

Tilgjengelig utstyr for å hindre avrenning

Transport av fersk fisk i Norge



Illustrasjon: Nofima

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: 1/2023	ISBN: 978-82-8296-736-5	ISSN: 1890-579X
--------------------------	----------------------------	--------------------

Dato: 22. desember 2022	Antall sider + sider vedlegg: 12 + 0	Prosjektnummer: 13794
----------------------------	---	--------------------------

Tittel:

Tilgjengelig utstyr for å hindre avrenning

Title:

Equipment available to prevent runoff

Forfatter(e):

Bjørn Tore Rotabakk (Nofima) og Christian Petrich (SINTEF Narvik)

Avdeling:

Prosessteknologi

Oppdragsgiver:

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering AS (FHF)

Eksternt prosjektnummer/Oppdragsgivers ref.:

FHF 901778

Stikkord:

Fersk fisk, avrenning og smeltevann

Sammendrag/anbefalinger:

I denne rapporten er tilgjengelige løsninger for å hindre avrenning oppsummert. 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 absorbere ta hånd om avrenningen. Begge løsninger vil være dyrere enn dagens løsning. Det er også mulig å montere oppsamlingstanker på lastebilene. Disse ligger under tralla og samler opp vannet som dannes. Der er det en utfordring med kapasitet, da dagens tanker rommer ca 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 gelice. CO₂-snø er kostbart, og kommer med en HMS-utfordring, mens gelice er dyrere enn is, og gir et avfallsproblem hos kunden.

Totalt sett så er det mulig å løse dette problemet. Tette kasser eller oppsamlingstanker fremstår som mest aktuell, men begge alternativene forutsetter at fisken er godt nedkjølt før den legges i kassen, slik at isen i kassen ikke har som hovedmål å kjøle fisken ned, men holde den kald.

English summary/recommendation:

In this report, available solutions to prevent runoff are summarized. Boxes without drainage holes appear as an option that can be quickly implemented if fish had been cooled sufficiently. Such boxes must either be designed to collect the runoff without coming into contact with the fish, or absorbents must take care of the runoff. Both solutions will be more expensive than the current procedure. It is also possible to mount collection tanks on the trucks. These are located under the trolley and collect the water that forms. There is a challenge with capacity, as today's tanks hold around 250 litres. It will also take time before tanks are installed on all trolleys that transport fish in Norway. In addition, there are alternative refrigerants that do not create run off, such as CO₂ snow and gelice. CO₂ snow is expensive, and comes with an HSE challenge, while gelice is more expensive than ice, and creates a waste problem for the customer.

Overall, it is possible to solve this problem. Tight boxes or collection tanks appear to be the most relevant, but both options require that the fish is well chilled before it is placed in the box, so that the ice in the box does not have the main purpose of cooling the fish but keeping it cold.

Innhold

1	Innledning	1
2	Oppsamlingstanker på lastebiler	2
3	Tette kasser	6
4	Alternative kjølekilder til våtis	8
4.1	Superkjøling	8
4.2	Tørris	9
4.3	Gelice	10
5	Konklusjon	11
6	Referanser	12

1 Innledning

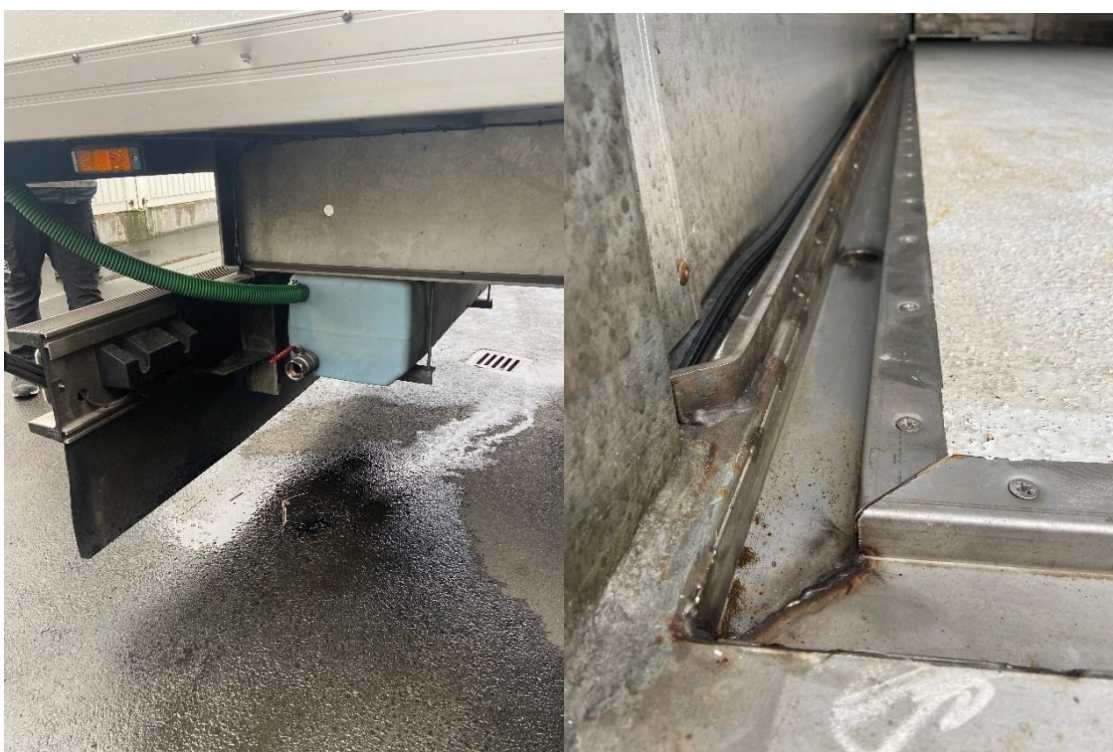
I prosjektet "Reducing meltwater from trucks transporting fresh fish" (FHF-901778), som er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF), er en av leveransene å se på hvilke tekniske løsninger som finnes i markedet for å hindre avrenning fra lastebiler. Avrenning av smeltevann fra lastebiler som transporterer fersk fisk har fått mye oppmerksomhet, og lastebiler som blir stoppet med vann rennende ut fra lasten, blir pålagt kjøreforbud til avrenningen har stoppet. Avrenningen består av to ting: vann som kommer fra is som smelter, samt naturlig vann- og fett-tap fisken har under lagring. For hel fisk er dette naturlige tapet lite, og det er vist at det er nede i 0,2 % etter fire dagers lagring på is for hel laks (Rotabakk et al., 2018), mens filet har et større drypptap. Torskefilet er vist å ha et drypptap på 6–10 % (Kristoffersen et al., 2007). Mengden avrenning som skyldes smeltende is er direkte relatert til temperaturen på fisken som kommer i kassen, samt temperaturen som lastebilen holder under transport. Dette vil bli nærmere diskutert i denne rapporten, men det er selvsagt at jo varmere både fisken og lastebilen er, jo mer avrenning vil man få.

