

Reduksjon av smeltevann fra fisketransport

Faglig sluttrapport



Illustrasjon: Nofima/Christian Petrich

Nofima er et ledende matforskningsinstitutt som driver med forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien. Vi leverer internasjonal anerkjent forskning og løsninger som gir næringslivet konkurransefortrinn langs hele verdikjeden.

«Bærekraftig mat til alle» er vår visjon.

Kontaktinformasjon

Telefon: 77 62 90 00

post@nofima.no

www.nofima.no

NO 989 278 835 MVA



Hovedkontor Tromsø

Muninbakken 9–13

Postboks 6122

NO-9291 Tromsø



Stavanger

Måltidets hus

Richard Johnsensgate 4

Postboks 8034

NO-4068 Stavanger



Sunndalsøra

Sjølsengvegen 22

NO-6600 Sunndalsøra



Ås

Osloveien 1

Postboks 210

NO-1433 ÅS



Bergen

Kjerreidviken 16

Postboks 1425 Oasen

NO-5844 Bergen

Rapport

Rapportnummer: 7/2023	ISBN: 978-82-8296-742-6	ISSN: 1890-579X
Dato: 15. mars 2023	Antall sider + sider vedlegg: 18 + 1	Prosjektnummer: 13794
Tittel: Reduksjon av smeltevann fra fisketransport		
Title: Reducing meltwater from trucks transporting fresh fish.		
Forfatter(e): Bjørn Tore Rotabakk, Nofima, Christian Petrich, SINTEF Narvik, Jørgen Lerfall, NTNU		
Avdeling: Prosjektteknologi		
Oppdragsgiver: FHF		
Eksternt prosjektnummer/Oppdragsgivers ref.: FHF-901778		
Stikkord: Avrenning, transport, fersk fisk		
Sammendrag/anbefalinger: Undersøkelser i prosjektet viser at det er store forskjeller mellom de ulike aktørene i bransjen med tanke på temperaturkontroll av fisk. Hovedutfordringen med avrenning ligger nok hos produsentene, der fisken generelt ikke blir tilfredsstillende nedkjølt. De aller fleste som deltok i studien har et temperaturmål på 1-3 °C for fisk som pakkes med is, noe som vil gi smelting av is og avrenning under lagring og transport. Det finnes flere tilgjengelige metoder for å samle opp smeltevann som produseres. Tette kasser fremstår som et alternativ som raskt kan implementeres hvis fisken er tilstrekkelig nedkjølt. Et annet alternativ er å montere oppsamlingstanker på lastebilene. Det var til dels store forskjeller hvilket fokus avrenning hadde i Irland, Island og Færøyene. Færøyene hadde det beste systemet med organisert oppsamling og mottak av avrenningsvann. Den matematiske modellen som ble utviklet, bekrefter at temperaturen på fisken har størst innvirkning på avrenningen, men at lastebilen også må gjøre sin del av jobben. Det anbefales at fisken er kaldere enn 1 °C, og at lastebilen stilles inn på -1 til 0 °C.		
English summary/recommendation: Investigations in the project show that there are large differences between the various players in the industry about temperature control of fish. The main challenge with runoff probably lies with the producers, where the fish is generally not chilled satisfactorily. The vast majority of those who took part in the study have a temperature target of 1-3 °C for fish packed with ice, which will cause ice to melt and run off. There are several methods available to collect meltwater that is produced. Tight boxes appear as an alternative that can be quickly implemented if the fish is sufficiently chilled. Another option is to mount collection tanks on the trucks. There were sometimes large differences in the focus runoff had in Ireland, Iceland and the Faroe Islands. The Faroe Islands had the best system of organized collection and reception of runoff water. The mathematical model that was developed confirms that the temperature of the fish has the greatest impact on the runoff, but that the truck must also do its part. It is recommended that the fish is colder than 1 °C, and that the truck is set to -1 to 0 °C.		

Forord

Dette prosjektet ble finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) gjennom en utlysning i mars 2022. Prosjektet ble finansiert med kr 2,5 millioner, og gikk fra juni 2022 til mars 2023. Prosjektet var et forskerstyrt prosjekt, med deltagere fra Nofima, SINTEF Narvik og NTNU.

Innhold

1	Sammendrag	1
1.1	Summary	2
2	Innledning	4
3	Problemstilling og formål	5
4	Prosjektgjennomføring, oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon	7
4.1	Kartlegging av kjølerutiner, temperaturkontroll og temperatursporing ved transport av fersk fisk på is	7
4.2	Hvordan håndteres avrenning fra ferskfisktransport i andre fiskeanordninger	8
4.3	Tilgjengelig utstyr for å hindre avrenning	10
4.4	Avrenningsmodell	11
4.4.1	Modellering	11
4.4.2	Verifiseringsforsøk	11
4.4.3	Eksempel på bruk av modellen	12
4.4.4	Avklare hvor mye smeltevann det vil være dersom alle gjeldende krav og beste praksis for temperatur i produktet og kjølekjeden frem til mottakeren er fullt ut overholdt	13
4.4.5	Avklare hvilket praktisk temperaturregime som gir minst mulig avrenning uten å påvirke fiskekvaliteten negativt	15
4.5	Konklusjon	15
5	Hovedfunn	16
6	Leveranser	17
7	Referanser	18
	Appendix	i

1 Sammendrag

Dette prosjektet ble lyst ut av FHF våren 2022, og et konsortium bestående av Nofima, SINTEF Narvik og NTNU sendte inn en søknad med en totalramme på kr 2 500 000. Prosjektet var et forskerstyrt prosjekt, og hadde en referansegruppe bestående av representanter fra Norfra AS, Nordlaks produkter AS, Grieg Seafood Finnmark AS, Norges Lastebileier-Forbund, Lerøy Norway Seafood AS og Sjømat Norge. Prosjektet hadde som mål å finne et foretrukket temperaturregime fra pakking til leveranse av fersk fisk for å redusere mengden avrenning under transporten. Prosjektet ble organisert i fire arbeidspakker, der dokumentasjon av dagens praksis, oppbygging av en matematisk modell for å estimere avrenning, gjennomgang av tilgjengelig utstyr og undersøkelse av hvordan dette håndteres i andre land, samt prosjektledelse og kommunikasjon, hadde hver sin arbeidspakke. Data ble innhentet gjennom webinar med bransjen, intervju av aktører i Irland, Island og Færøyene, praktiske forsøk, samt datainnsamling fra sentrale næringsaktører.

Undersøkelser i prosjektet viser at det er store forskjeller mellom de ulike aktørene i bransjen med tanke på temperaturkontroll av fisk. Hovedutfordringen med avrenning ligger nok hos produsentene, der fisken generelt ikke blir tilfredsstillende nedkjølt. De aller fleste som deltok i studien har et temperaturmål på 1-3 °C for fisk som pakkes med is, noe som vil gi smelting av is og avrenning under lagring og transport. Noen produsenter har løst utfordringen, og disse kjennetegnes med god temperaturkontroll og tilfredsstillende kjøling før fisken pakkes i kasse med is (-1 til + 1 °C). Det finnes flere tilgjengelige metoder for å samle opp smeltevann som produseres. Tette kasser fremstår som et alternativ som raskt kan implementeres hvis fisken er tilstrekkelig nedkjølt. Tette kasser må enten være laget for å samle opp avrenningsvannet uten å komme i kontakt med fisken, eller så må det benyttes en absorbent som håndterer avrenningen. Begge løsninger vil være dyrere sammenlignet med dagens løsning der smeltevannet ledes vekk fra kassene gjennom dreneringshull. Et annet alternativ er å montere oppsamlingstanker på lastebilene. Disse ligger under semi-traileren og samler opp vannet som dannes. Med dette alternativet, er det en utfordring med kapasitet, da dagens tilgjengelige tanker rommer cirka 250 liter. Det vil også ta tid før det er montert tanker på alle traller som transporterer fisk i Norge. I tillegg eksisterer det alternative kjølemedier som ikke gir avrenning, slik som CO₂-snø og gel-ice. CO₂-snø er kostbart, og kommer med en HMS-utfordring, mens gel-ice også er dyrere enn is, og gir et avfallsproblem hos kunden. Andre land har også fisketransport som gir avrenning, og Irland, Island og Færøyene ble studert. Det var til dels store forskjeller mellom hvilket fokus dette fenomenet hadde i de tre landene. I Irland var det tilnærmet ingen oppmerksomhet knyttet til avrenning, der hverken publikum eller myndigheter gav det noen oppmerksomhet. På Island var det forbud mot å la smeltevannet renne ut på veien, og det var et påbudt for lastebiler som transporterte fersk hvitfisk å ha montert oppsamlings-tanker på trallene. De hadde derimot ikke noe ordnet system på hvor tankene skulle tømmes, og det var heller ikke et stort fokus fra myndighetenes side på å tilrettelegge for en fornuftig håndtering av dette. Tilsynelatende førte myndighetenes manglende kontroll og håndtering til at mange ikke lukket ventilen på oppsamlingstanken. På Færøyene var det forbud mot avrenning og krav til oppsamling for lakse-transport. Dette skyldes frykt for smitte av ILA til villfisk i færøyske vassdrag. Til forskjell fra Island, så har de organisert oppsamling, og vannet desinfiseres før det slippes ut.

