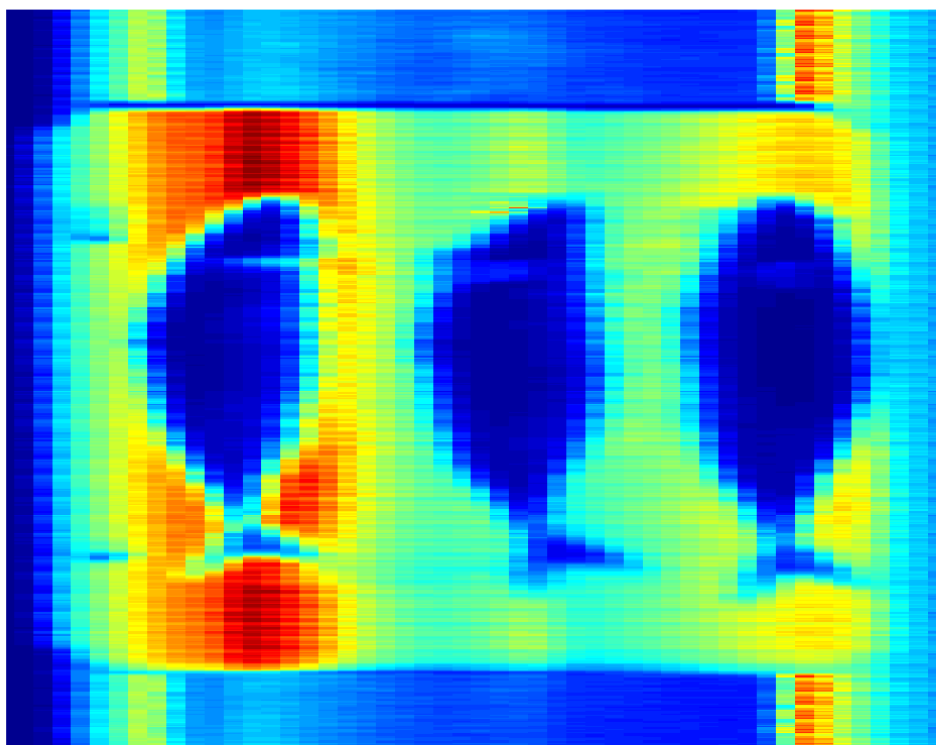


Rapport Å0707

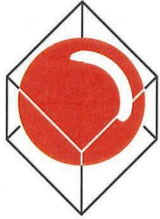
# Hurtig fettmåling i pelagisk fisk ved on-line NIR spektroskopi



Jannicke F. Remme (Møreforskning) og Jens Petter Wold (Matforsk)

Ålesund, Mai 2007





**MØREFORSKING**

**Ålesund**

*Møreforskning Ålesund*

*Pb 5075*

*N-6021 Ålesund*

*Tel: +47 70 11 16 00*

*Fax: +47 70 11 16 01*

# RAPPORT

<b>Tittel:</b> Hurtig fettmåling i pelagisk fisk ved on-line NIR spektroskopi	<b>Rapportnummer:</b> Å0707
<b>Samarbeidspartner (navn og adresse):</b> FHL, industri og eksport Pelagisk Forum	<b>Sider:</b> 20
	<b>Dato:</b> 04.05.2007
<b>Oppdragsgivers ref:</b> Jan Thorsen	
<b>Forfatter:</b> Jannicke F. Remme	<b>Underskrift:</b> <i>Jannicke F. Remme</i>
<b>Godkjent av:</b> Iren S. Stoknes	<b>Underskrift:</b> <i>Iren Stoknes</i>

## Sammendrag:

Den pelagiske næringen etterspør en enkel, rask, nøyaktig og objektiv metode for fettmåling i pelagisk fisk. Både flåtesiden og landanleggene er interessert i raske fettmålinger, siden verdien av pelagiske arter hovedsakelig bestemmes av fettinnholdet.

Ved å bruke lys ved ulike bølgelengder kan fettinnholdet i fisk bestemmes med god nøyaktighet. Fisken absorberer ulik mengde lys ved forskjellige bølgelengder avhengig av hvor mye fett det er i muskelen. NIR (nær infrarødt) metoden er betydelig raskere enn tradisjonelle metoder, som tar alt fra timer til flere dager. NIR målinger viser resultatet med en gang.

Matforsk og Qvision har utviklet flere on-line NIR (nær infrarødt lys) instrumenter som i dag brukes til analyse av bl.a. fett i laks. Møreforskning har i samarbeid med Matforsk fått testet nøyaktigheten av fettmålingen i sild og makrell i to on-line NIR instrumenter. Resultatet viser at on-line NIR instrument kan måle fettinnholdet i hel sild og makrell med en usikkerhet på kun  $\pm 2,3$  %-poeng (97% nøyaktighet). I dette tilfellet er det kontakt mellom NIR instrumentet og fisken. Målinger uten kontakt gir noe lavere nøyaktighet, men like fullt lovende resultat. Kalibreringen av metoden virker robust.

Resultatet av prosjektet viser at raske on-line NIR målinger kan brukes til å estimere fettinnholdet i en fangst av pelagisk fisk. For nøyaktig fettmåling i individer må metodikken videreutvikles.

## Stikkord:

NIR, fettinnhold, pelagisk fisk, sild, makrell

## Tilgjengelighet:

Åpen



## FORORD

Prosjektet "Hurtig fettmåling i pelagisk fisk ved on-line NIR spektroskopi" er en del av videreføringen av prosjektet "Pelagisk kvalitet – fra hav til fat". Møreforsking er partner i dette prosjektet, sammen med FHL - Pelagisk forum, NIFES, SINTEF, M/S Zeta, M/S Traal, M/S Bøen Jr, M/S Libas, Lofoten Pelagiske, Bergen fiskeindustri, Athena Seafood og Seastar International. Prosjektet skal også videreføres i 2007 og 2008.

