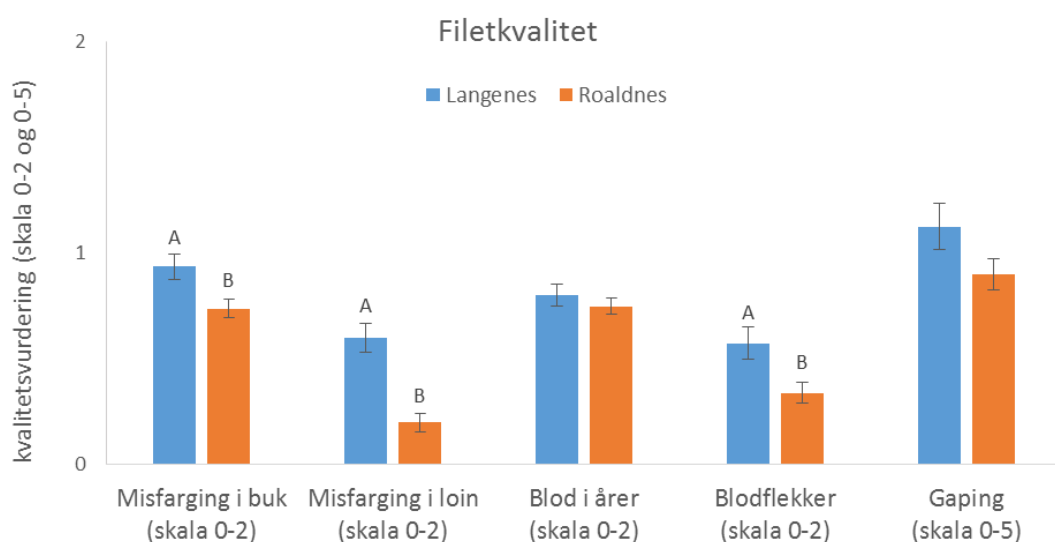
Det ble funnet forskjeller i hardhet mellom filetene mellom analysedagene ( $p < 0,05$ ), og filetene fra dag 1 var mykere enn filetene fra dag 2 med gjennomsnittlig hardhet på henholdsvis  $10,8 \pm 0,3$  N og  $12,2 \pm 0,4$  N. Forskjellene i hardhet kan ha en sammenheng med temperaturforskjeller. Fisken som ble analysert dag 1 hadde en gjennomsnittlig kjernetemperatur på  $5,9^{\circ}\text{C}$  for Langenes og  $5,1^{\circ}\text{C}$  for Roaldnes. Dag to lå fisken kortere tid i tiningskarene og hadde en noe lavere gjennomsnittstemperatur ( $4,1^{\circ}\text{C}$  for både Langenes og Roaldnes). Det ble funnet at seks fisker hadde temperaturer mindre enn eller lik  $1^{\circ}\text{C}$  dag 2 hvorav to av disse var med is, mens ingen var under dette dag 1 men det ble funnet én fisk med is. Den noe lavere temperaturen ved dag 2 kan ha hatt påvirkning på målinger av hardhet i fileten. Men, ettersom fangstene fra de to fartøyene ble jevnt fordelt på de to dagene kan man ikke se igjen dette når man summerer opp verdier for hvert av fartøyene (Figur 13).