Det eksisterer tekniske løsninger som kan hjelpe til med å løse utfordringen med avrenning fra fisk, og det vil bli 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. Forfatterne av denne rapporten har ingen bindinger til tilbydere av ulike løsninger, og har heller ikke testet disse ut i praksis. Påstander som gjengis fra produsentene kan dermed ikke garanteres av rapportens forfattere. Foto som er brukt i rapporten er tillatt brukt av oppgitte kilder.

2 Oppsamlingstanker på lastebiler

Under besøket på Island i oktober, gjennom samtaler med aktører på Færøyene, og gjennom ulike nyhetssaker i media, er det klart at det finnes muligheter 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.

Løsningen som ble vist på Island, var tilrettelagt for traller som hadde både lasting/lossing på langsiden og gjennom bakdørene. Det var laget en renne i golvet langs den ene lagsiden og ved bakenden der vannet kunne samle seg, og så ble det ført gjennom rør til en tank som lå under tralla (Bilde 1). Tankene som ble brukt på Island, hadde en kapasitet på 100 liter.



Bilde 1 Venstre: Oppsamlingstank for smeltevann på islandsk lastebil. Tanken er cirka 100 liter stor og er festet i rammen bak på tralla. Høyre: Renne og avløpshull for oppsamling av smeltevann ved transport av fersk fisk på Island sett fra bakenden av tralla (Foto: Bjørn Tore Rotabakk, Nofima)

Vannet tømmes så gjennom ventilen som er synlig på Bilde 1. Det som ble pekt på som hovedutfordring på Island, var at man ikke hadde noe godt system for å bli kvitt avrenningsvannet som hadde samlet seg opp i tankene. Man var henvist til å tømme vannet på rasteplasser eller bensinstasjoner. Noen av transportørene hadde sluker på sine terminaler. På Færøyene har de montert tilsvarende system, men da med en rist på utsiden av lastebilen som samler opp vannet. Vannet føres her også til en tank under bilen, og vannet skal leveres til ett av tre godkjente mottak for desinfeksjon. Den færøyske løsningen omtales blant annet på nettsiden til Anlegg og transport (Barbøl, 2020). Både på Island og Færøyene er det påbudt med slike oppsamlingstanker når man transporterer fersk fisk på is. (Rotabakk et al., 2022).

I Norge har det nå begynt å komme transportaktører som har montert oppsamlingstanker for smeltevann. Gjennom arbeidet med denne rapporten, er det blitt pekt på Nor-Log og BAMA som to aktuelle transportbedrifter som har montert oppsamlingstanker på sine traller. BAMA ble intervjuet om sin løsning i Moderne Transport januar 2021 (Braata, 2021). Der omtales arbeidet med å lage et oppsamlings-

system i traller, med en rist innvendig inn mot bakdørene til tralla, med rør ned til en oppsamlingstank på 255 liter. Dette systemet kan ligne litt på det islandske, men her har de en rist som vannet renner ned i, og ikke bare en renne. Dette kan kanskje være for å gjøre det enklere å kjøre med truck inn og ut av tralla. BAMA påpeker at et av hovedfokusene ved utformingen av tanken, var at den skulle være beskyttet under lasting og lossing på tog.

Nor-Log ble kontaktet direkte for å høre hvilke erfaringer de har med oppsamlingstank. De har fått montert 200 liters tanker på totalt 50 traller. Dette har blitt ettermontert av leverandøren av tralla. De har gjennomgående god erfaring med oppsamlingstanken, og mener at den i de fleste tilfeller har en kapasitet som er tilstrekkelig. Dette varierer dog sterkt mellom de ulike slakteriene og årstiden det transporteres på, der sommeren og tidlig høst gir størst utfordring. De mener at de egentlig bør opp i 400 liter for å være godt dekket kapasitetsmessig for alle formål. Systemet består av en rist som ligger helt bak i tralla, mot bakdøra. Systemet trenger tidvis renhold for å ikke lage lukt, men dette oppleves som overkommelig. Nor-Log har installert sluk med fettavskiller på sin terminal, slik at de kan kvitte seg med avrenningsvannet på en fornuftig måte, men etterspør et mer organisert system for mottak av avrenningsvann i Norge hvis stadig flere transportører monterer slike tanker. Om vinteren opplever de tidvis problemer med at systemet fryser igjen, noe som også fører til at de kan få fastfrosne paller inni tralla. Hvis pallene først fryser fast, så må de bruke mye ressurser på å få de løs igjen. Nor-Log virker totalt sett positive til dette systemet, og har planer om at tanker skal monteres på nye traller de leier inn etter hvert som de skiftes ut på grunn av alder.

