

# Evaluering av fangstskader ved bruk av hyperspektral avbildning



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](mailto:post@nofima.no)

[www.nofima.no](http://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



#### Sunnalsøra

Sjølsengvegen 22

NO-6600 Sunndalsøra



#### Ås

Osloveien 1

Postboks 210

NO-1433 ÅS



#### Bergen

Kjerreidviken 16

Postboks 1425 Oasen

NO-5844 Bergen

## Rapport

<i>Rapportnummer:</i> 11/2024	<i>ISBN:</i> 978-82-8296-781-5	<i>ISSN:</i> 1890-579X
<i>Dato:</i> 4. april 2024	<i>Antall sider + sider vedlegg:</i> 9 + 0	<i>Prosjektnummer:</i> 10027
<i>Tittel:</i> <b>Evaluering av fangstskader ved bruk av hyperspektral avbildning</b>		
<i>Title:</i> Evaluation of catch damages using hyperspectral imaging		
<i>Forfatter(e):</i> Tonje Kristin Jensen, Margrethe Esaiassen, Sjurdur Joensen, Rowan Romeyn, Karsten Heia, Torbjørn Tobiassen, Gustav Martinsen, Stein-Kato Lindberg og Heidi Nilsen		
<i>Avdeling:</i> Sjømatindustri		
<i>Oppdragsgiver:</i> Nærings- og fiskeridepartementet		
<i>Eksternt prosjektnummer/Oppdragsgivers ref.:</i> -		
<i>Stikkord:</i> Fangstskade, blodfeil, kvalitet, hyperspektral avbildning, kvalitetsvurdering		
<i>Sammendrag/anbefalinger:</i> Metoden «Fangstskadeindeks» for sensorisk kvalitetsvurdering og registrering av ulike skader som kan oppstå på torsk under fangst og håndtering av torsk er tidkrevende. Det vil være en fordel om slik kvalitetsvurdering kan gjøres instrumentelt. De fleste av fangstskadene medfører bloduttredelser i muskelen, og en aktuell instrumentell metode kan derfor være hyperspektral avbildning som kan estimere blod i fisk. I dette arbeidet er det undersøkt om bilder og blodkonsentrasjoner frembragt fra hyperspektrale data fra sløyd og hodekappet (HG) fisk samsvarer med fangstskadevurderinger. Det er vist en sammenheng mellom den totale poengsummen og karakterene som er gitt for flere av parameterne i fangstskadeindeksen og blodmengden som er estimert fra modellering av hyperspektrale data fra sløyd og hodekappet (HG) fisk. Ved bruk av <i>constrained spectral unmixing</i> modellering får man gjennomsnittlig blodmengde i fisken, men man ser ikke blodskader nær svømmeblæra. Modellering av hyperspektrale data ved bruk av en ny analysemodell, et nevralt nettverk, synes bedre å vise blodflekker under skinn samt avdekke indre skader ved svømmeblæra. Det er imidlertid behov for ytterligere trening og testing av modellen for å validere resultatene i større skala.		
<i>English summary/recommendation:</i> The "Catch damage index" method for sensory quality assessment and registration of various catch-related damages of cod is time-consuming. It would be advantageous if a corresponding quality assessment could be done instrumentally. Most of the catch-inflicted injuries result in blood stains and bruises in the fish muscle, and hyperspectral imaging, which can measure blood in fish, can thus be a relevant instrumental method. This work has investigated whether blood content and images produced from hyperspectral data from headed/gutted (HG) fish correspond to catch damage assessments. A correlation has been demonstrated between the total score and the grades given for several parameters in the catch damage index and the amount of blood estimated from the modelling of hyperspectral data from the headed/gutted (HG) fish. When modelling using <i>constrained spectral unmixing</i> , internal blood damage close to the swim bladder in the fish is not revealed. By modelling hyperspectral data using a new analytical model, a neural network, internal damages seem to be more easily discovered. However, there is a need for further training and testing of the model to verify the results at a larger scale.		

