



# Rapport

## Temperaturstyring i klippfiskindustrien

- Optimal styring av temperatur under salt- og klippfiskproduksjon

### Forfatter(e):

Erlend Indergård, Sjurður Joensen, Kristin Hansen og Gustav Martinsen

### Rapportnummer:

2024:00575 - Åpen

### Oppdragsgivere:

FHF og Brødrene Sperre AS



SINTEF Ocean AS  
Postadresse:  
Postboks 4762 Torgarden  
7465 Trondheim  
Sentralbord: 40005100  
info@sintef.no

Foretaksregister:  
NO 937357370 MVA

# Rapport

## Temperaturstyring i klippfiskindustrien

Optimal styring av temperatur under salt- og klippfiskproduksjon

**EMNEORD**  
Klippfisk, saltfisk,  
temperatur, RSW

**VERSJON**  
V2

**DATO**  
2024-12-18

### FORFATTER(E)

Erlend Indergård, Sjurður Joensen, Kristin Hansen og Gustav Martinsen

**OPPDRAGSGIVER(E)**  
FHF og Brødrene Sperre AS

**OPPDRAGSGIVERS REFERANSE**  
Inger-Marie Sperre

**PROSJEKTNUMMER**  
FHF: 901816 / SINTEF 302007384

**ANTALL SIDER**  
34

### SAMMENDRAG

Denne rapporten er skrevet i 2 deler, hvor del 1 er en oppsummering og status av hva som er kjent i forhold til temperaturstyring under de ulike prosessstrinnene gjennom produksjon av klippfisk, og som har kommet frem fra en rekke forskningsprosjekter opp gjennom årene. Del 2 beskriver metodikk og resultater av forsøk gjennomført på temperaturutjevning i fisk under tining av fiskeblokker før flekking.

Det var vanskelig å komme med begrunnede konklusjoner når det gjelder temperatur og flekkeutbytte. Det er en bedre kvalitet i form av mindre spalting på tint fisk som er utjevnet ved  $-1-0^{\circ}\text{C}$ , sammenliknet med utjevning ved  $4^{\circ}\text{C}$ .

Utjevningstiden for å få all frosset/tint fisk til under  $0^{\circ}\text{C}$  vil være 5-6 timer pga. stor variasjon i kjerne-temperaturen på fisken etter tining (før utjevning). Hvis man aksepterer at noen enkeltfisk fortsatt kan en litt forhøyet temperatur ved flekking, så vil 3-4 timer i utjevning være tilstrekkelig. Tid for utjevning til under  $0^{\circ}\text{C}$  for fersk fisk er mye kortere, rundt 2-3 timer, da temperaturvariasjonene i fiskene før utjevning er mye mindre.

### UTARBEIDET AV

Erlend Indergård / Sjurður Joensen

SIGNATUR

E. Indergård (Dec 20, 2024 14:04 GMT+1)

Sjurður Joensen (Dec 20, 2024 14:34 GMT+1)

### KONTROLLERT AV

Eirik S. Svendsen

SIGNATUR

### GODKJENT AV

Kirsti Greiff

SIGNATUR

Kirsti Greiff (Dec 20, 2024 14:21 GMT+1)

COMPANY WITH  
MANAGEMENT SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001 • ISO 14001  
ISO 45001

**RAPPORT NR.**  
2024:00575

**ISBN**  
978-82-14-07212-9

**GRADERING**  
Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**  
Åpen

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Mål med prosjektet .....</b>	<b>4</b>
1.1	Delmål: .....	4
<b>2</b>	<b>Prosjektaktiviteter og -avslutning .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Kunnskapsstatus – temperatur i salt- og klippfiskprosessen .....</b>	<b>6</b>
3.1	Kvalitet på råstoffet .....	7
3.1.1	Ferskt råstoff .....	7
3.1.2	Frosset råstoff .....	7
3.2	Tining av blokker .....	8
3.2.1	Industriell tining i tank .....	8
3.3	Flekking .....	8
3.4	Temperatur under saltmodning .....	9
3.5	Tørking .....	10
3.6	Lagring av klippfisk .....	10
<b>4</b>	<b>Temperering av fisk før flekking - Forsøk 1 .....</b>	<b>12</b>
4.1	Bakgrunn og metoder - temperering .....	12
4.2	Resultater – temperaturutjevning forsøk 1 .....	13
4.2.1	Målt kjernetemperatur under temperaturutjevning. ....	13
4.2.2	Variasjon i utjevningstemperatur .....	13
4.2.3	Målt utjevningstemperatur .....	14
4.3	Tid før kjernetemperatur når ønsket utjevningstemperatur .....	15
4.3.1	Utjevningstemperatur på -1°C, Vekt 4,5 kg .....	15
4.3.2	Utjevningstemperatur på +2°C, Vekt 4,5 kg .....	16
4.3.3	Utjevningstemperatur på +4°C, Vekt 4,5 kg .....	16
4.3.4	Utjevningstemperatur på +0°C, Vekt 6,5 kg .....	17
4.4	Beregning av tid til ønsket utjevning .....	17
4.5	Kvalitet og utbytte .....	18
4.5.1	Spalting og kvalitetsfeil .....	18
4.5.2	Flekkeutbytte .....	20
4.6	Ryggknekk .....	21
4.7	Diskusjon etter utjevningsforsøk 1 .....	21
<b>5</b>	<b>Temperering av fisk før flekking – Forsøk 2 .....</b>	<b>22</b>
5.1	Bakgrunn og metoder .....	22
5.2	Resultater temperaturutjevning forsøk 2 .....	23
5.2.1	Målt kjernetemperatur under temperaturutjevning. ....	23

5.2.1.1	Frosset/tint fisk.....	23
5.2.1.2	Fersk fisk .....	24
5.3	Is som kjølemedium .....	25
5.4	Flekkeutbytter og kvalitet etter flekking.....	26
5.4.1	Råstoffet før flekking .....	26
5.5	Flekking .....	27
5.6	Vektmålinger .....	29
5.7	Spalting.....	31
<b>6</b>	<b>Diskusjon - utjevningstemperering.....</b>	<b>32</b>
	<b>Referanseliste .....</b>	<b>33</b>

BILAG/VEDLEGG

---

Ingen

---

## 1 Mål med prosjektet

Det er et kontinuerlig fokus på kvalitetsforbedringer i hele verdikjeden (tining, salting, modning, tørking og lagring) for klippfiskproduksjon. Det var nå behov for å gjennomføre en helhetsstudie knyttet til temperaturrens påvirkning på utbytte og kvalitet. Målet med prosjektet var å dokumentere hvordan temperatur påvirker utbytte og kvalitet ved klippfisk-produksjon av torsk og sei.

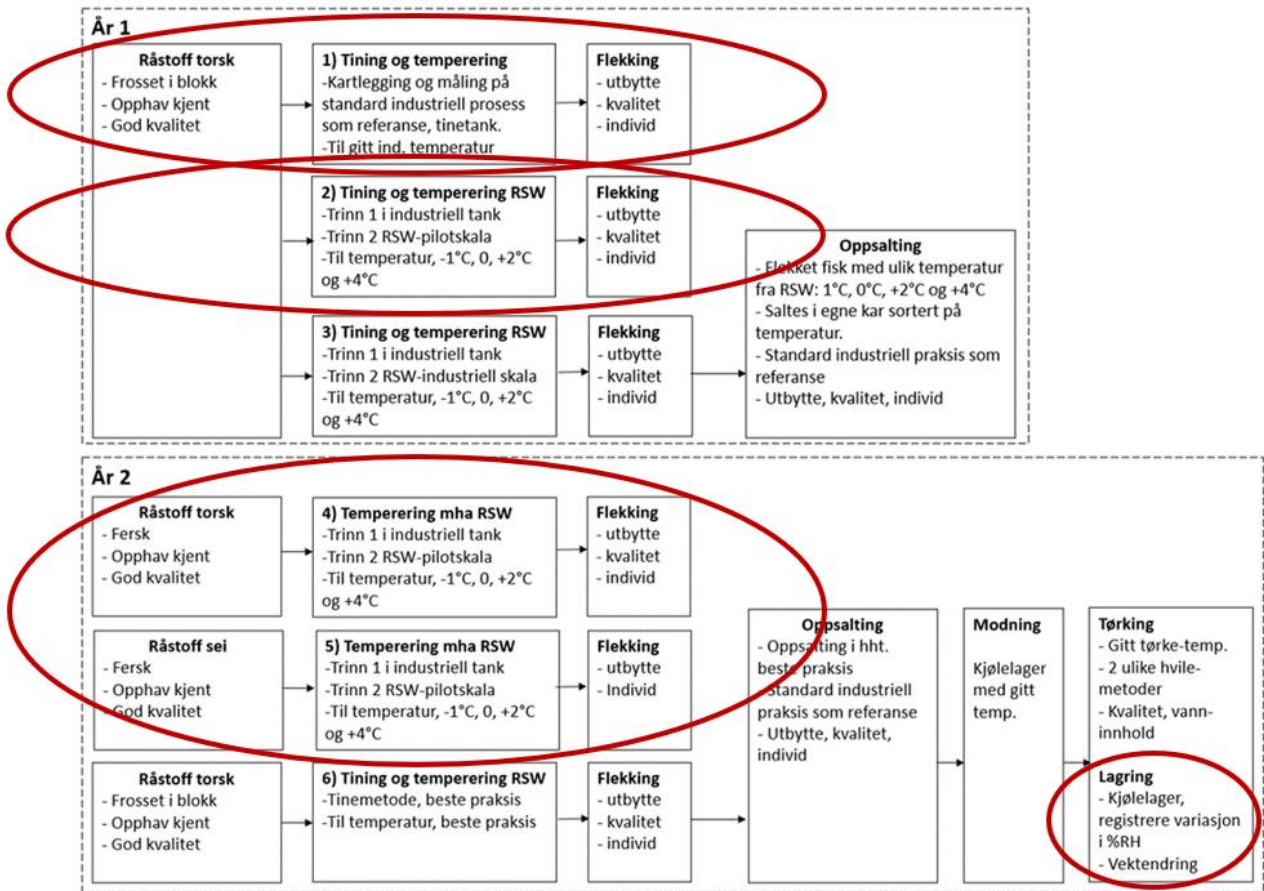
### 1.1 Delmål:

1. Utarbeide en kunnskapsstatus om hvordan temperatur påvirker utbytte og kvalitet, gjennomgående i hele produksjonsprosessen.
2. Kartlegge optimal temperaturstyring og prosess ved tining, salting, modning, tørking og lagring.
3. Dokumentere muligheter og synergier for utnyttelse av overskuddskulde i tineprosessen.
4. Beregne/dokumentere utbytte og kvalitetsvurdering i hvert steg av produksjonen med bedriftens egne kriterier vs. instrumentelle målinger.
5. Utarbeide forslag til «beste praksis» for de ulike trinn og den totale produksjons-prosessen.

## 2 Prosjektaktiviteter og -avslutning

Denne rapporten er skrevet i 2 deler, hvor del 1 er en oppsummering og status av hva som er kjent i forhold til temperaturstyring under de ulike prosesstrinnene gjennom produksjon av klippfisk, og som har kommet frem fra en rekke forskningsprosjekter opp gjennom årene. Del 2 beskriver metodikk og resultater av forsøk gjennomført på temperaturutjevning i fisk under tining av fiskeblokker før flekking.

Prosjektet gikk over 2 år, og de planlagte og gjennomførte (ringet rundt i rødt) forskningsaktivitetene er vist i Figur 1 under. Et av de mest sentrale prosesstrinnene som påvirker utbytte og kvalitet er tining av blokker før flekking. Etter tradisjonell industriell tining vil enkeltfisk ha en betydelig variasjon i kjernetemperatur før flekking. Ved å temperere fisken til lav og jevn temperatur i RSW (refrigerated sea water), var hypotesen at man skulle kunne øke utbyttet og kvaliteten etter flekkingen. Etter en omfattende testing ble det klart at man med denne metoden reduserer spalting, men man får ingen signifikant økning i flekke-utbytte. Det er teorier på hvordan man også kan øke flekke-utbyttet noe, men dette vil være utfordrende å implementere industrielt. I og med at optimalisering av de påfølgende prosesstrinnene etter flekking vil være avhengige av at man fremskaffer flekt fisk med jevn og kald temperatur, ble det derfor valgt å avslutte prosjektet. Enkelte mål i prosjektet vil derfor ikke bli besvart. Metoder, resultater og diskusjoner rundt gjennomføring av temperering av frosset og tint fisk er beskrevet i Del 2, kap. 4 og 5.



Figur 1: Planlagte og gjennomførte aktiviteter i prosjektet

Videre i denne rapporten vil spørsmål rundt optimal temperering av fisken gjennom prosesslinjen besvares både som beskrivelse av kunnskap etablert gjennom tidligere prosjekter (Del 1), samt supplerings av nyvervet kunnskap fra dette prosjektet (Del 2).

# Del 1

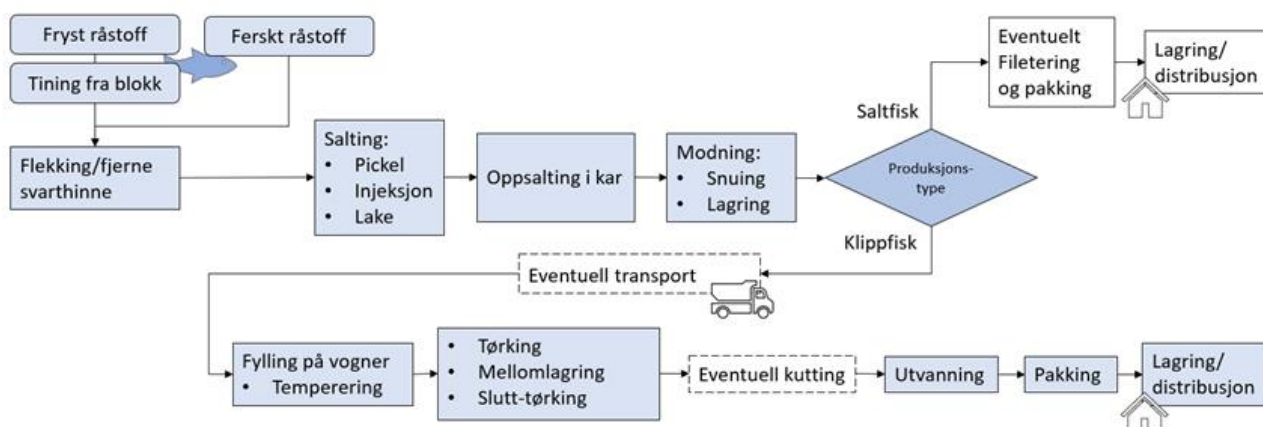
## 3 Kunnskapsstatus – temperatur i salt- og klippfiskprosessen

Under produksjon av saltfisk og klippfisk er det mange prosesstrinn og faktorer som kan innvirke på kvalitet og utbytte. Dette er dokumentert i en rekke forskningsprosjekter. I flere åpne og bedriftsinterne prosjekter er det påvist at enkelt-faktorer påvirker kvalitet og utbytter. Likevel er det ikke alltid så enkelt å konkludere med hvordan endring av en faktor endrer andre forhold senere i prosessen. Ofte er det også slik at det som er gunstig for en kvalitetsparameter kan være ugunstig for en annen kvalitetsparameter eller utbyttet som flekket, saltfisk eller klippfisk.

Generelt vil alle enkeltvalg i hver del prosess kunne påvirke kvalitet eller utbytte i den videre prosessen. For mange av innsatsfaktorene og prosesstrinnene er det ikke praktisk mulig å gjenskape identiske forhold fra dag til dag. Dermed blir det komplisert å måle hvilke enkeltfaktorer innvirker på sluttkvalitet eller det endelige utbytte. Det forekommer også at det blir et motsetningsforhold mellom faktorer som er gunstig for kvalitet, kontra utbytte.

Gjennom både forskning og erfaringer i næringen, er det vist at noen forhold er viktigere enn andre for å oppnå god kvalitet og utbytte. Noen sentrale forhold er råstoffet, rigor status, fryseprosessen, tineprosessen, flekkingen, saltemetoder, saltetemperatur, type salt, modningstid, tørkebetingelser og lagringstemperatur.