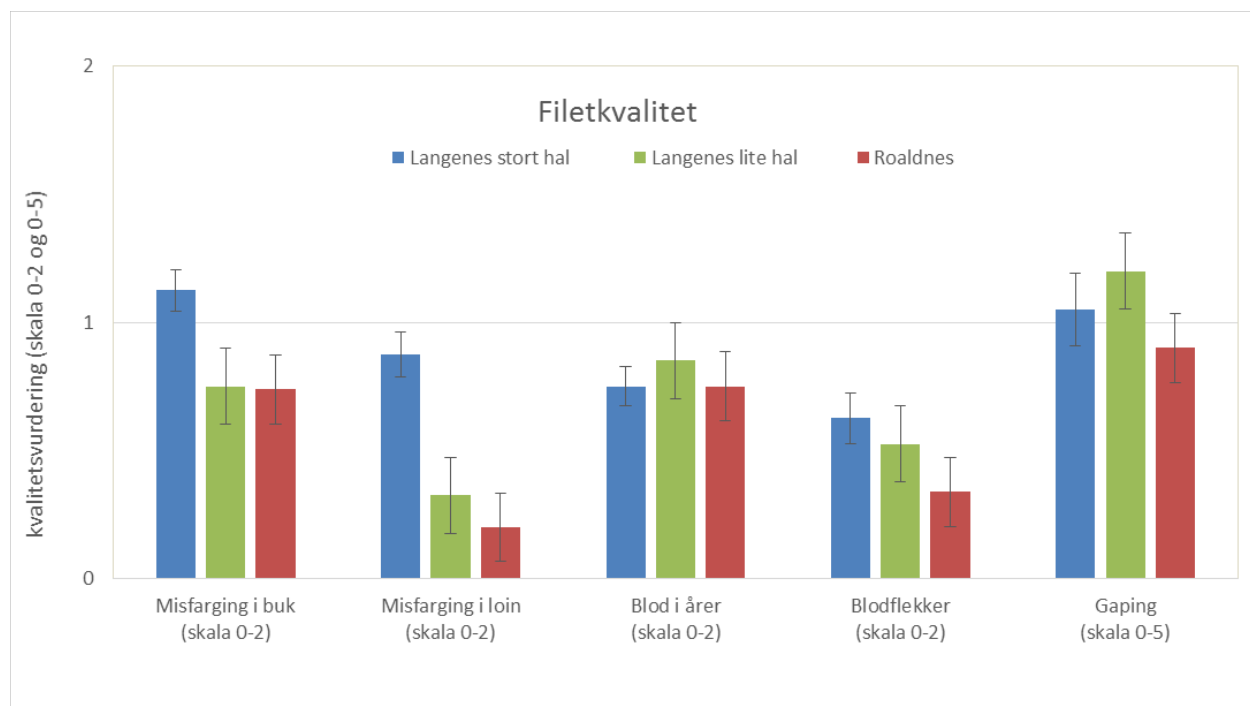
**Figur 13. Tekstur av fileter målt som hardhet av høyre fileten ved nedtrykk til 60% av prøvetykkelse (sum av tre lokasjoner) av fisk innfryst med henholdsvis  $\text{CO}_2$  (Roaldnes) og  $\text{NH}_3$  (Langenes) ombord. Gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil,  $n=60$ .**

## 6.6 Subjektiv vurdering av filetkvalitet

Ved sensorisk vurdering av filetene fra Roaldnes og Langenes ble det funnet at filetene fra Roaldnes var av en gjennomgående bedre kvalitet for alle parametere, se Figur 14. Det ble funnet signifikante forskjeller mellom filetene med hensyn til misfarging i buk og loin og blodflekker på fileter. Filetene fra Langenes hadde en høyere andel av røde/rosa fileter i buk og loin samt flere blodflekker sammenlignet med filetene fra Roaldnes. Noe av denne forskjellen kan stamme fra selve innfrysingsprosedyren, men der er sannsynlig at også andre prosesser og prosedyrer om bord har påvirket kvaliteten til fisken. Når fisken fra de to halene på Langenes ble sammenlignet var det tydelig at stort hal (16 tonn) gav dårligere kvalitet enn mindre hal (5,7 tonn), se Figur 15. Hvis Langenes oftere har slike store hal kan det gi utslag i kvalitetsanalyser.



