

■ www.energy.sintef.no ■

**SINTEF Energiforskning AS**

Postadresse: 7465 Trondheim
Resepsjon: Sem Sælands vei 11
Telefon: 73 59 72 00
Telefaks: 73 59 72 50

www.energy.sintef.no

Foretaksregisteret:
NO 939 350 675 MVA

TEKNISK RAPPORT

SAK/OPPGAVE (tittel)

Tilpassing og gjennomføring av superkjølingsprosess ved Norway Seafoods Hammerfest AS

SAKSBEARBEIDER(E)

Anders Haugland og Solfrid Johansen

OPPDRAGSGIVER(E)

FHL – Filèt forum

TR NR. TR F6295	DATO 2006-02-13	OPPDRAGSGIVER(E)S REF. Kristian Prytz	PROSJEKTNR. 16X586
ELEKTRONISK ARKIVKODE 060108ANH133419		PROSJEKTANSVARLIG (NAVN, SIGN.) Anders Haugland	GRADERING Åpen
ISBN NR. 82-594-3005-3	RAPPORTTYPE Fortrolig	FORSKNINGSSJEF (NAVN, SIGN.) Inge R. Gran <i>Inge R. Gran</i>	OPPLAG SIDER 6 11
AVDELING Energiprosesser		BESØKSADRESSE Kolbjørn Hejes vei 1D	LOKAL TELEFAKS 73 59 39 50

RESULTAT (sammendrag)

Dette prosjektet hadde som mål å sørge for at man oppnår ønsket kapasitet og superkjølingsgrad for torskeloins, som produseres ved Norway Seafoods Hammerfest AS. Det superkjølte produktet ble gjenstand for et holdbarhetsstudium, som ble gjennomført ved Fiskeriforskning AS. Aktivitetene i prosjektet var:

- Dimensjonere en enkel batch-vis superkjølingsprosess som utnytter ledig kapasitet i Norway Seafoods sitt anlegg i Hammerfest.
- Gjennomføre superkjølingen

Gjennom prosjektet er det utviklet en metodikk for å tilpasse ulikt utstyr til å kunne superkjøle torskeloins til et definert og ønsket isinnhold. Dette forutsetter at det er tosidig superkjøling, og at produktene pakkes umiddelbart etter endt superkjøling. Metodikken tar hensyn til produktets størrelse, inngangstemperatur, lufthastighet og lufttemperatur, og kan implementeres i styringsverktøy av ulik automatiseringsgrad. I dette arbeidet er det benyttet en superkjølingsgard på 30 %, men det er ikke sikkert at det er dette nivået som er mest aktuelt, ei heller optimalt, med tanke på produktets kvalitet. Superkjølte loins vil kunne utnytte eksisterende emballasje bedre enn tradisjonelt ispakket, med reduserte emballasje og transportkostnader (minimum 20 % lavere) – forutsatt at markedet aksepterer mer produkt i hver eske.

Resultatene fra de påfølgende holdbarhetsforsøkene er rapportert i egen rapport fra Fiskeriforskning AS.

STIKKORD

EGENVALGTE	Torske loins	Superkjøling
	Prosess	Isinnhold

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1 MÅL	3
2 BAKGRUNN	3
3 STATUS	3
4 MATERIALE OG METODER	4
5 RESULTAT	5
6 KONKLUSJON	7
7 VEDLEGG A	8
8 VEDLEGG B	10

1 MÅL

Dette prosjektet hadde som mål å sørge for at man oppnår ønsket kapasitet og superkjølingsgrad for torskeloins, som produseres ved Norway Seafoods Hammerfest AS. Det superkjølte produktet ble gjenstand for et holdbarhetsstudium, som ble gjennomført ved Fiskeriforskning AS. Aktivitetene i prosjektet var:

- Dimensjonere en enkel batch-vis superkjølingsprosess som utnytter ledig kapasitet i Norway Seafood sitt anlegg i Hammerfest
- Gjennomføre superkjølingen

Resultatene fra de påfølgende holdbarhetsforsøkene er rapportert i egen rapport fra Fiskeriforskning.

