

## **Utvikling, kalibrering og verifisering av håndholdt vannmåler for klippfisk og saltfisk**

Fase 1: Evaluering av ulike teknologialternativer og anbefalinger for videre arbeid

Jens Petter Wold, Petter Vejle Andersen og Rodrigo González Reboredo





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 370 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på fem ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø

**Hovedkontor Tromsø:**

Muninbakken 9–13  
Postboks 6122 Langnes  
NO-9291 Tromsø

**Ås:**

Osloveien 1  
Postboks 210  
NO-1431 ÅS

**Stavanger:**

Måltidets hus, Richard Johnsenegate 4  
Postboks 8034  
NO-4068 Stavanger

**Bergen:**

Kjerreidviken 16  
Postboks 1425 Oasen  
NO-5844 Bergen

**Sunnalsøra:**

Sjølsengvegen 22  
NO-6600 Sunndalsøra

**Alta:**

Kunnskapsparken, Markedsgata 3  
NO-9510 Alta

**Felles kontaktinformasjon:**

Tlf: 02140  
E-post: [post@nofima.no](mailto:post@nofima.no)  
Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

**Foretaksnr.:**

**NO 989 278 835 MVA**



Creative commons gjelder når ikke annet er oppgitt

# Rapport

<p><i>Tittel:</i> <b>Utvikling, kalibrering og verifisering av håndholdt vannmåler for klippfisk og saltfisk. Fase 1: Evaluering av ulike teknologialternativer og anbefalinger for videre arbeid</b></p>	<p>ISBN 978-82-8296-683-2 (pdf) ISSN 1890-579X</p>
<p><i>Title:</i> Evaluation of technologies for rapid determination of water in dried salted cod</p>	<p><i>Rapportnr.:</i> 20/2021</p>
<p><i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> Jens Petter Wold<sup>1</sup>, Petter Vejle Andersen<sup>1</sup> og Rodrigo González Reboredo<sup>2</sup> <sup>1</sup>Nofima, <sup>2</sup>Anfaco Cecopesca, Spania</p>	<p><i>Tilgjengelighet:</i> <b>Åpen</b></p> <p><i>Dato:</i> 31.05.2021</p>
<p><i>Avdeling:</i> Råvare og prosess</p>	<p><i>Ant. sider og vedlegg:</i> 14</p>
<p><i>Oppdragsgiver:</i> Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF)</p>	<p><i>Oppdragsgivers ref.:</i> FHF 901668</p>
<p><i>Stikkord:</i> Klippfisk, saltfisk, vannmåling, nær-infrarød spektroskopi, NIR</p>	<p><i>Prosjektnr.:</i> 13330</p>
<p><i>Sammendrag/anbefalinger:</i></p> <p>I dette arbeidet er tre ulike instrumenter basert på nær-infrarød spektroskopi (NIR) testet ut for måling av vanninnhold i hel klippfisk. Et instrument basert på ledningsevne ble også testet ut, men det fungerte ikke.</p> <p>Resultatene for vannmåling i klippfisk basert på NIR er avhengig av to faktorer:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. At vi måler tilstrekkelig dypt inn i fisken med NIR</li> <li>2. At et tilstrekkelig stort område på hver av fisk måles med NIR. Dette er viktig for å få et godt estimat av gjennomsnittlig vanninnhold for hele fisken.</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TOMRAs Qvision scanner måler vanninnhold med en nøyaktighet på ca <math>\pm 1,0</math> %-poeng. Dette er et godt resultat og oppnås fordi den måler i dybden og også hele fisken.</li> <li>• SmartSensor måler i dybden, men mange punkter (6) må måles og midles for hver fisk for å oppnå tilsvarende resultat som for Qvision. Det betyr at et godt håndholdt punktmåleinstrument vil kunne fungere bra.</li> <li>• VIAVI MicroNIR måler ikke tilstrekkelig dypt til å plukke opp relevant variasjon i vanninnhold. Instrumentet er ikke egnet til måling av vanninnhold i klippfisk.</li> </ul> <p><b>Anbefaling:</b> Det ligger godt til rett for både å etablere en god kalibrering for Qvision scanneren og å utvikle en prototype av et håndholdt NIR instrument som kan egne seg godt for klippfisk.</p>	
<p><i>English summary/recommendation:</i></p> <p>Three different instruments based on near- infrared (NIR) spectroscopy was evaluated for determination of water content in intact dried salted cod. Successful measurements rely on that 1) NIR signals are measured sufficiently deep into the fish, and 2) that a large share of each fish is measured.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hyperspectral interaction scanning obtained an accuracy of about <math>\pm 1,0</math> %</li> <li>• A point NIR system measuring in depth obtained a similar accuracy, but signals from 6 different points had to be measured and averaged.</li> <li>• VIAVI MicroNIR does not measure sufficiently deep into the fish and is not useful for water determination in dried salted cod.</li> </ul>	