Over tid har industrielle erfaringer og forskning nærmet seg gode prosesser, men fortsatt er det for mye usikkerhet til å sette sammen kunnskapen fra alle enkelt-forsøk til en optimal total prosessbeskrivelse, eller "beste praksis". Temperatur er et eksempel på en parameter som både vil ha innvirkning på kvalitet og utbytter, men som også er vanskelig å kontrollere og styre i alle steg i prosessen. Dette arbeidet tar for seg kunnskapsstatus med søkelys på temperatur i prosessen. Prosesstrinnene i salt- og klippfiskproduksjonen er vist i Figur 2.



Figur 2: Prosesstrinn for produksjon av salt- og klippfisk

## 3.1 Kvalitet på råstoffet

Det største volumet av saltfisk blir produsert fra blokk-frosset fisk, men en del fersk fisk blir også flekket og saltet direkte som ferskt. Råstoffet har stor innvirkning på både utbytte og kvalitet. Samtidig vil råstoffet også legge rammen for hvordan prosessen skal gjennomføres. På godt ferskt råstoff kan en eksempelvis benytte filetering og skånsomme saltemetoder, og omsette til godt betalte saltfiskmarkeder. Klippfiskindustrien bruker typisk fryst råstoff hvor det i tillegg til råstoffkvaliteten er viktig at innfrysing, tining og tinetemperatur inn til flekkemaskin er gjennomført korrekt for å lykkes.

### 3.1.1 Ferskt råstoff

På ferskt råstoff som fullsaltes er tiden, fra fangst til det saltes, mest viktig for saltfiskutbytte. Rigor-status (dødsstivhet) på saltetidspunktet påvirker det endelige sluttproduktets utbytte og forventet kvalitet. Salting av fisk i pre-rigor tilstand gir et betydelig utbyttetap, sammenliknet med en fisk saltet etter dødsstivhet (Akse og Joensen 1996). Oftest ser en også at fisken krymper når den tilføres salt i fasene før dødsstivhet inntreier, noe som gir fisken en spesiell form og muskeloverflate. Det er derfor vanlig at saltfisk-produsenter venter med flekking og salting til ferskfisken er på vei ut av rigor. Altså lagre fisken på is til dødsstivheten er så svak at fisken greit kan flekkes maskinelt, men før den er så bløt at den kan skades i flekkeprosessen. Noen produsenter lar ferskt råstoffet stå i kar med vann i 2-4 dager uten at fisken er helt nedkjølt på is, for hurtigere rigor-gjennomgang. Ved lagring i vann, får fisken også en vektøkning som blir med inn i saltfiskutbytte (Joensen et al 2000). Erfaringsmessig er det viktig å ha kontroll på temperaturen og lagringstiden når råstoffet lagres. Lagres fisken for lenge eller for varmt er den utsatt for spalting ved flekking. For sildetorsk eller loddetorsk er det alltid viktig med lav temperatur ved kjølelagring og gjerne kort lagringstid før den flekkes. Også variasjoner gjennom sesongen som vil påvirke kvaliteten og hvilket utbytte en kan forvente av fisken. Etter gyting er det mere vann i muskelen og en kan da forvente lavere utbytter i saltfiskproduksjonen.

### 3.1.2 Frosset råstoff

Frysing av fisk til videre prosessering av salt- og klippfisk blir vanligvis gjennomført som blokkfrysing i platefrysere. Denne innfrysingsmetoden er godt egnet til industriell produksjon, og kvaliteten på fisken blir bra pga. relativ høy innfrysningshastighet, som vanligvis forbindes med mindre cellesprenging. Innfrysningen må få tid til å fullføres helt, slik at sluttemperaturen er kaldere enn minus 20 grader. Under fryselagring er lav og stabil temperatur viktig, sammen med at fisken er godt emballert. Lakefrysing er en metode som er prøvd til salt- og klippfiskproduksjon. Metoden er rask og energi-effektiv, men gir singelfryst fisk. Dette kan imidlertid gi utfordringer for videre industriell produksjon, som bl.a. større volum av frosset vare, samt noe misfarging av kuttflater på fileten.

Fryst råstoff oppnår bedre utbytte både som saltfisk og klippfisk. (Akse 1995; Claussen, 2011). Det økte utbyttet skyldes at det etter frysing og tining vil være en del cellesprengning som åpner muskel-strukturen og de ytre sonene av fisken får høyere opptak av salt, og danner en "hinne" som reduserer vanntransport. Under tørking til klippfisk dannes det videre en tørr salthinne som reduserer tørkehastigheten. Tørrsjiktet i overflaten på klippfisken vil imidlertid gjøre at klippfisken kjennes tørrere ut, og kan omsettes med noe høyere utbytte. Tørkes ferskt og frosset råmateriale ned til samme spesifikke vanninnhold, vil utbytte bli tilnærmet likt, men frosset råstoff krever lengre tørketid (Claussen, 2011).



## 3.2 Tining av blokker

### 3.2.1 Industriell tining i tank

Tining av fisk fra blokk i tanker gjøres for å klargjøre råstoffet til flekking og etterfølgende salting. Her er riktig temperering av fisken essensielt. Sjøvann fra en gitt dybde og temperatur (6-10°C) tilføres tinetanken, hvor første steg er å tine så mye at oppdeling av blokkene er mulig. Tilsats av nytt sjøvann stoppes ofte på dette tidspunktet, men tiningen av singelfisk fortsetter under fallende temperatur pga. at kulden fra is-smeltingen i fiskene. Etter oppdeling er utfordringen å tine tykke deler av fisken samtidig som man ikke øker temperaturen for mye på de tynnere delene. Før flekking skal fisken helst være utjevnet i temperatur og helst nært 0°C eller ned mot -1°C (Magnussen 2009).

Industrielt får man erfaringsmessig ofte ujevn temperatur mellom ulike fisk, og internt i fisken. Er temperaturen etter tining for lav slik at kjernen fortsatt er fryst, vil ikke flekkemaskinen kunne skjære fisken korrekt. Det gir både flekkefeil og ukontrollerbart flekkeutbytte. Er fisken derimot overtint, kan flekkemaskinen rive fiskemuskel og fisken spalter. En forsøker derfor å avslutte tiningen med en fisk som er så kald som mulig uten at kjernen er fryst, slik at den kan flekke korrekt uten å spalte. For å få dette til må fisken ha en utjevnet temperatur i siste steg av tiningen. Ved å benytte RSW (Refrigerated SeaWater), enten alene (på ferskt) eller i kombinasjon med tinetank (frosset) vil man kunne øke kontrollen på temperaturforløpet i fisken under siste del av tiningen, og dermed redusere disse temperatur-variasjonene.

## 3.3 Flekking

Første steget i salteprosessen er flekking eller filetering av fersk eller tint fisk. Mest vanlig er flekking hvor fremre del av ryggbeinet fjernes, samtidig som hele fisken flekkes opp, slik at musklene er tilgjengelig for salt. Rett etter flekkemaskin fjernes svarthinnen (rogging), nakkeblod og andre rester fjernes med børste eller vakuumsug. Erfaringsmessig er det kjent at riktig innstilling av flekkemaskin og riktig utførelse av flekkingen er viktig for flekkeutbytte og kvalitet. Et godt flekkeutbytte får en med seg videre inn i til saltfisk- og klippfiskutbytte. Tilsvarende blir flekkefeil og skader påført under flekking med på å bestemme kvalitetsgraderingen som saltfisk eller klippfisk. Ved flekking blir det ofte en avveining eller valg mellom gode flekkeutbytter på den ene siden og graden av flekkefeil og spalting på den andre siden.

På et tint råstoff til flekking er det trolig et smalt vindu for å oppnå kontrollerbart flekkeutbytte, lite flekkefeil og lite spalting. Optimal temperatur før flekking ligger sannsynligvis nært 0°C eller ned mot -1°C, men det er også avgjørende at temperaturen er jevn gjennom fisken. Optimal temperatur for salting er trolig noe høyere enn optimal flekketemperatur, dette for å oppnå tilstrekkelig saltinnngang. Noen tidligere forsøk viser imidlertid at de kaldeste fiskene får best saltfiskutbytte regnet fra sløyd og hodekappet (Magnussen 2009). Kort sagt ønsker man at fisken etter tining er utjevnet slik at den er kald, gjerne delvis fryst (litt stivhet i muskelen, ned mot -1,5°C i kjernen). En slik delvis fryst fisk klarer de fysiske belastningene av maskinell flekking og etterfølgende prosesser. Er muskelen for kald (for stiv) øker feilskjæring, og er den fryst kan den ikke skjæres. Er muskelen for varm rives og spaltes muskelen før den er i salte-karet. Høy temperatur i råstoffet gjør også at fisken blir mer utsatt for påførte skader under rogging, rensing og legging i kar. Fersk vinterfisk kan tåle å bli temperert til eksempelvis 4°C, mens åte-sprengt fisk gir utfordringer med løs og spaltet fisk selv på kjølt fisk (Stoknes 1999).

### 3.4 Temperatur under saltmodning

Erfaringer i næringen og gjennom forskning viser at utbytte og kvalitet på saltfisk og klippfisk påvirkes i stor grad av hvordan man starter saltingen, både med valg av metode (Bragadóttir og Bjarnasson 1995; Joensen et al 2005; Akse & Joensen 2008; Joensen et al 2010; Joensen et al 2012) og valg av temperatur (Joensen et al 2014; Lauritzsen et al 2006; Joensen et al 2006; Bjørkevoll et al 2010; og Bjarnarson 1986). Sammen med tilstanden på råstoffet er starten av saltingen mest avgjørende for sluttproduktets utbytte og kvalitet. Forsøk har vist at innsaltingsmetoder hvor saltet tas opp hurtig, samtidig som fisken ikke er under fysisk press, gir et høyt utbytte i starten. Denne utbytte-gevinsten vedvarer gjennom hele prosessen når alle andre parametere er like.

Når man vurderer effekten av temperatur i saltfiskproduksjon er det avgjørende å skille mellom innsaltingen, de første dagene, hvor temperaturen gjerne kan være 6-12 °C. Mens temperaturen senere i modningen bør senkes til kjøletemperatur. Ved lagring skal saltfisken alltid holdes kjølt (Joensen et al 2017).

Fisk saltes vanligvis i isolerte kar. Når salte-karet er fullt, vil temperaturen i karet bli bestemt ut fra temperaturen på fisken og saltet som er tilført. Nedkjøling og oppvarming av hele kar med saltfisk tar lang tid, gjerne dager, og fisken og saltet må derfor være temperert før plassering i kar dersom en ønsker høyere temperatur under salting. Tilsvarende må en starte kjølingen tidlig for å få ned temperaturen i karet når en skal overføre fisken til modningsfasen (Joensen et al 2014). Det er ikke gode forskningsdata på hva som er beste temperatur på råstoffet inn til salting eller beste temperaturen under første del av salting. Men jevnt over er en noe forhøyet temperatur gunstigere for utbytte og kvalitet målt som farge på saltfisken. En forklaring kan være at økt temperatur øker saltinngangen og dermed konserverer fisken hurtigere. Erfaringsmessig er det meget ugunstig for kvaliteten dersom første del av saltingen er ved minusgrader. Trolig skyldes det forsinket saltopptak i fryst muskel.

Ved modning etter den første uken, og under videre lagring av fiskeråstoff, er tommelfingerregelen å alltid holde produktet kjølt. Alle temperaturhevinger øker faren for at uønskede prosesser starter i fiskemuskelen, og typisk kommer disse til syne først når en har en saltmoden fisk, eller som klippfisk. Eneste grunnen til å heve temperaturen noe, er for økt saltopptak i første del av saltmodningen. Etter noen dagers saltmodning skal saltfisk alltid modnes og lagres på kjølerom, gjerne beskyttet fra lys og sirkulerende luft. Økt temperatur her gjør at fisken slipper mere vann, og utbytte vil dermed reduseres. Økt temperatur, lys og luft vil også øke muligheten for harskning og gulning av fisken. Ved temperaturer over 8-10°C kan også saltfisk få vekst av rødmidd. Saltfisk skal derfor helst kjøles helt ned mot null grader (Lorentzen 2018; Joensen et al 2017; Joensen et al 2014; Kvangarsnes, K. 2012; Claussen et al 2009 og Bjarnarson 1986).

Type salt (bergsalt, sjøsalt) vil også påvirke saltopptak, utbytte og kvalitet. Det samme vil størrelsesfordeling av krystaller, opprinnelse og vaskegrad i tillegg til kjemisk sammensetning av kalsium og magnesium forbindelser.

Bemerk at når saltfisken skal benyttes til klippfiskproduksjon kan det være andre avveininger enn bare maksimalt utbytte i saltfiskproduksjonen som er avgjørende. Salteprosesser med godt utbytte og korte modningstider gir en fisk som er tyngre å tørke frem til klippfisk med et bestemt vanninnhold.

### 3.5 Tørking

Det er stor forskjell i tørke-utbyttet på en godt og en mindre godt modnet fisk. Utfordringen ligger i at saltfiskutbyttet blir høyere for en mindre godt modnet fisk, men dette medfører videre til en høyere kostnad for klippfisk-produksjonen ved at mer vann må fjernes i tørken.

Ved tørking av saltfisk til klippfisk, benytter samtlige produsenter i dag varmepumper i tørkeriene (Indergård, 2011 og Bantle 2013, 2014). Varmepumpene fjerner fuktigheten som avdamper fra fisken under tørkingen, og tilfører nødvendig energi igjen for stabile tørkebetingelser på en energieffektiv måte. Tørketemperaturen ligger hos de industrielle produsentene mellom 20 og 24°C. Det er ikke registrert kvalitets-forskjeller på ferdig klippfisk mellom disse temperaturene, men det er noe mer tørkekraft i luften ved 24°C enn ved 20°C. Vanligvis tåler fisken høyere temperatur etter hvert som den blir tørrere. Ved temperaturer over 26°C får man fargeforandringer (brenning). Det er gjennomført en rekke prosjekter i regi FHF innen optimalisering av tørkeprosessen, med fokus på tørketid, kvalitet og reduksjon av energibruk hvor både tunnel- og kammer-tørker er undersøkt. Nye fremtidsrettede kuldsystemer med miljøvennlige kuldemedier blir nå installert hos flere produsenter. For en effektiv tørkeprosess vil det være viktig at fisken tas ut av tørken for å "hvile", dvs. få tid til at vannet i kjernen kan utjevnes med de tørrere områdene i ytre del av fisken. Dette reduserer tiden for slutt-tørking. Under hvile-perioden kan fisken enten ligge på brettene på vognene, eller tas av og legges på pall, noe som er mer arbeidskrevende. Det er derimot sannsynlig at kvalitetsparametere som form, saltutjevning og muligens farge påvirkes av hvile-metode, i tillegg til videre tørketid for slutt-tørkingen. Det er stort potensiale til å øke kapasiteten på tørketunnelen ved å hvile fisken.