2 BAKGRUNN

Det ble i 2005 gjennomført et samarbeidsprosjekt med FHL, Fiskeriforskning AS og SINTEF Energiforskning AS, hvor man utviklet en superkjølingsprosess for produksjon av superkjølte torskeloins til **a)** markedstest og **b)** holdbarhetstest. Begge disse testene viste at superkjølte produkter var like gode som de iskjølte produktene (referansen). Man hadde imidlertid forventet at det skulle være en gevinst i favør av de superkjølte produktene når det gjelder holdbarhet. Alderen på råstoffet før superkjøling ble pekt på en mulig årsak for dette. FHL besluttet derfor å gjennomføre en ny holdbarhets test med mer kontroll over utgangskvaliteten på råstoffet. Denne rapporten beskriver deler av den nye testen (tilpassing og gjennomføring av superkjølingen)

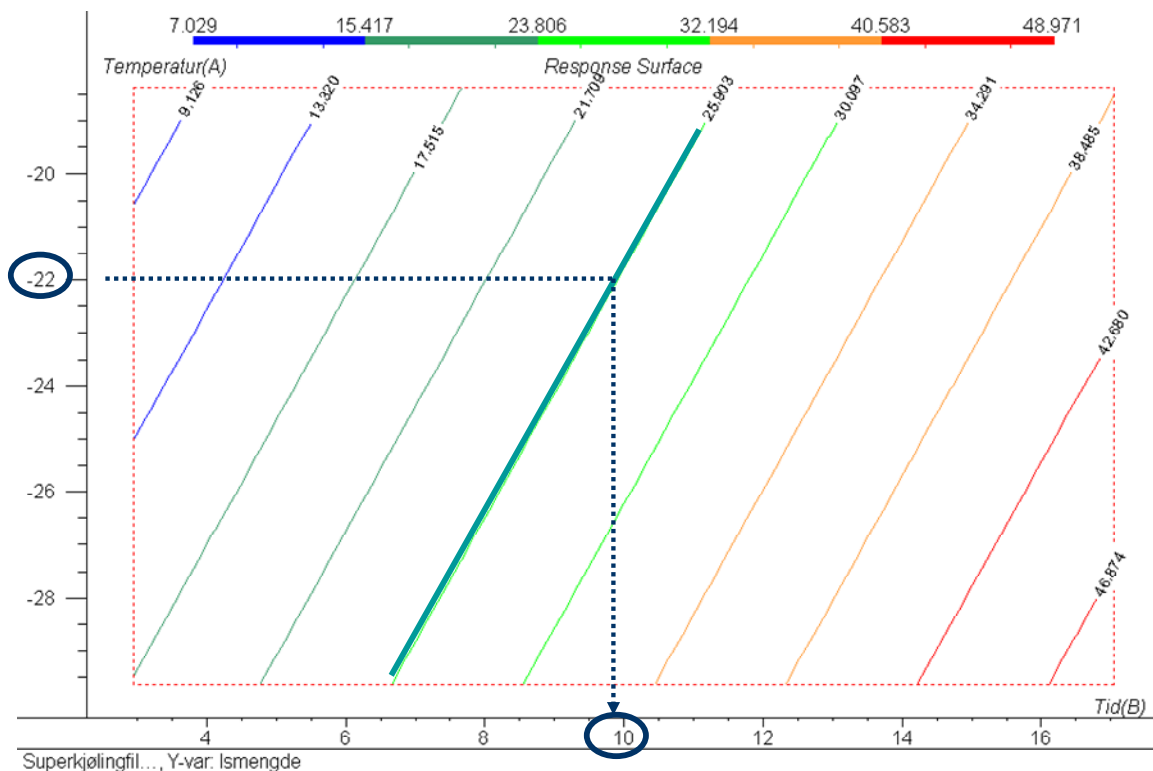
3 STATUS

Figur 1 er hentet fra SINTEF rapport - *TR F6186 - Superkjølte filetprodukter: Superkjøling av hvitfisk loins for markedsintroduksjon*. Figuren gir superkjølingsgrad angitt ved prosentandel is i produktet.

Disse resultatene gjelder når noen **viktige forutsetninger** er oppfylt:

- Råstoffet er torskeloins (210 – 250 gram)
- Gjennomsnittlig produkttykkelse er 25 mm
- Superkjøling på stålbrett i en luftstrøm med hastighet 4 m/s både over og under brettet
- Produktets utgangstemperatur før superkjøling er 2 °C

Det vil alltid være avvik fra disse forutsetningene. I forbindelse med forberedelsene til superkjølingen i Hammerfest ble det derfor laget justeringsfaktorer for; produktets reelle inngangstemperatur, produktets gjennomsnittlige tykkelse, samt lufthastigheten over produktene.