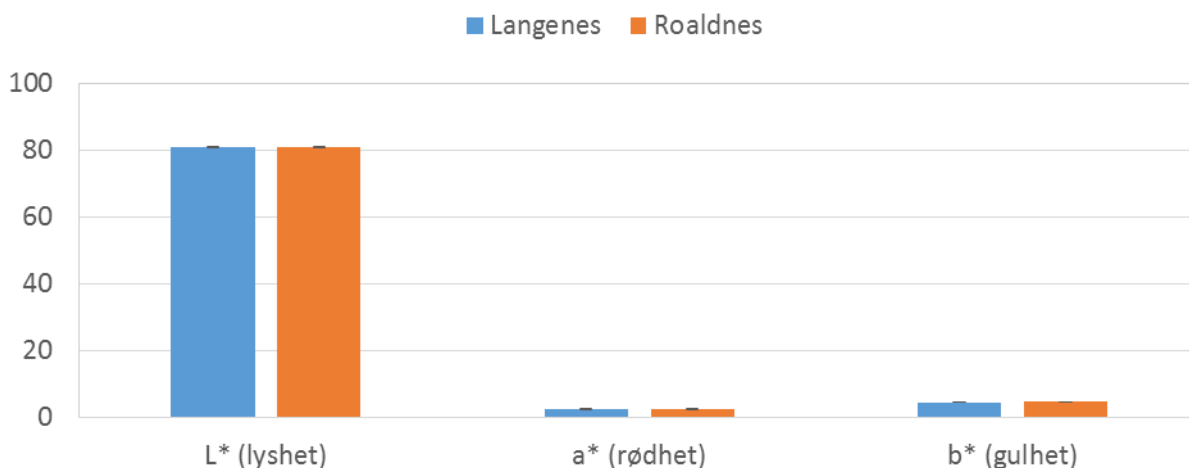
**Figur 14. Sensorisk vurdering av seifileter fra Roaldnes og Langenes (n=40). Filetene vurderes på en skala fra 0-2 for misfarging i buk, misfarging i loin, blod i årer i buk og blodflekker, og på en skala fra 0-5 for gaping/filetspalting (gjennomsnitt ± SE). Bokstavene gjengir statistiske forskjeller mellom fartøy for hver av parametere ( $p < 0,05$ ).**



**Figur 15. Visualisering av forskjeller i kvalitet mellom stort og lite hal. Sensorisk vurdering av seifileter fra Roaldnes (n=40), Langenes stort hal (n=20) og Langenes lite hal (n=20). Filetene vurderes på en skala fra 0-2 for misfarging i buk, misfarging i loin, blod i årer i buk og blodflekker, og på en skala fra 0-5 for gaping/filetspalting (gjennomsnitt  $\pm$  SE).**

## 6.7 Objektiv vurdering av filetfarge

Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller mellom fisk fra de to fartøyene for hverken  $L^*$ ,  $a^*$  eller  $b^*$ , se Figur 16 og Tabell 4. Det er ønskelig med lyse, hvite fileter, og en ønsker derfor å ha så lave verdier for rødhet som mulig samt høye verdier for lyshet og hvithet. Sammenlignet med resultater for trålfanget torsk ble filetene fra tint trålfanget sei funnet å ha noe høyere verdier for rødhet i filetene, ha noe lavere verdier for lyshet og hvithet. For lyshet og hvithet er dette som forventet, da grunntonen for sei ikke er like hvit som for torsk. Men, den noe høyere verdien for rødhet gjenspeiler at det var noe blod tilstede i filetene. Til sammenligning har analyser med samme oppsett for fersk og kjølelagret trålfanget torsk gitt lignende verdier for lyshet (83,7 til 83,9), rødhet (0,9 til 1,1), gulhet (-0,1 til 0,4), fargemetning (1,8), hvithet (82,7 til 83,9) og fargetone (-9,0 til 8,2) (Tveit et al. 2017).



Figur 16. CIE L\*a\*b\* for seifileter fra fartøyene Langenes og Roaldnes (n=40). Gjennomsnittsverdier ± SEM.

Tabell 4. Objektiv vurdering av filetfarge. CIE L\*a\*b\* av fangst frå Langenes og Roaldnes. Kun høgrefilet av tinte seifileter ble vurdert. Gjennomsnittsverdier ± SE. n=40. p-verdi gjengir verdier fra one-way anova.