Et av hovedmålene med prosjektet har vært å finne en objektiv, hurtig og ikke destruktiv målemetode for fettinnholdet i pelagisk fisk. Prosjektet har vært finansiert av FHF og Møreforsking.

Flere personer og bedrifter har deltatt i prosjektet. Sild og makrell ble samlet hos bedriften Brødrene Sperre på Ellingsøya. NIR spektroskopi analysene og resultattolking ble gjennomført i samarbeid med Jens Petter Wold og Bjørg Narum ved Matforsk. Ved Møreforsking har Jan Erich Rønneberg, Margareth Kjerstad og Iren Stoknes på ulike måter deltatt i prosjektarbeidet. Takk til alle for god innsats.

Ålesund, Mai 2007

Jannicke F. Remme  
Jannicke Fugledal Remme



## INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD.....	5
1 INTRODUKSJON .....	8
1.1 NÆR-INFRARØD (NIR) SPEKTROSKOPI .....	8
1.2 ON-LINE NIR .....	9
1.3 BRUK AV NIR I FISKEINDUSTRIEN .....	9
1.4 NIR INSTRUMENTER.....	10
1.4.1 NIR punktmåler.....	10
1.4.2 NIR scanner.....	11
1.5 FETT I PELAGISK FISK .....	12
1.5.1 Fett i sild.....	12
1.5.2 Fett i makrell .....	12
2 MATERIAL OG METODER.....	13
2.1 MATERIAL.....	13
2.2 METODER.....	13
2.2.1 NIR.....	13
2.2.2 Fettmåling.....	13
3 RESULTATER .....	14
4 BRUK AV NIR I PELAGISK INDUSTRI.....	19
4.1 PROSJEKTETS KONKLUSJON.....	19
4.2 IMPLEMENTERING PÅ BÅT/LANDANLEGG.....	19
4.2.1 Størrelse/pris på NIR instrument.....	19
4.2.2 Kalibrering .....	19
4.2.3 Brukervennlighet.....	19
5 REFERANSER .....	20

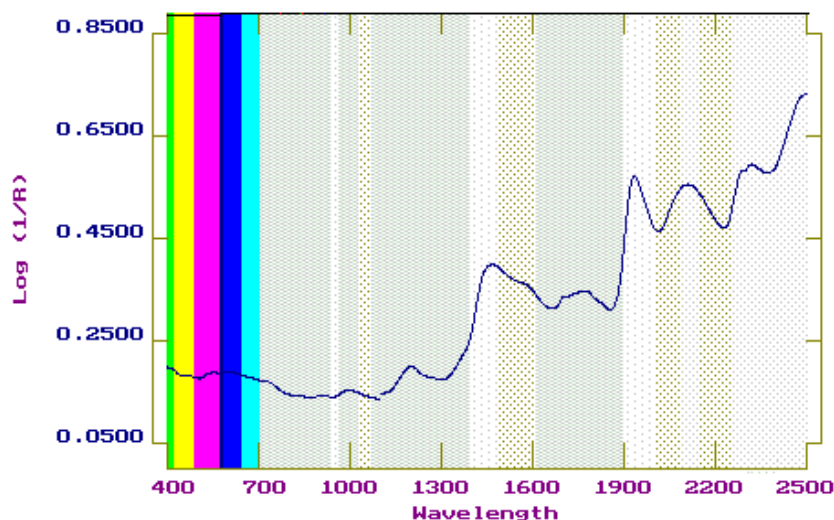
# 1 INTRODUKSJON

Nær infrarød (NIR) spektroskopi er en rask målemetode som kan brukes til å bestemme innhold av vann, fett og protein i de fleste typer mat, uten prøvebearbeidelse først. NIR teknologi (optiske måling) er hurtig og enkel, sammenlignet med etablerte (kjemiske) målemetoder. Møreforskning har i samarbeid med Matforsk undersøkt om NIR-lys kan brukes til fettanalyse av hel sild og makrell.

Verdien av pelagiske arter som sild og makrell bestemmes hovedsakelig av fettinnholdet i muskelen. Den pelagiske næringen ønsker en enkel, rask, nøyaktig og objektiv metode for fettmåling, både for flåtesiden og på landanlegg. Dagens kjemiske metoder for fettmåling tar lang tid og blir supplert med subjektiv vurdering ved landanleggene (f.eks så smaker japanske kontrollører på fisken). Matforsk og Qvision har utviklet flere on-line NIR instrumenter som i dag brukes til analyse av bl.a. fett i laks.

## 1.1 Nær-infrarød (NIR) spektroskopi

Nær infrarødt lys er bare en liten del av elektromagnetisk stråling som omgir oss. Synlig lys har bølglengder mellom 400 og 700 nm. Området fra 700 til 2500 nm er det nær infrarøde. NIR-spektroskopi utnytter vibrasjoner i bindinger (Workman, 2005). Spesielt er det molekyler med C-H, N-H, O-H og C=O bindinger som absorberer lys i det infrarøde området (Nilsen og Esaiassen, 2004). Energi fra en lyskilde sendes ut og tas opp i en binding (for eksempel en N-H binding) som bruker energien til å sette i gang ulike former for svingninger. Når dette skjer, reflekteres lyset (strålingen) fra alle de andre bølglengdene, og det dannes et absorpsjonsspektrum (figur 1). Hvert molekyl har sitt eget unike absorpsjonsspektrum i NIR området, som et fingeravtrykk.



Figur 1: Et absorpsjonsspektrum i NIR området.

NIR teknologien er nå på et avansert og presist nivå, men utvikles fortsatt videre. NIR teknologi finnes allerede i en rekke produksjonsprosesser og brukes vanligvis til kvalitetskontroll, identifikasjon av råmateriale og biprodukter og for kvantitativ kjemisk analyse av komplekse blandinger (Workman, 2005). Metoden krever ingen prøvebearbeidelse og kan dermed monteres rett i produksjonen (on-line).