Figur 1 - Superkjølingsgrad avhengig av tid og temperatur.

4 MATERIALER OG METODER

Produktene skulle superkjøles til 30 % isinnhold. Når det gjelder hvilke typer råstoff (alder og konserveringsmetode) så henvises det til rapporten fra Fiskeriforskning AS. Selve superkjølingen foregikk på en hylle rett etter fordampere i bedriftens spiralfryser. Opprinnelig var tanken at man skulle benytte to hyller for hver superkjøling, men kontrollmålinger av lufthastigheten viste at det var uakseptable forskjeller mellom lufthastigheten over disse platene, og det ble derfor besluttet å benytte kun den øverste. Av kapasitetshensyn måtte dermed ett superkjølingsforsøk gjennomføres i to omganger.

Temperaturen i luften over plata ble registret kontinuerlig, og den gjennomsnittlige lufttemperaturen ble benyttet som utgangspunkt for å definere nødvendig tid for å oppnå 30 % superkjølingsgrad (nominell superkjølingstid t_{nom}). Deretter ble denne tiden justert med de omtalte justeringsfaktorene. Justeringsfaktorene baserer seg åpenbart på en rekke forenklinger av fysikken, men SINTEF Energiforskning AS finner dem akseptable i den begrensede bruken de foreslås benyttet her.

Loinsstørrelse

Av loinsens dimensjoner (lengde, bredde og tykkelse) er det uten sammenligning loinsens tykkelse som påvirker superkjølingsgraden mest. For å redusere mulige effekter av dette, ble det valgt å benytte en grading som i snitt ville gi loins på 210-250 gram tilsvarende det som i

forsøkene, som danner grunnlaget for figur 1. Tykkelsen ble i tillegg undersøkt for hver batch. Nominell superkjølingstid ble multiplisert med følgende faktor:

$$F_{\text{størrelse}} = (\text{Faktisk tykkelse i mm})/25\text{mm}$$

Råstofftemperatur

Råstofftemperaturen vil variere over sesong, fiskefartøy, lastbærer, tid på dagen i produksjonen, kjølesystem, lufttemperatur og en rekke mer tilfeldige faktorer. For å få en oversikt over hvordan råstofftemperaturen utvikler seg i produksjonsprosessen, ble noen enkle temperaturregistreringer gjennomført ved ulike prosesstrinn fra råstofflager og frem til ferdige loins. Disse resultatene er beskrevet i Vedlegg B.

For superkjølingsforsøkene ble inngående råstofftemperatur registrert for hver batch og superkjølingstiden ble justert etter følgende faktor:

$$F_{\text{råstoff_temp}} = (\text{Differanse i energinivå fra aktuell temperatur til ønsket superkjølingsnivå})/(\text{Differanse i energinivå mellom } 2^{\circ}\text{C og ønsket superkjølingsnivå})$$

Lufthastigheten

Før man startet superkjølingen, ble lufthastigheten over platen registrert over lengre tid og funnet til å være ganske konstant på 2 m/s. Basert på kjente relasjoner mellom varmeovergangstall og lufthastigheter ble superkjølingstiden justert etter følgende faktor:

$$F_{\text{luft_hastighet}} = \text{Kvadratrotten } (4\text{m/s}/\text{Aktuell hastighet})$$