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Material og metode</b>	<b>2</b>
2.1	Fangstskaderegistreringer	2
2.2	Hyperspektral analyse	2
<b>3</b>	<b>Resultater og diskusjon</b>	<b>3</b>
3.1	Korrelasjon mellom Fangstskadeindeks og hyperspektral avbildning	3
<b>4</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	<b>9</b>

## 1 Innledning

Metoden «Fangstskadeindeks» for kvalitetsvurdering av torsk fisket med garn, line, snurrevad og jukse ble utviklet tidlig på 2000-tallet (Akse & Joensen, 2004; Esaiassen m.fl., 2013) for å få en systematisk og standardisert registrering av ulike skader som kan oppstå på torsk under fangst og håndtering. Ved bruk av metoden gjennomføres en sensorisk evaluering av sløyd fisk rett etter levering, og hvor utblødning, bloduttredelser, redskapsmerker, skader fra høtt og krok, klemskader og slitt skinn vurderes og graderes. Det har etter hvert vist seg at metoden ofte ikke avdekker enkelte skader som for eksempel indre bloduttredelser som følge av sprenging av svømmeblæra under fangst. Slike skader kan ha stor betydning for kvaliteten til sluttproduktet. Metoden er derfor nylig revidert, og fangstskadeindeksen ble utvidet med en kategori «svømmeblære – blod» som evalueres ved å se etter blødninger i bukula lokalisert nær svømmeblæra (Esaiassen m. fl., 2024). Gjennomføring av fangstskadevurdering ved bruk av den sensorisk vurderte fangstskadeindeksen er imidlertid tidkrevende, og det er derfor interessant å undersøke om man kan få gjennomført en tilsvarende kvalitetsvurdering instrumentelt.

De fleste av fangstskadene medfører bloduttredelser i fiskemuskelen. Derfor kan en aktuell instrumentell metode være hyperspektral avbildning. Ved bruk av avbildende spektroskopi har Nofima vist at man kan måle blodmengde instrumentelt både i fiskefileter (Skjelvareid m.fl., 2017) og på hel fisk gjennom skinn (Heia m. fl., 2022). På bakgrunn av dette er det i samarbeid med Maritech utviklet en kommersiell løsning, Maritech Eye, som er tatt i bruk i deler av industrien.

I arbeidet presentert her er det undersøkt om bilder frembragt fra hyperspektrale data fra sløyd og hodekappet (HG) fisk samsvarer med fangstskadevurderinger.

## 2 Material og metode

Det ble benyttet torsk fanget med garn ( $N = 47$ ) og snurrevad ( $N = 32$ ) utenfor Kvaløya i mars 2022. Torsken ble transportert kjølt, sløyd og hodekappet til Nofima, Tromsø. Ved ankomst ble fisken merket og fotografert, fangstskadene ble registrert, og fisken gjennomgikk deretter hyperspektrale målinger. Videre ble fisken manuelt filetert og skinnert før filetene gjennomgikk nye hyperspektrale målinger, samt at det ble tatt foto av filetene både på muskelsiden og skinnsiden.

### 2.1 Fangstskaderegistreringer

Fangstskaderegistreringene ble gjennomført av to trente dommere ved bruk av Fangstskadeindeksen (Esaiassen m.fl., 2024). Hver fisk ble evaluert og gitt en poengsum for hver type skade i henhold til alvorlighetsgraden. Fisk med små feil i buk- eller spordområdet ble definert som moderat skade (score 1), mens fisk med tydelige og store feil i tykkfisken (loin) ble definert som alvorlig skade (score 2). Fisk uten aktuelle skader fikk score 0. På bakgrunn av skadevurderingene ble fisken delt inn i tre kategorier:

God kvalitet:	Feilfri fisk og fisk med inntil to moderate feil på samme fisk
Redusert kvalitet:	Fisk med tre eller flere moderate feil på hver fisk
Dårlig kvalitet:	Fisk med alvorlig feil (tilsvarende Joensen m.fl., 2017)