### 3.6 Lagring av klippfisk

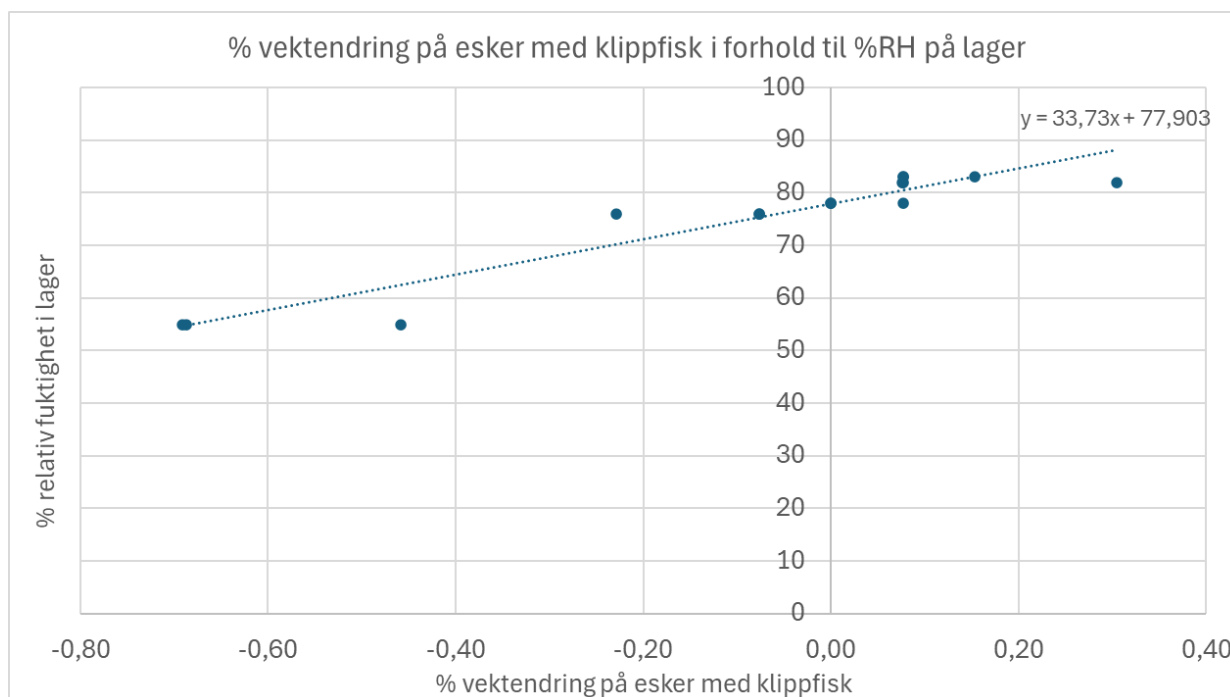
Klippfisk lagres i hovedsak i voksede eller PE-belagte pappesker. Det er fra tidligere forsøk kjent at klippfisk påvirkes spesielt av fuktighet under kjølelagring, hvor styring av relativ fuktighet (%RH) er utfordrende. Gjerne vil %RH også variere inne i et lager, hvor fuktigheten i luften ut fra kjøleaggregatene er høy, før denne blandes med lagerluften, og man får en lavere %RH i andre deler av lageret. NaCl-saltet som benyttes under produksjonen av klippfisk vil dominere likevektsfuktigheten, og denne ligger på 76%. Ved lavere %RH enn 76% i lagerluften, så øker uttørking og utbyttet reduseres. Høy fuktighet over 76% fører til opptak av vann som medfører slakkfisk i kassene. Det er viktig å holde lagringstemperaturen godt under 8°C, som er den laveste veksttemperaturen for rødmidd (Lorentzen 2018). Det anbefales at klippfisk lagres ved kjøletemperaturer mellom 2-4°C.

Det ble i prosjektet gjennom sommeren og høsten 2024 kjørt et lagringsforsøk av ferdig tørket klippfisk, og konsekvenser for lagring i rom med ulik temperatur og relativ fuktighet. Her ble klippfisk fra samme produksjonsbatch kjørt ut og lagret i 21 uker ved 5 ulike industrielle lagre i Ålesund-området. 15 esker med 7/8 tørr sei med størrelse 13/15 i PE-belagte pappesker ble fordelt med 3 esker på hvert av lagrene. Samtidig ble 3 stk. temperatur- og fuktighetsloggere plassert foran og bak i lageret, samt i nærheten av eskene som var plassert i god avstand fra kjøle-aggregatene for å unngå kondensering på eskene.

Temperaturene i lagrene varierte mellom 1 til 5°C, og % relativ fuktighet varierte helt fra 55 %RH til 85% RH. PE-belagte esker beskytter mot uttørking og oppfukning av fisken, men det ble registrert 1% vektendring i forskjell mellom esker lagret ved det tørreste mot det fuktigste lageret (Figur 3).

Tørrhets-kvaliteten til de lagrede produktene ble likevel vurdert til svært god, med kun noe slakket i finner og spord på noen enkeltfisker. Målinger av tørrstoff-innhold i bukklapp etter lagring viste en god variasjon,

og ingen signifikant endring i forhold til fuktigheten i de lagrene de ble lagret. Vanninnholdet i pappemballasjen økte fra 12 til 14% i lager med høyest luft-fuktighet.



**Figur 3:** Målt vektendring av 15 esker lagret under ulike forhold.

Vekten på de 15 eskene med klippfisk ble målt før og etter lagring. Avhengig av relativ fuktighet på lagrene, så ble det registrert ulike grader av oppfukning og uttørking. Man ser at % vektendring blir større dess lengre fra ønsket fuktighet på 76% man kommer. Fra det tørreste lageret på 55% RH til det mest fuktige på 85%, ser man en total vektendring på 1,0%, dvs. 0,33% vektendring pr 10% variasjon i relativ fuktighet. I en eske med 25 kg tilsvarer dette 250 g. Pappemballasjen absorberer også vann, og vektendringen av pappemballasjen som ble målt til 20 g utgjør i underkant av 10% av den totale vektendringen.

Mer detaljerte resultater og diskusjoner fra dette lagringsforsøket er beskrevet i egen rapport «Lagring av klippfisk», og finnes på FHF's prosjekt-hjemmesider.

## Del 2

### 4 Temperering av fisk før flekking - Forsøk 1

Under produksjon av saltfisk og klippfisk er tine- og flekkeprosessen sentral for optimal kvalitet og utbytte. Under tining av frosne fiskeblokker vil de ulike fiskene oppleve ulik temperaturforløp avhengig av hvor de ligger i den frosne blokken, og ulike fisker har derfor forskjellig temperatur når disse blir flekket. Målet med aktiviteten beskrevet i dette kapitlet er å se om temperaturutjevning av fisken i RSW (Refrigerated SeaWater) før flekking gir økt kvalitet og utbytte i forhold til tradisjonell industriell tining. Ved bruk av RSW kan sjøvannstemperaturen holdes konstant under tining på ønskede temperaturer. Det ble her gjort forsøk med sjøvannstemperaturer på -1, 0, 2 og 4°C.

#### 4.1 Bakgrunn og metoder - temperering

Som nevnt vil forskjellige fisker ha ulike temperaturer etter industriell tining i tank. Ved å benytte et ekstra trinn med RSW etter at blokkene har løst seg opp til enkeltfisker, kan man utjevne temperaturen på hver fisk til å ha en mer optimal temperatur før flekking. Erfaringer fra industrien er at fisk med høyere temperatur under flekking får mer spalting og mindre utbytte.

Industrielt tinte fiskeblokker i tank ble brukt som referanse mot temperaturutjevnet fisk fra SINTEFs mobile RSW-enhet (Figur 4 t.h.). For å undersøke optimal utjevningstemperatur, ble det gjennomført forsøk med RSW-temperaturer på hhv. -1, 0, +2 og +4°C.



**Figur 4:** Industriell tining av blokker i tank (t.v.) og tining av singel-fisk i kar med RSW (t.h.)

Nofima målte vekt på 16 stk. fisk fra de ulike grupperingene 'ordinær produksjon', 'tidlig og sen produksjon' og 'RSW utjevnet' på hhv. -1, 0, +2, og +4°C, både før og etter flekking. Før registrering av vekt, ble fisken lagt til avrenning i 5 min, og med bakgrunn i dette ble utbytte bestemt.

I tillegg til måling av utbytte, gjennomførte Nofima kvalitetsanalyser for 16 fisk i hver gruppe, hvor spalting, fryst muskel, løse ørebein, feil flekking, blødning i rygg, samt blod generelt ble vurdert.



**Figur 5:** Uttak til analyse av fisk før og etter flekking.

## 4.2 Resultater – temperaturutjevning forsøk 1

Målet med aktivitetene var å bestemme hvor lang tid det tar for temperaturutjevningen fra tinetankene til jevn temperatur i RSW, samt å vurdere utbytte og kvalitet mellom de ulike utjevningstemperaturene.

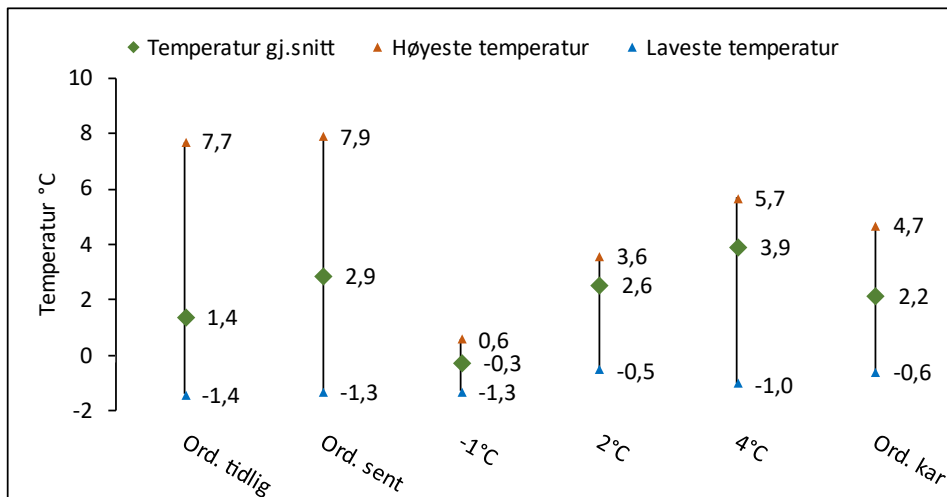
### 4.2.1 Målt kjernetemperatur under temperaturutjevning.

Kjernetemperatur i nakke, bak gott-hullet og i bukklappen ble av SINTEF målt med stikk-termometer underveis i temperaturutjevningsfasen. Etter initiell tining, før utjevning i RSW, hadde de ulike fiskene varierende temperatur. For å beregne nødvendig tid for temperturutjevning til hhv. -1, 0, +2, og +4°C, ble tidsmessig justert for å sammenfattes avhengig av tiningsgrad som vist i Figurene 8-12.

Det ble startet på dag 1 med utjevning av 6,5 kg fisk ved 0°C. De påfølgende dagene ble derimot 4,5 kg fisk prosessert i fabrikken, og disse ble utjevnet til hhv. -1, +2 og +4°C med bruk av RSW. Det ble ikke tid til å repetere utjevningsforsøk ved 0°C med 4,5 kg fisk.

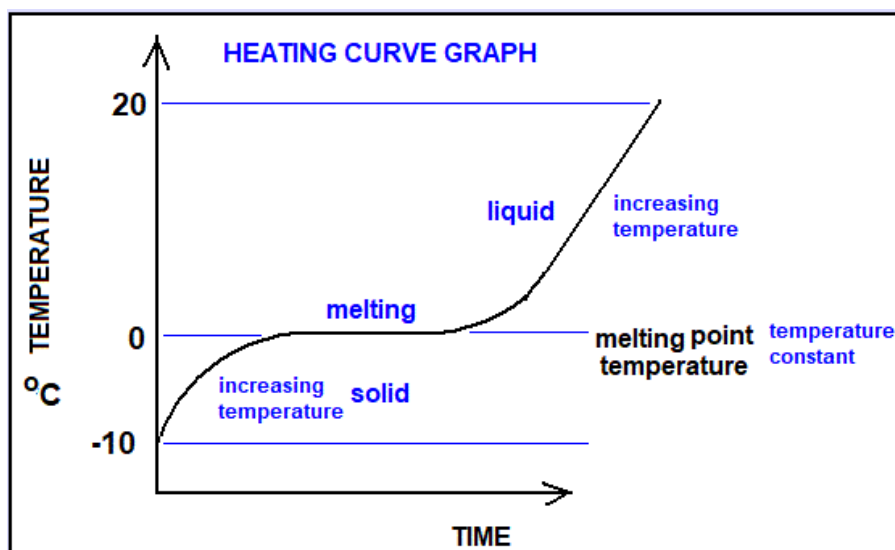
### 4.2.2 Variasjon i utjevningstemperatur

Etter utjevning målte Nofima kjernetemperaturene på de samme punktene på fisken, samtidig med gjennomføring av kvalitetsvurderinger av hver fisk. Som referanse ble kjernetemperatur og kvalitet på fisk hentet fra ordinær produksjon gjennomført. Det er under ordinær produksjon registrert at utbytte etter flekking har en tendens til å synke utover dagen, da fiskene gjerne har blitt mer tint i løpet av dagen. For å undersøke dette, ble kvalitet og utbytte målt på ordinær fisk både tidlig (Ord. tidlig) og sent (Ord. sent) på dagen. I tillegg ble dette målt på fisk som før flekking har blitt utsortert og lagt i kar (Ord. kar) pga. for mye is i fisken. Gjennomsnittlig kjernetemperatur av nakke, gott-hull og bukklapp er vist i Figur 6. Som man ser, så har industriell tint snitt-temperatur (ord. Tidlig og ord. sent) en større variasjon enn etter utjevning i RSW.



**Figur 6:** Gjennomsnittlig kjernetemperatur etter utjevning, og ordinær produksjon

Det er en utfordring å bestemme tid for temperaturutjevning i fisk som fortsatt har is i kjernen. Når temperaturen i fisken under tining går opp i fra frysetemperatur (-20°C), så vil temperaturen flate ut når den når produktets initielle frysepunkt, som for fisk er i nærheten av -1,5°C. Her vil temperaturen under tining ligge konstant frem til all is er smeltet. Utfordringen ligger derfor i å vite hvor mye is som er igjen i kjernen før man starter temperaturutjevningen. Selv om fisk med for mye is sorteres ut før flekking, så vil det være en del variasjon i is-mengden i forskjellige fisker.

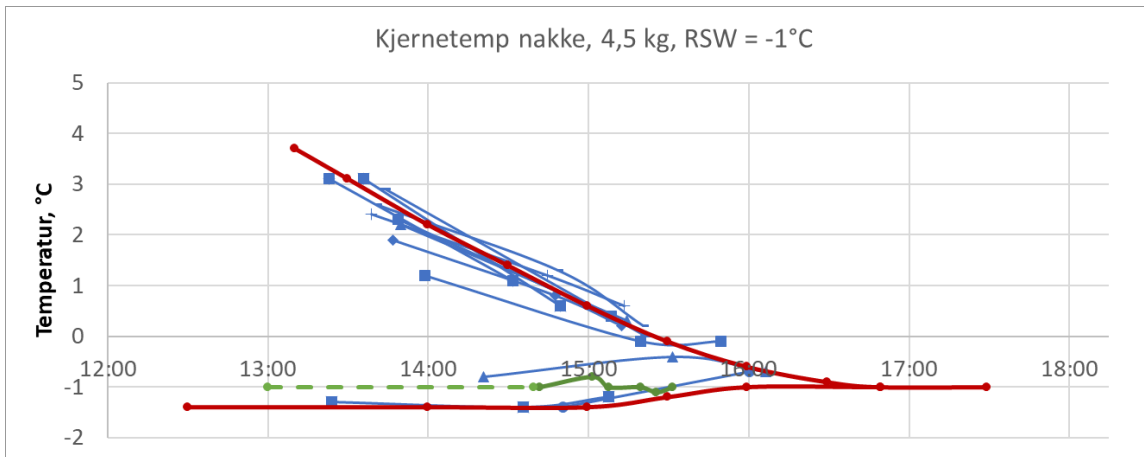


**Figur 7:** Typisk temperaturforløp under tining (Ref: [www. https://www.docbrown.info/ephysics/heat4-7.htm](https://www.docbrown.info/ephysics/heat4-7.htm))

#### 4.2.3 Målt utjevningstemperatur

De målte kjernetemperaturene i hhv. nakke, gott-hull og buklapp underveis i utjevningsprosessen sammenfattes som vist i Figur 8 under. Tilsvarende er gjort for alle temperaturforsøk for å komme frem til utjevningsskurvene vist i Figurene 9-12.

Som man ser fra Figur 8, så er det variasjon i kjernetemperaturen mellom ulike fisk. De fleste fiskene har gott-hull og buklapp-temperaturer over ønsket slutt-temperatur, og må kjøles ned. Det er samtidig noen fisk som fortsatt har is i nakken, og må «tine» fra -1,5 til -1°C. Man ser tydelig temperaturen på rundt -1,5°C i fiskenakken holder seg konstante så lenge det er is i kjernen.