Den matematiske modellen som ble bygget, viser at det er i all hovedsak temperaturen til fisken som påvirker mengden smeltevann som produseres. Hvis fisken er 3 grader når den pakkes, vil ca 650 kg is smelte for å kjøle den ned de neste 30 timene (gitt at lastebilen er stilt inn på 0 °C), mens hvis lastebilen er stilt på 3 grader, så vil det smelte ca 120 liter vann de første 48 timene (gitt at fisken pakkes ved 0 °C). Dette er særlig de øverste og nederste kassene på en pall som er mest utsatt for dårlig temperaturkontroll på lastebilen. Prosjektet anbefaler at fisken er kaldere enn 1 grad når den sendes, og at lastebilen er stilt inn på -1 til 0 grader.

Prosjektet viser at temperaturkontroll på fisken er det viktigste momentet for å få løst problemet med avrenning. Avrenningen kan samles opp i tette kasser eller oppsamlingstank, men og kan være en god løsning sammen med kald fisk.

1.1 Summary

This project was announced by FHF in spring 2022, and a consortium consisting of Nofima, SINTEF Narvik and NTNU applied with a total budget of NOK 2,500,000. The project was a researcher-led project, and had a reference group consisting of representatives from Norfra AS, Nordlaks produkter AS, Grieg Seafood Finnmark AS, Norges Lastebileier-Forbund (Norwegian Truck Owners Association), Lerøy Norway Seafood AS and Sjømat Norge. The project aimed to find a preferred temperature regime from packaging to delivery of fresh fish to reduce the amount of runoff during transport. The project was organized into four work packages, where documentation of current practice, development of a mathematical model to estimate runoff, review of available equipment and investigation of how this is handled in other countries, as well as project management and communication, each had its own work package. Data was obtained through a webinar with the industry, interviews with players in Ireland, Iceland and the Faroe Islands, practical trials, as well as data collection from key industry players.

Investigations in the project show that there are large differences between the various players in the industry about temperature control of fish. The main challenge with runoff lies with the producers, where the fish is generally not chilled satisfactorily. The vast majority of those who took part in the study have a temperature target of 1-3 °C for fish packed with ice, which will cause ice to melt and run off during storage and transport. Some producers have solved the challenge, and these are characterized by good temperature control and satisfactory cooling before the fish is packed in boxes with ice (-1 to + 1 °C). There are several methods available to collect meltwater that is produced. Tight boxes appear as an alternative that can be quickly implemented if the fish is sufficiently chilled. Tight boxes must either be designed to collect the runoff without coming into contact with the fish, or an absorbent must be used to handle the runoff. Both solutions will be more expensive compared to the current solution where the melt water is led away from the boxes through drainage holes. Another option is to mount collection tanks on the trucks. These are located under the truck and collect the water that forms. With this option, there is a challenge with capacity, as today's available tanks hold approximately 250 litres. It will also take time before tanks are installed on all trucks that transport fish in Norway. In addition, there are alternative refrigerants that do not run off, such as CO₂ snow and gel ice. CO₂ snow is expensive, and comes with an HSE challenge, while gel-ice is also more expensive than ice and creates a waste problem for the customer. Other countries also have fish transport that produces runoff, and Ireland, Iceland and the Faroe Islands were studied. There were sometimes large differences between the focus of this phenomenon in the three countries. In Ireland, there was virtually no attention to runoff, where neither the public nor the authorities paid any attention to it. In Iceland, it was forbidden to let the meltwater run out onto the road, and it was mandatory for trucks transporting fresh whitefish to have collection tanks mounted on the trolleys. On the other hand, they had no organized system for where the tanks were to be emptied, nor was there a great focus on the part of the authorities on arranging for a sensible handling of this. Apparently, the authorities' lack of control and handling led to many not closing the valve on the collection tank. In the Faroe Islands, there was a ban on runoff and requirements for collection for salmon transport. This is due to fear of infection by ILA to wild fish in Faroese waterways. Unlike Iceland, they have organized collection, and the water is disinfected before it is released.

The mathematical model that was built shows that it is mainly the temperature of the fish that affects the amount of meltwater produced. If the fish is 3 degrees when it is packed, about 650 kg of ice will melt to cool it down for the next 30 hours (given that the truck is set to 0 °C), while if the truck is set at 3 degrees, about 120 kg of ice will melt in the first 48 hours (given that the fish is 0 °C). These are

particularly the top and bottom boxes on a pallet which are most exposed to poor temperature control on the lorry.

The project recommends that the fish is colder than 1 degree when it is sent, and the truck set to -1 to 0 degrees. The project shows that temperature control of the fish is the most important factor in solving the problem of runoff. The runoff can be collected in tight boxes or a collection tank and can be a good solution in combination with cold fish.

2 Innledning

Mesteparten av fersk fisk som fraktes med lastebil i Norge, transporteres i ekspandert polystyren (EPS) kasser, kjølt med is. Utilstrekkelig kjøling av fersk fisk før pakking/ising og/eller under transport fører til at en betydelig mengde av isen smelter og smeltevannet får renne av lastebilene og ut på norske veier. Norge er en stor eksportør av sjømat, med en eksport på 1,7 millioner tonn villfanget fisk og 1,4 millioner tonn oppdrettsfisk (Sjømatrådet) i 2021. Av dette ble 1,1 millioner tonn av laksen eksportert fersk (SSB), mens 111 000 tonn av de gadoide artene var omsatt fersk (Sjømatrådet). Norsk sjømatforening og Norges Lastebileier-Forbund (NLF) anslår at én enkelt lastebil kan slippe ut opptil 3 600 liter i løpet av en transport på 36 timer [1]. Smeltevann fra lastebiler som frakter fersk fisk har vært et tema fra Statens vegvesen siden 2012 [2]. Dette problemet har blitt tatt opp og diskutert gjentatte ganger og fikk økt oppmerksomhet i 2017–2018 da den norske samferdselsministeren uttalte at smeltevann fra fiske-transport var et regelbrudd [3]. Det er gjort flere forsøk på å finne en løsning på dette problemet, og det er utviklet en bransjestandard av Sjømatbedriftene (foreningen for sjømatprodusenter) og Norges Lastebileier-Forbund (Norges lastebileierforbund) i 2020 [1]. I tillegg har EPS-kasser blitt redesignet for å unngå at smeltevann slipper ut av kassene [4], og noen transportører har montert oppsamlingstanker på sine vogntog. Avrenning er imidlertid fortsatt et problem, og Statens vegvesen og politiet sa i februar 2022 at de nå vurderer å anmelde laksenæringen dersom dette fortsetter [5]. På bakgrunn av dette ble det planlagt et prosjekt for å gi kunnskap om foretrukne temperaturregimer fra pakking til levering av fersk fisk for å redusere mengden smeltevann under transport. Forskningsutfordringene i dette prosjektet ble delt i tre: (1) Dokumentere nåværende status og dokumentere temperatur under transport, (2) kvantifisere smeltehastigheter under transport, og (3) kartlegge mulige eksisterende løsninger og hvordan dette løses i andre sjømatnasjoner.

Prosjektet hadde en varighet på 9 måneder, og hadde en totalramme på kr 2 500 000. Deltagere i prosjektet var fra Nofima, SINTEF Narvik, og NTNU, der Nofima hadde prosjektledelse.