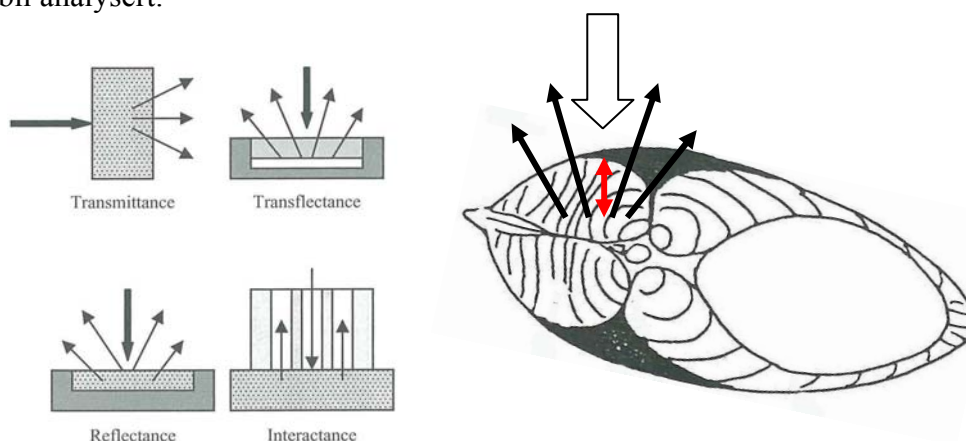


NIR-spektroskopi er en indirekte analysemetode og absorpsjonsspekteret må derfor kalibreres mot etablerte referansemetoder (for eksempel kjemisk fettmåling). Absorbansen av en bølgelengde kan ikke direkte forklare variasjonen i den kjemiske sammensetningen. For å utvikle en sammenheng mellom absorpsjonsspektra og sammensetningen av prøvematerialet, kreves god statistikkmetodikk som multivariat regresjonsanalyse. Det lages en kalibreringskurve som viser referanseverdiene i forhold til NIR instrumentets estimerte verdi. Sammenhengen mellom disse (korrelasjon) målingene er uttrykt ved hjelp av en regresjonslinje og en korrelasjonskoeffisient,  $r$ , som viser hvor god kalibreringsmodellen er.

## 1.2 On-line NIR

En av de nyeste NIR teknikkene er transfleksjon (figur 2). Det er denne metoden som kan brukes i on-line systemer. Ved transfleksjon er både lyskilden og detektoren på samme side av prøven. Dette reduserer prøvetykkelsens innflytelse og gir en klar målesituasjon.

En undersøkelse utført av Wold et al (2006) konkluderer med at transfleksjon, uten kontakt mellom prøve og probe, er en mulig teknikk for måling av f.eks fett i heterogene fiskeprøver. Ikke-kontakt teknologien gir mye større fleksibilitet, særlig for on-line systemer. Siden direkte reflektert lys hindres i å nå detektoren, vil kun lys som har vært gjennom innsiden av prøven bli analysert.



Figur 2: Skjematisert oversikt over ulike NIR metodikker (Ozaki et al, 2006). Tranfleksjon (transflectance) er den mest aktuelle teknikken til bruk i on-line systemer. Metoden måler 1-1,5 cm inn i fisken.

## 1.3 Bruk av NIR i fiskeindustrien

NIR-teknologi er allerede i bruk i kjøttindustrien, blant annet til analyse av fettinnhold i svine- og oksekjøtt (Prevolnik et al, 2005). Det brukes også NIR-teknologi i fiskeindustrien, hovedsakelig til kontroll av fôr til oppdrett. I det siste har det imidlertid blitt gjort studier med NIR teknologi på en rekke marine arter, inkludert ørret, oppdrettslaks, kveite, makrell og sild (Ozaki et al, 2006). Mange av studiene er gjort på homogeniserte prøver, men det finnes også noen på on-line målinger. I tillegg har NIR vært brukt til å bestemme kvalitet på olje til kosmetikk eller farmasøytisk industri (Blagoli et al, 1998), til å bestemme oksidasjon av fett (Takamura et al, 1995), til å bestemme vanninnhold i klippfisk (Wold et al, 2006) og til å bestemme fettinnhold i lodde (Solberg and Fredriksen, 2001). Zhang et al (1997) har brukt NIR til bestemmelse av kvalitet og frie fettsyrer i makrell.

I fiskeindustrien kan NIR brukes til å bestemme kjemisk sammensetning av fisk og biprodukt og kvalitet på fisk i settefiskanlegg, for velge riktig stamfisk. Teknologien brukes allerede til optimalisering av fôr produksjon. Andre muligheter er å bruke NIR til sortering av slaktet fisk, sortering av arter og kvalitet, optimalisering av slakteprosessen og klassifisering av ulike produkter (i forhold til kvalitet) og sortering av produkter til ulike markeder og i forskjellige prisklasser. NIR kan brukes på både slaktet og levende fisk.

## 1.4 NIR instrumenter

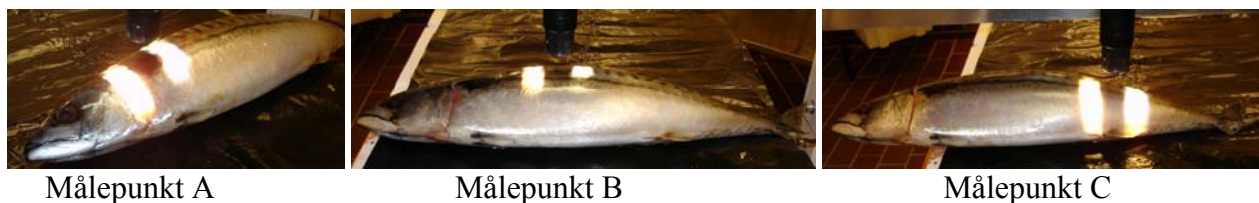
Det finnes en rekke kommersielle NIR instrumenter på markedet. De varierer i pris og størrelse, fra små håndholdte til store maskiner. I dette prosjektet ble to NIR instrumenter testet. Disse er utviklet av Matforsk og Qvision og kan egne seg til on-line fettanalyse i pelagisk fisk (figur 3).