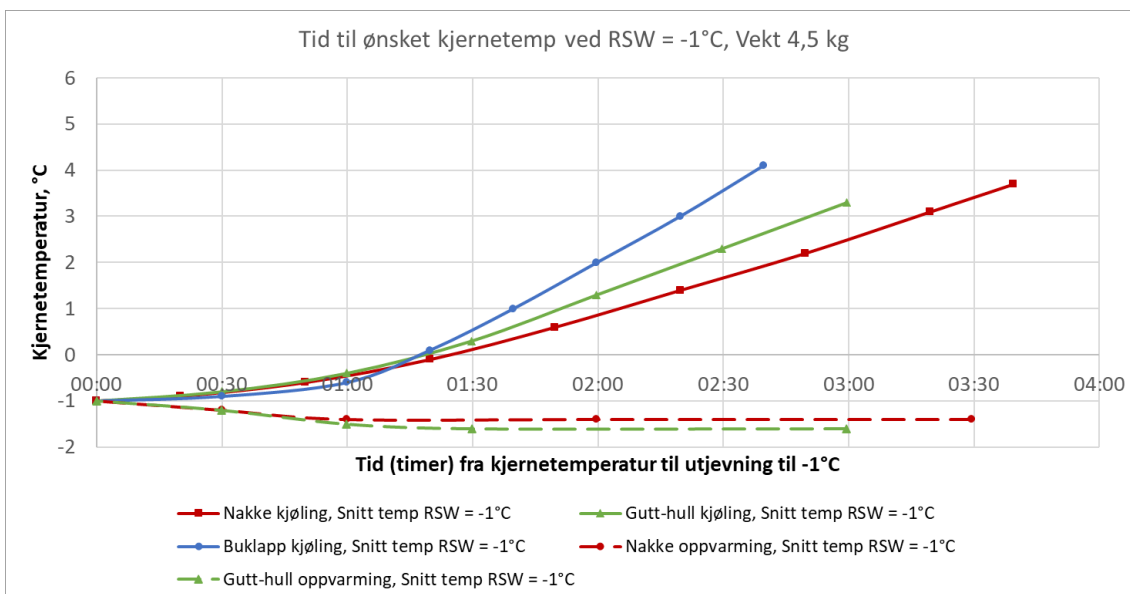


**Figur 8:** Utjevningstemperatur i nakke under utjevningsperioden ved  $-1^{\circ}\text{C}$ . De blå kurvene er målt temperatur på fisk, den grønne er sjøvannstemperatur, og de røde er gjennomsnittlige utjevningsskurver.

### 4.3 Tid før kjernetemperatur når ønsket utjevningstemperatur

Når man sammenfatter de ulike målepunktene (nakke, gott-hull og bukklapp) for hver temperaturserie, så får man oversikt over tidsforløpene for hver del av fiskene, og tidskonsekvensene ved varierende kjernetemperatur. De sammenfattede kurvene for utjevningstemperaturene er vist i Figurene 9-12 under.

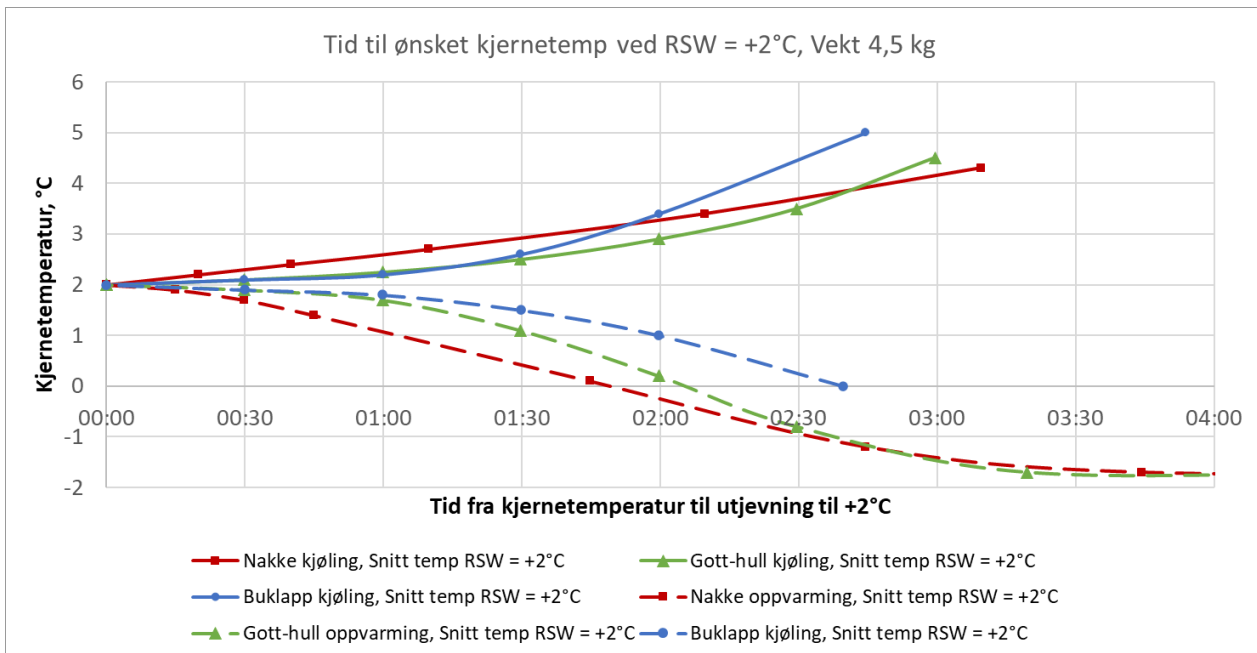
#### 4.3.1 Utjevningstemperatur på $-1^{\circ}\text{C}$ , Vekt 4,5 kg



**Figur 9:** Utjevningstemperatur på 4,5 kg fisk i  $-1^{\circ}\text{C}$  RSW.

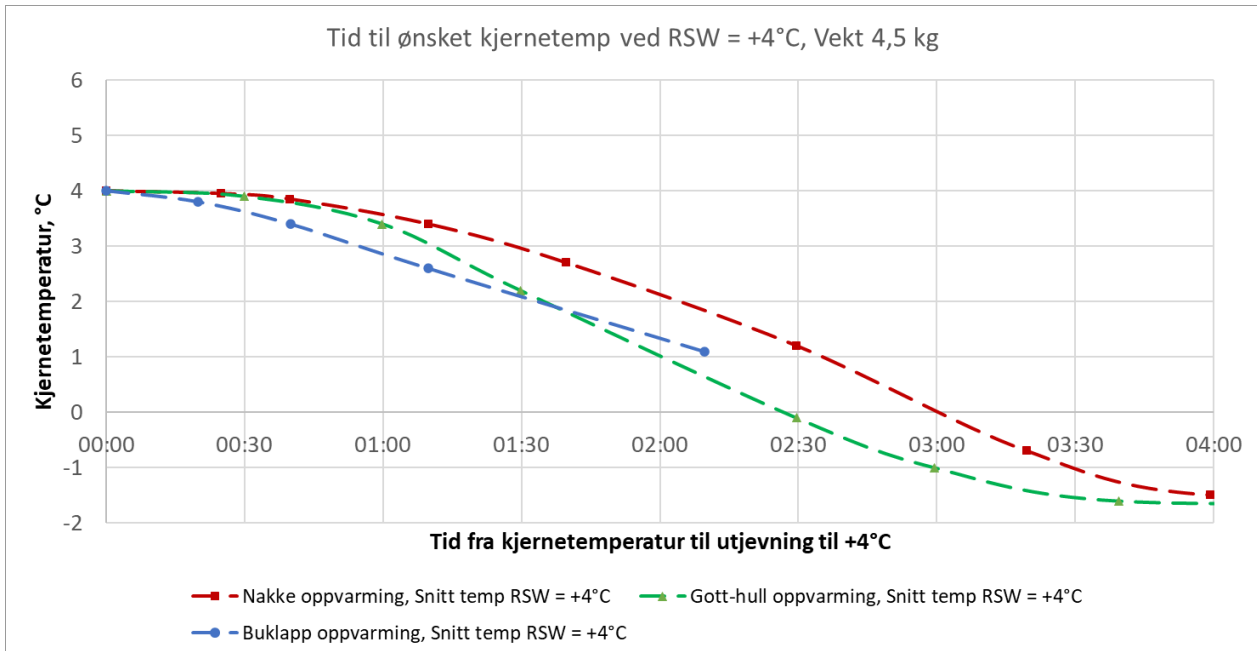


### 4.3.2 Utjevningstemperatur på +2°C, Vekt 4,5 kg



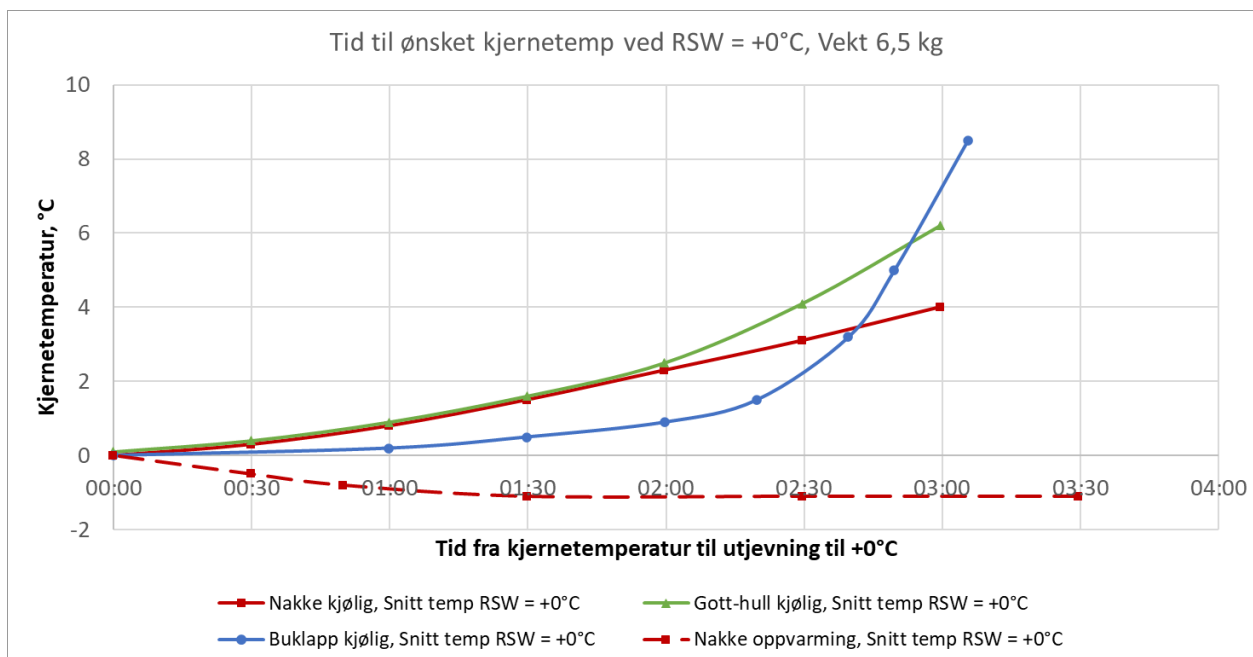
Figur 10: Utjevningstemperatur på 4,5 kg fisk i +2°C RSW.

### 4.3.3 Utjevningstemperatur på +4°C, Vekt 4,5 kg



Figur 11: Utjevningstemperatur på 4,5 kg fisk i +4°C RSW.

#### 4.3.4 Utjevningstemperatur på +0°C, Vekt 6,5 kg



Figur 12: Utjevningstemperatur på 6,5 kg fisk i +0°C RSW.

#### 4.4 Beregning av tid til ønsket utjevning

Kurvene for den målte tiden til ønsket utjevningstemperatur i Excel benyttet til å finne de polynom-formlene som beskriver tidsforløpet til ønsket utjevningstemperatur når man har forskjellige kjernetemperatur før utjevning. Dvs. man kan bruke disse formlene til å beregne forventet utjevningstid for fisken ved å manuelt måle kjernetemperatur på fisk hentet fra prosesslinjen etter tining i tank. Alternativt kan man manuelt vurdere gjenstående tid ved bruk av tabellen under.

Tabell 1: Tid (timer) ved gitte kjernetemperaturer før fiskene er ferdig utjevnet.

		Gjenstående timer med utjevning fra en kjernetemperatur på:						
Utjevningstemp		-1,5	0	1	2	3	4	5
-1°C 4,5 kg	Nakke	>1	1,4	2,1	2,7	3,3	3,7	5,7
	Gott-hull	>1	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,8
	Buklapp	-	1,3	1,7	2,0	2,3	2,6	2,8
+2°C, 4,5 kg	Nakke	3,5	1,8	1,0	0	1,6	2,8	3,8
	Gott-hull	3,4	2,1	1,5	0	2,2	2,7	3,3
	Buklapp	-	2,7	2,0	0	1,8	2,5	2,8
+4°C, 4,5 kg	Nakke	4,0	3,0	2,6	2,1	1,5	0	-
	Gott-hull	3,6	2,5	2,0	1,6	1,2	0	-
	Buklapp	-	-	2,2	1,5	0,8	0	-

## 4.5 Kvalitet og utbytte

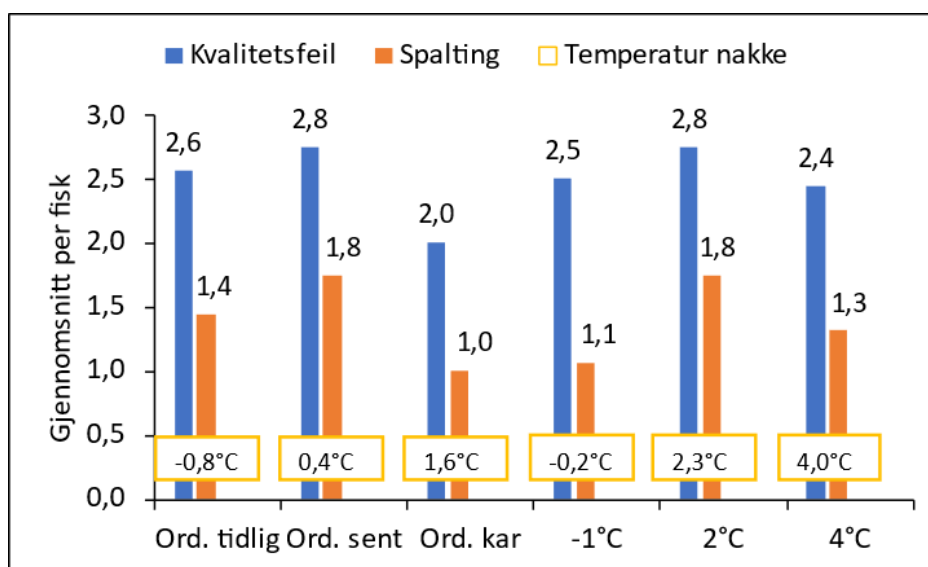
Nofima gjennomførte måling av kvalitet og utbytte i samråd med Br. Sperre. Rund fisk ble merket og veid etter 5 min avrenning på nett. Mens fisken lå til avrenning ble tinefeil, temperatur, råstoff feil og vekt registrert. Fisken ble så tatt til flekkemaskin og deretter igjen lagt tilbake på netting for avrenning, samt registrering av spalting, vekt og gradering. Dette var tidkrevende, og man klarte derfor kun å ta ut 16 fisk fra hver gruppe.



**Figur 13:** Bestemmelse av kvalitet og utbytte.

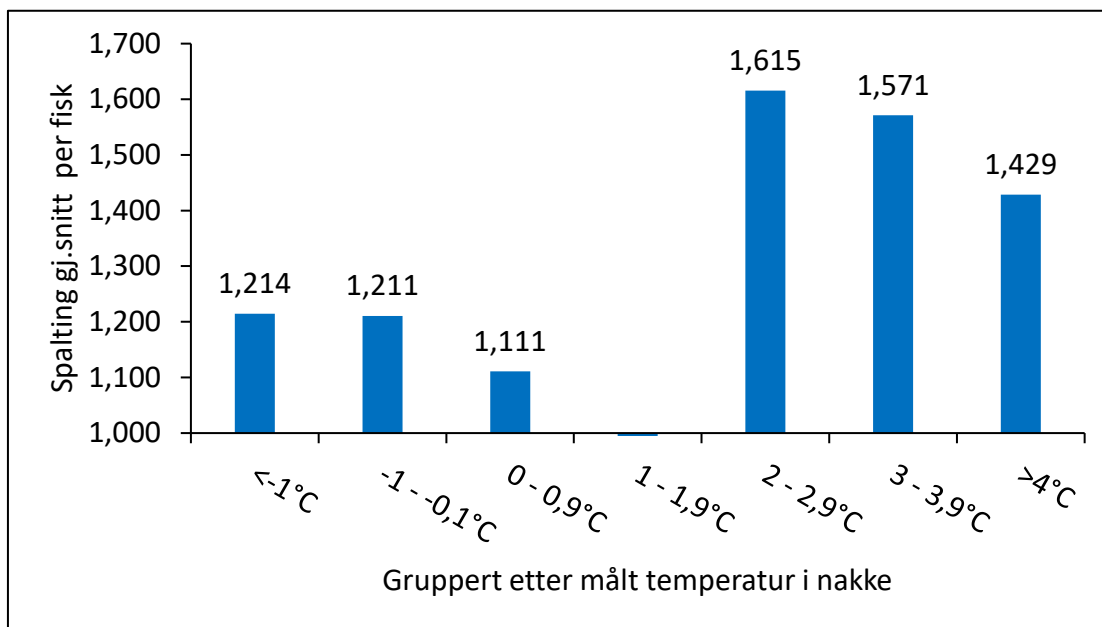
### 4.5.1 Spalting og kvalitetsfeil

Kvalitetsmålingen fra bedriftens egen ordinære produksjon viser en antydning på økning i kvalitetsfeil/spalting fra morgen (Ord tidlig) til ettermiddag (Ord sent). Fisken som var for kald og lagt i kar gjennom dagen (Ord kar) var den med minst spalting. Denne siste gruppen er egentlig en variant av temperaturutjevning. I forsøket med temperaturutjevning, var det mindre kvalitetsfeil/spalting på  $-1^{\circ}\text{C}$ , sammenliknet med  $+2^{\circ}\text{C}$ . Men  $+4^{\circ}\text{C}$  hadde også lite spalting (Figur 14). Her var det kun 16 fisk i hver gruppe, som ble for lite å konkludere med.