Det ble i prosjektet opprettet fire arbeidspakker, som alle var tilknyttet spesifikke delmål (Kap 3). Disse fire arbeidspakkene (AP) var (ledende institutt i parentes):

- AP1 Dokumentere status og praksis for logging av temperatur under transport (NTNU)
- AP2 Smeltevannsproduksjon under transport (SINTEF)
- AP3 Kartlegging av tilgjengelig utstyr, og hvordan dette håndteres i andre land (Nofima)
- AP4 Prosjektledelse og kommunikasjon (Nofima)

Referansegruppen besto av:

- Hilde Herland, Lerøy Norway Seafood AS
- Stine Torsheim, Grieg Seafood Finnmark AS
- Bjørg Helen Nøstvold, Norfra AS
- Dag Nordvik, Norges Lastebileier-Forbund
- Odd Johannesen, Nordlaks Produkter AS
- Randi Grøntvedt, Sjømat Norge

3 Problemstilling og formål

Hovedmålet med dette prosjektet er å gi kunnskap om foretrukne temperaturregimer fra pakking til levering av fersk fisk for å redusere mengden smeltevann under transport. Dette vil bli gjort ved å oppfylle følgende delmål (relatert til de respektive arbeidspakkene):

- 1) Dokumenter gjeldende status og praksis for å dokumentere temperaturen under transport (AP1).
- 2) Avklare hvor mye smeltevann det vil være dersom alle gjeldende krav og beste praksis for temperatur i produktet og kjølekjeden frem til mottakeren er fullt ut overholdt (AP2).
- 3) Avklare hvilket praktisk temperaturregime som gir minst mulig avrenning uten å påvirke fiskekvaliteten negativt (AP2).
- 4) Kartlegge utstyr for oppsamling av smeltevann under transport og om det er dimensjonert etter behov (AP3).
- 5) Gjennomfør en komparativ studie av hvordan disse utfordringene håndteres av andre sammenlignbare produsentnasjoner (som Færøyene, Island og Irland) (AP3).
- 6) Utarbeide klare anbefalinger til tiltak som kan bidra til redusert smeltevann basert på resultatene fra ovennevnte delmål (AP4).

Alle disse delmålene er enten besvart i egne rapporter eller i sluttrapporten.

Delmål 1 ble besvart i rapporten «Kartlegging av kjølerutiner, temperaturkontroll og temperatursporing ved transport av fersk fisk på is» [6]. Denne rapporten oppsummerer funn gjort gjennom en spørreundersøkelse, en workshop, og intervju med ulike aktører i bransjen.

Delmål 2 og 3 blir besvart i denne sluttrapporten. Prosjektet har laget og verifisert en matematisk modell som er gjort tilgjengelig for andre via en nettside (<https://avrenning.no/>), der man kan simulere ulike temperaturregimer, og som estimerer mengde smeltevann produsert samt endringer i fisketemperaturen ved forsendelse av fersk fisk lagret på is i EPS-kasser.

Delmål 4 ble besvart i rapporten «Tilgjengelig utstyr for å hindre avrenning» Nofimareport 1/2023 [7]. Denne rapporten oppsummerer tilgjengelig utstyr og diskuterer kapasitet samt styrker og svakheter ved ulike løsninger.

Delmål 5 ble besvart i rapporten «hvordan håndteres avrenning fra ferskfisktransport i andre fiske-nasjoner» Nofimareport 28/2022 [8]. Rapporten oppsummerer funn gjort ved besøk og samtale med næringsaktører i Irland, Island og Færøyene, og avdekker at det er til dels store forskjeller mellom de ulike landene.

Delmål 6 blir besvart i denne rapporten, samt i en nyhetssak offentliggjort den 15. mars 2023.

Dette prosjektet har vist at det er mulig for næringen å finne temperaturregimer som minimerer problemet med avrenning ved transport av fersk fisk på is. Den viktigste jobben gjøres av fiskemottaket eller slakteriet, som må sørge for at fisken er godt nedkjølt før den legges i kasser med is. Den utviklede, verifiserte og tilgjengeliggjorte modellen gir raske og gode svar på når avrenningen produseres og i hvilke mengder, på bakgrunn av temperaturen på fisken og lastebilen. Dette er et godt redskap som gjør at næringen mye lettere kan få kunnskap om hvordan deres temperaturregime påvirker mengden avrenning. Dette gjør at det er lettere å finne løsninger, for eksempel ved å bruke tette kasser eller oppsamling på lastebilen, som faktisk fungerer. Modellen viser tydelig at majoriteten av avrenningen skyldes at is smelter for å kjøle ned fisk hvis den ikke er tilstrekkelig kjølt (800 liter avrenning per vogntog hvis fisken har en temperatur på 4 °C ved pakking), og at mer beskjedne mengder vann (ca 100 liter på 48 timer ved 4 °C) produseres hvis temperaturen på tralla ikke er lav nok (rundt 0 °C). Den viser også at det tar cirka ett døgn for fisken å komme ned mot 0 °C hvis man har som strategi om å kjøle fisken

ferdig i kasser ved hjelp av is, men at cirka 70 % av avrenningen skjer de første 5 timene etter pakking. Det betyr i realiteten at mye av avrenningen kan styres til å skje på anlegget, hvis man venter 5 timer fra pakking av fisk til transport. Det er også mulig å redusere avrenningen med cirka 10 % hvis man stiller tralla på -6°C de første 6 timene.

Næringen selv sitter på løsningen til dette problemet. Det aller meste er gjort hvis man kjøler fisken tilstrekkelig før den pakkes på is (under 1°C). Samtidig er det forholdsvis begrenset hvor mye temperaturen på tralla påvirker avrenningen.

4 Prosjektgjennomføring, oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

4.1 Kartlegging av kjølerutiner, temperaturkontroll og temperatursporing ved transport av fersk fisk på is

For å dokumentere status og praksis for logging av temperatur under transport ble det innhentet informasjon fra et tilfeldig utvalg norske produsenter av fersk fisk. Temperaturdata, samt rutiner for temperaturkontroll og temperatursporing ble innhentet ved å gjennomføre en spørreundersøkelse, via direkte samtaler med bedrifter og gjennom et arbeidsmøte der 12 slakterier, to interesseorganisasjoner, samt tre forskningsinstitusjoner deltok. En detaljert beskrivelse av prosedyrer for innhenting av data er tilgjengelig i Lerfall og Rotabakk (2022) [6].

De viktigste funnene fra AP1 er beskrevet og diskutert i Lerfall og Rotabakk (2022) [6]. Det er derimot flere faktorer som det er viktig å poengtere i prosjektets sluttrapport. Noen av de mest sentrale punktene er;

- *Data fra spørreundersøkelsen viser en viss variasjon mellom bedriftene når det gjelder måltall for fiskens kjernetemperatur ved pakking på is i kasse:*
 - Sju av bedriftene rapporterer om at de har et mål om at fisken skal holde en temperatur på 1–2 °C ved pakking i kasse
 - En bedrift rapporterer et temperaturmål på < 1 °C
 - En bedrift rapporterer et temperaturmål på 2–3 °C

Videre rapporterer bedriftene sesongvariasjoner og variasjoner som skyldes total biomasse i produksjon per time fra mindre enn 1 °C, og opp til 3–4 °C.

- *Blant bedriftene som ble kartlagt er det store forskjeller i rutiner for kjøling av fisk. Dette skyldes i stor grad tilgjengelig teknologi, intern infrastruktur og den generelle kapasiteten i slakteriene. Kort oppsummert kan vi klassifisere anleggene innenfor tre kategorier:*
 - Slakterier som benytter RSW-kjøling i kombinasjon med utblødning
 - Slakterier som benytter dobbel RSW-kjøling, dvs. RSW ved utblødning og etter sløying
 - Slakterier som benytter RSW-kjøling i kombinasjon med utblødning og Subkjøling etter sløying
- *Det er ulike strategier for å sikre en tilfredsstillende kjøling av fisk som ikke har blitt godt nok nedkjølt gjennom fabrikkens normale kjøler regime:*
 - Økt holdetid i RSW tanken(e)
 - Kombinasjon av økt holdetid i RSW tanken(e) og mer is i kasse
 - Benytte tørris sammen med våtis i kassene ved pakking
- *Kjølerutinene under lossing og transport varierer mellom ulike aktører i bransjen:*
 - Slakteri A har en egen instruks som sier at bilen skal pre-kjøles før lasting. Etter lasting skal bilen stå i en motbakke i 10 minutter slik at smeltevann renner ut. Når bilen står i hellingen justeres kjøleaggregatet til -20 °C. Når det slutter og renne fra bilen justeres temperaturen til -1 °C som også er temperaturinnstillingen som benyttes under transport.