Fartøy	L* (lyshet)	a* (rødhet)	b* (gulhet)	C <sub>ab</sub> (fargemetning)	W (hvithet)	H <sub>ab</sub> <sup>o</sup> (fargetone, °)
Langenes	80,3 ± 0,2	2,3 ± 0,1	4,4 ± 0,1	5,3 ± 0,1	67,6 ± 0,3	61,0 ± 1,1
Roaldnes	80,7 ± 0,2	2,3 ± 0,1	4,5 ± 0,1	5,3 ± 0,1	67,3 ± 0,2	61,5 ± 0,9
<i>p-verdi</i>	0,583	0,909	0,519	0,965	0,361	0,661

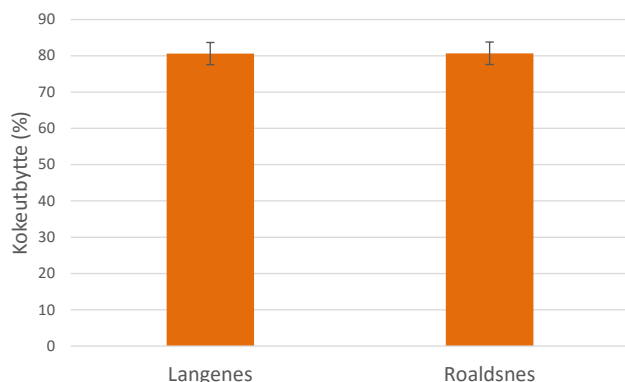
## 6.8 Kjemiske analyser, biologiske data og temperatur

Resultater fra kjemiske analyser, biologiske data og temperaturer vises i Tabell 5. Det ble funnet at den gjennomsnittlig pH-verdien i muskel varierte mellom 6,5-6,6, uten signifikante forskjeller mellom fisk fra de to fartøyene. Tinte torskfileter er rapportert å ha lignende pH verdier, på mellom 6,5 og 6,7 fryst før eller etter rigor ved opptil 17 måneder lagring på frys (Martinsdottir og Magnusson, 2001), og mellom 6,6 og 6,8 for torskfileter tint med ulike tiningsmetoder (Roiha et al. 2017, upubliserte data).

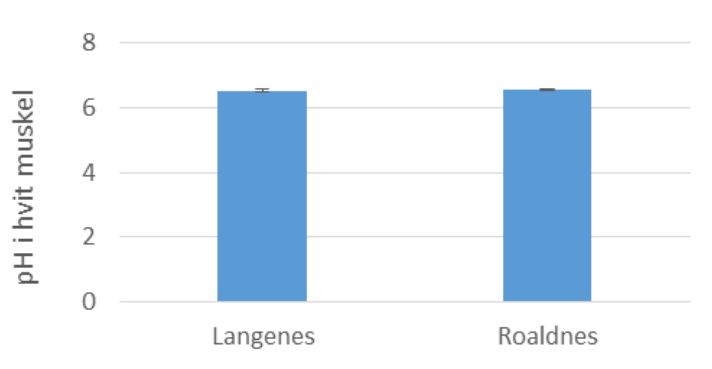
**Tabell 5. Sløydvekt (kg), kjernetemperatur (°C) og lengde (cm) av HG fisk, samt pH i hvit muskel, kokeutbytte (%) og vann i muskel (%) for sei fileter. Gjennomsnitt ± SE.**

	Langenes	Roaldnes	N
<b>pH i hvit muskel</b>	6,5 ± 0,0	6,6 ± 0,0	40
<b>Kokeutbytte (%)</b>	80,6 ± 0,5	80,7 ± 0,5	35-40
<b>Vann i hvit muskel (%)</b>	80,3 ± 0,1	80,0 ± 0,2	80
<b>Sløydvekt (kg)</b>	1,80	1,77	40
<b>Kjernetemperatur (°C)</b>	4,6	5,0	40
<b>Lengde (cm)</b>	45,4	45,0	40

Kokeutbyttet var også likt for fileter fra de to fartøyene, og ble funnet å være 80%. Tilsvarende har kjølelagret sei i to dager etter tining (Zhao, 2008) og torsk ved analyse like etter avsluttet tining (Roiha et al. 2017, upubliserte data) rapportert å gi kokeutbytte på henholdsvis 82% og 85%. Vann i hvit muskel på 80% var også likt for de to fartøyene. Lignende verdier er rapportert for torskfileter å variere på mellom 80-83% (Roiha et al. 2017, upubliserte data).



