
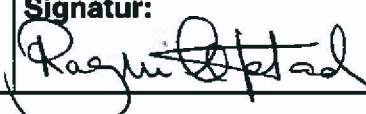


Org. nr. 885 930 522 MVA

MATFORSK AS, Osloveien 1, NO-1430 Ås. Tel: 64970100, fax: 64970333, e-post: post@matforsk.no

Tilgjengelighet: Åpen	Dato: 25.07.2008
Tittel: On-line måling av fett og farge i hel laks	Prosjektnummer: O3040
Formål med prosjektet: Utvikle instrument for hurtig og ikke-destruktiv måling av fett og pigment i hel/levende laks	
Oppdragsgiver: FHS industri og eksport	Oppdragsgivers ref: 174237/S40
Prosjektleder og andre medarbeidere: Jens Petter Wold	Signatur: 
Direktør: Ragni Ofstad	Signatur: 
<p>Publisering Oppdragsgiver kan offentliggjøre sluttrapporten fra prosjektet når resultatene gjengis på en måte som ikke er misvisende. Det skal alltid angis at rapporten er produsert av Matforsk AS/Matalliansen, og deltakende forskere skal navngis i samsvar med god skikk. Før offentliggjøring skal materialet forelegges oppdragstaker for godkjenning. Offentliggjøring på Internett er ikke tillatt uten særskilt samtykke fra oppdragstaker.</p>	
<p>SAMMENDRAG</p> <p>Fett og pigmentkonsentrasjonen er av de viktigste kvalitetsegenskapene i filet fra oppdrettslaks. Målsetningen for dette prosjektet har vært å utvikle et instrumentelt system som kan brukes til on-line / at-line måling av fett og pigment i hel og gjerne levende laks. Det har vært et samarbeid mellom Fiskeri og Havbruksnæringens Landsforening, Matforsk, SINTEF IKT, Akvaforsk og bedriftene Skretting ARC, Nordlaks AS, Aquagen AS, Marine Harvest AS og QVision AS. Problemstillingen er komplisert ved at fett og pigment er ujevnt fordelt i fisken, men først og fremst fordi skinnet absorberer det meste av lyset og gjør det krevende å få gode signaler fra muskelen inne i fisken. Et prototype instrument ble satt sammen tidlig i prosjektperioden. Instrumentet baserer seg på optisk spektroskopi i det synlige og nær-infrarøde området (NIR), og skiller seg fra andre lignende instrumenter ved at det brukes meget kraftig belysning, det er raskt, robust og godt egnet for industrielt bruk. Det er Sintef IKT som har designet og konstruert dette instrumentet i samarbeid med Matforsk.</p> <p>I løpet av prosjektperioden er instrumentet testet ut på levende, slaktet pre-rigor og post-rigor laks. Det er også gjort målinger på fileter. Forsøkene er primært gjort hos bedriftene Skretting ARC og Aquagen, samt på sjøanlegget til Akvaforsk. Opp mot 7000 levende fisk er målt i prosjektperioden. Resultatene viser at det er mulig å måle fettinnholdet i hel levende laks med en nøyaktighet på ca ± 1 % poeng, noe som er meget tilfredsstillende.</p>	

Det har vist seg vesentlig vanskeligere å måle pigmentinnholdet i hel fisk. Resultatene har vært varierende fra forsøk til forsøk, og ved prosjektslutt har vi oppnådd lovende, men ikke så gode og stabile resultater som vi håpet. Resultatene viser at det er viktig å måle på det rette stedet på fisken for å få både gode nok signaler og målinger som gjenspeiler det faktiske pigmentinnholdet. Det er viktig å få nok synlig lys gjennom skinnen, og instrumentet har vært under kontinuerlig utvikling i prosjektperioden for å oppnå dette. Vi er såpass nær en mulig løsning at arbeidet vil fortsette etter prosjektets slutt for å oppnå tilfredsstillende målinger også av pigment.

Resultatene underveis i prosjektet har vært såpass gode at Qvision AS jobber med kommersialisering av et instrument som kan brukes av oppdrettsindustrien. Første prototype av dette kommersielle instrumentet er ventet å være klart til kalibrering og uttesting høsten 2008.

Prosjektgjennomføring

Prosjektet "On-line måling av fett og farge i hel laks" (NFR nummer 174237/S40) startet 01.01.06 og har vart frem til 30.06.08. prosjektet har vært samfinansiert av NFR og FHF.