- Slakteri B har en instruks der de ber sjåførene pre-kjøre bilen før lastning. Etter lastning justeres temperaturen til -8 °C og skal holdes ved den temperaturen de første 6 timene etter avreise fra slakteriet.
- Ved slakteri C, pre-kjøles bilene til omtrent -5 °C før de lastes med fisk. Bedriftens instruks sier derimot at bilen skal holde en temperatur lavere enn 0 °C. Reell temperatur ved lastning på bil er derfor noe lavere enn det instruksene sier.
- Slakteri D rapporterer at bilene holder en temperatur på -5 til -7 °C ved lastning og at kjøleaggregatet skal være innstilt på -10 °C de sju første timene av transporten. Bedriften prøver å følge opp at sjåførene overholder dette ved at temperaturen i lasterommet logges under transporten.
- Slakteri E benytter også pre-kjøling av bil, men ønsker å unngå frysing slik at en prekjøling til 0 °C er hva de foretrekker. Frysing vil gi HMS-utfordringer med glatte kjøreforhold inne i lasterommet. Slakteriet har ingen rutiner for kontroll av temperatur på bil etter lastning eller under transport. Frysing av vannet på bilen fører til pallebrekkasje og utfordringer senere i verdikjeden.

Basert på funnene i studien kan vi konkludere med at det er store forskjeller mellom de ulike aktørene i bransjen og at hovedutfordringen ligger hos produsentene der fisken generelt ikke er tilfredsstillende nedkjølt slik at avrenning unngås. Stort sett alle slakteriene som har vært med i studien (med noen få unntak) har per i dag temperaturmål som ligger på 1–3 °C for fisk som skal pakkes i kasse med is. Dette temperaturmålet er for høyt med tanke på å unngå smelting av is i kasse, og påfølgende avrenning av smeltevann fra bil. Spesielt utfordrende er dette med tanke på at det er sesongvariasjoner og variasjoner i temperatur som skyldes total biomasse som prosesseres per time. Disse variasjonene kan påvirke fiskens kjernetemperatur ved pakking med avvik opp mot 3–4 °C, som i ekstreme tilfeller kan gi varm fisk (3–6 °C) og store utfordringer med smelting av is i kasse etterfulgt av avrenning fra bil under transport.

Basert på resultatene fra AP1 konkluderer vi også med at det er enkelte slakteri som har løst utfordringen. Det som kjennetegner disse slakteriene, er at de har systemer og kontrollrutiner som sikrer en tilfredsstillende kjøling av fisk (-1 til + 1 °C) før fisken pakkes i kasser med is. Deretter har de gode rutiner der bilene ikke får forlate fabrikken før de slutter å renne. Studien konkluderer også med at slakterier som slakter fisk direkte fra brønnbåt har færre utfordringer med temperatursvingninger sammenlignet med aktører som slakter fra ventemerde. Dette skyldes hovedsakelig at fisken er pre-kjølt til typisk 6–8 °C før fisken pumpes inn til slakteriet. Ved prekjøling om bord i brønnbåt/bløggelbåt vil det være lettere å dimensjonere fabrikkens kjølekapasitet til produksjonen (jevnere temperatur på fisken som pumpes inn), med påfølgende kaldere fisk ved pakking i kasse.

4.2 Hvordan håndteres avrenning fra ferskfisktransport i andre fiskenasjoner

Denne rapporten summerer opp funn gjort ved samtaler og intervju av villfiskforedlere, lakseslakteri, transportbyrå og tilsynsmyndigheter i Irland, Island og Færøene der man diskuterte problemstillingen rundt avrenning fra lastebiler som transporterer fersk fisk på is. Disse tre landene ble valgt, siden de har både fangst av villfisk, samt har oppdrett av laks. I tillegg representerer de land innenfor og utenfor EU. Her følger en oppsummering av rapporten Rotabakk et al. (2022) [8].

Mengden sjømat som produseres og transporteres i Irland er betraktelig mindre enn i Norge. I 2021 ble det for eksempel produsert cirka 30 000 tonn med laks i Irland, noe som er en brøkdel av det som produseres i Norge (drøye 2 % av norsk volum). Dette medfører at det også er en brøkdel av antallet lastebiler som transporterer fisk, og som bidrar med avrenning.

SFPA refererer til Annex III, Section VII- of Regulation 853/2004-Fishery Products [9] når de blir spurt om regulatoriske forhold knyttet til transport av fersk fisk. Denne bestemmelsen sier i korte trekk at ferske fiskeprodukter skal lagres på temperaturer som nærmer seg temperaturen til smeltende is, samt

at fisk som landes skal lagres på is. Det ble ikke funnet andre regulative forhold i Irland som omhandlet transporten av fersk fisk spesifikt.

Det virker som at avrenning fra lastebiler som transporterer fersk fisk i Irland ikke vekker noen oppmerksomhet, hverken fra myndigheter eller publikum. Dette bekreftes av John Fagan fra BIM, som jobber tett med hele den irske fiskerinæringen. Næringen er klar over at det skjer, og de får av og til klager fra ferger, men i det store og hele oppleves ikke dette som noe problem. Siden det ikke oppleves som et problem er det heller ikke noe søkelys på å løse utfordringen. Det er naturlig å tro at en viktig årsak til at avrenning ikke får fokus i Irland, er at det er så få, relativt sett, lastebiler som transporterer fisk og legger igjen vann på irske veier.

Avrenning virker ikke å være noe som får mye oppmerksomhet på Island heller. Ut fra diskusjonen med en hvitfiskbedrift, så kan det virke som at det tidvis er mye avrenning fra transporter. Med en nyttelast på cirka 20 tonn, så er det normalt mellom 3 300 og 4 600 kg is på en transport, og de opplever tidvis at karene er tomme for is. Dette blir bekreftet av en tidligere leder i et transportselskap som MATIS har snakket med. Deres sjåfører opplevde tidvis mye avrenning ved transport av fisk. Lastebilene på Island er pliktige å ha oppsamlingstanker, men med en kapasitet på 100 liter så må de stoppe ofte for å tømme det som har blitt samlet opp av smeltevann. Det er ikke lagt til rette for å gjøre dette, og sjåførene må selv finne passende plass å tømme avrenningstanken. Det virker heller ikke som at det er noe stort søkelys på dette fra relevante islandske myndigheter, som sannsynliggjør at flere sjåfører da velger å ikke stenge ventilen på tanken når de kjører, men lar vannet renne rett ut. Dette på tross av at dette kan føre til sanksjoner både mot sjåfør og eier av lastebilen. Det fraktes betydelige mengder fisk på islandske veier, men det oppleves tydeligvis ikke som noe problem at det er avrenning, siden det ikke er noen oppmerksomhet og fokus rettet mot dette problemet, hverken fra publikum eller myndigheter.

Færøyene har tatt oppsamling fra lastebilene ett steg videre enn Island. Her og er det påbud, men de har lagt til rette for å kunne levere vannet på en organisert måte, og vannet blir desinfisert før det slippes ut. Dette skyldes at motivasjonen for oppsamling er å unngå smitte fra oppdrett til villfisk, i motsetning til Norge, der argumentet er redusert trafikksikkerhet når vann slippes ned på veien. Det eksisterer ikke et påbud om oppsamling fra transport av villfisk. Det betyr ikke at de ikke samler opp avrenning fra villfisk og tømmer det i godkjente mottak, men det er altså ikke påbudt. Transport av villfisk i fersk tilstand er nok noe begrenset, siden Færøyene i all hovedsak fangster pelagiske arter, som i stor grad frysas inn og eksporteres frossen. Lakseslakteriene på Færøyene har også mindre utfordringer knyttet til årstidsvariasjoner og behovet for kjøling om sommeren er mindre enn hos oss i Norge. Med en maksimal sjøtemperatur på 11 °C om sommeren og kjøling på brønnbåten, så får slakteriene inn fisk med jevn og lav temperatur. Det er derfor lettere å ha et system som fungerer relativt godt gjennom hele året. De har god erfaring med at det fungerer, og næringen uttrykker at de ikke har noe problem med å følge kravet om null avrenning. Totalt sett har de et system på Færøyene som blir fulgt, og som er godt tilrettelagt, selv om Heilsufrøðiliga starvsstovan (Færøyske mattilsyn) mener det kunne ha vært enda bedre. En av forklaringene på dette kan være motivasjonen som ligger til grunn for forbudet, nemlig hensynet til en potensiell risiko for overføring av smitte til villfisk i færøyske vassdrag.