Benyttet superkjølingstid ble dermed regnet ut på denne måten

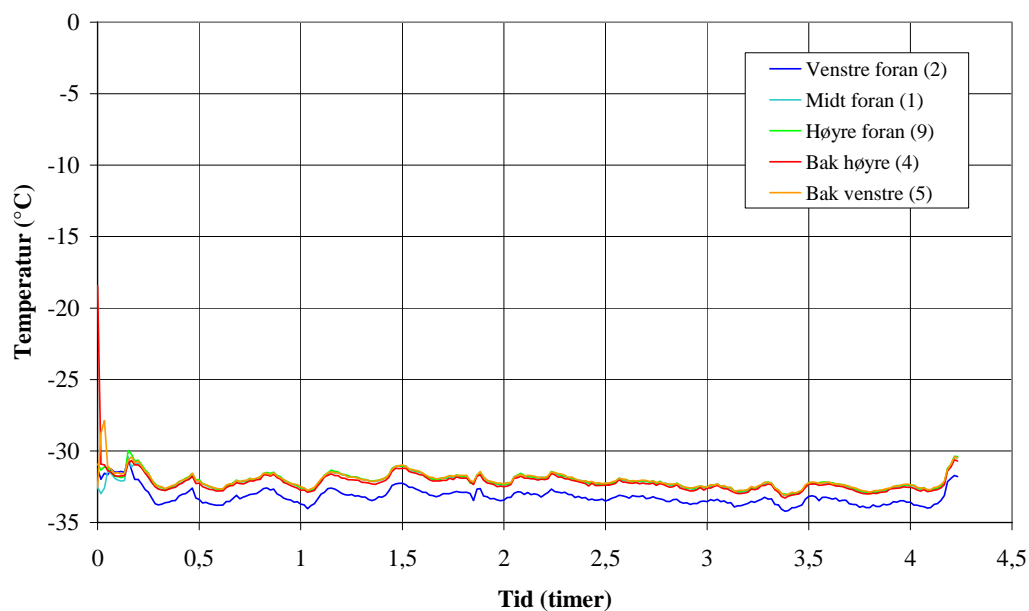
$$t_{\text{reel}} = F_{\text{størrelse}} * F_{\text{råstoff_temp}} * F_{\text{råstoff_temp}} * t_{\text{nom}}$$

De ferdig superkjølte produktene ble pakket direkte etter superkjøling i fem kg EPS kasser – uten tilsats av vannis. Ettersom det ikke ble benyttet is i kassene – ble det pakket minst 6 kg filet i hver av eskene.

5 RESULTAT

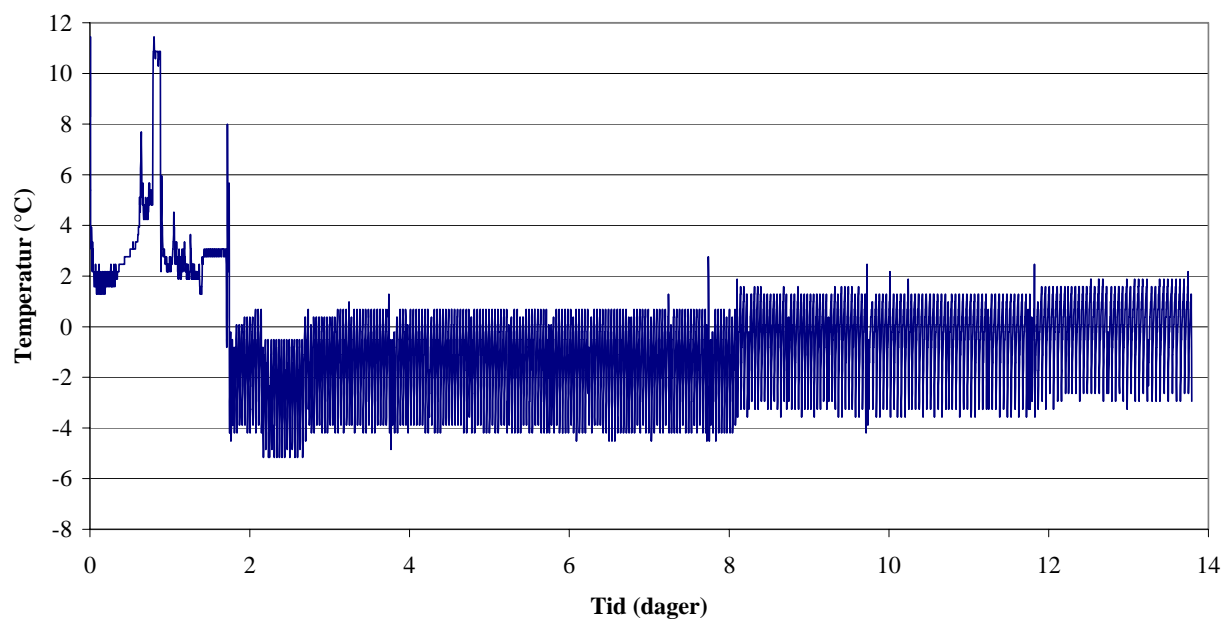
Figur 2 viser et utsnitt av lufttemperaturene over produktene i løpet av superkjølingen. Loggingen ble kun gjennomført første halvdel av dagen, men ble selvsagt registrert under hele forsøksserien. For to av batchene måtte man kompensere for en betydelig høyere lufttemperatur, som følge av at annet innfrysingsutstyr (med felles kuldeanlegg) ved bedriften ble tatt i bruk. Temperatur i de ulike forsøkene varierte mellom $-30,8^{\circ}\text{C}$ og -33°C , og nominell superkjølingstid ble ekstrapolert fra Figur 1.