I dette prosjektet har vi jobbet meget fokusert med utvikling av et instrument basert på synlig lys (VIS) og nær-infrarødt lys (NIR), forståelse av målinger på hel laks og laksevev, samt uttesting både på lab og i industrien. Det er hovedsakelig Matforsk (Nofima mat), Sintef IKT og Akvaforsk (Nofima marin) som har stått for det faglige arbeidet. Deltakerbedriftene har alle bidratt med avgjørende kompetanse inn i prosjektet. De har vært med på å diskutere og spesifisere behov, levere fisk og prøver, utføre en rekke referanseanalyser på fett og pigment, og sist men ikke minst stilt lokaliteter til rådighet for forsøk på levende og nyslaktet fisk. Qvision bidro med optiske komponenter til prototypeinstrumentet og har også drevet nyutvikling av nytt kommersielt instrument. FHL har koordinert prosjektet.

Forskere med ulike kompetanse har jobbet sammen med bedriftene for å i fellesskap finne frem til målsetning og viktige utfordringer. Det faglige arbeidet har vært meget fruktbart der de ulike miljøer har lært mye av hverandre. Ingen av miljøene hadde fått til dette alene.

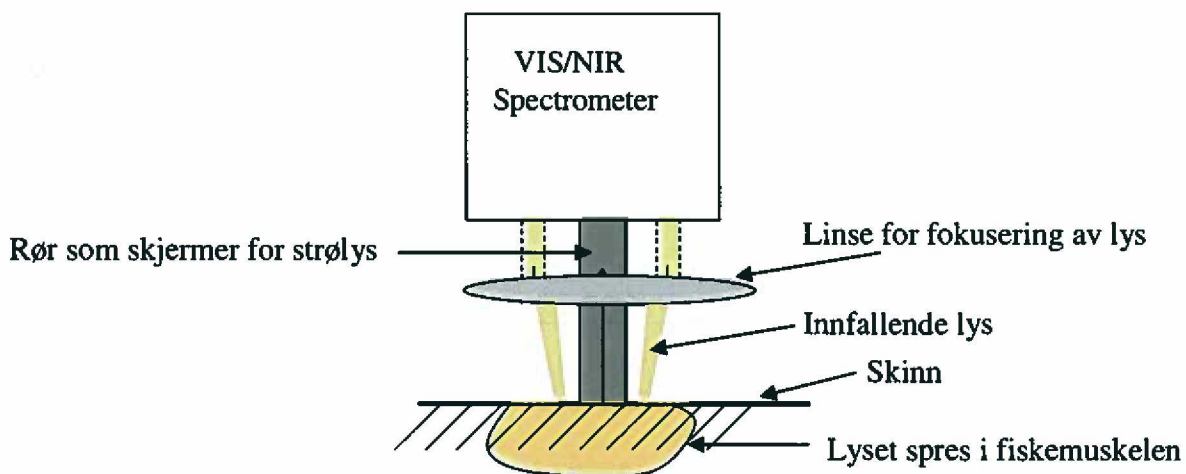
Det bør også nevnes at det har vært stor interesse for prosjektet både fra avls-, fôr- og oppdrettsnæringa, samt andre forskningsmiljøer. Vi har hatt tett samarbeid med blant annet programmet Techbred ved Nofima marin, der en post.doc og stipendiat har brukt mye tid på testing av instrumentet.

Deltakere i prosjektet

FHL	Kristian Prytz (prosjektleder)
MATFORSK:	Jens Petter Wold (faglig prosjektleder), Bjørg Narum, Karen Wahlstrøm Sanden, Frank Lundby
SINTEF IKT:	Jon Tschudi, Karl-Henrik Haugholt, Kristin Kaspersen
Akvaforsk:	Mia Benze Røra, Are Folkestad, Thomas Larsson
Qvision AS	Trond Edvardsen
Aquagen AS	Torunn Åsmundstad, Sven Arild Korsvoll
Skretting ARC	Ørjan Breivik, Liv Håland, Gunn Marit Haaland
Nordlaks AS	Thina Kobberstad, Tommy Hansen
Marine Harvest AS	Ken Schønningsen