Denne studien viser at det er til dels store forskjeller mellom de tre undersøkte landene når det gjelder fokus og systemer knyttet til avrenning fra lastebiler. To av landene har krav om oppsamling, mens bare ett av de har tilrettelagt for avhending av det oppsamlede vannet. Forskjellene som er observert kan mest sannsynligvis forklares med hvor stort problem avrenningen representerer. På Færøyene knyttes den til fare for sykdomssmitte, og de har også det best utviklede totale systemet. I Irland derimot er oppmerksomheten rundt avrenningsproblemet minimal, og det gjøres også lite for å forhindre avrenning. Hvis det i fremtiden innføres nye regler i Norge knyttet til avrenning og eventuelt et påbud om oppsamling, så vil det være viktig at man også legger til rette for at lastebilene kan kvitte seg med det oppsamlede vannet på en enkel og fornuftig måte.

4.3 Tilgjengelig utstyr for å hindre avrenning

Det eksisterer tekniske løsninger som kan hjelpe til med å løse utfordringen med avrenning fra fisk, og det ble redegjort i denne rapporten for de løsninger man har kommet over. Dette har blitt gjort ved å diskutere mulige løsninger med personer i næringen, samt aktuelle leverandører, og her følger en oppsummering av rapporten Rotabakk & Petrich (2023) [7].

Tette kasser fremstår som den raskeste veien til å stoppe avrenning av smeltevann. Det eksisterer EPS-kasser som har stort sett samme dimensjon som dagens kasser, og de gir dermed ingen utfordringer med endret logistikk til, fra og i anlegget. De tette kassene er dyrere i innkjøp enn dagens løsning med drenshull, men kjøperne av laksen får bedre betalt når de resirkuleres. Det kommer også andre utfordringer, slik som at kundene må godta at kassene enten har absorber og dermed genererer mer avfall, eller inneholder smeltevann som de må kvitte seg med under håndteringen av kassene. Det er ikke utenkelig at man må jobbe noe med kundene for å få de til å godta en slik endring. Man må også sikre seg at lastebilsjåføren fremdeles gjør sin del av jobben med å holde lav temperatur, og ikke la seg friste til å kjøle vogntoget mindre når det med en slik løsning ikke blir noe avrenning.

Under besøket på Island i oktober, gjennom samtaler med aktører på Færøyene, og gjennom ulike nyhetssaker i media, synes det klart at det finnes gode løsninger for å samle opp smeltevannet i tanker som monteres på lastebilene. Smeltevannet som kommer fra kassene med fisk blir samlet opp i renner, og ledes videre gjennom rør ned til en oppsamlingstank som ligger under tralla. Tankene kan ha ulik kapasitet, og man tømmer tanken etter bruk. Totalt sett så fremstår montering av oppsamlingstanker på lastebilene som en mulig løsning, men det er ikke noe som kan innføres på veldig kort sikt. Det er mange transportører som transporterer fisk i Norge, deriblant mange utenlandske. Det vil ta tid å ettermontere slikt utstyr på alle enhetene som er i drift. Det er også knyttet utfordringer til størrelsen på tanken. Skal en oppsamlingstank ha god effekt, så må det trolig innføres spesifikke krav til oppsamlingstanker slik det er gjort på Island og Færøyene. Det må også legges til rette for løsninger for å kvitte seg med vannet på gode mottaksanlegg. Man har klart å lage et nettverk av tilsvarende anlegg for campingbiler. Det bør derfor også være mulig å lage et system for oppsamling av smeltevann. Montering av oppsamlings-tanker vil kreve dedikasjon fra transportørene, og vil føre til at de må strategisk stille seg inn på transport av fisk. Dette kan ha den positive effekten at de dermed blir mer proffe på å gjøre de rette grepene med nedkjøling av lastebilen før lasting, samt ha korrekt kjøling under transport. Det vil derimot ta tid før man har en situasjon at alle lastebiler har oppsamlingstank, og det vil nok kreve at det stilles krav til oppsamlingstank, enten fra myndighetene eller fra slakteri og fiskemottak.

Tilstrekkelig nedkjøling av fisken før pakking vil være en sikker måte å redusere avrenningen på. Man vet også at kvaliteten er direkte relatert til temperaturen fisken gjennomgår før konsum, så rask og god nedkjøling vil være positivt for kvaliteten. Det er mange ulike tekniske løsninger tilgjengelig for å sikre rask og god nedkjøling av fisken, noe som er redegjort for i denne rapporten. Subkjøling med RSW er en metode som det ser ut til at stadig flere velger å bruke. Informasjon fra næringen viser at de ikke har noe problem med å kjøle fisken ned til under 0 °C. Det medfører ingen behov for tette kasser, så fremt lastebilsjåføren gjør sin del av jobben med å holde lasten kald. Denne løsningen kan også fint kombineres med at man monterer oppsamlingstanker på lastebilene. God nedkjølt fisk gir lite avrenning, som dermed ikke utfordrer kapasiteten til tanken. Det er også vist i et annet FHF-prosjekt (FHF 901635) at subkjøling med RSW gir både økonomiske og miljømessige besparelser [10]. Løsningen med oppsamlingstanker på lastebilene vil være vanskeligere å få til å fungere hvis fisken ikke er godt nedkjølt først. Denne kombinasjonen vil også gi mindre endringer for mottaker av fisken. De får bare fisk av bedre kvalitet, og ellers er alt likt som i dag.

En bærekraftig løsning vil kreve innsats og forpliktelse fra alle involverte parter for at man skal lykkes med å få bukt på dette problemet. Bruken av is vil nok ikke forsvinne, da det er et godt innarbeidet kjølemedium som sikrer temperaturen under transport, holder fisken fuktig, samt at kontroll av rest-is i

kassen er en enkel kvalitetssjekk for kunder ved mottak av fisken. Begge de overnevnte løsningene for oppsamling av smeltevatn (enten i kassen eller i tank på lastebilen) forutsetter at fisken er tilstrekkelig nedkjølt slik at isen ikke har som hovedmål å kjøle ned fisken, men holde den kald ved eventuelt brudd på kjølekjede.

4.4 Avrenningsmodell

4.4.1 Modellering

En numerisk modell ble utviklet for å kunne estimere mengden smeltevatn som blir produsert ved lastebiltransport av fersk fisk. Modellen bygger på at varmeenergi fra to kilder, nemlig varme fra fisk og varme fra omgivelsesluft i traileren under transport, smelter isen i kassene og produserer smeltevatn. Modellen er tilgjengelig på <https://avrenning.no/>

Fersk fisk blir transportert i et stort antall kasser, som er stablet på paller og har dermed ulik eksponering for omgivelsesluften i traileren. For å forenkle dette, så har vi i denne modellen delt de 891 kassene en fullastet semitrailer utgjør i fire grupper etter hvor mye som er eksponert mot sirkulerende luft: 99 kasser har lokket eksponert, 99 har bunnen eksponert, 308 kasser har en side eksponert, mens 385 kasser har ingen direkte kontakt med sirkulerende luft.

Basert på denne tilnærmingen, så er det gitt at omtrent 45 % av kassene ikke har kontakt med sirkulerende luft, og vil derfor være lite påvirket av hvordan sjåføren stiller inn temperaturen i vogntoget. Omtrent 35 % av kassene har noe kontakt med luft, og vil dermed i ulik grad være påvirket av omgivelses-temperaturen. Videre vil omtrent 20 % av kassene ha topp eller bunn eksponert og vil derfor være de kassene som er mest sensitiv til omgivelsestemperaturen og hvordan sjåføren bruker kjøleaggregatet. Smeltevatnsproduksjonen i alle kassene i vogntoget vil derimot være påvirket av temperaturen fisken hadde da den ble pakket i kasser med is, og hvor lenge fisken har stått i kasser før lasting på bil.

Oppsummert:

- 1) Minst 20 % av kassene som er losset på et fullastet vogntog er sensitive til brudd på kjølekjeden.
- 2) I omtrent 45 % av kassene som er losset på et fullastet vogntog er produksjonen av smeltevatn i all hovedsak kun påvirket av fiskens temperatur.

4.4.2 Verifiseringsforsøk

For å kunne verifisere modellen, ble det gjennomført to forsøk; ett i laboratorieskala og ett der en reell transport ble fulgt fra slakteri og ut til kunde i Litauen.