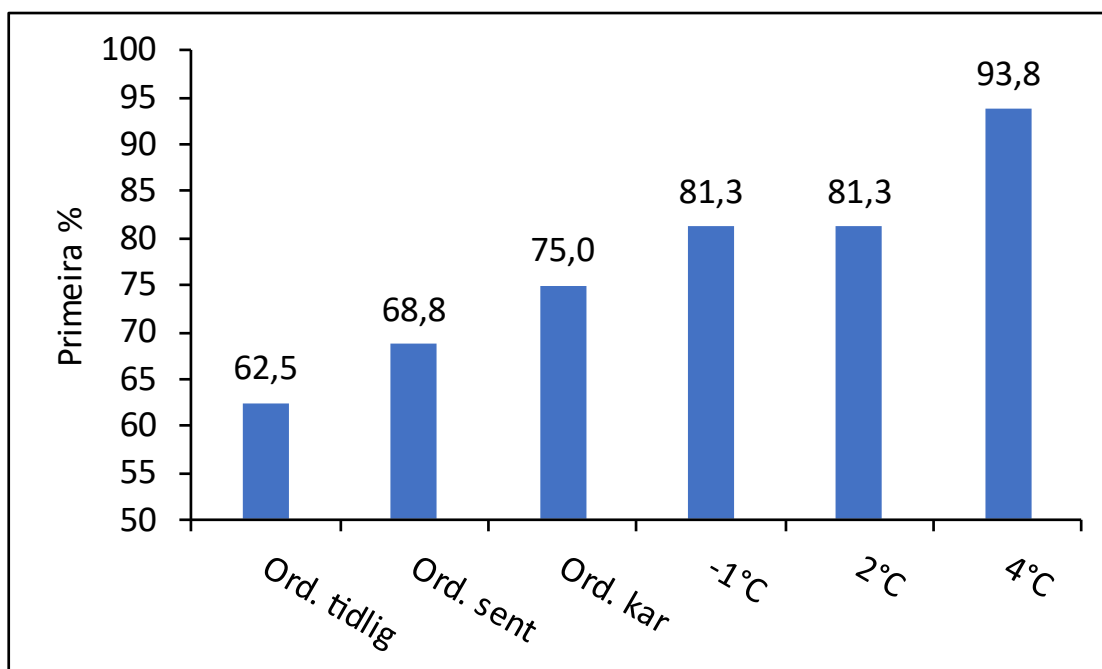
**Figur 14:** Kvalitetsfeil på flekket fisk som gjennomsnitt av alle målt feil på fiskene.

Ved å sortere alle fiskene i forsøket (ordinær produksjon og utjevningsforsøkene) etter målt temperatur i tykkfisken/nakken rett over ryggbeinet, ser man at det er mindre spalting på fisken under 1°C sammenliknet med fisken over +2°C. Det var bare 2 fisk mellom 1 og 2°C og disse er derfor fjernet fra data. Der var registrert spalting på all fisk i gruppene med nakketemperatur over 1,5°C (Figur 15). Dette indikerer at temperaturen i tykkfisken har betydning for hvor mye fisken vil spalte under flekkingen.



**Figur 15:** Spalting i flekket fisk. Gruppert etter faktisk temperatur i tykkfisken/nakke.

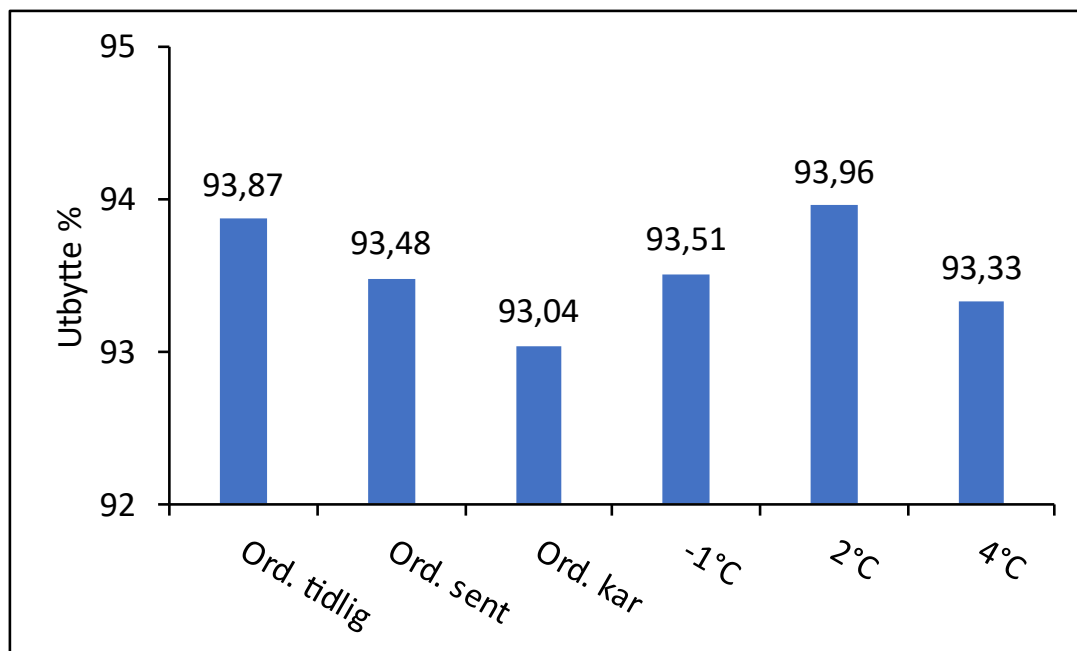
Man ser også at andre kvalitetsfeil enn spalting nok er knyttet mere til råstoff feil og tinefeil, enn selve temperaturen ved utjevning. Kvalitetsvurderingen i kvalitetsklasser (andel Primeira) er også preget av variasjoner på råstoffet (Figur 16).



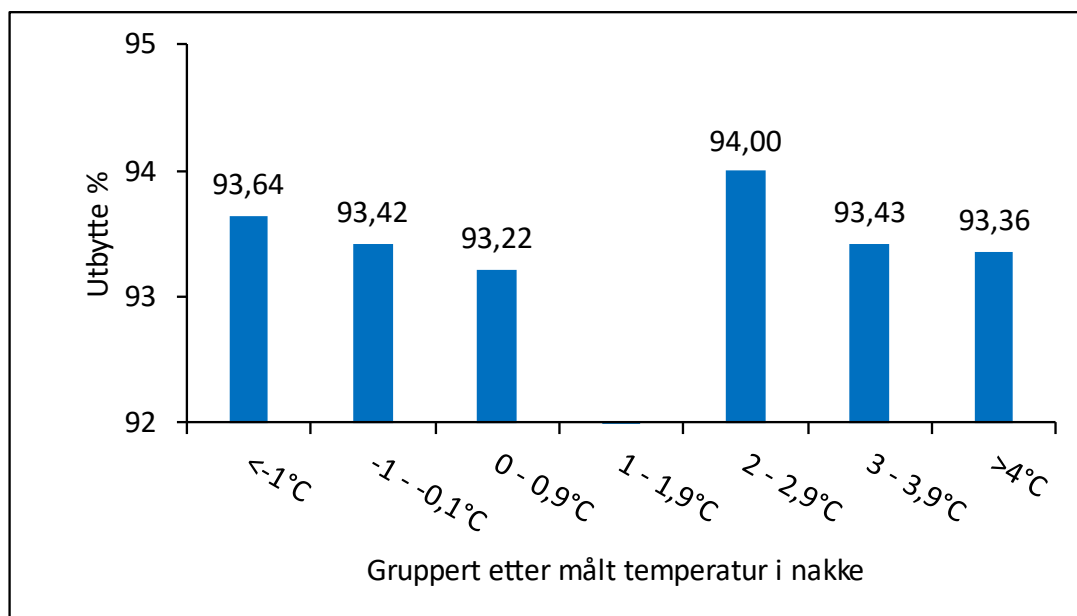
**Figur 16:** Andelen Primeira vurdert med utgangspunkt i flekket fisk (ikke salt- eller klippfisk).

#### 4.5.2 Flekkeutbytte

I ordinær produksjon er utbyttet fallende gjennom dagen, og lavest for fisken i kar som var tatt ut grunnet at den var for kald. I utjevningsforsøkene kom 2°C fisken best ut. Forskjellen er omtrent 0,5% (Figur 17). Når fisken ble gruppert etter temperaturen i tykkfisk/nakke, kom også 2-3°Cs fisken best ut (Figur 18).



**Figur 17:** Flekkeutbytte, målt med vekter basert på 5 min avrenning før og etter flekking



**Figur 18:** Flekkeutbytte, gruppert etter faktisk temperatur i tykkfisken/nakke.

I forsøkene ble flekkeutbyttet målt ved å benytte avrenning 5 min før og etter flekking. Dette er meget tidskrevende, og gjør at antall fisk i hver gruppe blir begrenset. Resultatene blir derfor usikre. En måte å løse dette på var først å bekrefte en effekt på kvalitet. Deretter kunne man justert flekkemaskinen til den temperaturen som gav best kvalitet. Det er utfordrende å sjekke to parameter samtidig, og da særlig i industrielle omgivelser med ulike innstillinger, ulike kniver, operatører og ulikt råstoff i linjen fra dag til dag.

## 4.6 Ryggknekk

Det ble registrert noe ryggknekk under kvalitetsvurderingen. Det kan være at det skjer noe ryggknekk under pumping av fisk fra tinetank til flekking, men mest sannsynlig er det at dette skjer under tiningen i tankene.

Det er stor vannsirkulasjon i tinetankene, og de frosne blokkene flyter rundt. Når blokkene begynner å gå i oppløsning til enkeltfisk, så vil noen fisk være delvis løse. Dvs. at f.eks. hodet sitter fast i blokken, men resten henger løst utenfor. Her er det mulighet for at en annen frosset blokk fysisk kan treffe denne fisken, og knekke ryggen.

## 4.7 Diskusjon etter utjevningsforsøk 1

Det tar som forventet lengst tid å utjevne kjernen i tykkfisken (nakken). For å senke temperaturen fra 5°C ned til -1°C, trengs det inntil 6 timer i RSW, men kortere tid for å kjøle kjernen ved gott-hullet og buk-lappen. De fiskene tint i RSW har jevnere temperatur enn etter ordinær tining. Kvalitetsmålingen fra bedriftens ordinære produksjon viser en antydning på økning i kvalitetsfeil/spalting fra morgen til ettermiddag.

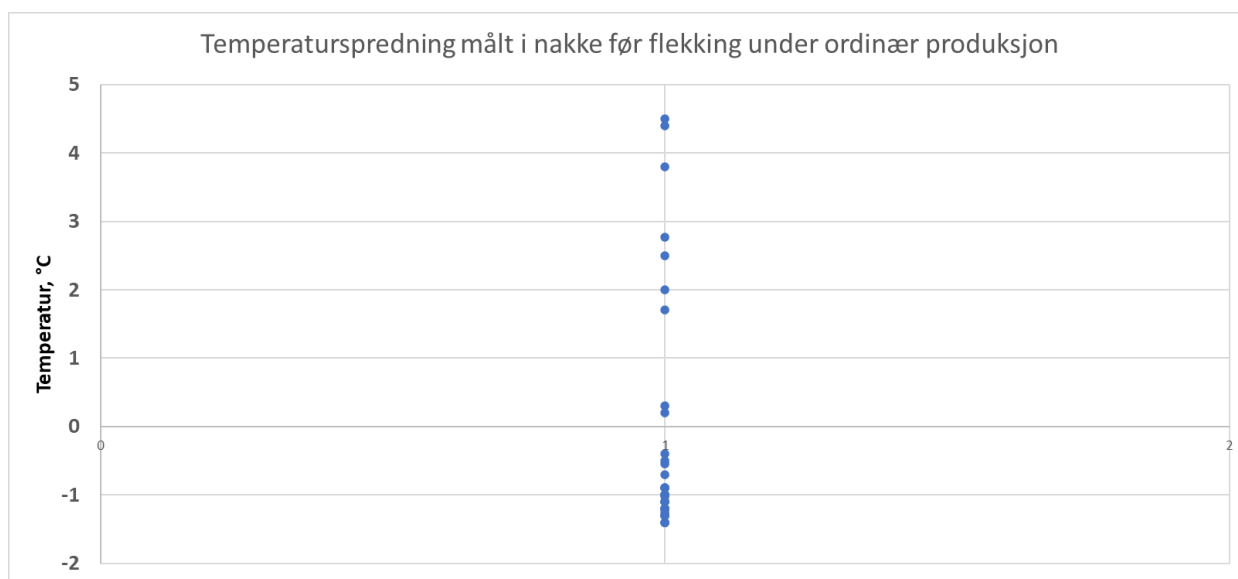
Etter temperaturutjevning, var det mindre kvalitetsfeil/spalting på -1°C sammenliknet med +2°C, mens for +4°C var det også lite spalting. 16 fisk i hver gruppe gav for lite data å konkludere med, så det ble bestemt å kjøre en forsøksrunde nr. 2 hvor det gjennomføres kun to RSW-temperaturer, og heller analysere et større antall fisk. Temperaturutjevningen bør samtidig gis lengre tid, helst over natt. Kvalitetsmessig så var spalting det mest aktuelle å analysere videre på.

## 5 Temperering av fisk før flekking – Forsøk 2

Målet med aktiviteten er å se om temperaturutjevning av fisk i RSW (Refrigerated seawater) før flekking gir økt kvalitet og utbytte i forhold til tradisjonell industriell tining. Ved bruk av RSW kan sjøvannstemperaturen holdes konstant under tining på ønskede temperaturer.

### 5.1 Bakgrunn og metoder

Som nevnt vil forskjellige fisk ha ulike temperaturer etter industriell tining i tank som vist i figuren under fra forsøksrunde 1.



**Figur 19:** Stor variasjon i kjernetemperatur i fisk etter ordinær tineprosess og før flekking.

Ved å benytte et ekstra trinn med RSW eller is-slurry etter at blokkene har løst seg opp til enkeltfisker, kan man utjevne temperaturen på hver fisk til å ha en mer optimal temperatur før flekking. Erfaringer fra industrien er at fisk med høyere temperatur under flekking får mer spalting og mindre utbytte. Under de innledende forsøkene med utjevning til hhv. -1, 0, +2 og +4°C ble 16 fisk analysert for hver temperatur, noe som var for lite til å konkludere på bakgrunn av utbytte. Det ble på bakgrunn i dette bestemt å kjøre nye forsøk, men da med 100 fisk ved hver temperatur på -0,8 og +4°C. Samtidig skulle tilsvarende temperaturutjevning før flekking på fersk fisk undersøkes.

For å få utjevnet 100 fisk for hver av temperaturene, måtte disse fordeles på 3 stk. 1000 liter-kar.