Oppsummering av de viktigste momenter i arbeidet

Prosjektet bygget videre på den kompetansen og teknologien som ble etablert i et tidligere prosjekt der et on-line system for måling av vanninnhold i klippfisk ble utviklet. Dette systemet er nå kommersialisert av QVision AS og kan brukes til on-line måling av vann i salt- og klippfisk, samt fett og farge i laksefileter. Prinsippet for målingene baserer seg på absorpsjon av lys. Fett, vann og protein absorberer lys i NIR området (750 – 1050 nm), mens pigment absorberer lys i det synlige området (400 – 750 nm). Denne absorpsjonen kan man måle kvantitativt ved bruk av en lyskilde som belyser prøven, og en detektor som måler hvor mye av lyset som blir absorbert ved ulike bølgelengder. Basert på slike spektra er det mulig å lage modeller/kalibreringer som så kan brukes til å estimere fett og pigment basert på raske optiske målinger. Det er relativt enkelt å få til gode målinger av fett og pigment på laksefileter, for da er muskelen direkte eksponert for instrumentet og lyset, men hel laks byr på en ekstra utfordring, nemlig at den er dekket av skinn som både reflekterer og absorberer svært mye av lyset. Strategien for det nye instrumentet er å bruke en kraftig lyskilde for å få mye lys gjennom skinnen og inn i fisken, og en sensitiv detektor som kan måle det lyset som kommer ut av fisken igjen. Figur 1 viser en prinsippskisse for dette.



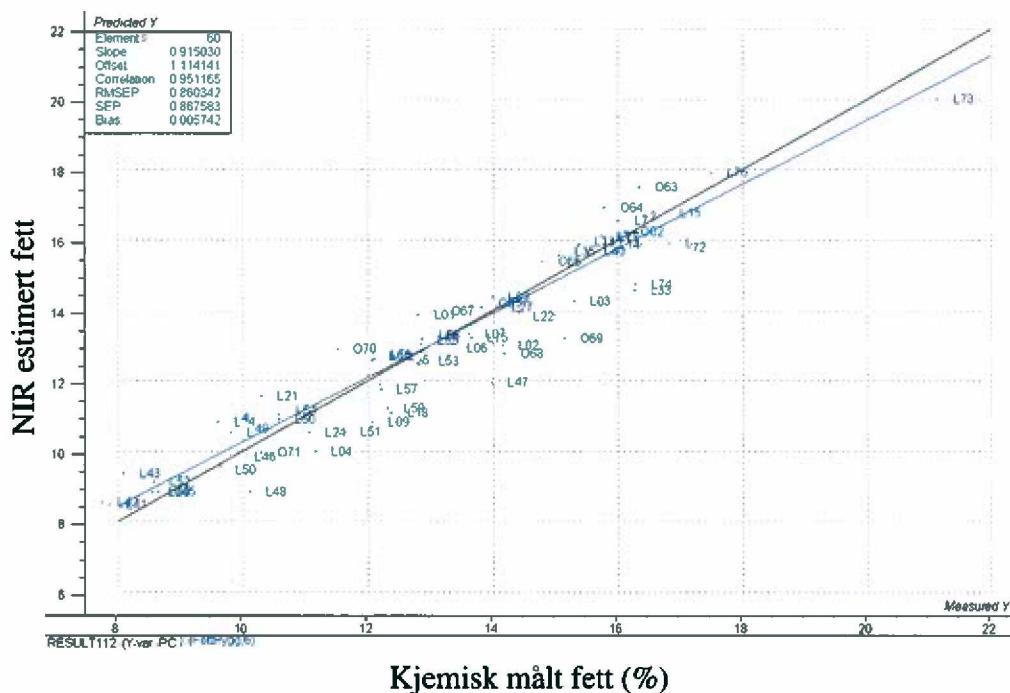
Figur 1 Prinsippskisse av instrument

Viktige momenter å undersøke var:

- Hvor dypt måler vi inn i muskelen?
- Måler vi like dypt med VIS og NIR lys?
- Hva er optimal avstand mellom innfallende lys og det området vi måler lyset?
- Hvor på fisken skal man måle for å få best resultat for både fett og pigment?
- I hvilken grad påvirker skinnen målingene, både i forhold til intensitet og for bestemte bølgelengdeområder?
- Bør det instrumentelle oppsettet justeres etter størrelsen på fisken?
- Må en bestemt pre-prosessering av spektrene gjøres før modellering/kalibrering?
- Hvor godt klarer vi å estimere fett og pigment basert på optiske målinger?
- Blir målinger på levende, slaktet og lagret fisk forskjellige?