# Innhold

<b>1</b>	<b>Bakgrunn .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Materialer og metode .....</b>	<b>2</b>
2.1	Fisk.....	2
2.2	Referansemålinger av vann .....	2
2.3	Instrumentelle målinger .....	3
<b>3</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>6</b>
3.1	Variasjon i vanninnhold .....	6
3.2	TOMRA QVision scanner .....	8
3.3	SmartSensor .....	10
3.4	VIAVI MicroNIR.....	12
3.5	BDD-MINI vannmåler for treverk .....	12
<b>4</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>13</b>
4.1	Vurdering av nytteverdi og videre gang i prosjektet.....	13

# 1 Bakgrunn

Vanninnhold i klippfisk er en viktig parameter som definerer kvalitet på klippfisk til eksport. Det er behov for en hurtig og ikke-destruktiv metode for måling av vanninnhold i klippfisk siden denne vil muliggjøre:

- Prosesstyring: fisk som ikke er tørr nok kan tørkes mer. Man kan effektivt lære mer om optimale tørkeprosesser.
- Kvalitetssortering: Man kan sørge for optimal sortering av produkter til ulike kunder og markeder i henhold til de ulike krav og spesifikasjoner. Dette kan gjøres mer effektivt og nøyaktig enn det som er mulig i dag.
- Kvalitetskontroll: Vanninnhold kan kontrolleres før eksport slik at man unngår reklamasjoner og økte tollsatser fordi fisken klassifiseres som saltfisk i stedet for klippfisk.

Fra tidligere vet vi at nær-infrarød spektroskopi (NIRS) kan egne seg til måling av vanninnhold i klippfisk. Men det å få til gode NIRS målinger på klippfisk som gir riktig gjennomsnittlig vanninnhold er krevende av flere årsaker:

- Man må måle dypt inn i fisken (11-12 mm)
- Fisken er ofte dekket av et lag med salt som forstyrrer målingene
- Fisken varierer mye i størrelse og fasong
- Vannet er ujevnt fordelt i fisken:
  1. Den er tørr på overflata og fuktigere inni
  2. De tynne delene av fisken er tørrere enn de tykke delene
  3. Vanninnholdet kan også variere mye innen tjukkfisken på samme fisk.

Målsettingen med arbeidet som rapporteres her var å evaluere og sammenligne ulike teknologialternativer for måling av vanninnhold i klippfisk. Det er uttalt fra næringa at det vil være fordelaktig med et håndholdt instrument. I denne første fasen av prosjektet har vi evaluert fire ulike teknologier som alle kan egne seg til rask måling av vanninnhold i klippfisk.

Vi har sammenlignet nøyaktighet, hurtighet og brukervennlighet. Forsøket gir også mye informasjon om hvordan et eventuelt håndholdt instrument bør designes best mulig og også om hvordan det må brukes for å oppnå ønsket nøyaktighet.