Figur 3: *To typer NIR instrumenter: Punktmåler (a) måler NIR spekter i et punkt i fisken. Spekteret kan måles med og uten kontakt mellom fisken og NIR proben. Scanneren (b) scanner hele fisken, uten kontakt mellom instrumentet eller fisken.*

### 1.4.1 NIR punktmåler

Det ene NIR instrumentet gir en punktmåling. Dette instrumentet er en prototyp som er designet for måling av pigment og fett i hel laks. Det baserer seg på at kraftig lys sendes inn i fisken (gjennom skinnet), og så måles mengden av det lyset som kommer ut fra fisken ca 1 – 1.5 cm unna (figur 4). Dette sikrer at lyset som måles faktisk har vært inne i fisken, og ikke bare i skinnet. Hver fisk ble målt på tre punkter, A, B og C (figur 4). Med punkt menes at lyset er samlet inn fra et tilnærmet sirkulært område på ca 6 cm i diameter og ca en cm inn i fisken. A og C punktene var midt på fisken (midt på lateral-linja), mens punkt B lå litt over på ryggen.

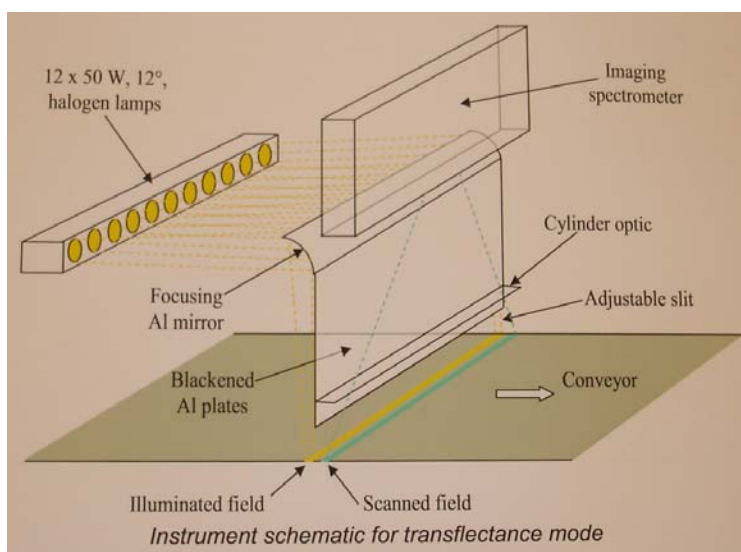


Figur 4: Målepunkter for NIR. Målepunkt A var midt på lateral-linja rett bak gjellene. Målepunkt B var midt på den tykkeste delen av fisken, litt over lateral-linjen, mot ryggen. Målepunkt C var på lateral-linjen ganske langt bak på fisken.

Hver måling tok 2 sekunder, men ett sekund vil kunne være tilstrekkelig. Det ble gjort målinger både med kontakt mellom fisk og instrument (for å hindre strølys), og uten kontakt (en glippe på ca 1.5 cm).

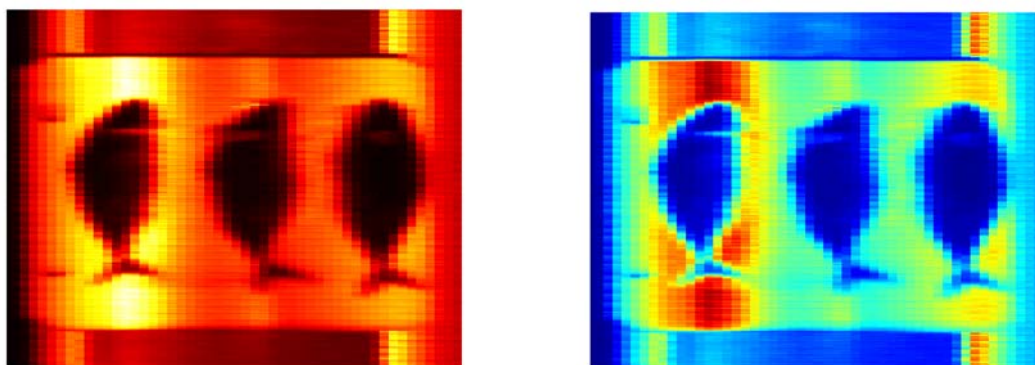
#### 1.4.2 NIR scanner

Det andre instrumentet som ble testet ut var Qvision sin NIR scanner (figur 5). Avbildende spektroskopi er en relativt ny avbildningsteknikk som kombinerer spektroskopi og tradisjonell avbildning (Sivertsen et al, 2006). Den spektroskopiske avbildningen er tredimensjonal, der hver piksel i bildet er representert med et spekter. Denne måler transfleksjon uten kontakt mellom instrumentet og fisken. Fisken ble kjørt på et transportbånd under scanneren og et bilde av hver fisk ble målt. Transportbåndet gikk ca 10-15 cm fra lysåpningen.



Figur 5: Skjematisk oversikt over NIR scanneren (Narum et al, 2006).

I hvert punkt/piksel i bildet er det et NIR spektrum (figur 6). Dette er et industrielt system som kan brukes direkte i industrien.



*Figur 5: Bilder fra NIR scanning av tre makrell. Hver piksel inneholder et NIR scan, og kan brukes til å bestemme fettinnhold*

## 1.5 Fett i pelagisk fisk

Den kjemiske sammensetningen i pelagisk fisk varierer med årstiden. Dette har sammenheng med bl.a. tilgang på næring, fiskens vandringer og gyting, og gjelder spesielt hovednæringsstoffer som fett og proteiner. Fettinnhold er en av de viktigste parameterene i forbindelse med kvalitetsvurdering av pelagisk fisk og kundene har klare spesifikasjoner for ulike produktgrupper (Falch et al, 2006).