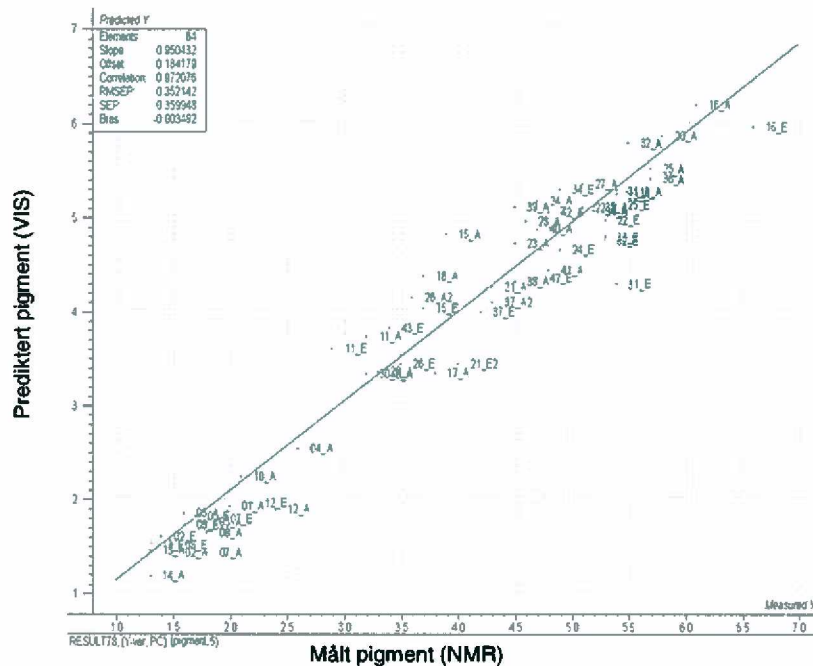
Innledende målinger viste at vi måler ca 1 cm inn i fisken, noe som er meget tilfredsstillende i forhold til å få representative målinger for både fett og pigment. For NIR lyset fikk vi gode signaler allerede med førsteutgaven av prototypen, mens signalet i det synlige var meget svakt på grensen til bare støy. Etter noen runder med instrumentoptimalisering fikk vi etter hvert gode signaler også i det synlige.

Fett: Allerede første forsøk på levende laks viste at vi får meget gode målinger for fett. Vi fikk laget en kalibrering som hadde nøyaktighet på ca ± 1.0 %-poeng. Denne modellen kunne brukes på målinger som ble gjort på ulike steder på laksen; på mørkt eller lyst skinn, på rygg, buk, hale etc. Fargen på skinnen har åpenbart liten betydning for NIR-målingene. Det viste seg også at fettmålinger på hel laks gjerne blir bedre enn på fileter av laks der målingene gjøres på filetsiden. Dette skyldes at det meste fett er lokalisert innunder skinnen, mens muskelen nær ryggspylen er fattig på fett. Man får altså mer representative målinger for fett på hel fisk. Instrumentet skissert i Figur 1 har dermed vist seg å være meget godt egnet for måling av fett i hel laks. For NIR målingene er skinnen ikke "usynlig", dvs skinnen absorberer mye av lyset, men absorbansen er rimelig konstant og forstyrrer ikke den kjemiske informasjonen i spektrene. Figur 2 viser resultater for fettprediksjon fra ett forsøk på hel laks. Denne modellen kan også brukes på ørret.



Figur 2 NIR-estimert fett vs. kjemisk målt fett. NIR-målingene er gjort på ryggen på hel laks og ørret.

Pigment: Det går meget bra å måle pigment med instrumentet på filetsider (direkte på muskelen), og en nøyaktighet på mellom $\pm 0.35 - \pm 0.55$ mg/kg (ppm) er oppnådd i ulike forsøk. Figur 3 viser resultatet fra ett slikt forsøk.

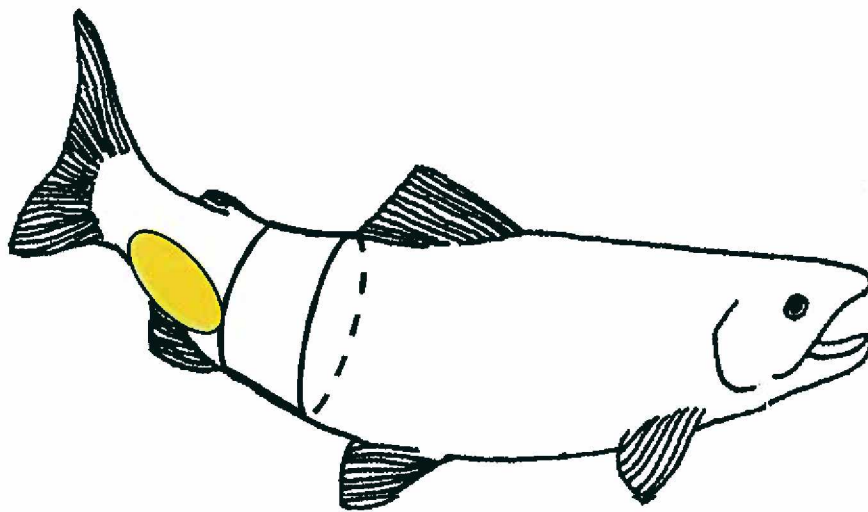


Figur 3 VIS-estimert pigment vs. kjemisk målt pigment. VIS målingen er gjort på muskelen.