**Lufttemperatur under superkjøling i gyrofryser,
14. og 15. november 2005, Norway Seafoods Hammerfest AS**



Figur 2 - Lufttemperatur under superkjøling – første halvdel av forsøksdagen

**Kuldekjede-1 Hammerfest - Tromsø, med lagring i Tromsø.
15. til 29. november 2005**



Figur 3- Kuldekjede for superkjølte produkter.

Gjennomsnittlig produkttykkelse varierte fra 24 mm – 25 mm, mens produktets temperatur rett før superkjølingen var 2,2 °C til 4,3 °C. Dette resulterte i superkjølingstider fra 10,4 minutter til 11,8 minutter.

Kuldekjeden som de superkjølte kassene ble utsatt for fra pakking til endt lagringstid, er vist i Figur 3. Frem til ca. 2 døgn, var dette samme kuldekjede som de iskjølte referansene, som fra 2 døgn av ble lagret ved gjennomsnittlig 2 °C. Figur 3 illustrerer også at det er relativt store sprang i kuldekjeden de første to døgnene med gjennomsnittstemperatur 3,2 °C, maksimum 11,5 °C, minimum -0,8 °C, og standardavvik 2,2 °C.

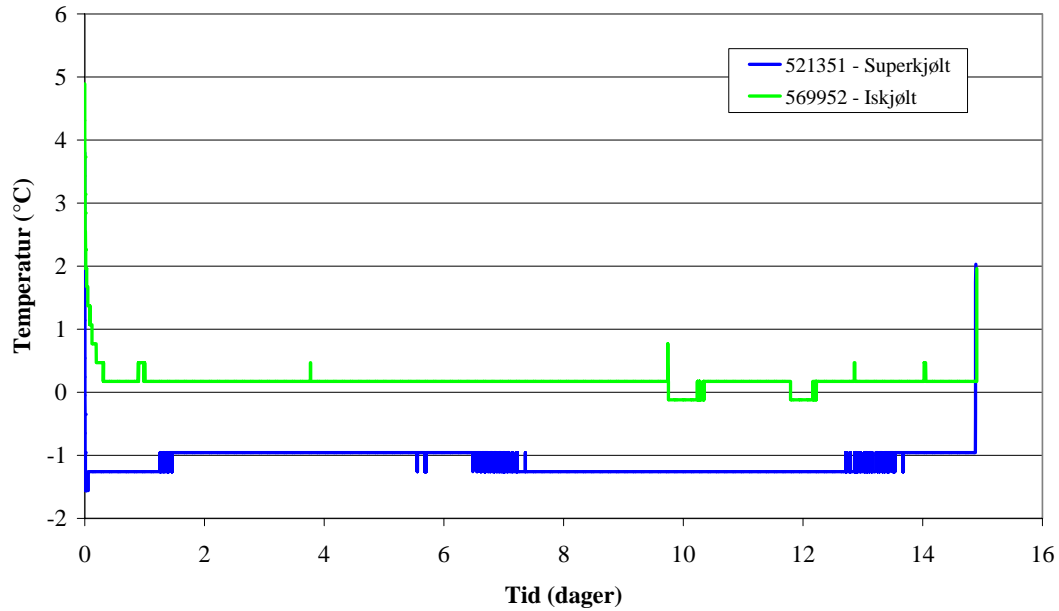
Temperaturutvikling i kassene etter pakking er gitt i vedlegg A.