Laboratorieforsøket ble gjennomført ved Nofimas lokasjon i Stavanger. To kasser med laks ble kjøpt inn fra et lokalt slakteri, og fisken ble overført til en vanntank for temperering til 4 °C. To tradisjonelle EPS kasser med drenshull ble så modifisert med 5 cm tykk EPS for å øke den isolerende evnen i bunn og sider, men ikke i lokket. Dette ble gjort for å ha kontroll på energitransporten inn og ut av lokket. Dette var også en tilnærming til situasjonen på lastebilen, der kassene står stablet inntil og over/under andre kasser. Temperaturfølere ble så plassert i fisk (Bilde 1), under lokket og på utsiden av lokket før 5 kg is ble lagt i kassen. Det ble i tillegg plassert temperaturfølere i isen. Kassen ble så satt på et kjølerom som holdt $0,49 \pm 0,52$ °C. Temperaturen ble logget hvert andre minutt, og produsert smeltevatn ble samlet opp og veid med jevne mellomrom over en tidsperiode på 40 timer. Forsøket ble totalt utført fire ganger, der det ble benyttet to kasser med fisk for hver runde, samt ulik is og konfigurasjon av fisk i kassene. Vektendring til fisk, og svinn av is ble målt etter 40 timer i alle kassene.

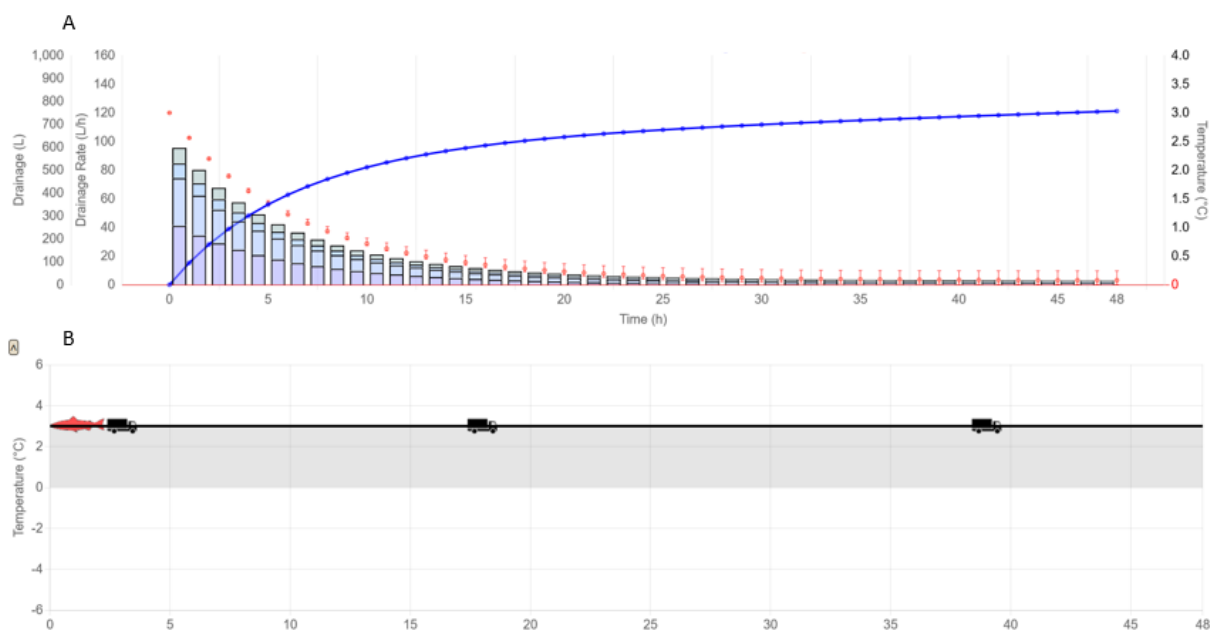


Bilde 1 Laks med påmontert temperaturlogger

I tillegg ble en transport av laks fra slakteri til kunde fulgt. Fire kasser med fisk ble merket, og startvekt for fisk og is ble målt på slakteriet. I tillegg ble temperaturen på fisken ved pakketidspunktet målt. Det ble montert temperaturloggere i kassen, både på bunn og under lokk, i tillegg ble det montert fire loggere rundt på innsiden av lastebilen for å logge temperaturen i lufta under transport. I tillegg ble temperaturloggingen innebygd i lastebilen benyttet og lastet ned etter endt transport. Mengde is og temperatur i fisken ble målt ved lossing hos kunde. Resultatene fra disse forsøkene ble brukt til å verifisere at modellen er riktig.

4.4.3 Eksempel på bruk av modellen

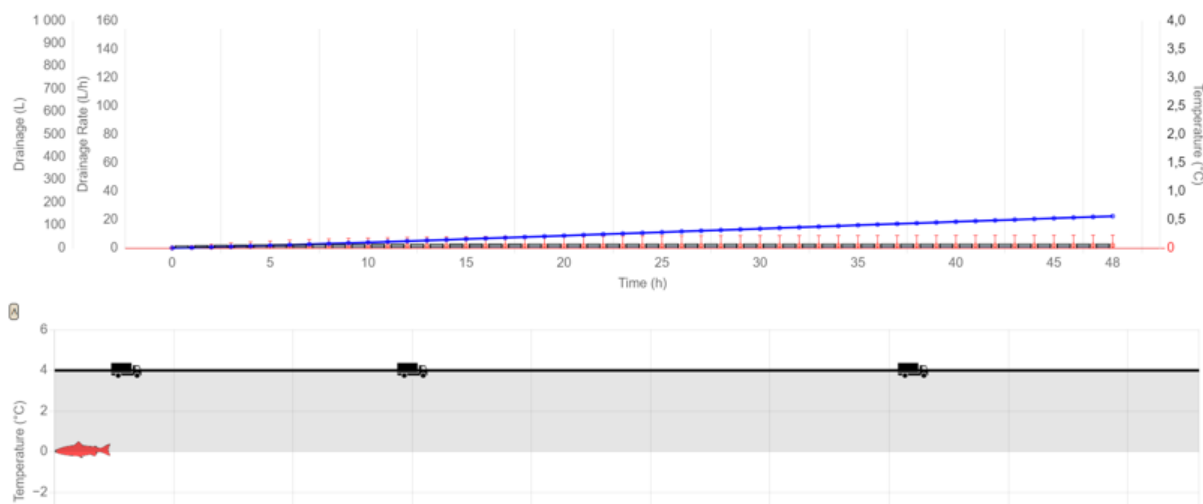
Det har blitt laget en webside (<https://avrenning.no>) som vil bli offentlig tilgjengelig, der brukeren selv kan legge inn ulike scenarioer for fisketemperatur og temperatur på semi-traileren. Figur 1 er et eksempel på hvordan denne modellen kan brukes. Temperaturen til fisken og lastebilen stilles inn ved å bruke ikonene for fisk og lastebil, og resultatene vises i grafen øverst i figuren. Det scenarioet som vises i Figur 1, er at fisken har en starttemperatur på 3 °C ved pakking i kasse, og lastebilen holder en konstant temperatur på 3 °C de første 48 timene. Figuren viser at det dannes ca 100 liter vann allerede den første timen, og at mengden avrenning avtar over tid, og stabiliserer seg rundt 2,5 liter etter at fisken har blitt kjølt ned mot 0 °C. Totalt dannes det 740 liter i løpet av 48 timer. Denne modellen ligger til grunn for tallene og konklusjonene i kap 4.4.4 og 4.4.5.



Figur 1 Skjermbilde av den webbaserte modellen for avrenning. Dette er en forenklet versjon, og nyere versjoner har mer detaljert informasjon til brukeren. Øverste del av figuren (A) viser til venstre to y-akser; total avrenning (Drainage (L)) som relaterer seg til den blå linjen, avrenningsrate pr time (Drainage rate (L/h)) som relaterer seg til søylene, x-aksen er tid (Time H)), og y-aksen til høyre viser temperaturen til fisken (Temperature (°C)), som relaterer seg til de røde punktene. Nederste del av figuren (B) viser innstilt starttemperatur til fisken (rød fisk) og temperaturen på lastebilen (kan i dette tilfellet stilles inn med tre ulike temperaturer og tidsrom). I dette tilfellet er fiskens starttemperatur og lastebilen begge satt på 3 °C. Dette justeres ved å fisken og/eller lastebilen justeres opp og ned.