**Figur 17. Kokeutbytte (%) fra filetbiter under 100% steam ved 95°C.**



**Figur 18. pH i kvernet hvit muskel.**

## 6.9 Konklusjon

Ammoniakk i kuldeanlegg er vanlig i fiskeindustrien og har vært det over lang tid. De siste årene har CO<sub>2</sub> som kuldemedier økt i popularitet, og det har blitt tatt i bruk i flere sektorer, deriblant ombord på fiskefartøy. Ombord på tråleren Roaldnes benyttes CO<sub>2</sub> for innfrysning av hvitfisk (sløyd og hodekappet) i platefrysere. Både Langenes og Roaldnes bruker naturlige kuldemedier i kuldeanleggene, slik som mange andre norske fartøy. Naturlige kuldemedier er bra for miljø og klima og denne teknologien og kunnskapen bør spres til andre land eller andre typer av fartøy, hvor det ikke er like vanlig.

Kunder av Nordic Wildfish, samt deres eksterne kvalitetsanalytiker, Otto Giskeødegård, har rapportert at kvaliteten på produktene fra Roaldnes er bedre enn de fra andre fartøy. Derfor ønsket FHF at SINTEF Ocean AS undersøkte kvaliteten av hvitfisk fryst i dette anlegg og sammenlignet det med hvitfisk fryst ombord Langenes, som har et konvensjonelt kuldeanlegg (med ammoniakk). Prosessene for øvrig skulle være mest mulig like. Det ble gjort flere analyser, både sensoriske (visuelle) og objektive av kvalitet på fisken.

Ingen av de objektive målemetodene viste signifikante forskjeller mellom båtene. Dette er i samsvar med nylige studier som viser at det er vanskelig å detektere kvalitetsforskjeller for fisk med ulike innfrysningshastighet (Erikson et al., 2016) når andre relevante parametere (som fangstbehandling, frysetemperatur, tineprosedyre etc.) er like. Under de visuelle kvalitetsvurderingene kom Roaldnes litt bedre ut, men dette kan like gjerne ha med halstørrelse å gjøre. Det ene halet på Langenes var uvanlig stort, noe som er kjent for å kunne gi dårligere kvalitet på fisken (Wagner 1978, Digre et al. 2010).

Selv om dette studiet ikke viste noen signifikante forskjell på fisken fra de to anleggene, kan det ikke utelukkes at man kan se forskjeller i kvalitet ellers, eller etter lengre lagringstid. Den kortere ventetiden for fangsten som man får ved bruk av CO<sub>2</sub> kan være fordelaktig med hensyn på kvalitet. Dette kan være et insitamant for at flere fiskefartøy legger om til CO<sub>2</sub> som kuldemedier, i tillegg til at disse anleggene kan bygges kompakte og at de er mer miljø- og klimavennlige enn anlegg med syntetiske kuldemedier.

## 7 Referanser

Bello, R. A., Luft, J.H., Pigott, G.M (1982). Ultrastructural study of skeletal fish muscle after freezing at different rates. *J. Food Sci.* 47 : 1389:1394.

Digre, H., Erikson, U., Misimi, E., Lambooi, B., & Van De Vis, H. (2010). Electrical stunning of farmed Atlantic cod *Gadus morhua* L.: a comparison of an industrial and experimental method. *Aquaculture Research*, 41(8), 1190-1202.

Digre, H., Hansen, U. J., & Erikson, U. (2010). Effect of trawling with traditional and 'T90' trawl codends on fish size and on different quality parameters of cod *Gadus morhua* and haddock *Melanogrammus aeglefinus*. *Fisheries Science*, 76(4), 549-559.

Digre, H., Rosten, C., Erikson, U., Mathiassen, J. R., & Aursand, I. G. (2017). The on-board live storage of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) caught by trawl: Fish behaviour, stress and fillet quality. *Fisheries Research*, 189, 42-54.

Einen, O., Thomassen, M. S. (1998) Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon, *Aquaculture*, Volume 169, Issue 1, Pages 37-53, ISSN 0044-8486.