Måleprinsippet er det altså ikke noe i veien med så lenge man får gode signaler fra den oransje muskelen. Vi har imidlertid sett at skinnet er en langt større utfordring for pigmentmålinger enn det er for fettmålinger.

Det er svært vanskelig å få gode VIS målinger på ryggen fordi det mørke melaninet absorberer nesten all synlig lys. For å få rimelig gode signaler i det synlige er man nødt til å måle på den hvite buken. Men selve skinnet – som er grått – absorberer mye av det synlige lyset også her. Følgende ble konkludert

- Skinnet på buken absorberer synlig lys i ulik grad.
- Det er systematiske variasjoner på skinnet som må tas hensyn til under måling.
- Man bør unngå å måle i områder rundt bukhulen, særlig på små fisk vil man kunne få signaler fra innvollene.
- Det beste målepunktet for pigment er trolig på buken bak gattet (skissert i Figur 4).
- Selv innen dette området er det systematiske variasjoner i skinnet som påvirker målingene.



Figur 4 Laks med inntegnet området for optimale pigmentmålinger

Det mest kritiske med skinnet er imidlertid at det absorberer mye av de bølgelengdene som er nødvendige for å få til kvantitative gode målinger av pigment.

Status for pigment er dermed at vi har fått en god del lovende resultater underveis i prosjektet. I ett forsøk fikk vi en nøyaktighet for pigment på rundt ± 0.85 mg/kg pigment (astaxanthin), en nøyaktighet som absolutt er interessant for laksenæringa. Problemet er at vi ikke har klart å gjenta dette resultatet.

Det er en del opplagte spor å følge for å forbedre og stabilisere pigmentmålingene, og en del av dette vil gjøres etter prosjektets slutt.

- Blant annet skal vi undersøke effekten av å måle gjennom laksen i halepartiet.
- Det er også et målepunkt på fisken som er interessant men som ikke er undersøkt enda.
- Instrumentelt kan man forsøke å øke intensiteten av kritiske bølgelengdene (i det grønne delen av lysspekteret).
- Man kan også gjøre målinger på skinnet for om mulig kompensere for variabel påvirkning av dette.

Konklusjon resultater

Vi har utviklet og testet et prototype instrument basert på VIS og NIR spektroskopi for industriell måling av fett og pigment i hel/levende laks. Systemet fungerer meget godt for måling av fett, med en nøyaktighet på rundt ± 1 %-poeng. Når det gjelder pigmentmålinger har vi ikke oppnådd like gode resultater, primært fordi skinnet absorberer for mye av det lyset som gir kvantitativ informasjon om pigmentinnhold. En av deltakerbedriftene har allerede anvendt instrumentet i sin kommersielle virksomhet, og det har vært stor interesse for prosjektet og et slikt instrument. Det viktigste suksesskriterium for prosjektet var å utvikle et system som kunne videreutvikles og kommersialiseres, og det har vi oppnådd.

Oppfølging av resultater

På grunn av stor interesse fra laksenæringa har Qvision AS allerede designet og satt sammen et nytt prototypeinstrument som skal egne seg for praktisk industrielt bruk, enten på merdkanten, på båt eller i en produksjonslinje. Dette instrumentet er også meget interessant for andre applikasjoner, og det skal blant annet utvikles for måling av fett i sild og makrell som en del av et annet utviklingsprosjekt. Instrumentet blir demonstrert på Norfishing messa i Trondheim i august i år. Vi ønsker å jobbe videre for å få til gode målinger også av pigment, noe hele laksenæringa er meget interessert i.

Publisering

Prototypeinstrument ble demonstrert på Aquanor messa i Trondheim august 2007, og nyutviklet kommersielt system vises på Norfishing i Trondheim august 2008.

To artikler er publisert i norske bransjetidsskrifter.

Tre vitenskapelige foredrag er holdt.

En vitenskapelig artikkel er publisert:

A Folkestad, JP Wold, KA Rørvik, J Tschudi, KH Haugholt, K Kolstad, T Mørkøre (2008) Rapid and non-invasive measurements of fat and pigment concentrations in live and slaughtered Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* **280**: 129-135.



To glade lakser: Forsøk med levende laks.