Vogn-Service AS (VS) er den norske forhandleren av Krone-vogner, som blant annet Nor-Log benytter. VS beskriver det samme systemet som Nor-Log beskriver, nemlig renne bakerst, og oppsamlingstank på cirka 250 liter under tralla (Bilde 2). Det er fullt mulig å lage større oppsamlingstanker, men utfordringer er at de skal være beskyttet ved lasting på tog, samt at man etter hvert vil nå en fysisk grense hva gjelder balanseringen av tralla. Ved lasting er tralla balansert, med tyngdepunktet riktig plassert. Når isen så smelter, og man samler den opp i en tank under tralla og bak akslingene, så vil dette tyngdepunktet bli forskjøvet. Dette fører til at man vil overbelaste særlig den bakerste akslingen. Det er ikke blitt gjort noen teoretiske beregninger på hvor stor tanken kan være og samtidig være tilstrekkelig beskyttet. Det er heller ikke gjort beregninger knyttet til belastning på akslingen, men VS spekulerer i om det er mulig å lage tanker på 800–1000 liter som fyller disse kravene.

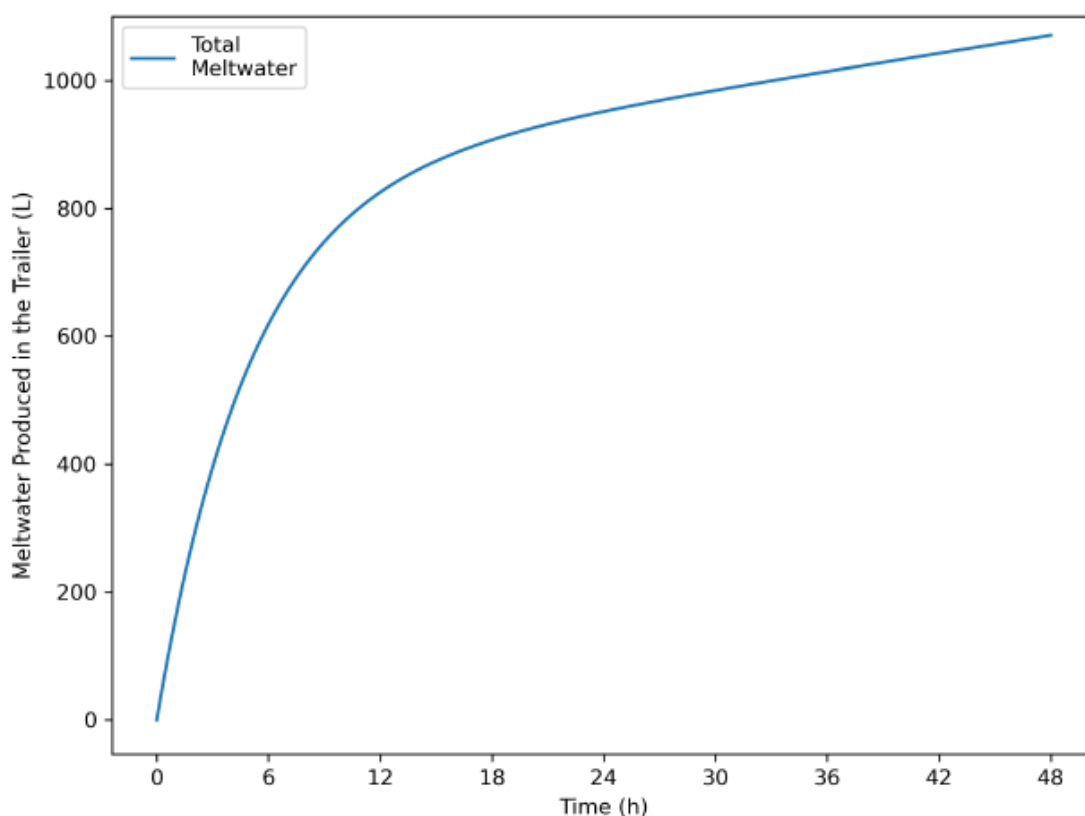


Bilde 2 Til venstre: Oppsamlingstank montert på Krone tralle med kapasitet på 255 liter. Til høyre: Oppsamlingsrist montert bakerst på en tralle, med avløp midt på tralla (Foto: Vogn-Service AS)