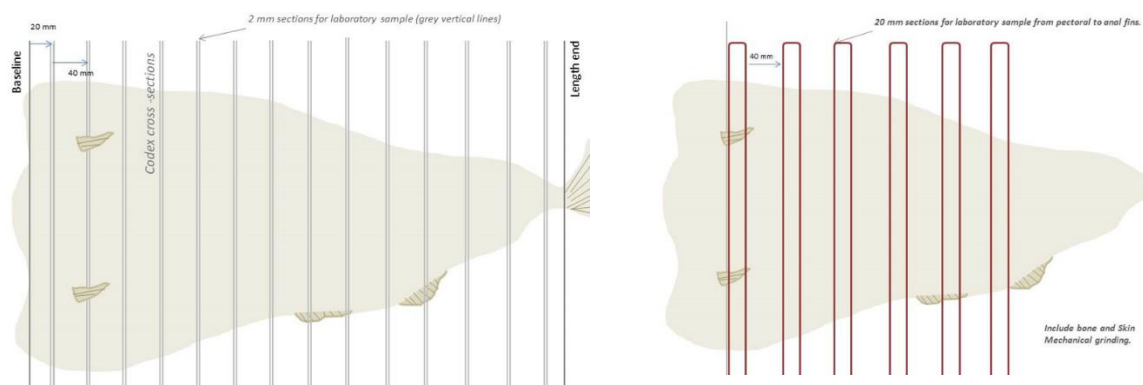
## 2 Materialer og metode

### 2.1 Fisk

Totalt 60 klippfisk/saltfisk ble brukt i forsøket. Disse kom fra tre bedrifter (Sperre AS, Brødrene Sperre og Andreas Bjørg AS). Bedriftene ble bedt om å levere fisk som varierte i vanninnhold fra ca 45 – 55 %. Ved hver bedrift ble de ulike tørrhetsgrader plukket ut, pakket i egne kasser og merket med antatt vanninnhold. Fisken var av ulike størrelser og varierte i vekt fra 0,83 – 6,10 kg. Det var 55 torsk og 5 sei. Fisken ble sendt til Nofima på Ås og lå 4 dager på 4 °C før de ble målt med de spektroskopiske instrumentene. Disse målingene gikk over 3 dager. Fisken holdt da romtemperatur. Da målingene var avsluttet ble hver fisk vakuumbet og lagt tilbake i de samme kassene som de kom i. De ble så fraktet til ANFACO (Vigo, Spania) for referansemåling av vann. De lå også her på et kjølelager i de 3-4 ukene det tok å få målt vanninnhold i alle 60 fisk.

### 2.2 Referansemålinger av vann

Tverrsnittsmetode (Codex Stan 167/1989) ble brukt for å måle vanninnholdet. ANFACO har god erfaring med å utføre denne metoden. Båndsgag ble brukt for å skjære av 2 mm skiver på tvers av fisken ihht Figur 1. Disse stripene ble så klippet opp, blandet og fordelt i to omtrent like store porsjoner. Hver porsjon ble veid, tørket i varmeskap og veid i etterkant. Vanninnholdet ble så estimert basert på de to parallellene. 19 fisk ble også målt med den portugisiske metoden for sammenligning.