### 2.2 Hyperspektral analyse

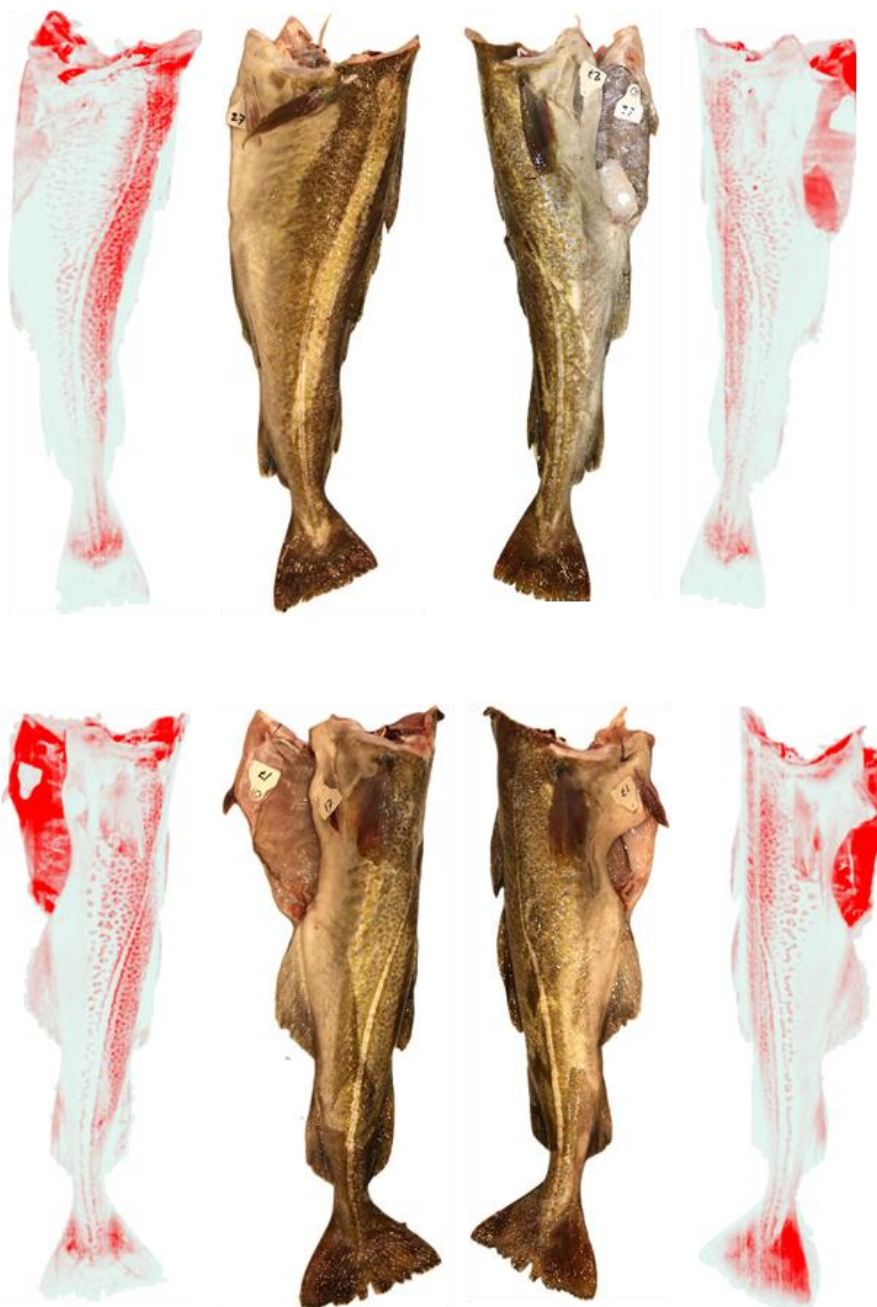
Hyperspektral måling ble gjennomført ved bruk av Maritech Eye™. Maritech Eye baserer seg på å avbilde fisken med et interaktansoppsett. Her blir prøven belyst med to intense lysstriper, og lyset som da kommer ut av prøven, midt mellom de to belyningsstripene, blir målt med det hyperspektrale kameraet. Prosedyren er beskrevet i Anderssen m.fl. (2020). Beregning av mengde blod i filetene baserer seg på analysemodellen «constrained spectral unmixing», hvor mengde blod estimeres ut fra hvordan lys absorberes på ulike frekvenser/bølgelengder (Skjelvareid m.fl., 2017). I tillegg til constrained spectral unmixing er det gjort innledende forsøk med å benytte en nevralt nettverksmodell for vurdering av blod i hel fisk. Denne modellen er opptrent gjennom maskinlæring på data fra kontrollerte forsøk hvor det ble avbildet prøver med homogenisert torskemuskel med kjent mengde blod, med og uten torskesskinn lagt på toppen (Romeyn m.fl., 2024).