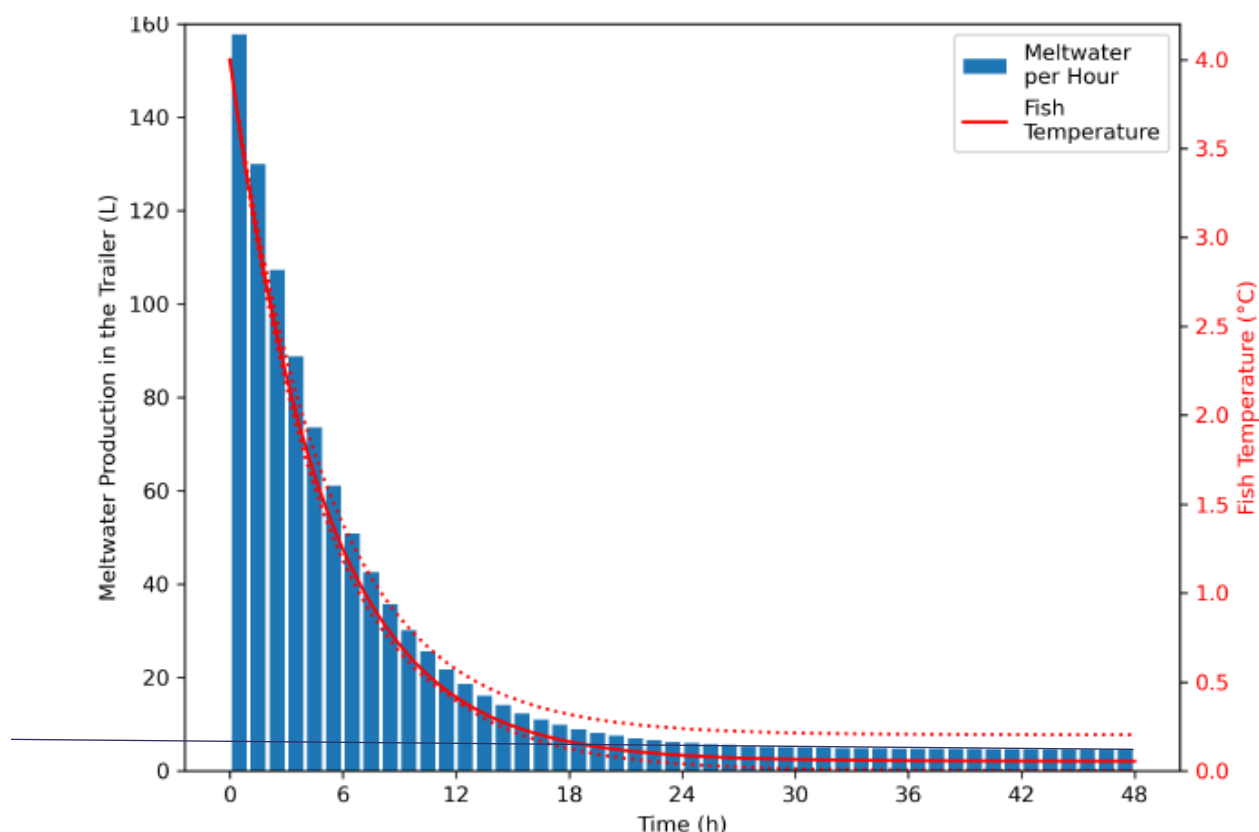
VS problematiserer også hvor man skal gjøre av det oppsamlede avrenningsvannet. Når det gjelder frysing om vinteren, sier VS at det er mulig å montere inn en varmekolbe i tanken som hindrer vannet i å fryse, slik at man kan få tømmt tanken om vinteren også. Denne kolben er mulig å ettermontere, men

ingen har så langt bedt om å få montert slike kolber. Det er derimot ikke noe system som hindrer tilfrysing i tilførselsrørene. Prisen for montering av 250 literstanker ligger ved utgangen av 2022 på cirka 50 000 NOK.

Oppsamling av avrenningsvann i tanker montert på traller kan se ut til å være en metode som har sin misjon. Utfordringene er imidlertid tydelige. Alle de vi har snakket med problematiserer at det i dag ikke er noen enkel måte å bli kvitt vannet. Man er som på Island henvist til å kvitte seg med vannet på en tilfeldig rasteplass eller bensinstasjonssluk underveis. Det bør lages et bedre system for mottak av dette vannet i Norge hvis bruken skal økes. Det holder ikke at transportøren selv har et godt system på sine terminaler. I verste fall fører mangelen på slike mottak til at sjåførene kjører med åpne ventiler, og stenger den like før de kommer til et kontrollpunkt. Flere oppsamlingpunkter kan også være en løsning på en annen utfordring, nemlig størrelsen på tanken. En rask modellering av mengden vann som kommer fra 891 kasser med fisk (kapasiteten til en tralle) som holdt 4 grader ved pakketidspunkt, samt ble lagret (på ferdigvarelager eller tralle) ved 1 °C, har en total avrenning på cirka 1000 liter de første to døgnene (Figur 1), og da vil 250 liter være i minste laget. Det er viktig å merke seg at de første timene der avrenningen er størst (Figur 2), skyldes i all hovedsak nedkjølingen av fisken og skjer ofte hos slakteriet eller mens lastebilen lastes. Erfaringene så langt fra de som har montert slike tanker og bruker de i dag, viser at i mange tilfeller så er 250 liter tilstrekkelig, men at det er tilfeller der det er for lite.



Figur 1 Simulert smeltevannproduksjon for fisk med en starttemperatur på 4 °C og lagringstemperatur på 1 °C akkumulert over 2 døgn. Modellen er ikke validert mot fysiske forsøk, men kun en teoretisk beregning. Figurene ble først vist på Havbruk 2022.



Figur 2 Simulert smeltevatnproduksjon for fisk med en starttemperatur på 4 °C og lagringstemperatur på 1 °C viser at smeltevatnproduksjonen er dominert av fisketemperaturen den første dagen. Modellen er ikke validert mot fysiske forsøk, men kun en teoretisk beregning. Figurene ble først vist på Havbruk 2022.

Det er også tillatelig å tro at dette systemet har sine utfordringer om vinteren, selv om VS melder at ingen har bedt om å få ettermontert varmekolbe. Nor-Log sine rapporterte problemer med fastfrysing av pallene vitner også om at smeltevatnet fryser fast til gulvet om vinteren. Montering av varme i gulvet vil kunne hjelpe på dette problemet.