6 KONKLUSJON

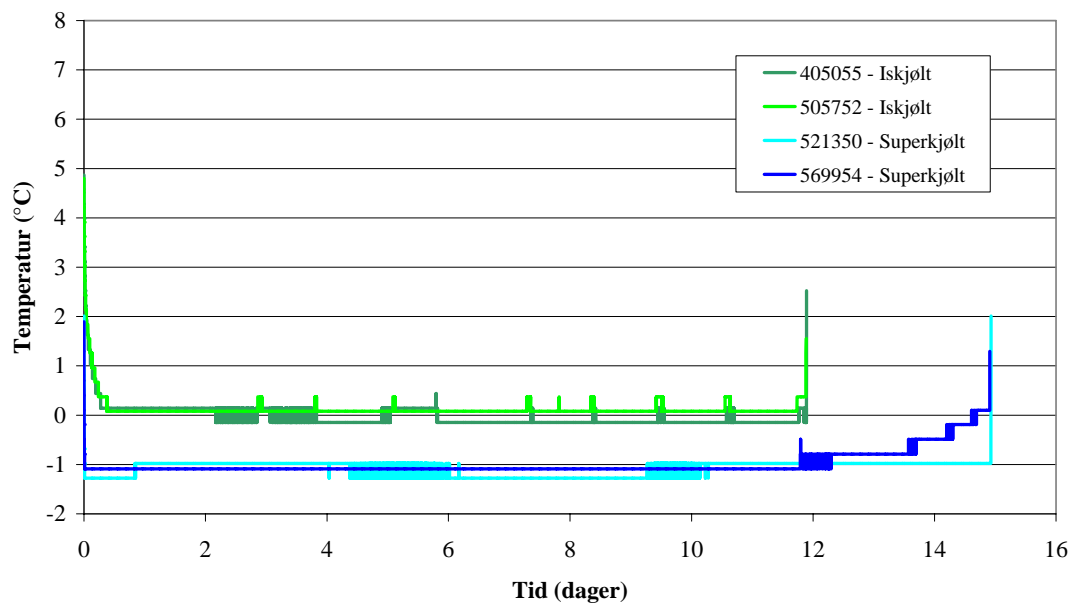
Det er nå utviklet en metodikk for å tilpasse ulikt utstyr for å kunne superkjøle torskeloins til et definert og ønsket isinnhold. Dette forutsetter at det er tosidig superkjøling, og at produktene pakkes umiddelbart etter endt superkjøling. Metodikken kan implementeres i styringsverktøy av ulik automatiseringsgrad. I dette forsøket er det benyttet en superkjølingsgard på 30 %, men det er ikke sikkert at det er dette nivået som er mest aktuelt, ei heller optimalt, med tanke på produktets kvalitet. Superkjølte loins vil kunne utnytte eksisterende emballasje bedre enn tradisjonelt ispakket, med reduserte emballasje og transportkostnader (minimum 20 % lavere) – forutsatt at markedet aksepterer mer produkt i hver eske.

7 VEDLEGG A

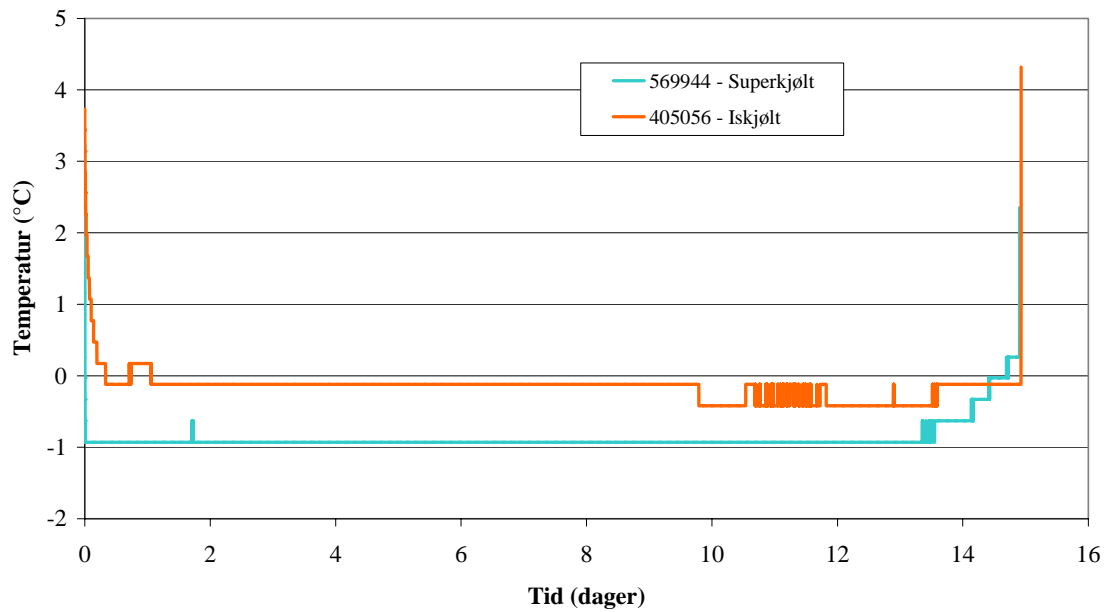
**Fisk lagret 3 dager i kar
15. til 30. november 2005**