For visuelt å se om hyperspektrale data modellert med nevralt nettverk gir et godt bilde av enkeltfeil, har en sammenliknet disse modellerte bildene opp mot faktiske foto av hel fisk, filet med og uten skinn. Enkeltfeil en har sett på er ulike grader av bloduttredelser/blodansamlinger i muskelen, blodfarget filet og redskapsmerker.

### 3 Resultater og diskusjon

#### 3.1 Korrelasjon mellom Fangstskadeindeks og hyperspektral avbildning

Ved å sammenligne fisk som har fått ulike karakter (score) på forskjellige parametere i fangstskadeindeksen finner man at hyperspektral avbildning av hel fisk gir utslag for mer blod i fisk som har høy score enn lav. Dette er illustrert på Bilde 1, hvor man øverst ser foto og analysebilde fra hyperspektral avbildning av en fisk som har fått «0» for alle blodrelaterte skader, og nederst er det tilsvarende av en fisk som har fått score «2» på «utblødning». Man ser en forskjell i intensiteten av rødfargen, som representerer blodkonsentrasjonen, spesielt i avbildningen av bukklappene på det nederste bildet.



Bilde 1 Øverst: foto og analysebilder fra hyperspektral avbildning av en fisk med karakter «0» for blodrelaterte skader. Nederst: foto og analysebilder fra hyperspektral avbildning av en fisk med karakter «2» for «blodsprenget».

Tilsvarende sammenligninger er gitt i Bilde 2 for fisk som har fått henholdsvis lav og høy totalscore etter vurdering med fangstskadeindeksen. Øverst vises foto og analysebilde fra hyperspektral avbildning av en fisk som har fått «1» i totalscore etter å kun å ha et moderat redskapsmerke ved sporden og ellers ingen anmerkninger. Nederst er det tilsvarende av en fisk som har fått totalscore «8», hvorav den har fått anmerkning for fire alvorlige feil. Som vist på foto er det betydelige bloduttredelser i fisken, og dette avspeiles i det hyperspektrale analysebildet.



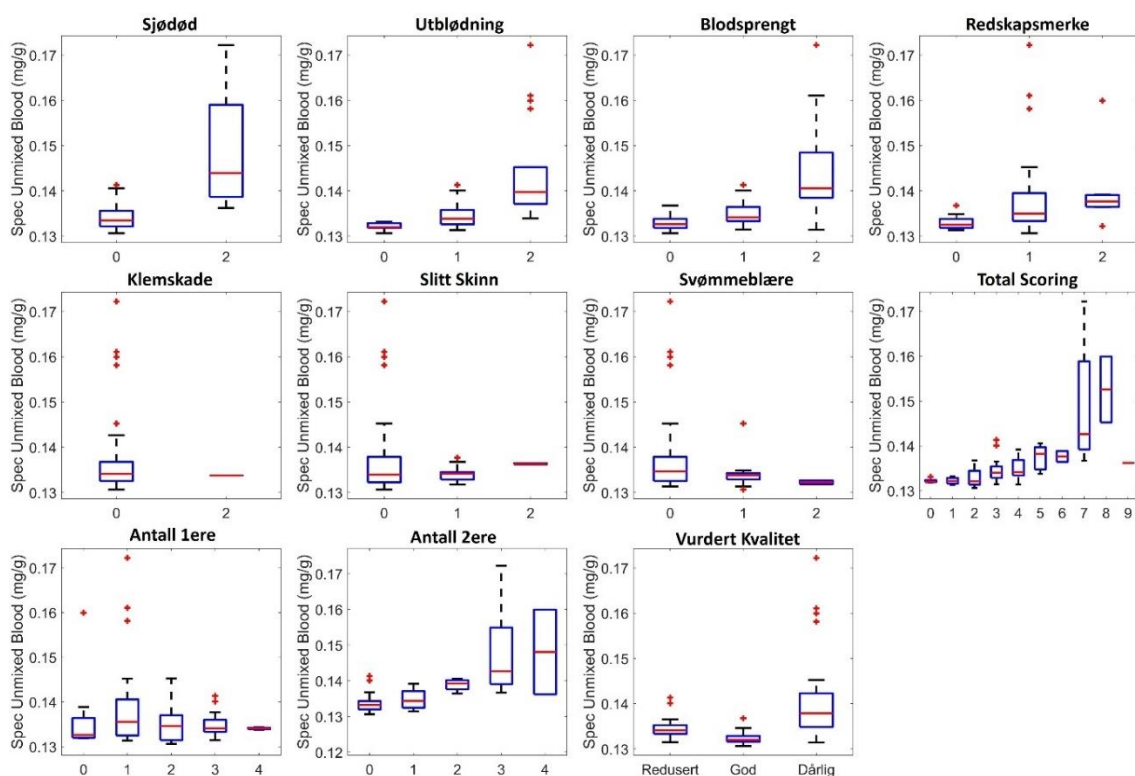
*Bilde 2 Øverst: foto og analysebilder fra hyperspektral avbildning av en fisk med totalscore «1» i fangstskadeindeksen. Nederst: foto og analysebilder fra hyperspektral avbildning av en fisk med totalscore «8».*