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. Skal dette ha en god effekt, så må det antageligvis innføres krav til oppsamlingstanker slik som det er gjort på Island og Færøyene, og det må legges til rette for gode muligheter for å kvitte seg med vannet på gode mottaksanlegg. Man har klart å lage et nettverk av tilsvarende anlegg for campingbiler, så det bør være mulig å lage et system for avrenningsvann. Det er også knyttet utfordringer til størrelsen på tanken. En forutsetning for at dette skal kunne fungere som en god løsning, er at fiskeri- og havbruksnæringen gjør en god jobb med å sikre lav temperatur på fisken før den pakkes i kasser og legges på is. Oppsamlingstanker kan ikke bli en sovepute for næringen, da kapasiteten til tankene ikke er godt nok til det. Det krever også at sjåføren på lastebilen stiller inn kjøleaggregatet korrekt, slik at man ikke smelter isen under transporten. Man må også være sikker på at skapene på bilene er helt tette, slik at alt vannet samles opp. Det skal ikke mye vann til før man bygger store isklumper på utsiden av bilen om vinteren, med de farene det representerer. Videre er det knyttet utfordringer til hvordan dette systemet fungerer om vinteren. Rapporter så langt tyder på at det ikke er store utfordringer, men det er ikke mange som har tatt disse tankene i bruk enda, så det er fremdeles knyttet usikkerhet til dette.

3 Tette kasser

En annen løsning på problemet med avrenning fra fersk fisk på is er å hindre at vannet kommer ut av kassen. Tette kasser løser problemet, men skaper også nye.

Man har i dag to hovedtyper kasser for transport av fisk; kasser med drenshull for lastebiltransport og tette kasser for flytransport. Flyselskapene har satt strengere krav til soliditeten på flykasse, og de kommer med en absorbent for å suge opp det vannet som dannes når isen smelter. Flykassen er i tillegg til å være mer solid også dyrere i innkjøp, da det går med råstoff for å lage de. Kilder i laksenæringen anslår at flykassen koster cirka 50 til 60 øre ekstra per kg fisk man legger i kassen. Ved ankomst kjøper, blir kassene tømt for is og eventuell absorbent, før kassen blir komprimert og resirkulert. Kundene får solgt brukte kasser som råstoff til andre EPS-produkter.

Siden de tette flykassene er dyrere i innkjøp, og mer solid enn de trenger å være for lastebiltransport, er det hos flere produsenter mulig å bestille tette versjoner av dagens foretrukne alternativ ved lastebiltransport. Her må det også brukes absorber, for å hindre at fisken blir liggende å "bade" i smeltevann. Tette kasser vil også ha en noe bedre isolerende evne. Dette mener produsentene medfører at man vil trenge mindre is enn man bruker i dag.

En videreutvikling av tett kasse for lastebiltransport ble presentert av Sunde AS under Aqua Nor 2021¹. De har laget en versjon av 20 kg fiskekasse uten drenshull, med oppsamling av vannet i kassen. Det er ikke brukt absorber i disse kassene. Kassen de har utviklet er tilnærmet lik dagens kasse, med to unntak: den er 1,5 cm høyere, og den har en "rille" løsning i bunn av kassen som kan samle opp 3 liter med avrenning. Rillene kan gi merke på fisken, og for å unngå dette, legges et ark i bunn som fisken ligger på (Bilde 3). Den ekstra høyden utgjør ingen hindring for å kunne laste like mange kasser per bil som tidligere (891 stk). Ved ankomst kunde, tømmes smeltevann ut med rester av is, og både kasse og arket i bunn blir gjenvunnet. Sunde reklamerte i 2021 med at denne kassen koster 14 øre ekstra per kg fisk, siden det brukes mer råstoff for å produsere den. Sunde AS peker også på at ved å samle opp smeltevannet i kassen, så vil det gi ytterligere kjølekapasitet, da dette vannet vil være kaldere enn fisken som skal kjøles ned.



Bilde 3 Sunpack 20-3, tett kasse med oppsamling av vann i kassen (Foto: Sunde AS)

¹ <https://www.sundolitt.com/globalassets/sundolitt/02.-norwegian-market/01.-blocks/dokumentasjon/2021-08-26-aqua-nor-sjomatbedriftene--avrenning-fra-transport-av-sjomat-final.pdf>

Det er uvisst om det jobbes med flere alternativer til Sunde sin kasse hos andre produsenter, da produktutvikling gjerne ikke ønskes omtalt i offentlige rapporter.

Det finnes også andre løsninger for tette kasser. Det er løsninger der hel laks og fileter sendes i tette kasser med modifisert atmosfære, noe som fordrer at kassen er gasstett. Vardal har en slik løsning, der de har en fuktabsorber som frigir CO₂ når den blir fuktig. Det finnes også løsninger i plast, der man enten dyptrekker eller kjøper ferdige skåler der hel laks eller fileten får plass, og disse sveises igjen for å holde inne tilført gassblanding. Man kan legge disse i EPS-kasser for isolering og stabil styrke, eller de kan stables slik de er. I Irland brukes gjenbrukskasser i hardplast, som også kan fåes tette. Dette vil kreve en helt annen logistikk enn i dag, da disse må returneres for vask og gjenbruk. Alle disse løsningene krever at man må bruke absorber, eller produsere superkjølt fisk (Superkjøling omtales i kap 4.1).