4.4.4 Avklare hvor mye smeltevann det vil være dersom alle gjeldende krav og beste praksis for temperatur i produktet og kjølekjeden frem til mottakeren er fullt ut overholdt

Transport av fersk fisk er i en unik situasjon innen transport av lett bedervelige matvarer, da det ikke finnes forskrifter eller lover verken i Norge eller i EU som spesifiserer fiskens temperatur eller omgivelsestemperaturen under transport. Det eneste lovkravet er at fisk skal transporteres på is. En last med tilstrekkelig iset fisk vil produsere omtrent 1800 liter smeltevann på 48 timer dersom fiskens temperatur ved transportstart er 8 °C og semitrailerens kjølesystem er satt til 4 °C. Hvis fisken hadde vært 0 °C og lastebilen 4 °C, ville det ha blitt produsert 140 liter vann de første 48 timene (Figur 2). 2 °C er av mange satt som et mål på temperaturen i fisken ved pakking. Dette vil gi 420 liter avrenning, gitt at semitrailerens er innstilt på 0 °C, mens et scenario med en starttemperatur på 1 °C i fisk og 0 °C i vogntoget vil totalt gi omtrent 210 liter smeltevann. Dette viser tydelig at det er temperaturen på fisken som har størst påvirkning av mengden smeltevann som produseres, selv om temperaturen på semitrailerens også har litt innvirkning.



Figur 2 Skjerm bilde av den webbaserte modellen for avrenning, der fisken starttemperatur er satt til 0 °C, mens lastebilen er stilt inn på 4 °C. Dette gir totalt i underkant av 140 liter avrenning.

Viktige momenter:

- 1) I de fleste tilfeller vil det bli produsert mindre enn 2000 liter med smelte vann under en transport.
- 2) Temperaturen til fisken har absolutt mest å si for hvor mye smelte vann som blir produsert. Transport av fisk med en starttemperatur på 1 °C vil gi omtrent 200–250 L smelte vann dersom temperaturen i vogntoget er 0 °C. Hvis temperaturen i vogntoget senkes til -10 °C de første sju timene, kan den totale produksjonen av smelte vann reduseres med ytterligere 50 L. Gjennomsnittstemperaturen på fisken i de øverste kassene vil holde seg over -0,5 °C selv i dette tilfellet.

Mellom pakking og lasting vil det produseres smelte vann og fiskens temperatur vil synke. Hvis pallene lagres horisontalt, vil det samle seg noe smelte vann enten i eller mellom de stablede kassene. Dersom akkumulert smelte vann tappes før veitransport påbegynnes (jfr. beskrevet av Lerfall & Rotabakk [6]), kan den totale mengden smelte vannsproduksjon under transport reduseres ved å øke tiden mellom pakking og transport. For tilstrekkelig toppiset laks eller bunniset hvitfisk vil temperaturen bli redusert fra 4 til 1 °C i løpet av de 7 første timene. Denne temperaturreduksjonen vil produsere 650 L smelte vann. Kjøling av fisk som holder henholdsvis 2 °C og 8 °C vil ta 4 og 11 timer. Hel-iset hvitfisk vil nå 1 °C på halvparten av tiden.

- 3) Smelte vannsproduksjonen under transport kan reduseres ved å holde fisken på anlegget før transporten starter, forutsatt at akkumulert smelte vann dreneres ut før selve transporten starter. Lagring over natt vil i de aller fleste tilfeller senke fiskens temperatur til < 1 °C. Fulliset fisk vil kjøle ned på halve tiden sammenlignet med bunn eller toppiset fisk.

En siste kommentar gis basert på modellobservasjoner selv om det er en betydelig kvantitativ usikkerhet knyttet til denne vurderingen. Toppisen er ofte ujevnt fordelt over fisken. Dette vil redusere kjølehastigheten til fisken og produksjonen av smelte vann. Årsaker til ujevn fordeling er blant annet at det ble brukt mindre is enn nødvendig for å dekke fisken, at det knapt er plass til is i midten av kassen når fisken er like høy som kassene, at isen smelter raskest i midten der fisken er tykkest, og at isen blir omfordelt til endene av kassen grunnet bevegelse under transport. Ved å begrense bruken av is til en liten mengde med rimelig godt forhåndskjølt fisk, kan man redusere hastigheten på smelte vannsproduksjonen (og kjøling) betydelig tidlig under transport, samtidig som man forlenger tiden som smelte vannet produseres. For eksempel, forutsatt at 5 kg is vil dekke fisken fullt ut mens 2 kg is stort sett vil være begrenset til endene av kassene, anslår vi at nedkjøling av

en fisk med 2 kg toppis vil redusere smeltehastigheten til 1/3 av smeltehastighetene vi observerer når 5 kg is benyttes. Samtidig vil det ta tre ganger så lang tid før fisken når 1 °C.

- 4) Hastigheten på både smeltevannsproduksjon og kjøling kan reduseres ved å dekke fisken kun delvis med is. Mens den totale mengden smeltevann som produseres nesten ikke påvirkes av dette, kan en redusert utslippshastighet oppnås, noe som vil være aktuelt på kritiske punkter som ferger eller på enkelte veistreknings. Enhver fordel ved å redusere utslippsrater bør veies opp mot implikasjonene av langsommere avkjøling av fisken.

4.4.5 Avklare hvilket praktisk temperaturregime som gir minst mulig avrenning uten å påvirke fiskekvaliteten negativt

- 1) Å forhåndskjøle vogntoget før lasting til rett over 0 °C vil være fordelaktig, slik at man ikke akkumulerer is i aggregatet. Dette kan være vanskelig i praksis.
- 2) Fisken bør kjøles så mye som mulig før lasting på vogntog. Raskere kjølerater kan oppnås ved fullising av fisken (topp og bunnis).
- 3) Forleng tiden mellom pakking og lasting så mye som mulig hvis fisken ikke er tilstrekkelig nedkjølt < 1 °C. For å begrense avrenningen, bør fisken være under 1 °C før lasting og transport. Lagring over natt vil sikre dette, selv for varm fisk. Pallene bør lagres svakt skrånende, for å sikre at vannet renner ut av kassen.
- 4) Etter lasting av vogntoget, bør vann i kassene dreneres ved at lastebilen står parkert i motbakke i en kortere periode (f.eks. 15 min eller at det slutter å dryppe). Kombineres dette med defrosting av aggregatet, vil ikke produksjonen av smeltevann fra kassene bli nevneverdig påvirket.
- 5) Innstilling av aggregatet på -10 °C de første timene, vil fryse dørene, og redusere temperaturen i alle fall på fisken i kassene i bunn og topp av pallen.
- 6) Bruk en temperaturinnstilling på mellom -1 og 0 °C for mesteparten av turen. Presis temperatur er ikke kritisk, da dette ikke vil gjøre stor forskjell for de fleste kassene uansett. Start/stopp modus vil produsere mindre avrenning enn kontinuerlig modus.

4.5 Konklusjon

Det er fullt mulig å bli kvitt problemet med avrenning fra lastebiler som transporterer fersk fisk. Det aller viktigste kriteriet er at fisken er tilstrekkelig kjølt før den pakkes i kasser med is, med en kjernetemperatur lavere enn 1 °C. Dette har også den fordel at det gir bedre kvalitet på fisken. Rask og god kjøling reduserer både enzymatisk og bakteriologisk aktivitet, og gir dermed bedre kvalitet og forlenget holdbarhet. Hvis man ikke klarer å kjøle fisken godt nok, f.eks. ved varm fisk om sommeren, så kan man enten kompensere ved å vente med å sende fisken, eller ved å benytte tette kasser. Det er også mulig å bruke lastebiler som samler opp smeltevannet, men kapasiteten på disse tankene som benyttes i dag byr på utfordringer. Skal oppsamling på lastebiler fungere ved transport av fisk som er varmere enn 1 °C, må det lages mottaksstasjoner for smeltevannet. Selve temperaturen på lastebilen har generelt en liten innvirkning på den totale mengden smeltevann som produseres. Den vil derimot påvirke temperaturen til fisken i øverste og nederste lag, og bør unngås. -1 til 0 °C anbefales for lastebilen.

5 Hovedfunn

- Det viktigste tiltaket for å redusere avrenning fra vogntog som transporterer fisk er å kjøle fisken tilstrekkelig før den lastes på bil ($< 1\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- Tiltak som tette kasser og oppsamlingssystemer er mulig å gjennomføre, men det eksisterer ingen løsninger som er gode nok per i dag som en rask løsning på problemet.
- En kombinasjon av bedre kjøling, og tette kasser/opsamling vil være et godt alternativ.
- Det er laget en modell som er tilgjengelig på <https://avrenning.no> der man selv kan estimere mengden avrenning som produseres basert på temperatur i fisken inni kassen, og omgivelses-temperaturen til kassen.