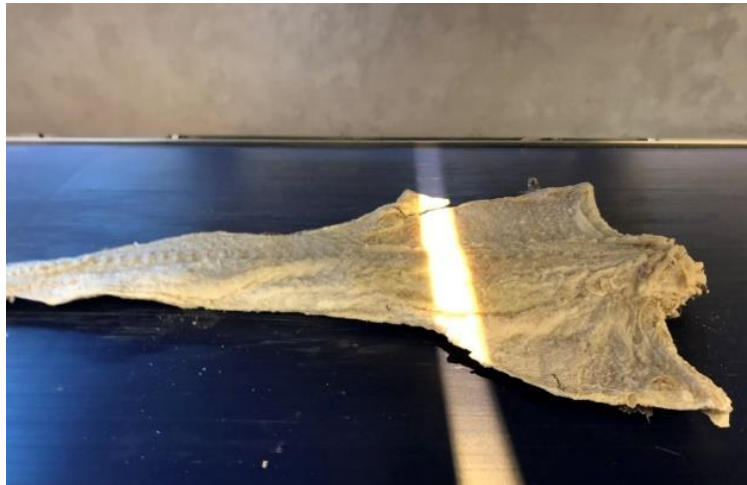


Figur 1 **Øvre panel:** Cross section metoden: 2 mm skiver skjæres ut for hver annen cm på tvers av fisken. Disse skivene klippes opp i småbiter, veies, tørkes, og veies igjen. Vanninnholdet kan så beregnes. **Nedre panel:** Uttak til Cross section (venstre) og den portugisiske metoden (høyre).

## 2.3 Instrumentelle målinger

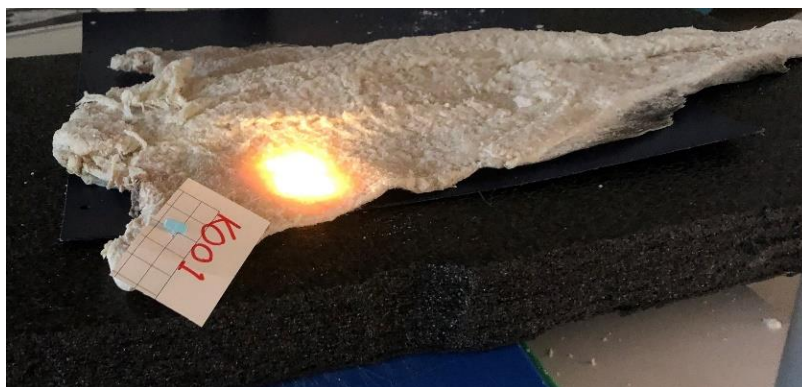
Følgende instrumenter ble brukt på alle 60 fisk:

- 1) TOMRAS QVision scanner. Dette er en videreutviklet industriell variant av NIR instrumentet som ble utviklet i 2004 (QMonitor). Dette er en avbildende scanner som kan stå over et transportbånd og brukes til automatisk styring av en grader. Hver fisk ble scannet tre ganger med filet siden opp og tre ganger med skinnsiden opp. Et scan tar ca ett sekund.



Figur 2 Scanning av klippfisk på transportbånd. Hele fisken måles på ett sekund.

- 2) *SmartSensor* er et prototype NIR-instrument som er med for å illustrere hvor gode målinger det er mulig å oppnå med et velfungerende NIR håndholdt punktmåler system. *SmartSensor* er i selg selv ikke håndholdt, men selve målingen kan implementeres i et håndholdt instrument. For hver fisk ble det målt i punktene angitt i Figur 6. Basert på dette kan vi se hvor gode resultater man får ved å måle i ett punkt og også anslå hvor mange målinger og hvor på fisken målinger bør gjøres for å oppnå tilstrekkelig nøyaktighet. Dette instrumentet vil også gi viktig informasjon om hvordan en håndholdt sensor bør designes rent optisk for å gi best mulig målinger. Tid per måling: Ett sekund. Scan langs med fisken ble utført på 4 sekunder.



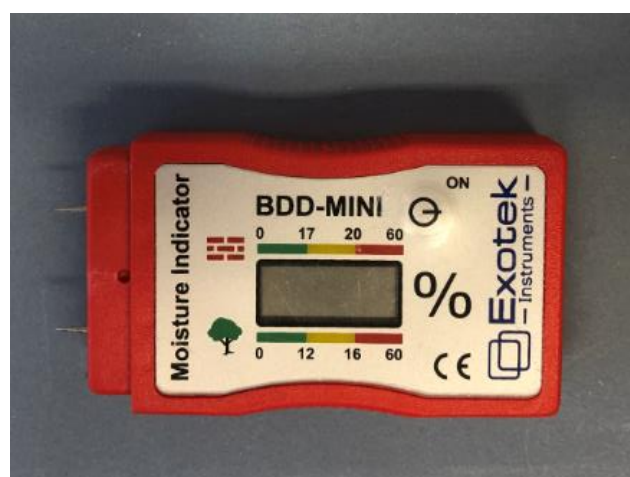
Figur 3 *SmartSensor* måler et område på ca 5 cm i diameter.