Tette kasser kan være et alternativ. Mange av de nevnte alternativene fremstår som uaktuelle, da de krever ny logistikk, både i fabrikk og ved returtransport av gjenbrukskasser. Går man for tette versjoner av standard EPS-kasser, må man ha absorber i kassen for å ta opp vannet som dannes. Dette gir både økte kostnader og økt avfall. Det finnes også tette kasser som samler opp vannet og dermed ikke trenger absorber, og det er ikke usannsynlig at det kommer flere alternativer i fremtiden. Disse vil kun medføre økte kostnader ved kjøp av kassen. Mange fremhever tette kasser som det enkleste og kjappeste alternativet for å løse utfordringen med avrenning, og da særlig transportnæringen (jfr. ulike medieoppslag). Det trekkes også frem av flere i fiskeri- og havbruksnæringen. Skal tette kasser fungere, så er man fremdeles avhengig av at fisken som blir pakket er tilstrekkelig kjølt, slik at kapasiteten til absorber eller oppsamlingsvolum ikke overstiges. Går man for en løsning der smeltevannet samles opp i kassen uten absorber, må det eksistere en aksept fra kundene at de får kasser med smeltevann i.

4 Alternative kjølekilder til våtis

Majoriteten av dette kapittelet er hentet fra Nofima-rapport 14/2021 "Konservering av sjømat", skrevet av Rotabakk og Lerfall (2021) i FHF-prosjektet "Nye metoder for bedre holdbarhet og mer miljøvennlig transport av lakseprodukter" (FHF-prosjekt 901635). Det er også gjort både miljømessige og økonomiske beregninger knyttet til superkjøling i samme FHF-prosjekt, som man finner i Nofimarapport 21/2022 "Økonomiske og miljømessige effekter av superkjøling av laks" (Iversen et al., 2022).

En annen måte å redusere avrenning, er å eliminere hovedkilden til avrenningen, nemlig at is smelter for å kjøle ned fisken. Det eksisterer flere måter å kjøle fisk på som ikke benytter våtis, og de vil bli gjennomgått i dette kapittelet.

4.1 Superkjøling

Superkjøling er et relativt nytt alternativ til vanlig is, der hel fisk eller filet kjøles ned til rundt, eller rett under fiskens initiale frysepunkt. Initialt frysepunkt for de fleste matprodukter ligger mellom $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $-2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Duun & Rustad, 2007), der laks for eksempel har et frysepunkt rundt $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Rahman & Driscoll, 1994). Superkjøling inhiberer de fleste enzymatiske og mikrobiologiske reaksjonene (Huss, 1995), og gir i de aller fleste tilfeller en raskere nedkjøling enn tradisjonell ising, alt etter valg av superkjølemetode (Wu et al., 2014). Den lavere temperaturen påvirker mikrobiologisk, kjemisk og sensorisk kvalitet positivt. Autolyse og bakteriell vekst senkes signifikant, slik at holdbarheten øker og man får bedre tid til prosessering og salg. Holdbarheten er betydelig kortere enn ved frysing, da det fortsatt er flytende vann tilgjengelig for autolytisk aktivitet. Noen fysiske og kjemiske endringer kan også skje raskere i superkjølte produkter, da konsentrasjonen av oppløste stoffer vil være høyere i det vannet som ikke er frosset ut (Kaale et al., 2011).

Det er viktig å klargjøre hva superkjøling (super-chilling) er, da det eksisterer mange ulike begrep som benyttes i forskning på dette området, slik som "deep-chilling", "sub-chilling", "ultra-chilling", "overflate frysing" og "delvis fryst". I tillegg kompliseres det hele av at man bruker ulike lagringstemperaturer, fra $+4$ til $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Kaale et al., 2011). Superkjøling brukes som en samlebetegnelse på å bringe temperaturen under $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, uavhengig av slutt-temperaturen. Produsenter, slik som Skaginn 3X (nå Baader), har registrert et varemerke på "sub-chilling" som beskriver å bringe laksen så nært $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ som mulig. Sunwell, en produsent av slurry-isutstyr, bruker "deep-chilling" når fisk kjøles ned til mellom $0,5$ og $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. "Ultra-chilling" er brukt om å lagre mat i "ultra-chill" området mellom -3 og $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Siden dette er en lavere temperatur enn frysepunktet for mat, så vil varer lagret ved disse temperaturene bli delvis frosset. Utstyr, som blastfrysere og kryogenefrysere, opererer ved temperaturer godt under frysepunktet, og vil gi en frosset overflate. Hvis slik fisk lagres ved ultra-chill betingelser, så vil overflaten forbli frosset. Lagrer man derimot ved vanlig kjøleromstemperatur, vil man etter hvert få et produkt uten is. Hovedforskjellen mellom alle disse termene, er om vannet fryses til is eller ikke. Ved lagring etter superkjøling, er det veldig viktig at man har god kontroll på temperaturen. Selv små endringer i temperaturen kan føre til store endringer i hvor mye av vannet i fisken som er frosset (Kaale et al., 2011; Mackie, 1993). Dette vil indusere større drypptap fra fisken, da dette fører til større iskrystaller og punkterte cellemembraner.

Superkjøling ble allerede omtalt i 1920 (Danois, 1920), og patentert for prosessering og lagring av fisk på fiskebåter. Som ved en tradisjonell kjølekjede, består superkjøling av to steg; nedkjøling og lagring. Under nedkjøling, fjernes varmen i produktet hurtig. Prosessen drives av temperaturforskjellen mellom produktet og kjølemediet som brukes. Rask nedkjøling er dermed mulig ved store temperaturforskjeller og/eller ved god varmeoverføring. For eksempel så er høy luftfartighet bedre enn stillestående luft, og is-slurry bedre enn luft. Har man brukt skallfrysing (kryogene frysere eller impigement), så vil fisken under lagring ha en utjevning av temperaturen ved at den varmere kjernen avgir energi til den frosne

overflaten, og ved korrekt utført superkjøling, vil hele fisken/fileten få en temperatur rundt det initiale frysepunktet.