For videre undersøkelse av sammenhengen mellom fangstskadevurderingen (fangstskadeindeks) og blodkonsentrasjonene som predikeres etter hyperspektral avbildning, er blodkonsentrasjonene i fiskene sammenlignet med karakterene som er gitt for de enkelte parameterne i fangstskadeindeksen. Dette er vist i Figur 1. Middelerverdier på blodkonsentrasjonene for hver enkelt fisk ble regnet ut som median over hele fisken.



I tillegg til å vise sammenhengen mellom scoren i hver enkelt parameter i fangstskadeindeksen, viser figuren også sammenhengen mellom blodverdiene og totalscore, samt antall moderate (1) og alvorlige (2) skader i de enkelte fisk, og hvorvidt fisken anses å være av god, redusert eller dårlig kvalitet etter fangstskadevurderingen.

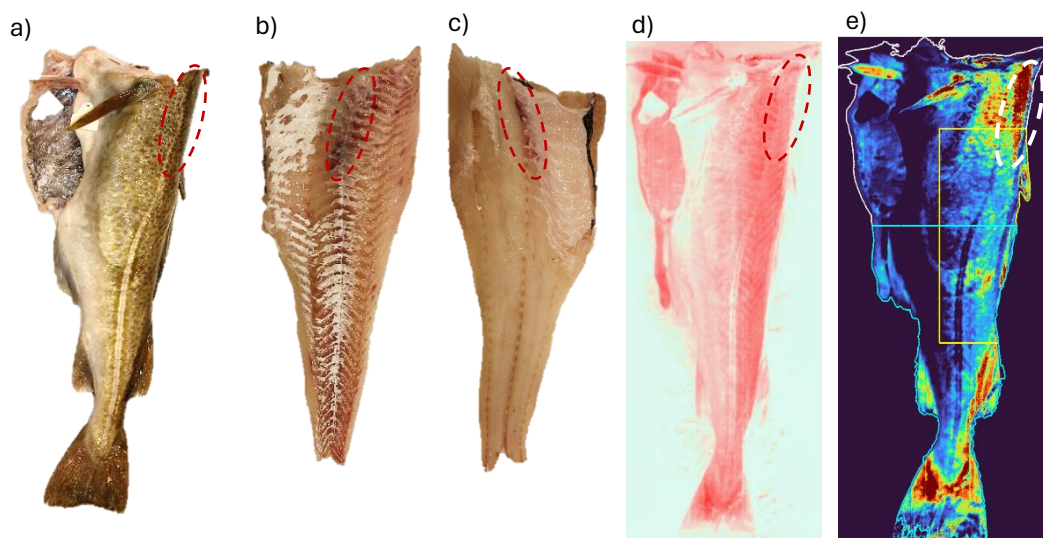
Av figuren ser man sammenheng mellom den totale poengsummen (Total score) fra fangstskadeindeksen og blodmengden i fisken: jo høyere poengsum jo høyere blodkonsentrasjon. Det er også tydelig sammenheng mellom blodmengden i fisken og alvorlighetsgraden på de fleste parameterne som inngår i fangstskadeindeksen, med unntak av «slitt skinn», «klemskade» og «blod ved svømmeblære». Slitt skinn medfører normalt ikke bloduttredelser, så denne manglende sammenhengen er som forventet. Klemskader medfører normalt sett bloduttredelser. Det var imidlertid svært få fisk med klemskader i prøvematerialet i denne undersøkelsen, og det kan være årsaken til manglende sammenheng. Når det gjelder at det ikke registreres økende blodmengde som følge av mer blod ved svømmeblæra, kan dette tyde på at denne analysemetoden ikke registrerer blod som ligger dypt i fisken.