Erikson, U., Kjørsvik, E., Bardal, T., Digre, H., Schei, M., Søreide, T.S., Aursand, I.G. (2016) Quality of Atlantic Cod frozen in cell alive system, air-blast and cod storage freezers. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25, 1001-2020.

Erikson, U., Lambooi, B., Digre, H., Reimert, H.G.M., Bondø, M., van der Vis, H. (2012). Conditions for instant electrical stunning of farmed Atlantic cod after de-watering, maintenance of unconsciousness, effects of stress, and fillet quality – A comparison with AQUI-STM. *Aquaculture*, 324-325, 135-144.

Foegeding, E. A., Lanier, T. C., Hultin, H. O. (1996). Characteristics of edible muscle tissues. *Food chemistry*, 3(15), 879-942.

Hultmann, L., Rustad, T. (2002). Textural changes during iced storage of salmon (*Salmo salar*) and cod (*Gadus morhua*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 11(3-4), 105-123.

Hultmann, L., Rustad, T. (2007). Effects of temperature abuse on textural properties and proteolytic activities during post mortem iced storage of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Food chemistry*, 104(4), 1687-1697.

Lavety, J., Afolabi, O. A., & Love, R. M. (1988). The connective tissues of fish. *International Journal of Food Science & Technology*, 23(1), 23-30.

Martinsdottir, E., Magnússon, H. (2001). Keeping Quality of Sea-Frozen Thawed Cod Fillets on Ice. *Journal of Food Science*, 66(9), 1402-1408.

Roiha, I. S., Tveit, G. M., Backi, C. J., Karlsdóttir, M., Lunestad, B. T. (upublisert). Quality and safety of cod (*Gadus morhua*) after thawing in water at different temperatures.

Tveit, G.M., Sistiaga, M.B., Øye, E.R., Schei, M. (2017) OC2017 A-081 - Kvalitetsvurdering av fisk fanget med to- og fire-panel seleksjonsinnretninger: Bidrar 4-panelkonstruksjoner og knuteløst lin til økt kvalitet? Tokt ombord F/Tr Havtind 28.06.16 - 11.07.16. Trondheim: SINTEF Ocean.

Wagner, H. (1978). Einfluss der Schleppzeiten und Steertfüllung auf die Qualität des Fisches. *Seewirtschaft*, 10(8), 399-400.

Zhao, Q., Klonowski, I., Karlsdottir, M. G., Arason, S., Thorarinsdottir, K. A. (2013). Effects of Injection of Protein Solutions Prepared from Fish By-products on Yield and Chemical Properties of Chilled and Frozen Saithe (*Pollachius virens*) Fillets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 22(3), 258-269.



## 8 Leveranser

- Referat fra styringsgruppemøte 1 – møtet avholdt på Skype torsdag 3 nov kl 10-11
- Referat fra styringsgruppemøte 2 – møtet avholdt på Skype tirsdag 6 jun kl 12-13.30
- Presentasjon (ppt) av resultater forevist i styringsgruppemøte 2 samt sendt på mail etter oppdatering
- Faktaark
- Administrativ sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer
- Faglig sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer

## A Vedlegg

**Tabell 6.** Skjema for visuell vurdering av filetkvalitet som gitt i Digre et al. (2017).

Parameter	Beskrivelse	Poengskala
<b>Filetfarge</b>	Grunnfarge buk	0: homogen hvit
		1: rosa
		2: rød
	Grunnfarge loins	0: homogen hvit
		1: rosa
		2: rød
	Blodflekker	0: ingen synlige blodflekker
		1: en eller to små blodflekker i buk eller hale
		2: flere små blodflekker på filetene eller blåflekker på loins
<b>Utblødning</b>	Blodfylte årer	0: ikke synlige blod i årer
		1: delvis fylte blodårer (<5 årer)
		2: delvis eller helt fylte blodårer (>5 årer)
<b>Gaping</b>	Spalting av filet	0: ingen gaping
		1: få små spalter (<5)
		2: noen små spalter (<10)
		3: mange spalter (<10 eller få store)
		4: utpreget gaping
		5: ekstrem gaping (fileten faller fra hverandre)