Det eksisterer et stort tilfang av teknologiske løsninger for hvordan superkjølingen kan utføres. Forsøk på fileter har ofte involvert kryogene fryserer (Rotabakk et al., 2014) eller impingementfryserer (Kaale, 2014). Impingement er en av få nyvinninger som har blitt fullt implementert i industrien (Sarkar et al., 2004; Sarkar & Singh, 2004) for frysing. Impingement kan beskrives som en prosess der en luft- eller væskestråle ledes mot en fast overflate, i vårt tilfelle et sjømatprodukt. Den høye hastigheten til strålen (opp mot 50 meter per sekund) ligner prosessen som benyttes i jetmotorer og vil "bryte opp" det statiske laget med gass som omgir et matprodukt (James et al., 2015). Det gir et mer turbulent media rundt produktet som vil gi en betydelig forbedret varmeoverføring. Teknologien er spesielt egnet for produkter med stor produktoverflate i forhold til vekt (dvs. tynne produkter som f.eks. burgere eller fiskefileter). Tidligere tester har vist at teknologien er mest effektiv på produkter med en tykkelse mindre enn 20 mm (Newman, 2001). Prosessen er også veldig attraktiv for produkter som krever veldig rask overflatefrysning, det vil si skallfrysning ved superkjøling.

Ved superkjøling av hel laks, så har nedkjølt sjøvann (refrigerated sea water (RSW)) eller saltlake blitt brukt, da dette både gir god energiovergang og temperaturer lavere enn 0 °C. Ulempen er at temperaturforskjellen er lav, slik at det tar lengre tid. RSW eller saltlake er tatt i bruk kommersielt på hvitfisktrålere på Island, der fisken superkjøles direkte etter fangst, mens de blør ut. I tillegg eksisterer det ulike systemer som lager saltvannsis, som ofte omtales som "fluid ice", "ice slurry", "nano ice" eller "liquid ice". Felles for disse systemene, er at salt tilføres for å gi en gitt fryse/smeltetemperatur på isen som er lavere enn 0 °C, men fortsatt høyere enn frysepunktet til fisken.

Systemer for RSW-kjøling er installert eller er i ferd med å bli installert på flere landbaserte lakseslakteri i Norge. Konseptet med RSW-kjøling er i bruk på slaktebåten Norwegian Gannet som slakter laks på merdkanten og transporterer den i RSW-tanker til Hirtshals i Danmark. Informasjon fra næringen viser at de kommer godt under 0 grader med denne metoden, og ser positive effekter på kvaliteten. Det rapporteres imidlertid om fortsatt problem med avrenning fra lastebiler som transporterer subkjølt fisk. Mange velger som en sikkerhet å tilføre is i kassene med subkjølt fisk, om enn i mindre mengder enn de før har brukt å gjøre. Selv med en målt kjernetemperatur på -0,75 °C, så opplever de avrenning. Hvorfor dette oppstår på fisk som har en kjernetemperatur på -0,75 °C er vanskelig å svare på uten å gjøre fysiske forsøk og målinger på det aktuelle anlegget.

4.2 Tørris

Bruk av tørris (fast CO₂) er også en mulighet, og blir brukt blant annet på fisk som skal sendes med fly, på tross av at flyselskapene ikke tillater tørris om bord i flyene. Dette fungerer ved at tørrisen sublimerer under transport til flyplassen, og man ender opp med en lettere kasse. Tørris har en kuldeytelse på 640 kJ/kg, mens vannis har til sammenligning 334 kJ/kg, altså nesten dobbelt så mye. Det betyr at man kan bruke mindre tørris enn vannis for å oppnå samme kjølekapasitet, og flere melder at 1 kg tørris gir nok kjøling. Dimensjonerer man mengden tørris korrekt, så kan man oppnå superkjølte betingelser i kassen når tørrisen er brukt opp. For produsenten er dette en rask og enkel prosess, de lager CO₂-snø selv, legger i kassa, og får kassa på bilen. Der skjer sublimasjonen (overgangen fra fast form til gassform) på kort tid, mens fisken blir superkjølt etter noen timer. Med tørris tar det imidlertid noe lenger tid før alle filetene i en kasse oppnår superkjølt temperatur. Den lave temperaturen på tørrisen, og dermed stor forskjell mellom is og laks, gir mer ujevn frysing/nedkjøling, der filetene i kontakt med tørrisen risikerer å bli frossen før de resterende filetene er tilstrekkelig nedkjølte. Fordelen ved flytransport er at kassene vil være lettere når man bruker tørris, siden tørrisen sublimerer under transport og er borte ved lasting på fly. Dette gjelder også for langtransport med lastebil.

Tørris er vesentlig dyrere enn våtis. Det er i tillegg et stort svinn av CO₂ under produksjon, der det blir oppgitt at man mister cirka 50 % ved tilvirkning av tørris. Dette skjer som en følge av at noe flytende CO₂ må fordampe og ta opp energi, for at annen CO₂ skal tape nok energi til å bli snø. I tillegg medfører bruk av tørris en HMS-utfordring: 1 kg tørris gir 500 liter med ren CO₂-gass når den smelter. Dette kan potensielt utsette mennesker for kvelningsfare, og må fortynnes med 1/200 for at nivået ikke skal overstige 0,5 %². Denne grensen gjelder uavhengig av mengden oksygen i luften.