**Figur 20:** 100 fisker for hver temperatur-utjevning ble fordelt på 3 stk. 1000-literskar.

SINTEFs mobile RSW-enhet (Figur 20) ble benyttet for å senke sjøvannstemperaturen. Enheten er designet for å kjøle ett kar i gangen, men for +4°C-forsøk var det enkelt å bytte mellom karene for å sikre jevnt temperatur i alle 3 kar. Utfordringen lå i å kjøle 3 kar samtidig ned til -1°C. Ved å tilsette is i sjøvann, får man temperaturer under 0°C, men hvis man benytter is til å kjøle sjøvann fra +5-6°C, vil man få en større andel fersk-vann i karet når isen smelter, og det vil ikke bli mulig å sende temperaturen så lavt som ønskelig. RSW-enheten ble derfor benyttet til å kjøle sjøvannet til 0°C før is ble tilsatt. Med dette oppnådde man -0,8°C i sjøvannet. Hvis man har tilgang til sjøvanns-is, vil mengde is tilsatt ikke spille noen rolle for å oppnå ønsket temperatur.

Mengde is tilsatt ble registrert, og fiskens temperatur fulgt under temperatur-utjevningen. For å sikre at all fisk hadde oppnådd utjevning, ble karene satt på kjølerom over natt. Dagen etter ble spalting og utbytte før og etter flekking registrert av Nofima.

Tilsvarende utjevningsforsøk ble gjennomført på fersk fisk. Disse ble mottatt i 1000-literskar med is på toppen av karet.

## 5.2 Resultater temperaturutjevning forsøk 2

Målet med aktivitetene var å bestemme hvor lang tid det tar for temperaturutjevningen fra tinetankene til jevn temperatur i RSW, samt å vurdere utbytte og kvalitet etter flekking mellom ulike utjevningstemperaturer.

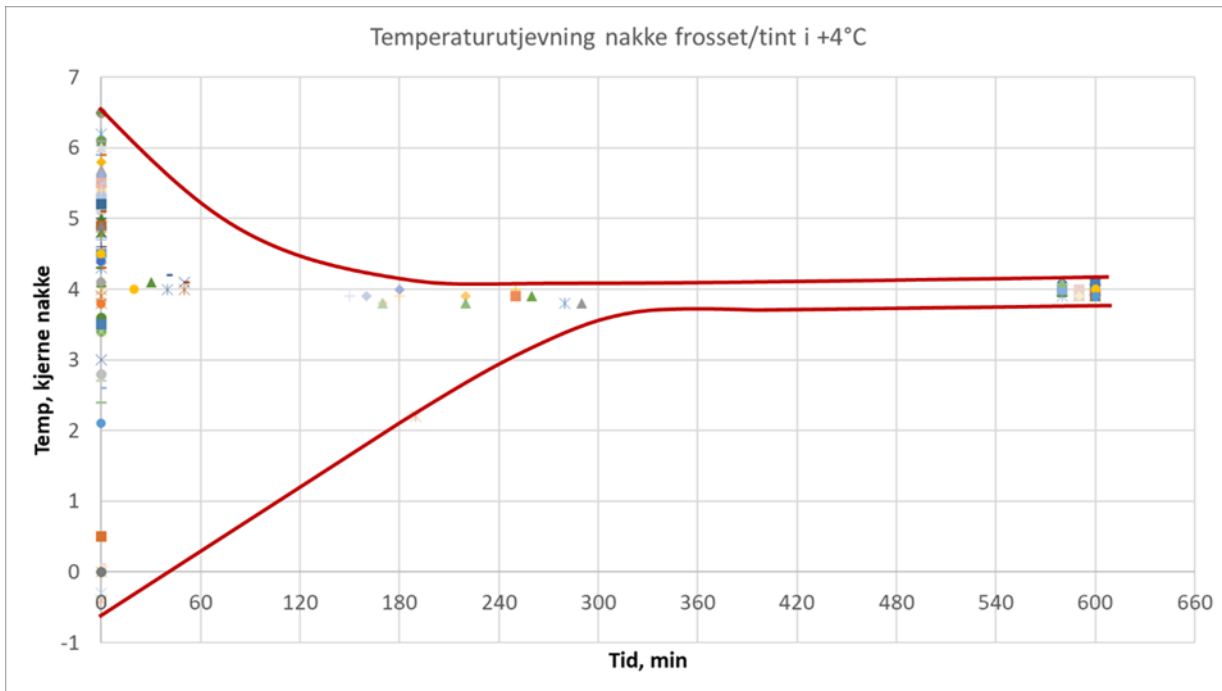
### 5.2.1 Målt kjernetemperatur under temperaturutjevning.

Kjernetemperatur i nakke, bak gott-hullet og i buk-lappen ble av SINTEF målt med stikk-termometer underveis i temperaturutjevningsfasen.

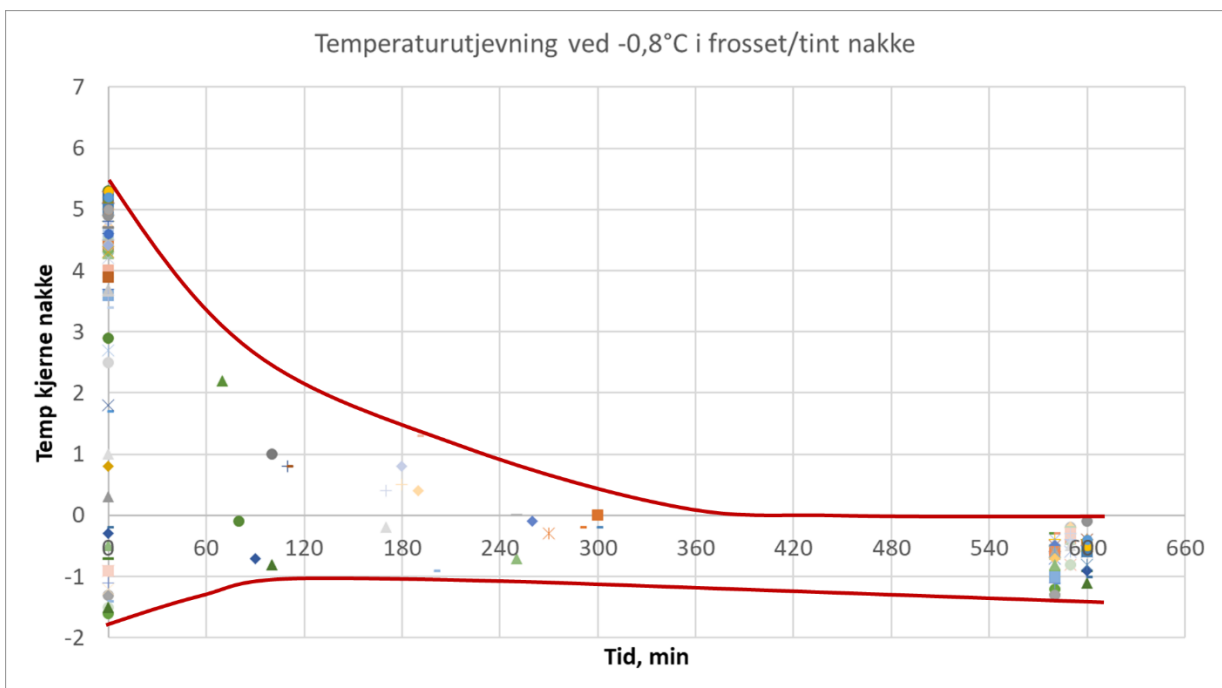
#### 5.2.1.1 Frosset/tint fisk

Etter tining av blokkene i kar (men før utjevning), hadde de ulike fiskene varierende temperatur fra -1,7°C til +6,5°C (Figur 21 og 22).





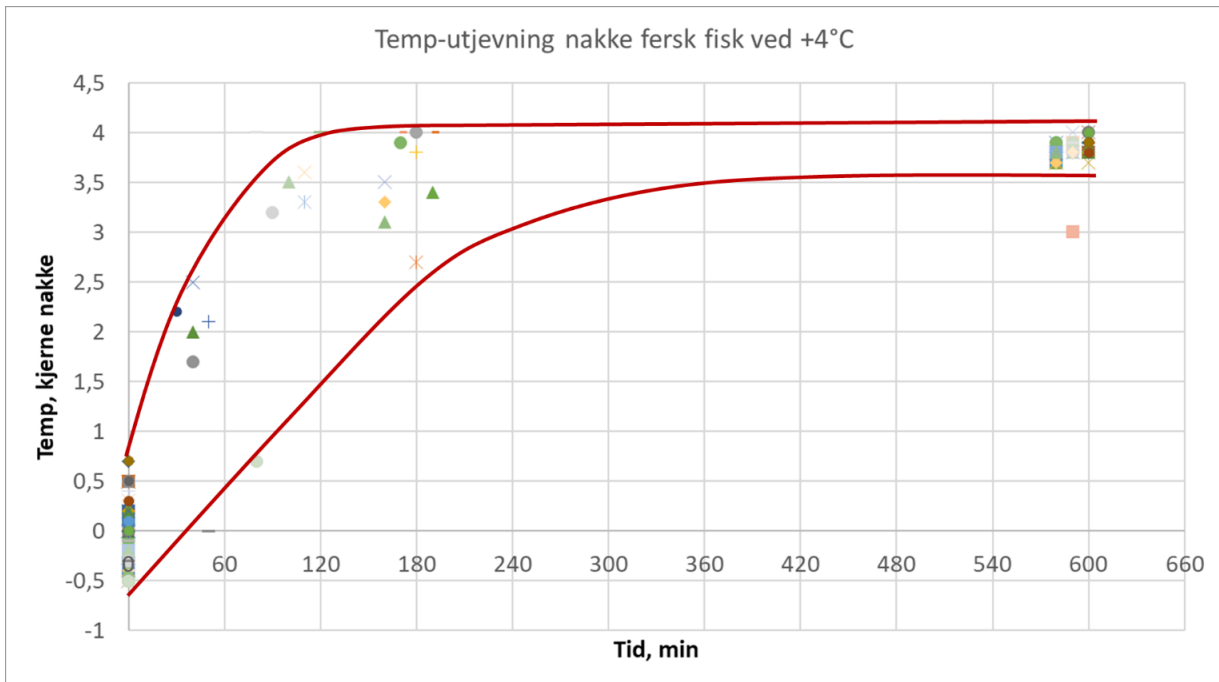
**Figur 21:** Temperatur-utjevning av tint fisk i +4°C sjøvann.



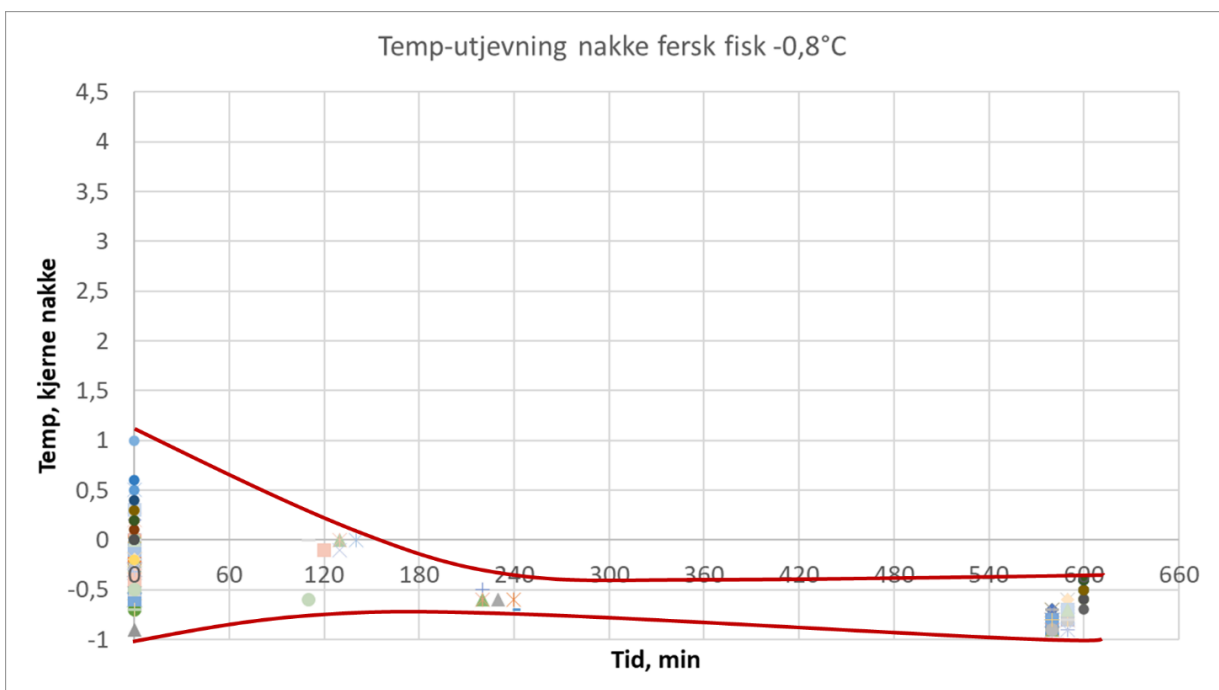
**Figur 22:** Temperatur-utjevning av tint fisk i -0,8°C sjøvann.

### 5.2.1.2 Fersk fisk

Den ferske fisken ble levert i 1000-literskar med is på toppen. Temperaturvariasjonen mellom fiskene før utjevning var mindre enn for frosset/tine, mellom -0,9°C og +1,0°C. Fisken nederst i karene var varmest.



**Figur 23:** Temperatur-utjevning av fersk fisk i +4°C sjøvann.



**Figur 24:** Temperatur-utjevning av fersk fisk i -0,8°C sjøvann.

### 5.3 Is som kjølemedium

Ferskvanns-is smelter som kjent ved 0°C, men hvis man tilfører is i sjøvann vil temperaturen teoretisk kunne gå ned mot sjøvannets frysepunkt på rundt -1,9°C. I praksis vil man derimot ved tilsats av ferskvanns-is kunne oppnå omkring -1°C. Det er ønskelig å tilføre så lite ferskvann som mulig for å få utjevningstemperaturen så lav som mulig. Saltinnholdet er her altså avgjørende. Ved å tilsette mer salt i sjøvannet, vil man derfor kunne oppnå enda lavere temperaturer i sjøvannet (frysepunktdepresjon). Mettet saltlake kan ved tilsats av is

oppnå teoretisk  $-18^{\circ}\text{C}$ . Økt saltinnhold i sjøvannet under utjevningsperioden vil gi noe saltopptak, spesielt i kutt-flater. Ved videre produksjon til salt- og klippfisk, vil dette sannsynligvis ikke ha noen innvirkning på kvaliteten på slutt-produktet.

Som nevnt ble sjøvannet i de 6 karene med utjevningstemperatur på ønsket  $-1^{\circ}\text{C}$  avkjølt med RSW til  $0^{\circ}\text{C}$  før is ble tilsatt. I 900 liter sjøvann på  $0^{\circ}\text{C}$ , var det tilstrekkelig å tilsette 30-33 kg ferskvanns-is for å fortsatt ha is i karene etter en natt på kjølerom for utjevning. Dette gav en sjøvannstemperatur på  $-0,8^{\circ}\text{C}$ . Hvis man kun skulle brukt is til å kjøle sjøvannet (og ikke RSW), ville det vært et behov for omkring 200-250 kg is i hvert kar. Dette ville da samtidig ført til at minimumstemperaturen ikke ville kommet stort under  $0^{\circ}\text{C}$ .



**Figur 25:** Is på toppen av karene med fersk fisk (t.v.), og fortsatt is i karene utjevnet ved  $-0,8^{\circ}\text{C}$  over natt (t.h.).

## 5.4 Flekkeutbytter og kvalitet etter flekking

### 5.4.1 Råstoffet før flekking

Temperaturen ble målt på hver fisk ca. 5 cm inn i nakken, ved ryggbeinet. Temperaturene var i det ønskede målområde for hver gruppe.