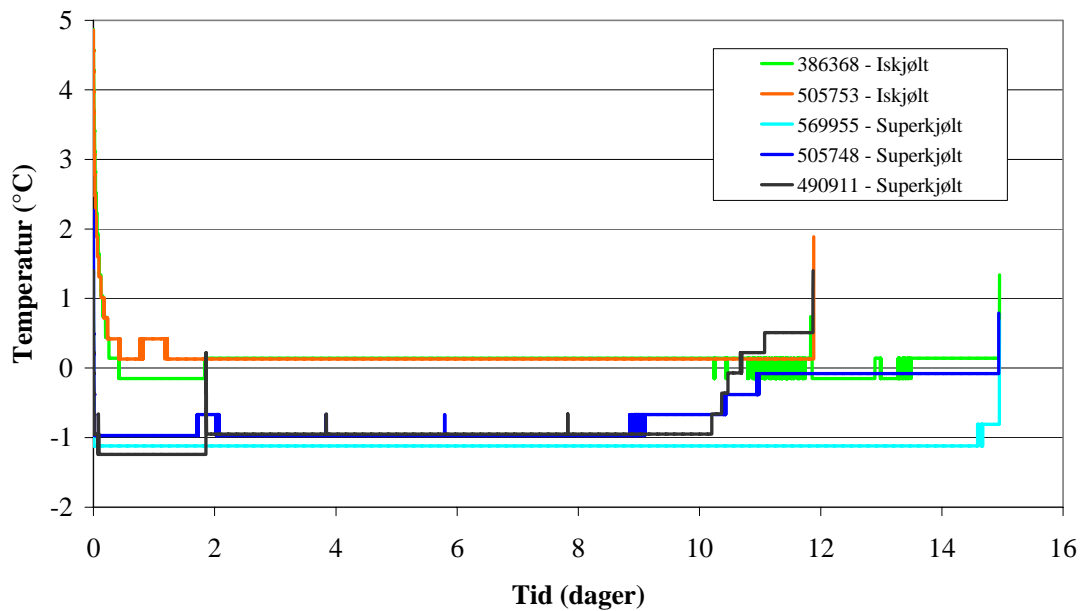
**Fisk lagret 3 dager i kasse
15. til 27. og 30. november 2005**



**Fisk lagret 6 dager i kar
15. til 30. november 2005**



**Fisk lagret 6 dager i kasse
15. til 27. og 30. november 2005**



8 VEDLEGG B

Temperatur på torsken ved ulike produksjonstrinn er oppsummert i Tabell 1. Dette gir et øyeblikksbilde av temperaturforholdene i produksjonen og er ikke nødvendigvis representativt for hvilke temperaturer man ville få dersom man fulgte temperaturutviklingen gjennom produksjonen for en spesiell batch produkter

Tabell 1 - Temperaturen på torsken ved ulike prosesstrinn

	Lufttemperatur °C	Produkttemperatur °C
Råstofflager	3	-0,2
Etter filetering	12,1	2,9
Etter rensing	12,1	5,7

Tabell 1 viser at temperaturstigningen i produksjonen er opp mot 6 °C. Dette er energi som uansett må fjernes igjen, enten ved is under islagring, eventuelt ved superkjøling og under fryseprosessene. En slik temperaturstigning vil få konsekvenser for produktkvaliteten, og man bør jobbe for å redusere denne energitilførselen under produksjonen.

SINTEF Energiforskning AS
Adresse: 7465 Trondheim
Telefon: 73 59 72 00

SINTEF Energy Research
Address: NO 7465 Trondheim
Phone: + 47 73 59 72 00