### 1.5.1 Fett i sild

Sild lagrer fett hovedsakelig under skinnet og i lys muskel. Disse vevene utgjør totalt 50-70% av den totale fettmengden i høst- og vinterfanget sild av begge kjønn (Falch et al, 2006). I tillegg finnes det fettdepoter i hode, mørk muskel, bukepitel og ryggbein. I høstfanget sild kan det dessuten forekomme betydelige mengder fett (25-30%) rundt innvollene.

### 1.5.2 Fett i makrell

I makrell er området under skinnet og i lys muskel de to viktigste fettdepotene (Falch et al, 2006). Disse inneholder totalt 60-70% av den totale fettmengden i vår- og høstfanget makrell av begge kjønn. Den resterende delen av fettene finnes i første rekke i hodet (10-20%), samt mindre mengder i ryggbein, innvoller, mørk muskel og bukepitel.

## 2 MATERIAL OG METODER

### 2.1 Material

Sild fangstet i februar og november og makrell fangstet i august, september, oktober og november ble samlet hos Brødrene Sperre på Ellingsøya. All fisk var fangstet i 2006. Silda var usortert, og det ble samlet 15 sild for hver måned, til sammen 30 stk. Makrellen ble sortert i liten, middels og stor, henholdsvis 2-400 g, 3-600 g og 600 g+. Det ble samlet 5 fisker fra hver måned og størrelse, til sammen 55 stk. Prøvene ble sendt frossen til Matforsk. De ble tint før de ble analysert med NIR punktmåleren den første dagen. Dagen etter ble de analysert med NIR scanneren. Fisken lå på kjøling mellom forsøkene. Kvaliteten på fisken var veldig god den første dagen, med fisken var noe blautere på dag to. Kvaliteten til fisken var allikevel så god at det ikke er forventet at dette påvirket resultatet. Forsøket ble gjennomført, ved romtemperatur, i et laboratorium.

### 2.2 Metoder

#### 2.2.1 NIR

Fisken ble analysert på to ulike NIR instrumenter. Fisken ble analysert med og uten kontakt mellom fisk og probe ved NIR punktmåling. NIR spekteret ble målt i tre ulike punkter, og avlesningen tok 2 sekunder. I NIR scanneren ble flere fisker sendt på transportbåndet på en plate. Hele fisken blir avbildet og scannet. Transportbåndet gikk ca 10-15 cm fra lysåpningen.

#### 2.2.2 Fettmåling

Fettinnholdet ble analysert i muskel med skinn. Det ble skåret ut et muskelstykke som var ca 5 cm bredt, i det bredeste partiet midt på fisken, som ble brukt til fettanalyse. Fettinnholdet til sild og makrell ble målt i henhold til metoden beskrevet av Bligh and Dyer (1959) ved Labnet. Metoden er spesielt tilpasset ekstraksjonen av lipider i muskelvevet til fisk.

### 3 RESULTATER

Fettinnholdet (analysert kjemisk) i fisken varierte fra 29,6 til 41,0 % for makrell (tabell 1) og 7,2 til 23,9 % for sild (tabell 2). Erfaringsmessig er variasjonen i fettinnhold for makrell for lav til å lage en god kalibrering, da makrellen kan ha fettinnhold fra 10-40 %.

Tabell 1: Det ble analysert 55 makrell fra ulike sorteringer og fangster.

Nr	Fangst dato	Sortering	Lengde (cm)	Vekt (kg)	Fett (%)
1	28.08.2006	liten	34,5	0,444	35,4
2			32,0	0,380	34,7
3			32,5	0,412	33,2
4			33,5	0,468	36,9
5			32,0	0,422	38,2
6	07.10.2006	stor	38,0	0,698	37,8
7			36,5	0,620	37,7
8			36,5	0,560	37,8
9			38,0	0,646	34,1
10			39,5	0,776	35,5
11	10.10.2006	middels	36,5	0,532	33,3
12			36,0	0,542	36,4
13			35,5	0,526	33,6
14			38,0	0,620	32,1
15			37,5	0,592	34,8
16	10.10.2006	liten	35,0	0,468	32,3
17			33,5	0,400	31,9
18			34,0	0,410	30,3
19			34,0	0,468	37,1
20			33,0	0,392	34,4
21	07.11.2006	liten	33,5	0,416	36,7
22			33,5	0,422	34,0
23			33,5	0,404	34,3
24			32,0	0,388	34,4
25			33,5	0,414	37,5
26	26.10.2006	middels	36,0	0,538	36,5
27			35,0	0,500	39,5
28			36,0	0,474	35,0
29			35,0	0,454	29,6
30			37,5	0,542	33,2
31	28.08.2006	middels	36,0	0,534	37,5
32			37,0	0,626	37,8
33			36,5	0,610	38,6
34			36,5	0,672	37,4
35			36,0	0,482	38,8
36	10.10.2006	liten	33,5	0,430	31,5
37			36,0	0,448	35,4
38			35,0	0,412	31,1
39			33,5	0,400	37,9
40			34,0	0,406	32,4
41	07.10.2006	stor	40,0	0,774	41,3
42			39,0	0,710	32,2
43			38,5	0,618	35,0
44			37,0	0,570	35,8
45			36,5	0,596	35,1
46	01.11.2006	middels	36,5	0,530	35,1
47			36,5	0,584	33,0
48			35,0	0,470	35,7
49			35,5	0,520	35,5
50			36,5	0,556	39,8