4.3 Gelice

Et annet alternativ er å bruke kjølemedier som er pakket i tett emballasje. Gelice er et slikt produkt, og forhandles av flere. Gelicen fryses inn før den skal brukes, og den blir i dag brukt mye til flytransport. Fordelen er at den ikke renner inn i kassen når isen smelter, men beholdes i posen. Dette vil dermed hindre avrenning, men gi like god kjølekapasitet som vanlig is. Bruk av gelice vil medføre en ekstra logistikk med frakt til anleggene, pluss at kundene vil få mer avfall som må håndteres. I tillegg er gelice dyrere enn å produsere våtis selv. Gelice kan kombineres med tette kasser, og gjerne en liten absorber i tillegg for å ta opp det lille dryppvannet som fisken selv produserer.

² Dette er grenseverdien som er for CO₂-forurensing i arbeidsatmosfæren ([Forskrift 6. desember 2001, Forskrift om tiltaks- og grenseverdier](#)).

5 Konklusjon

Det er som vist i denne rapporten flere muligheter for å kunne redusere avrenningen fra transport av fersk fisk. Tette kasser fremstår som den raskeste veien til å stoppe avrenning. Disse kassene har stort sett samme dimensjon som dagens kasser, og de gir dermed ingen utfordringer med endret logistikk til, fra og i anlegget. Kassene er dyrere i innkjøp enn dagens løsning, men kundene 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 ta hånd om 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 av at det nå uansett ikke blir avrenning.

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 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 oppsamling tanker på lastebilene. God nedkjølt fisk gir lite avrenning, som dermed ikke utfordrer kapasiteten til tanken. 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. Montering av oppsamlingstanker 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.

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 restis i kassen er en enkel kvalitetssjekk for kunder ved mottak av fisken. Begge de overnevnte løsningene for oppsamling av smeltevannet (enten i boksen 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.

6 Referanser

- Barbøl, H.K. (2020, 22.10.20). Her har alle oppsamlings-tank til fiskevann. Retrieved 14.03.22 from <https://www.at.no/transport/498245>
- Braata, E. (2021). Samler fiskevannet. Retrieved 21.12.2022 from <https://www.mtlogistikk.no/avrenning-bama-logistikk-fiskefrakt/samler-fiskevannet/541385>
- Danois, L. (1920). New method for refrigeration of fish (France Patent No. FR506296A)
- Duun, A.S. & Rustad, T. (2007). Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets. *Food Chemistry*, **105**:3, 1067–1075. WOS:000249061700024
- Huss, H.H. (1995). Quality and quality changes in fresh fish. FAO fisheries technical paper (348). <http://www.fao.org/docrep/v7180e/V7180E00.HTM#Contents>
- Iversen, A., Ziegler, F. & Rotabakk, B.T. (2022). Økonomiske og miljømessige effekter av superkjøling av laks. Rapport 21/2022, Nofima, Tromsø.
- Kristoffersen, S., Vang, B., Larsen, R. & Olsen, R.L. (2007). Pre-rigor filleting and drip loss from fillets of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research*, **38**:16, 1721–1731. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01843.x>
- Kaale, L.D. (2014). Modelling and ice crystallization/recrystallization of foods in superchilling technology, Superchilling of atlantic salmon (*salmo salar*). (Publication Number 2014:40) NTNU.
- Kaale, L.D., Eikevik, T.M., Rustad, T. & Kolsaker, K. (2011). Superchilling of food: A review [Review]. *Journal of Food Engineering*, **107**:2, 141–146. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.06.004>
- Mackie, I.M. (1993). The effects of freezing on flesh proteins. *Food Reviews International*, **9**:4, 575–610. WOS:A1993MJ63800007
- Newman, M. (2001). *Cryogenic impingement freezing utilizing atomized liquid nitrogen for the rapid freezing of food products* Rapid Cooling of Food, Meeting of IIR Commission C2, Bristol (UK),
- Rahman, M.S. & Driscoll, R.H. (1994). Freezing points of selected seafoods (Invertebrates). *International Journal of Food Science and Technology*, **29**:1, 51–61. WOS:A1994NF71600007
- Rotabakk, B.T., Bleie, H., Stien, L.H., & Roth, B. (2014). Effect of Blood Removal Protocol and Superchilling on Quality Parameters of Prerigor Filleted Farmed Atlantic Cod (*Gadus morhua*). *Journal of Food Science*, **79**:5, E881-E886. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12437>
- Rotabakk, B.T., & Lerfall, J. (2021). *Konserveringsmetoder for sjømat* (Nofima rapport, Issue 14/2021).
- Rotabakk, B.T., Melberg, G.L. & Lerfall, J. (2018). Effect of Season, Location, Filleting Regime and Storage on Water-Holding Properties of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo solar* L.). *Food Technology and Biotechnology*, **56**:2, 238–246. <https://doi.org/10.17113/ftb.56.02.18.5346>
- Rotabakk, B.T., Petrich, C. & Lerfall, J. (2022). Hvordan håndteres avrenning fra ferskfisktransport i andre fiskenasjoner. Rapport 28/2022, Nofima, Tromsø.
- Sarkar, A., Nitin, N., Karwe, M. & Singh, R. P. (2004). Fluid flow and heat transfer in air jet impingement in food processing. *Journal of Food Science*, **69**:4, R113-R122. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb06315.x>
- Sarkar, A., & Singh, R.P. (2004). Air impingement technology for food processing: visualization studies. *Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie-Food Science and Technology*, **37**:8, 873–879. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.04.005>
- Wu, C.-h., Yuan, C.-h., Ye, X.-q., Hu, Y.-q., Chen, S.-g. & Liu, D.-h. (2014). A Critical Review on Superchilling Preservation Technology in Aquatic Product. *Journal of Integrative Agriculture*, **13**:12, 2788–2806. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60841-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60841-8)