Figur 1 Middelerverdier (median) av blodkonsentrasjon predikert/analysert med constrained spectral unmixing fra hyperspektrale bilder av hel fisk gruppert i forhold til alvorlighetsgrad av de enkelte fangstskader, totalsum, antall moderate (1) og alvorlige (2) feil, samt hvorvidt fisken ble klassifisert til å være av god, redusert eller dårlig kvalitet. Røde linjer viser median, blå bokser viser 25–75 prosentil, stiplede linjer markerer dataområdet, og røde kryss markerer uteliggere (mer enn ~2,7 standardavvik fra middelerverdien).

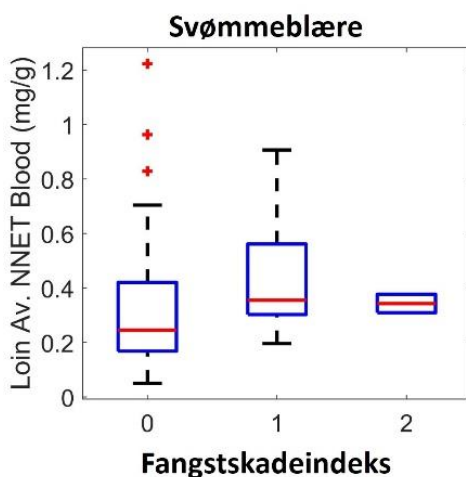
For å undersøke om en annen modellering og analyse av hyperspektrale data fra hel fisk gir bedre informasjon om blod som ligger dypt i fisken, er det gjennomført innledende forsøk med å bruke en nevralt nettverksmodell i stedet for constrained spectral unmixing. Bilde 3 b) og c) viser foto av filetene fra en fisk som hadde en alvorlig svømmeblæreskade. Av bilde 3 a) ser man at denne skaden ikke er synlig utenpå den hele fisken. Bilde 3 d) viser hvordan blodskadene framkommer ved å benytte constrained spectral unmixing for å modellere de hyperspektrale data, mens 3 e) viser hvordan blodskadene framkommer med nevralt nettverksmodell. Blodskaden er lite/ikke synlig på bildet framkommet med spectral unmixing, men mer synlig på bilde 3 e) hvor de hyperspektrale data er

modellert med nevralt nettverk. Modellering og analyse ved bruk av nevrale nettverk ser ut til å være en lovende måte å påvise dypere skader, som svømmeblærelatererte skader, ut fra hyperspektrale data av hel fisk.



Bilde 3 Fisk med alvorlig svømmeblæreskade. a) foto av hel fisk fra venstre side, b) skinnsiden av venstre filet, c) muskelsiden av venstre filet, d) blodkonsentrasjon predikert med constrained spectral unmixing, e) blodkonsentrasjon predikert med nevralt nettverk med analyseområdet som tilnærmer "loin" markert i gult.

Som tidligere nevnt var det ikke tydelig sammenheng mellom score for blod ved svømmeblære og blodmengden som ble estimert ved bruk av constrained spectral unmixing. Figur 2 viser sammenhengen mellom fangstindeksens score for blod ved svømmeblære og middelverdien av blod ved loin estimert ved nevralt nettverksmodellen. Sammenhengen synes god tross at det var få fisk med alvorlig svømmeblæreskade i utvalget.