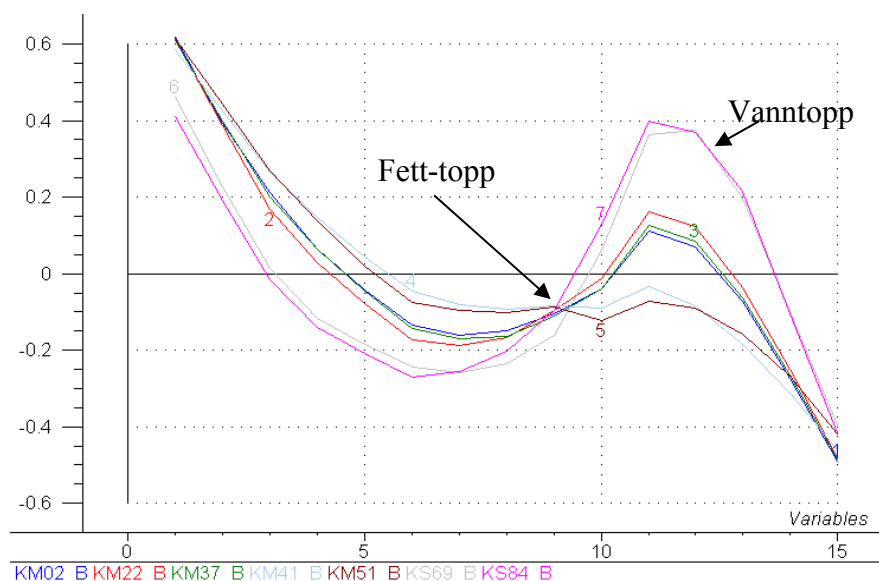
*Resultater*

51	07.11.2006	stor	42,5	1,000	39,0
52			38,0	0,690	37,6
53			41,0	0,790	33,4
54			38,0	0,654	39,1
55			-	-	38,6

*Tabell 4.2 Det ble analysert 30 sild, fra to fangster.*

<i>Nr</i>	<i>Fangstdato</i>	<i>Sortering</i>	<i>Lengde (cm)</i>	<i>Vekt (kg)</i>	<i>Fett (%)</i>
56	13.02.2006	Usortert	33,5	0,352	15,8
57			31,5	0,322	9,0
58			32,5	0,334	12,1
59			31,5	0,304	8,5
60			30,0	0,298	15,7
61			32,0	0,334	9,4
62			32,0	0,316	7,2
63			32,0	0,340	14,4
64			32,0	0,302	12,3
65			31,5	0,274	14,1
66			31,0	0,274	18,3
67			31,0	0,270	12,0
68			32,0	0,266	12,6
69			32,5	0,278	8,6
70			32,0	0,302	16,8
71	23.11.2006	Usortert	29,0	0,220	19,1
72			31,5	0,306	17,5
73			30,0	0,266	15,1
74			31,0	0,298	21,3
75			30,0	0,274	17,4
76			29,0	0,236	16,9
77			30,0	0,242	14,1
78			29,0	0,248	15,6
79			29,0	0,250	20,3
80			32,0	0,278	13,0
81			29,0	0,258	19,2
82			30,0	0,248	18,8
83			30,0	0,276	21,9
84			30,0	0,260	20,5
85			-	-	23,9

For punktmåleren fikk vi relativt svake NIR signaler fra makrellen, sammenlignet med de fra laks. Allikevel var det tydelige kjemiske avtrykk i signalene (figur 6).



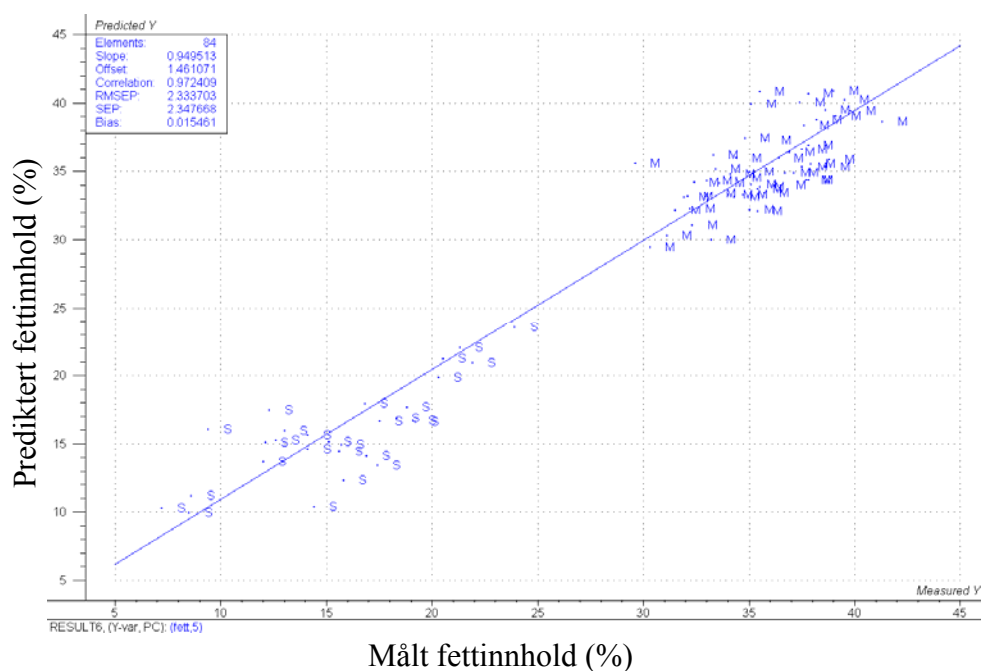
Figur 6: Figuren illustrerer forskjellene i NIR spekter for prøver med ulikt fett- og vanninnhold. Det er vist NIR spekter fra makrell (blå, rød, grønn, lysblå og brun kurve) og sild (grå og rosa kurve).

Spektrene fra silda (rosa og grå kurve) har en relativt stor vanntopp, mens noen av makrellene ga spektrere med liten vanntopp og tilsvarende markant absorpsjon for fett. De to spektrene fra sild med 8% fett (grå kurve) og 20 % fett (rosa kurve), mens brunt og lyseblått spekter er fra makrell med rundt 40% fett. Det er dermed en tydelig systematisk variasjon i spektrene som funksjon av fettinnhold. For å finne ut om disse NIR målingene egner seg til å kvantifisere fettinnhold i sild og makrell brukte vi multivariat kalibrering (PLS regresjon).