6 Leveranser

Rapporter:

- 1) Rotabakk, B.T., Petrich, C. og Lerfall, L., 2022, Hvordan håndteres avrenning fra ferskfisktransport i andre fiskenasjoner. Nofimarapport 28/2022 [8]
- 2) Lerfall, J. og Rotabakk, B.T., 2022, Kartlegging av kjølerutiner, temperaturkontroll og temperatursporing ved transport av fersk fisk på is [6]
- 3) Rotabakk, B.T. og Petrich, C. 2023, Tilgjengelig utstyr for å hindre avrenning, transport av fersk fisk, Nofimarapport 1/2023, [7]
- 4) Modellens webside, <https://avrenning.no/>

Foredrag:

- 1) Rotabakk, B.T. Superkjøling; økonomiske og miljømessige besparelser, Nor-Fishing 2022/Forskningstorget, 23-26 august 2022, Trondheim, Norge
- 2) Rotabakk, B.T. Avrenning fra fisketransport, hvordan kan det stoppes?, Lofotfishing 2023, 16.-18. mars, Svolvær, Norge

Postere:

- 1) Petrich, C., Rotabakk, B.T. og Lerfall, J, 2022 Redusere avrenning fra ferskfisk transport på lastebiler. HAVBRUK 2022, 19-21 Oktober 2022, Bergen, Norge
<https://hdl.handle.net/11250/3037859>

Kronikk:

- 1) Rotabakk, B.T., 2022, På tide å få slutt på avrenning fra lastebiler? Fiskeribladet.no 15.10.2022 [11]

Nyhetssak:

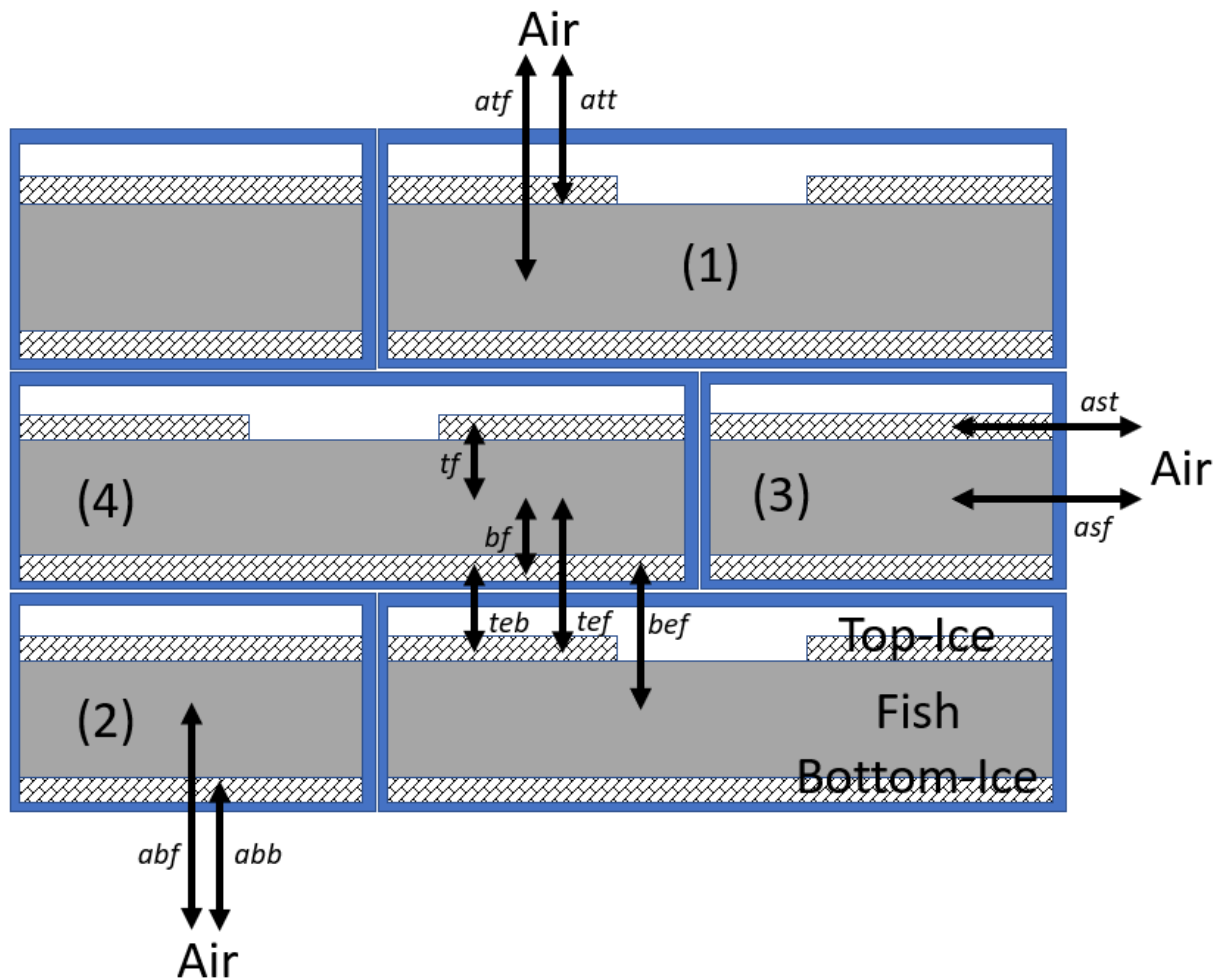
- 1) Nofimas hjemmeside (ikke blitt publisert, men er under arbeid)
- 2) Webinar om resultater og lansering av nettsiden.

7 Referanser

1. Sjømatbedriftene. Bransjestandard - mot avrenning fra sjømattransport på vei. **2020**.
2. Redaksjonen. Kritiserer oppdrettsnæringen: – Alle er klar over det. Men vi opplever ikke at det har blitt gjort noen tiltak. *Ilaks* 2017.
3. Redaksjonen. Samferdselsministeren mener smeltevann fra laksevogntog er i strid med vegtrafikkloven. *Ilaks* 2018.
4. Olsen, S. Vil hindre avrenning fra laksevogntog: – Vi er i samtaler om å ta løsningen i bruk i større skala. *Ilaks* 2020.
5. Hunnestad, M.; Toftaker, J. Vurderer å anmelde laksebransjen etter avrenning. (accessed on 14.03.).
9. Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council, of 29 April 2004, Laying down specific hygiene rules for food of animal origin. **2004**, 853/2004.
10. Iversen, A.; Ziegler, F.; Rotabakk, B.T. *Økonomiske og miljømessige effekter av superkjøling av laks*; Nofima: 2022.
11. Rotabakk, B.T. På tide å få slutt på avrenning fra lastebiler? *Fiskeribladet* 15.10.2022 2022.

Appendix

The heat exchange between three heat reservoirs and surrounding air is modeled. The reservoirs represent mass and temperature of top ice, bottom ice, and the fish (Figure 2). At low ice mass, the top ice reservoir may leave some of the fish surface area exposed. Note that either top ice, bottom ice, or both may be absent and that their mass and surface area reduces due to melt. Bottom-ice either covers the fish from below completely or not at all, top-ice covers the fish only partially if ice mass is below 4 kg. This influences which of the individual heat fluxes are actually applied. Each box is part of one of four groups, (1) exposed to air at the lid, (2) exposed to air and pallets at the bottom, (3) exposed to air at the side but not at top or bottom, (4) not exposed to air. Temperature and melt is modeled for each group individually, i.e. there is no coupling or heat transfer between boxes of different groups. In all groups there is heat exchange between fish and ice in contact with the fish (tf, bf). Boxes of groups 3 and 4 are treated as part of a stack of boxes with additional vertical heat transfer through the lid and bottom of the boxes (teb, tef, bef) Top-Ice and Fish in boxes of group 3 exchange heat with the ambient air in the trailer through either short or long side wall (ast, asf). Boxes of group (1) exchange heat with air through the lid (atf, att), and boxes of group (2) exchange heat with air through the bottom of the box (abf, abb). The energy balance equations are solved in explicit time stepping typically in intervals of 30 s. The total mass of the fish layer is 22 kg, and boxes have outer dimensions of 0.4 x 0.8 x 0.195 m³ with 21 mm thickness of the lid and 28 mm thickness of all other walls. The heat transfer coefficients combine relevant convective, radiative, and contact transfer processes.



Bilde 2 Schematic of the three heat reservoirs (labeled Top_Ice, Fish, and Bottom-Ice) and fluxes in the model.(labeled with identifiers in *italics*). Numerals indicate different groups of boxes as discussed in the text. The figure shows a vertical section of three layers of staggered boxes on a pallet.