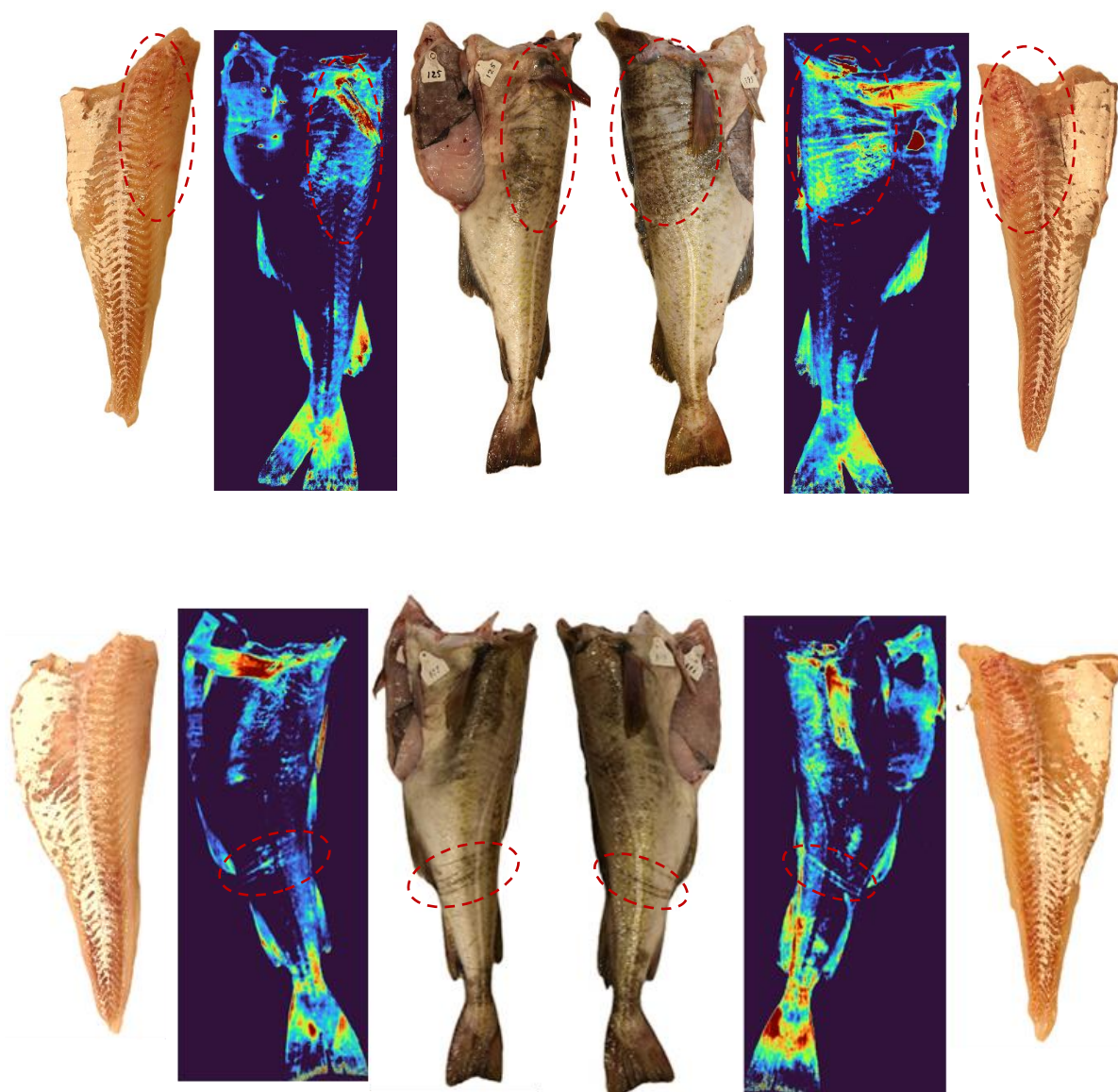
Figur 2 Sammenheng mellom score på «blod ved svømmeblære» og blodmengde estimert etter hyperspektral avbildning og modellering med nevralt nettverk i et område som tilsvarer loin (se bilde 3e).

Redskapsmerker er blant de ytre registrerbare skadene som evalueres i fangstskadeindeksen. Det er undersøkt om redskapsmerker vises når hyperspektrale data modelleres med nevralt nettverk. Redskapsmerker følges ofte av bloduttredelser i muskelen, og disse forventes å framkomme. Bilde 4 viser foto og analysebilder fra neural nettverksmodell av hel fisk med redskapsmerker, og foto av

tilhørende fileter. Øverst er det fisk med redskapsmerker i loinområdet og tilhørende bloduttredelse i fileten. Som forventet er det utslag for blod i muskelen på analysebildet. På de nederste bildene kan man se redskapsmerker selv om det ikke er samtidig bloduttredelse i muskelen. Det kan være nyttig at modelleringen også viser redskapsmerker uten at det følges av bloduttredelser, da slik fisk for eksempel ikke kan skreimerkes. Det kan imidlertid bli en utfordring for den instrumentelle metoden å kunne skille slike redskapsmerker fra andre pigmentendringer i skinnet.