Kalibreringsmodellene ble validert ved kryssvalidering, dvs. man tar ut en prøve, lager en modell på de gjenværende prøvene, og bruker så denne til å estimere fettinnholdet til den som ble tatt ut. Dette gjøres så for hver fisk i datasettet. På denne måten får vi et inntrykk av hvor godt modellen vil fungere på nye uavhengige prøver.

Det å få til gode og stabile kalibreringer basert på NIR betinger et godt spenn i den kjemiske referanseverdien (fett). Det beste resultatet fikk vi ved å slå sammen målinger fra både sild og makrell. Figur 7 viser fettverdi estimert av NIR mot kjemisk målte fettverdier. Det er en høy korrelasjon (0,97) og en prediksjonsfeil (RMSEP) på  $\pm 2,3$  %-poeng. Til sammenligning, har laks noe bedre resultater:  $\pm 1.1$  %-poeng for fett. Dette avhenger av hvordan de spektroskopiske målingene kombineres med referansemålingene.





Figur 7: Fettinnhold estimert av NIR (predikter) mot målt fettinnhold (kjemisk) i sild (S) og makrell (M).

Det beste resultatet fås ved å bruke målingene i punkt B (som er tatt i på den tykkeste delen av fisken). Til sammenligning så gir målinger i punkt A og C en prediksjonsfeil på 3,0% og 4,6%. Det er altså tydelig at målinger på ryggpartiet over laterallinja og den mørke muskelaturen er fordelaktig. Det er på dette punktet referanseverdien er målt. I tillegg representerer ofte midtpartiet på pelagisk fisk gjennomsnittet av fett for hele fisken. Resultatene blir ikke bedre om gjennomsnittet fra målingene fra punkt A, B og C brukes. Dette indikerer at målinger i punkt A og C ikke er representative. På grunn av fettfordeling i pelagisk fisk vil verdi A ofte representere en høy verdi, mens fettinnholdet i punkt C vil være lavere enn gjennomsnittet.

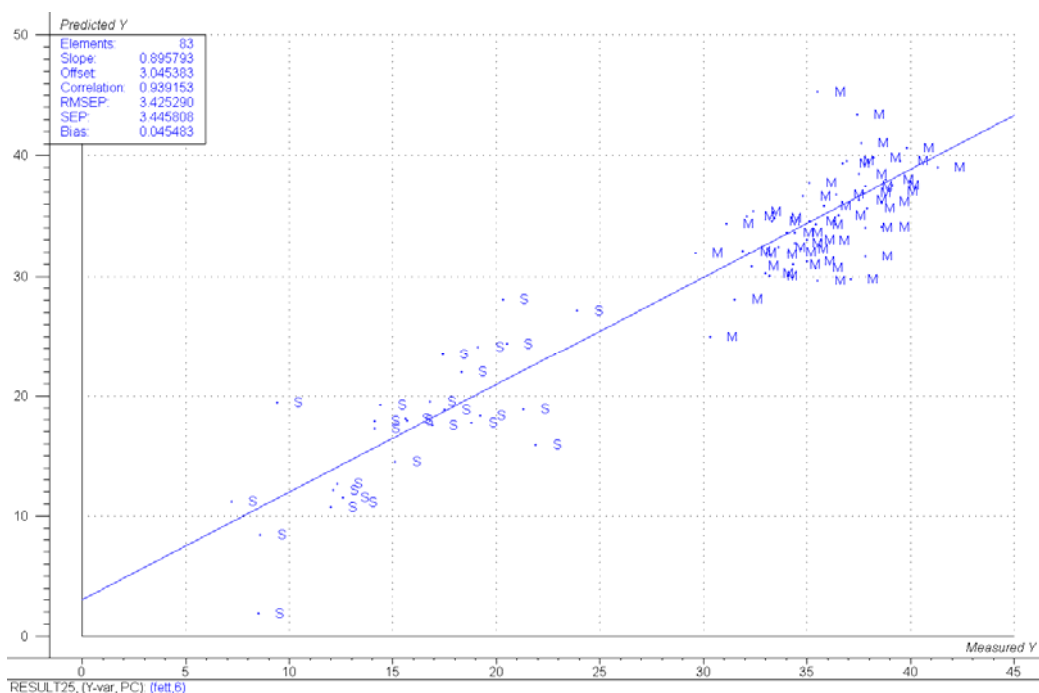
Modeller basert på kun makrell eller sild er mer ustabile på grunn av liten kjemisk spredning (tabell 3).

Tabell 3: Korrelasjon og RMSEP for ulike målepunkter.

For makrell	R	RMSEP
Punkt A	0.57	2.2%
Punkt B	0.70	1.8%
Punkt C	0.25	3.0%
<i>For sild</i>		
Punkt A	0.73	2.9%
Punkt B	0.80	2.5%
Punkt C	0.50	3.8%

Vi ser igjen den samme trenden, punkt B gir best resultater for både sild og makrell.

Målinger uten kontakt mellom NIR-proben og prøven gir jevnt over noe svakere modeller, men like fullt lovende resultater. Figur 8 viser tilsvarende modell som i Figur 7, men her er målingene gjort uten fysisk kontakt mellom fisk og instrument.



Figur 8: *Fettinnhold estimert av NIR (prediktert) mot målt fettinnhold (målt kjemisk) i sild (S) og makrell (M). Målingene er gjort uten kontakt mellom instrument og fisk.*

Nøyaktigheten i målingene er noe lavere nå, men resultatene er meget lovende i forhold til praktisk bruk av dette instrumentet. At det ikke kreves kontakt mellom fisk og instrument gjør dette praktisk mye enklere å implementere.