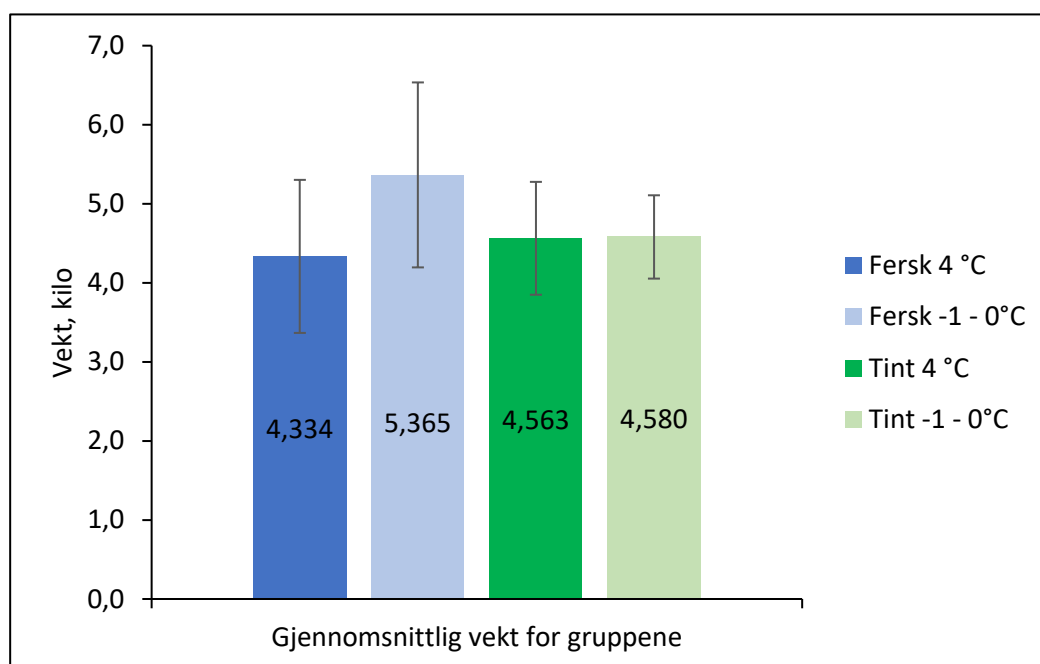
**Tabell 2:** Gjennomsnittstemperatur i fisk i de ulike gruppene

Gruppe	Gjennomsnittlig temperatur $^{\circ}\text{C}$
Fersk $4^{\circ}\text{C}$	3,8
Fersk $-1 - 0^{\circ}\text{C}$	-0,7
Tint $4^{\circ}\text{C}$	4,0
Tint $-1 - 0^{\circ}\text{C}$	-0,5

I gruppene var det noe ulik størrelse og kvalitet på råstoffet som ble benyttet. Gruppen med fersk fisk  $-1-0^{\circ}\text{C}$  var noe større i snittvekt (Figur 27). I denne var det en del blodutredelser og dødfisk som hadde direkte innvirkning på nedklassing som flekket (Figur 26).



**Figur 26:** Gruppen med «fersk -1-0°C» var det også endel kvalitetsfeil som førte til nedklassing av kvalitet.



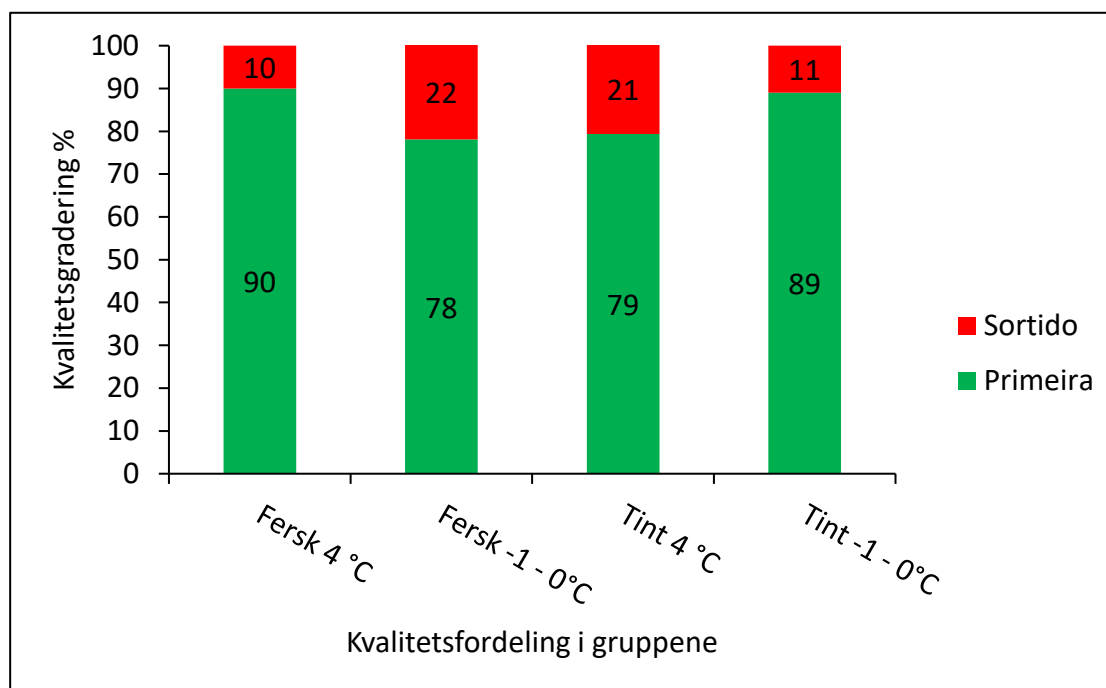
**Figur 27:** Gruppen med fersk fisk som holdt -1 til 0°C var gjennomsnittlig større enn fiskene i de tre andre gruppene.

## 5.5 Flekking

Det ble benyttet den samme flekkemaskinen på fisken som gikk inn i forsøket (den som sto som nr. én på linjen), da med et unntak. Det ble stopp på maskinen 28.02.2024, så de siste 11 fisk som skulle flekkes i gruppen «fersk -1 – 0 °C» måtte flekkes i maskinen som sto som nr. to på linjen. Begge maskinene som ble benyttet var Baader 541.

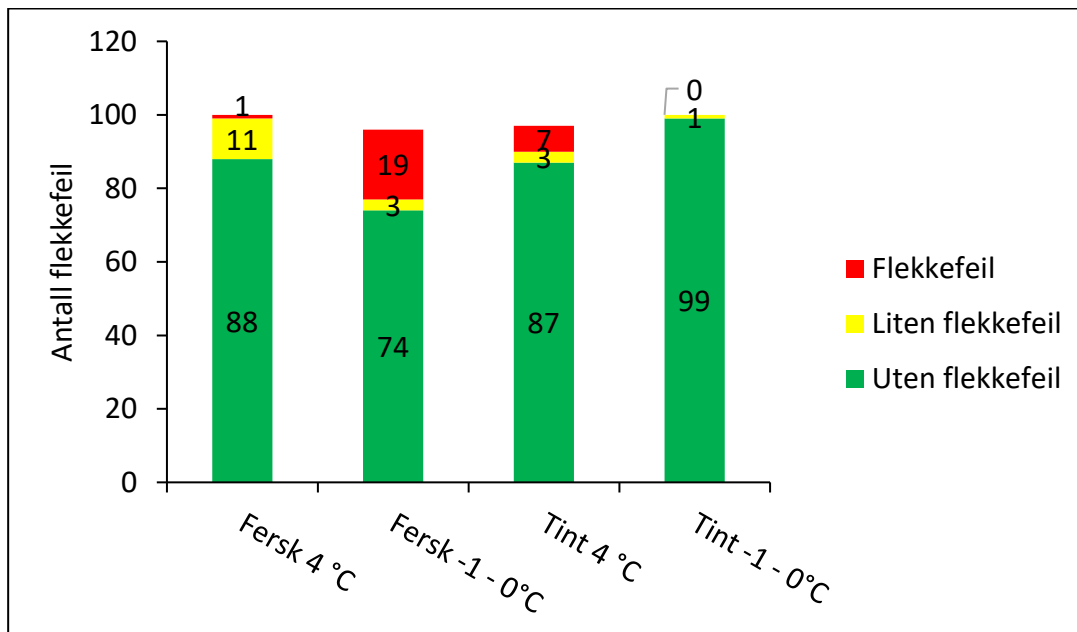
Forsøket gikk over 4 dager, og det var flere ulike operatører som flekket fisken. I tillegg var det både sei og alaska pollock i ordinær produksjon mens vi jobbet med atlantisk torsk, noe som førte til at innstillingene på flekkemaskinen måtte endres hver gang vi skulle flekke forsøksfisken og at fisken ikke kunne rogges og saltes fortløpende. Noen ganger ble ikke innstillingene endret når vår fisk ble flekket, dette var spesielt siste forsøksdag da det var alaska pollock i ordinær produksjon. Samlet gjør dette at flekkeutbytte (rett ut av maskin) har noen usikkerheter knyttet til seg. Kvalitet ble trolig mindre påvirket, men vi så eksempelvis at en del fisk ble revet på den ene siden av loins (med torskinnstillinger på flekkemaskinene).

Rett etter flekking ble fisken kvalitetsgradert i antatt sortering, basert på det vi så på flekket fisk. I to av gruppene, (fersk -1 til 0 °C og tint 4 °C) var det mer fisk med kvalitetsfeil enn i de to andre gruppene. Av ferskfisk gruppene var det den med -1 til 0 °C som hadde mest feil. Men dette kunne i stor grad tilskrives feil som lå i råstoffet, slik som sjøldød fisk og fisk med andre kvalitetsfeil som bl.a. blod. Av de fryste gruppene var det mer feil i gruppen med tint 4°C. Gjennomgående var det mere spalting, men det var også noen få enkeltfisk med blodfeil og klemskader. Fisk tint til mellom -1 og 0°C hadde en Primeira andel på 89%, sammenliknet med fersk tint til 4°C hvor andelen var 79% Primiera (Figur 28)

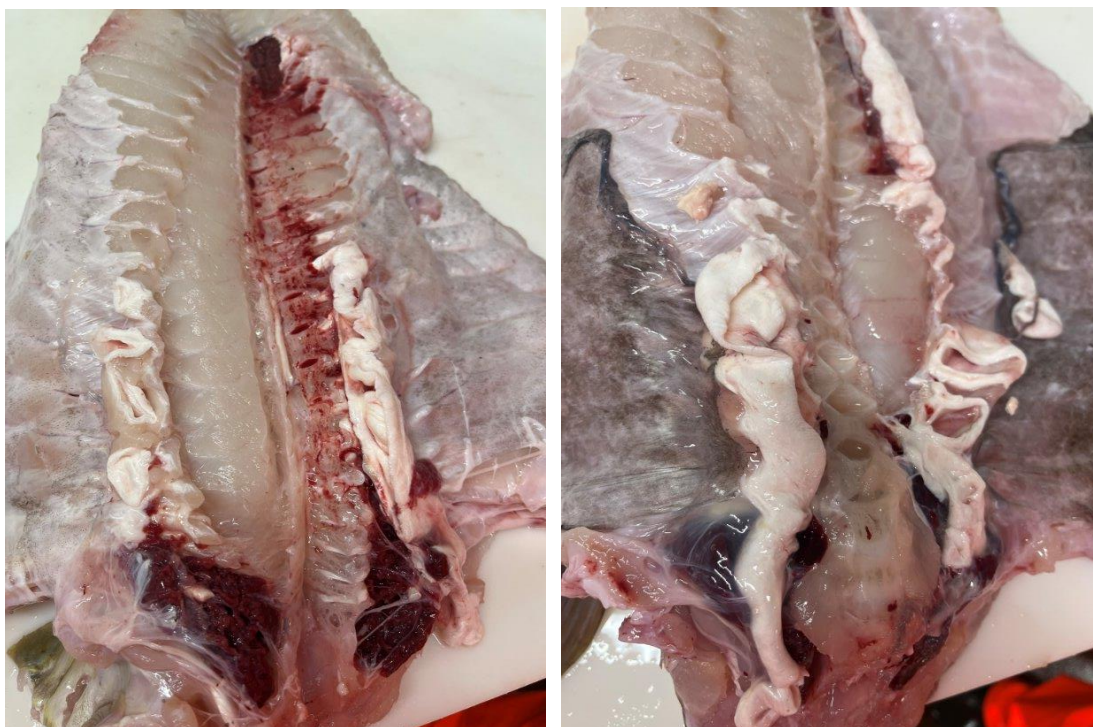


**Figur 28:** Kvalitetgradering rett etter flekkemaskin.

Antall flekkefeil (Figur 30) og alvorlighetsgraden av disse ble vurdert rett etter flekking. De fleste av disse feilene var at deler av ryggbeinet ikke ble fjernet. Merk at slike feil vil kunne påvirke flekkeutbytte. Det er spesielt gruppen med fersk fisk temperert mellom -1 og 0 °C som hadde mange flekkefeil. På tint råstoff var det fisken temperert til mellom -1 til 0 °C som hadde klart minst flekkefeil, med kun 1 fisk med en liten flekkefeil. Til sammenlikning hadde fisken temperert til 4°C flere fisk med alvorlige flekkefeil (Figur 29).



**Figur 29:** Flekkefeil registrert rett etter flekking



**Figur 30:** Eksempel på flekkefeil

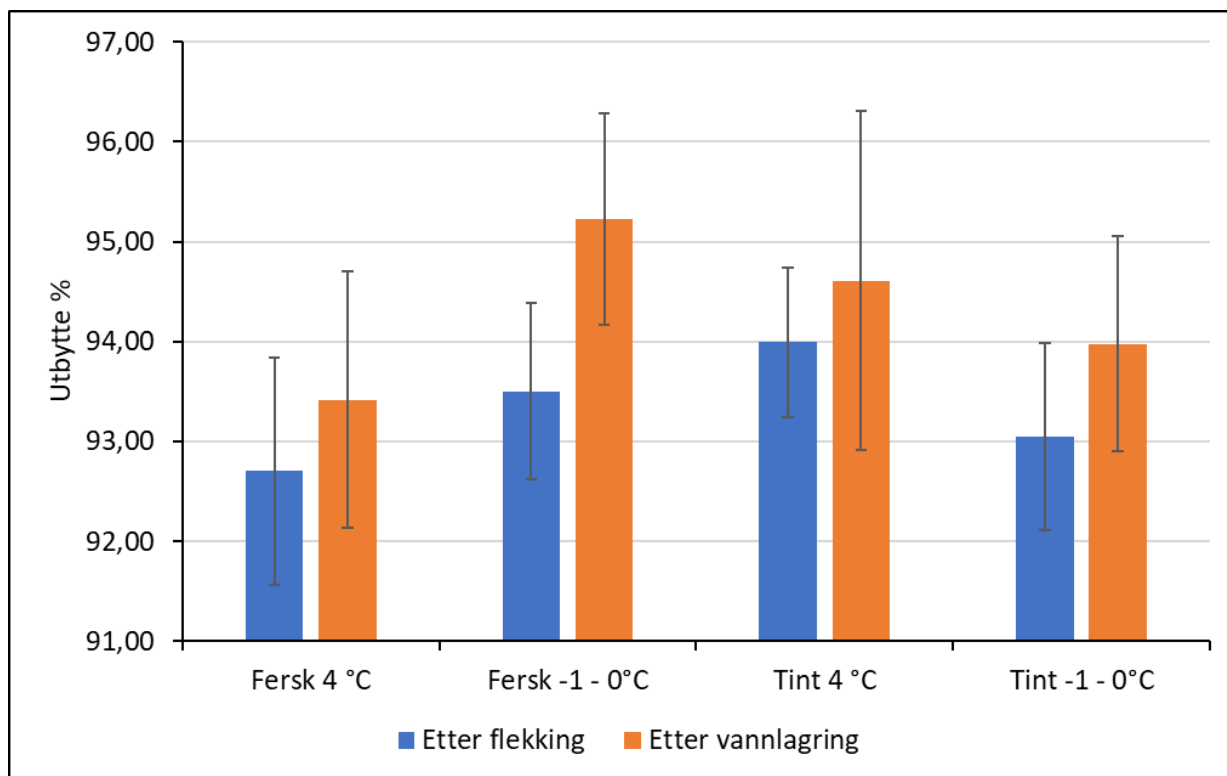
## 5.6 Vektmålinger

Fisken ble hengst opp etter sporden i 3 minutter før fisken ble veid, slik at løst overflatevann dryppet av. Det samme ble gjort etter flekking og før fisken ble lagt i kar. Som tidligere nevnt er det utfordrende å få sammenlignbare utbytte-tall med forsøk som går over 4 dager, med ulike operatører og ulik produksjon i linjen. Etter flekking måtte vi ha fisken i kar med kjølt vann før alle fiskene ble rogget og vasket senere på dagen. Her ble vekten på fisken målt på nytt. Tiden i kar varierte, som kan forventes å gi ulikt vannopptak i denne fasen.



**Figur 31:** Nofima gjennomfører kvalitetsanalyser

Utbytte rett etter flekking variere noe, og gruppen med tint fisk ved 4 °C har høyest utbytte. Mens gruppen med tint -1-0°C har nesten 1% lavere flekkeutbytte målt rett ut av maskinen (Figur 32). Samtidig vet vi at i denne siste gruppen var 34 fisk kjørt med Alaska Pollack innstillinger. Her er det for mange usikkerheter til at det er mulig å konkludere om flekkeutbytter med en akseptabel sikkerhet. Vektene etter vannlagring og etterfølgende rogging og vasking viser høyere utbytter, sammenliknet med utbytte rett ut av flekkemaskin. Vi antar at dette skyldes vekttoptak mens fiske lå i vann.