Metoden ser ut til å fange opp bloduttredelser i fileten som viser fra skinnsiden, samtidig som den også fanger opp bloduttredelser i fileten som ikke er mulige å se på skinnet. Det siste er typisk for skader på snurrevadfisk.

Man ser også at analysebildene gir utslag for blod også der det ikke er bloduttredelser i filetene, spesielt ved finnene og i spord. Dette gir en overestimering av skadene. Man kan imidlertid overkomme en del av dette med mer presis avgrensning av fileten anatomiske område. Brystfinnen er spesielt utfordrende da den er i området ved loin og dermed kan gi feile analyseresultat og feilaktig indikere blod i loin.



Bilde 4 Øverst: Fisk med redskapsmerker og bloduttredelse i fileten. Nederst: Fisk med redskapsmerker uten bloduttredelse i fileten

## 4 Konklusjon

Det er en sammenheng mellom den totale poengsummen og karakterene som er gitt for flere av parameterne i fangstskadeindeksen og den blodmengden som er estimert fra modellering av hyperspektrale data fra sløyd og hodekappet (HG) fisk. Ved modellering ved bruk av constrained spectral unmixing ser man imidlertid ikke sammenheng mellom estimert blod og dype indre blodskader i fisken (eks. blodskader ved ryggbein). Modellering av hyperspektrale data ved bruk av en ny modell, en nevralt nettverksmodell, synes å avdekke også indre skader. I tillegg er det mulig å registrere redskapsskader uten at disse har tilhørende bloduttredelser i fiskemuskelen. Resultatene er lovende, og tyder på at hyperspektral avbildning og modellering med nevralt nettverk kombinert med mer presis avgrensning av anatomiske områder kan gi god informasjon om skader som registrert ved fangstskade-evaluering av hel fisk. Det er imidlertid behov for å løse utfordringer knyttet til overestimering av blod ved ytterligere trening og testing av modellen.

## 5 Referanser

- Anderssen, K.E., Stormo, S.K., Skåra, T., Skjelvareid, M.H. & Heia, K. (2020) Predicting liquid loss of frozen and thawed cod from hyperspectral imaging. *LWT*, **133**, 110093.
- Akse, L., & Joensen, S. (2004). Fangstskader på ferskt råstoff (torsk) levert fra kystflåten. Fangstskadeindeks til bruk i mottakskontroll og kvalitetssortering. Rapport 10/2004, Fiskeriforskning, Tromsø.
- Heia, K., Farstad, N.P., & Holte, P.A.N. (2022). Kvalitetsmåling på hvitfisk gjennom analyse av spektrale bilder i sanntid. Faglig sluttrapport til FHF, Maritech AS, 11. november 2022.
- Joensen, S., Nøstvold, B.H., Tobiassen, T., Bendiksen, B.I & Nilsen, H. (2017). Råstoffkvalitet på torsk fra Kystfartøy. Evaluering av effekten av kvalitetstilsynet i regi av Norges Råfisklag. Rapport 31/2017, Nofima, Tromsø.
- Esaiassen, M., Akse, L., & Joensen, S. (2013). Development of a Catch-damage-index to assess the quality of cod at landing. *Food Control*, **29**, pp. 231–235.
- Esaiassen, M., Joensen, S., Kristoffersen, S., Martinsen, G., Tobiassen, T., & Nilsen, H. (2024). Fangstskadevurdering av snurrevadfisk. Rapport 1/2024, Nofima, Tromsø.
- Skjelvareid, M. H., Heia, K., Olsen, S. H., & Stormo, S. K. (2017). Detection of blood in fish muscle by constrained spectral unmixing of hyperspectral images. *Journal of Food Engineering*, **212**, pp. 252–261.
- Romeyn, R., Ortega, S. & Heia, K., (2024) Hyperspectral imaging of blood through fish skin using a neural network machine learning approach. *Submitted manuscript under review*.