## 4 BRUK AV NIR I PELAGISK INDUSTRI

### 4.1 Prosjektets konklusjon

Resultatene som er oppnådd viser at NIR kan brukes til hurtig fettmåling i pelagisk fisk. Et NIR instrument kan installeres slik at en større del av partiet måles, og da vil man kunne få et godt estimat på fettinnholdet for en hel fangst av sild eller makrell. Ønskes en nøyaktig angivelse av fettinnholdet i enkeltfisk, er kanskje ikke dette bra nok. Da må metoden videreutvikles.

### 4.2 Implementering på båt/landanlegg

Basert på prosjektets konklusjon er NIR et godt egnet verktøy for fettmåling i pelagisk industri. NIR instrumenter kan implementeres både på båt og på landanlegg.

I en pelagisk bedrift og på båt kan NIR scanneren brukes, dersom signalene er gode nok. Scanneren kan plasseres rett over et transportbånd slik den er i dag og måle all fisken som passerer under. Denne scanneren gjør tusenvis av målinger i sekundet. Da kan fettinnholdet i hele eller deler av fangsten estimeres. I tillegg er det mulig å hente ut fettmålinger i enkeltfisk. Selv om fisken passerer raskt under scanneren vil et rimelig godt estimat av fettinnholdet i fangsten kunne oppnås.

Også punktmåleren kan brukes både på båt og på landanlegg. For å øke kapasiteten over et transportbånd kan flere målere monteres ved siden av hverandre.

#### 4.2.1 Størrelse/pris på NIR instrument

NIR instrumentene som ble testet i dette prosjektet kan lages vesentlig mindre.

En NIR punktmåleren kan bli produsert (av Qvision) til en kostnad på 50-100 000 kroner. Prisen gjør denne teknologien til den mest aktuelle for rask implementering i pelagisk industri. Utvikling av nytt utstyr kan gjøre teknologien enda billigere (kanskje 5000 kroner), med dette ligger litt fram i tid.

En NIR scanner vil koste 5-600 000 kroner.

#### 4.2.2 Kalibrering

NIR instrumenter må kalibreres. Det er ikke kjent hvor lenge en kalibrering vil holde. Det er naturlig at den første kalibreringen sjekkes noen ganger det første året, og at det tas noen referansemålinger fire ganger i året for å sjekke og oppdatere kalibreringen. Det er godt mulig at kalibreringen vil være meget stabil. På scanneren ser det så langt stabilt og godt ut.

#### 4.2.3 Brukervennlighet

NIR måleren vil være brukervennlig. Instrumentet kan lages slik at fettprosent leses av direkte eller lagres på PC og hentes ut senere. Det er ikke nødvendig med avansert software som brukeren må sette seg inn i.

NIR instrumentene er forholdsvis robuste. De kan lages slik at de tåler spyling (sjøvann) og at de leser nøyaktig resultat ombord i et fartøy også i urolig vær. Lyskilden vil ligge beskyttet, som frontlykter på en bil. De vil tåle noe slag, men ikke slik at de knuses. En NIR lyskilde vil antagelig ha en holdbarhet på ett år.

## 5 REFERANSER

- Blagoi, G., Bleotu, A., Puica, M. and Vasilescu, M. (1998). Near infrared investigation of some lipid extracts in order to ascertain their quality. *J. Near Infrared Spectrosc.* 6, A285-290.
- Falch, E., Aursand, I., and Digre, H. (2006). Pelagisk kvalitet; Sesongvariasjoner i næringsverdi og fettsyresammensetning i NVG sild og makrell. Sintef rapport, 22p.
- Flæte, P.O. og Haartveit, E. Y. Rask og ikke-destruktiv måling av virkeegenskaper. Glimt fra Skogforskningen (Skogforsk). Nr 5- 2006.
- Narum, B., Wold, J.P., Lundby, F., Segtnan, V. (Matforsk , Norwegian Food Research Institute,, Osloveien 1, N-1430 Ås, Norway), Thielemann, J., Tschudi, J., Wold, E. (SINTEF ICT, PB 124, Blindern, 0314 Oslo, Norway). Online Multi-spectral transreflectance spectroscopy for measuring the amount of fat in salmon fillets; a calibration strategy. Poster, 2006.
- Nilsen, H. og Esaiassen, M. SPEKTEK – Utvikling av spektroskopiske teknikker for hurtig kvalitetsbestemmelse av fersk fisk. Rapport 9/2004. Fiskeriforskning. 18p.
- Ozaki, Y., McClure, W.F., Christy, A.A. Near-infrared spectroscopy in food science and technology. Published by John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2006
- Prevnollik, M., Čandek-Potokar, M., Škorjanc, D., Velikonja-Bolta, Š., Škrlep, M., Žnidaršič, T. and Babnik, D. (2005). Predicting intramuscular fat content in pork and beef by near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spectroscopy*, 13, 77-85.
- Sivertsen, A.H., Heia, K. og Nilsen, H. (2006). On-line sortering av filet. Anvendelse av avbildende spektroskopi. Rapport 12/2006. Fiskeriforskning 20p.
- Solberg, C. and Fredriksen, G. (2001). Analysis of fat and dry matter in capelin by near infrared transmission spectroscopy. *J. Near Infrared Spectrosc.* 9, 221-228.
- Takamura, H., Hyakumoto, N., Endo, N., Matoba, T., Nishiike, T. (1995). Determination of lipid oxidation in edible oils by near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared spectrosc.* 3, 219-225.
- Wold, J.P., Johansen, I-R., Haugholt, K.H., Tschudi, J., Thielemann, J., Segtnan, V.H., Narum, B., Wold, E. (2006). Non-contact transreflectance near infrared imaging for representative on-line sampling of dried salted coalfish (bacalao). *J. Near Infrared Spectrosc.* 14, 59-66.
- Workman, J (2005). An introduction to near infrared spectroscopy, [www.spectroscopynow.com](http://www.spectroscopynow.com).
- Zhang, H-Z and Lee, T-C. (1997). Rapid near-infrared spectroscopic method for the determination of free fatty acids in fish and its application in fish quality assessment. *J. agric. Food Chem.*, 45, 3515-3521.