**Figur 32** Flekkeutbytte rett etter flekking og etter at fisken lå lagret i kar med vann. Vekten «etter vannlagring» er etter rogging og vasking.

## 5.7 Spalting

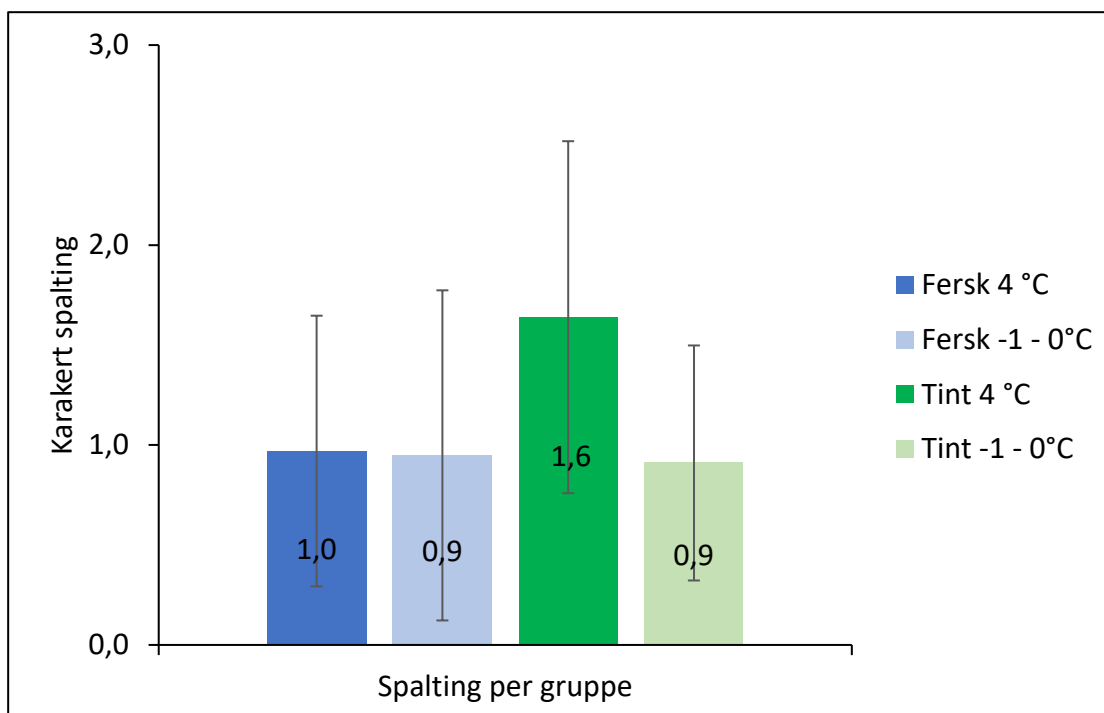
Etter flekking og avrenning i tre minutter så ble spalting vurdert. Fisken fikk en karakter mellom 0 og 5, der 0 var lik ingen spalting. Det ble kun gitt hele karakterer for spalting.

**Tabell 3:** Grad av spalting for de ulike karakterene beskrives slik:

Karakter	Beskrivelse
0	Ikke spalting
1	Lite spaltet
2	Litt spaltet
3	Enkelte tydelige spalter
4	Spaltet
5	Kraftig spaltet/ Oppløst

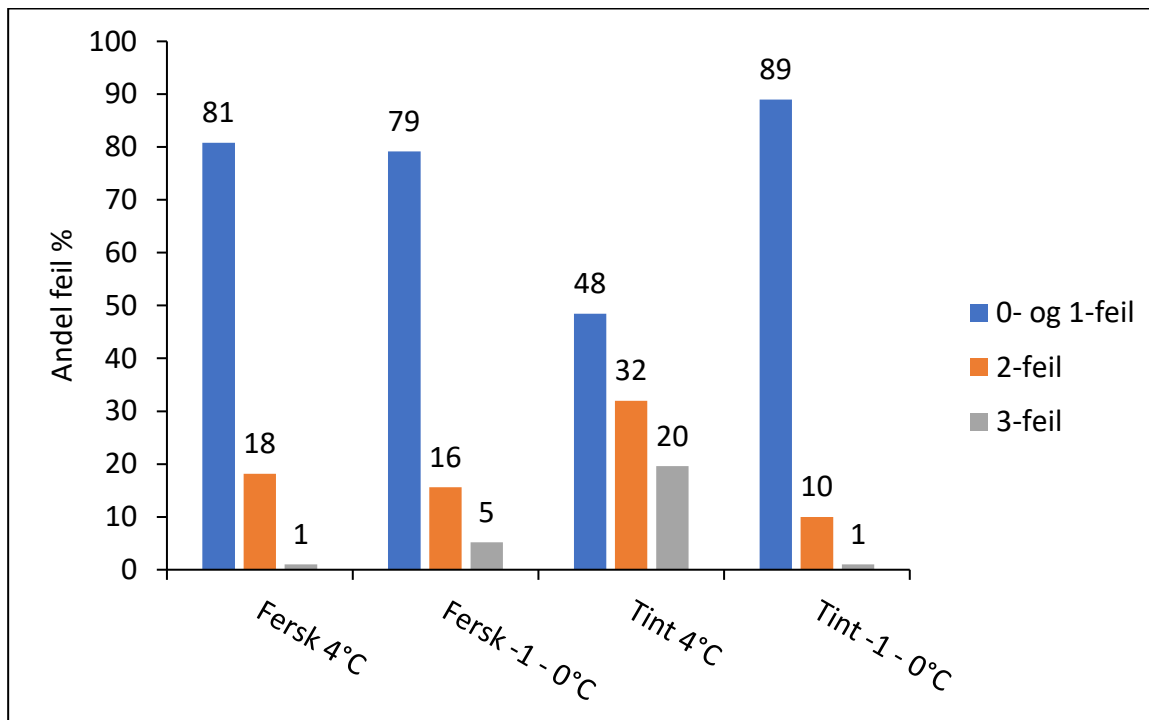
Det var ikke forskjell i spalting mellom de to ferske gruppene. På fryst råstoff derimot var fisken tint og utjevnet ved 4 °C klart mere utsatt for spalting, sammenliknet med fisken tint ved -1 – 0°C (Figur 33). Når man ser på alvorlighetsgraden av spaltefeil, er forskjellene etter tining enda tydeligere. Utjevning ved 4C gav en fisk hvor 20% hadde tydelig spalting etter flekking, mens kun 1% var tydelig spaltet når fisken var utjevnet ved -1-0°C (Figur 34).

En del av feilene som ble registrert for alle gruppene var en gjentakende rivingsfeil på en side av loins.



**Figur 33:** Spalting vist som gjennomsnitt for hver gruppe





**Figur 34:** Spalting med fordeling av spaltefeil. 0 er ikke/lite spaltet, mens 3 har tydelige spalter.

## 6 Diskusjon - utjevningstemperering

Etter ordinær tining er det stor variasjon i kjerne-temperaturen på fisken og mellom enkeltfisker. Dette gir ujevn temperatur og noen ganger delvis fryst muskel inn til flekkemaskinen og salteprosessen videre. Dette påvirker spaltegrad, flekkefeil og trolig gjennomsnittlig flekkeutbytte. Med utjevning kan det gi forbedringer, men utjevning krever tid. Utjevningstiden for å få all frosset/tint fisk til under 0°C vil være 5-6 timer. Hvis man aksepterer at noen enkeltfisk fortsatt kan en litt forhøyet temperatur ved flekking, så vil 3-4 timer i utjevning være tilstrekkelig.

Tid for utjevning til under 0°C for fersk fisk er mye kortere, rundt 2-3 timer, da temperaturvariasjonene i fiskene før utjevning er mye mindre, da den ferske fisken oppbevares i kar med is-vann.

Som et alternativ til utjevning med bruk av RSW, vil tilsats av is være aktuelt. Ved bruk av ferskvanns-is vil man ikke oppnå så lav temperatur som hvis man bruker sjøvanns-is. Energien for å kjøle sjøvann til -1°C vil være 30-40 % høyere ved å bruke is enn med direkte kjøling med RSW.

Kvalitetsmessig viser disse forsøkene en bedre kvalitet i form av mindre spalting på tint torsk som er utjevnet ved -1-0°C, sammenliknet med utjevning ved 4°C. Tilsvarende utjevninger på ferskt råstoff viste ikke forskjell i spalting, men det var råstoff-forskjeller som ga utslag i blodfeil.

Det er vanskelig å komme med begrunnede konklusjoner når det gjelder flekkeutbytte. Det var vanskelig å måle flekkeutbytte med god sikkerhet med et forsøksoppsett med timer eller dager mellom hver test. Det blir for mange usikkerheter i forhold til innstilling av maskiner og liknende forhold. Ville trolig vært en bedre løsning med først å ha fokus på kun kvalitetseffekter grunnet ulike tintemperaturer. Og når riktig

tinetemperatur/utjevningstemperatur var funnet kvalitetsmessig, kunne en avklare utbytteeffektene både etter flekking og videre i produksjonen. Flekkeutbytte er i stor grad en justeringssak på flekkemaskinen.

Det er ikke nødvendigvis slik at en får både bedre kvalitet og bedre utbytter ved at den tinte fisken holder en jevn temperatur mellom 0 og -1 grader. Det er påvist mindre spalting og flekkefeil ved en slik utjevning mellom enkeltfisk og internt i fisken, men betydningen av utjevning etter tining for flekkeutbytte er ikke avklart. Og betydninger for saltfiskens og klippfiskens utbytter og kvalitet er heller ikke avklart.

## Referanseliste

Akse, L. og Joensen, S. (2008). Undersøkelser av utbyttefaktorer ved produksjon av saltfisk. Nofima rapport 21/2008.

Akse, L. og Joensen, S. (1996). Fullsalting av torsk: Effekt av ulik ferskhet på råstoff. Fiskeriforskning rapport 15/1996.

Akse, L. (1995). Sammenligning av frosset/tint og kjølt torsk som råstoff til saltfiskproduksjon. Fiskeriforskning rapport 11/1995.

Bjarnarson, J. (1986). Handbók fiskvinnslunnar. Saltfiskverkun. Rannsóknarstofnun fiskidnadarins 1986?

Bjørkevoll, I., Hellevik, A.H. og Walde, P.M. (2010). Styring av salteprosessen ved produksjon av salt- og klippfisk. Sluttrapport. Møreforskning Marin rapport MA10/17.

Bragadottir, M. og Bjarnason, J. (1995). Saltfiskur. Samanburdur a sprautsøltun og pækilsøltun. Rannsóknarstofnun fiskidnadarins rit 45, 1995.

Claussen, I.C., Rustad, T. og Magnussen, O.M. (2009). Optimal lagring av saltfisk. SINTEF Energiforskning AS, Rapport nr TR F6795.

Joensen, S., Akse, L., Tobassen, T., Gundersen, B., Olsen, S.H., Jakobsen og Svalheim, R. (2014). Modningstemperatur i saltfiskproduksjon. Nofima Rapport 40/2014.

Joensen, S., Bjørkevoll, I., Gundersen, B., Kvangarsnes, K., Barnung, T., Heia, K., Tobiassen, T. og Akse, L. (2012). Hvitere saltfisk- Storskala forsøk. Delrapport 2. Nofima rapport 35/2012.

Joensen, S., Martinsen, G., Akse, L., Gundersen, B., Eilertsen, G., Carlehøg, M. og Aune, T. F. (2010). Injisering som første del i salteprosessen. Nofima rapport 38/2010.

Joensen, S., Carlehøg, M., Lauritzen, K., Eilertsen, G. og Esaiassen, M. (2006). Smak, lukt og konsistens på klippfisk – Effekter av ulike typer råstoff og saltmodningstemperaturer. Fiskeriforskningsrapport 6/2006.

Joensen, S., Carlehøg, M., Lauritzen, K., Dahl, R., Eilertsen, G., Sivertsen, A.H., Akse, L. og Bjørkevoll, I. (2005). Sensorisk kvalitet på modnet saltfisk og klippfisk – Effekter av råstoff, saltemetode og lagringstid. Fiskeriforskning rapport 11/2005

Joensen, S., Akse, L. og Sørensen, N.K. (2000). Kjøling av fersk fisk. Effekt på vekt og kvalitet. Fiskeriforsknings rapport 21/2000.

Lauritzen, K., Gundersen, B., Dahl, R., Joensen, S., Bjørkevoll, I., Sivertsen, A., Eilertsen, G., Wang-Andersen, J., Pedersen, K., Ersvær, T. og Dørum, G.K. (2006). Effekter av antioksidanter på klippfisk fra sei. Fiskeriforsknings rapport 25/2006.

Lorentzen, G. (2018). formidling av kunnskap om saltmodning og holdbarhet på klippfisk. Faglig sluttrapport. Nofima rapport 11/2018.

Magnussen, O.M. (2009). Tining av råstoff før flekking – forprosjekt. SINTEF Energiforskning AS rapport nr TR A6800.

Stoknes I. S. (1999). Forbehandling og salting av «sildetorsk». Møreforskning rapport nr Å9907

Indergård E, Claussen IC, Magnussen OM (2011). Heat pump drying of clipfish: Increased energy efficiency and capacity by end-drying in separate storage facilities, 5st Nordic Drying Conference, Helsinki-Finland.

Claussen IC, Indergård E, Magnussen OM, Gullsvåg PE (2011) Factors influencing the drying process of salted fish of Cod, Part B: Water removal rate from Clipfish based on weight and drying air condition. 5th Nordic Drying Conference, Helsinki-Finland

Bantle, M., Indergård, E., Claussen, I.C., Gullsvåg, P.E., Magnussen, O.M., (2013). Case study on intermediate storage and mechanical stress treatment during drying of clipfish. 6th Nordic Drying Conference, Copenhagen, Denmark. ISBN: 978-82-92739-06-8

Bantle, M., Gullsvåg, P.E., Nordtvedt, T.S., Indergård, E., Tolstorebrov, I. (2014) Heat pump drying: simulation and evaluation of drying system for clipfish with main and storage drying. 3rd IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain, London, UK. ISBN: 978-2-36215-003-6

Joensen, S., Akse, L., Tobassen, T., Gundersen, B., Olsen, S.H., Jakobsen og Svalheim, R. (2014). Modningstemperatur i saltfiskproduksjon. Nofima Rapport 40/2014.

Joensen, S., Lorentzen, G. og Jorner, L. (2017). Saltfisk: Temperatur under produksjon. Et faktaark fra Nofima og FHF. Nofima mars 2017.

Kvangarsnes, K., Barnung, T., Ween, O. og Hellevik, A.H. (2012). Rødmidd i Klippfisk. Møreforskning rapport nr. MA 12-20.

Lorentzen, G. (2016). Holdbarhet på klippfisk. Sluttrapport. Nofima rapport 65/2016.

**Tabell 4:** Prosjekter innen temperatur, kvalitet og utbytte i regi av FHF hvor SINTEF og Nofima har ledet forskningsarbeidet.

FHF prosj.nr.	Periode	Utførende	Tittel
900897	2013-2014	Nofima	Effekt på utbytte og kvalitet i sammenheng med modningstemperatur og omlegging fra kar til palle
900856	2013-2016	Nofima	Holdbarhet på klippfisk
900508	2010-2012	Nofima	Hvitere saltfisk og økt utbytte
900099	2008-2009	SINTEF Energi	Tining av råstoff for saltfisk- og klippfisknæringen: Forprosjekt
900006	2008	SINTEF Energi	Klippfisk: Optimal tørking
900856	2013-2016	Nofima	Holdbarhet på klippfisk
900149	2009-2010	SINTEF Energi	Lagerhold og klippfiskkvalitet
901298	2016-2018	Nofima	Formidling av kunnskap om saltmodning og holdbarhet på klippfisk
901074	2015-2016	SINTEF Ocean	Implementering av forskningsresultater om tørkeprosessen i klippfisknæringen
900662	2011-2014	SINTEF Energi	Rasjonell klippfiskproduksjon
900148	2009	SINTEF Energi	Sluttørking av klippfisk