- 3) Et kommersielt håndholdt NIR-instrument (MicroNIR fra VIAVI solutions). Med dette ble det målt i de samme punktene som angitt i Figur 6. Dette instrumentet er kommersielt. Det måler på et lite punkt (diameter på ca 1 cm) men gir også mulighet for at man manuelt kan scanne over et større område.



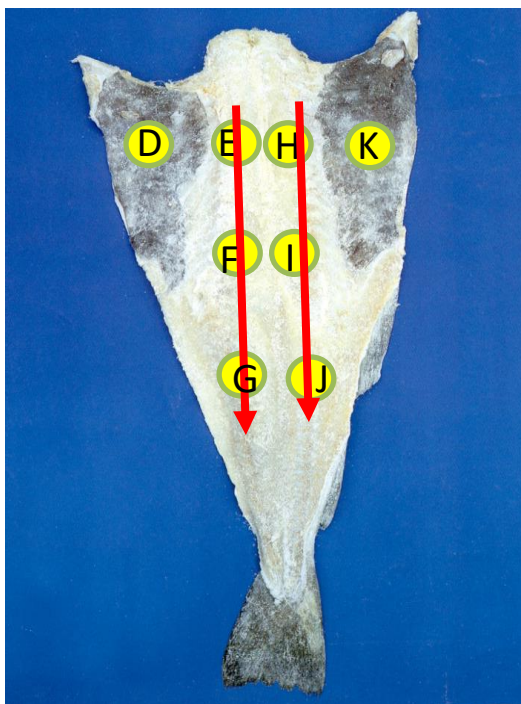
Figur 4 Måling med håndholdt VIAVI MicroNIR.

- 4) En standard håndholdt vannmåler av merke BDD-MINI fra Exotek. To nåler stikkes inn i fisken. Instrumentet er laget for å måle fukt i treverk i området 0-55 %. Med dette ble det målt i de samme punktene som angitt i Figur 6. Hver måling tok ca 3 sekunder.



Figur 5 Håndholdt måler basert på ledningsevne.





*Figur 6 Med punktmåleinstrumentene ble det gjort målinger i områdene D – K på filetsiden. Det ble også målt på ryggen i punktene A-C som var lokalisert som H-J.*

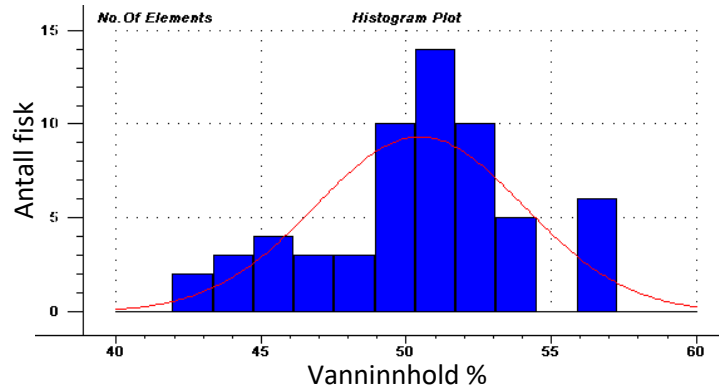
For å evaluere de ulike målemetoden ble det brukt multivariat regresjon (Partial Least Squares Regression, PLSR) for å lage kalibreringsmodeller. For å evaluere modellene ble det brukt såkalt kryssvalidering, der en modell basert på 59 av fiskene blir brukt til å estimere vanninnholdet i fisk nr 60. Dette gjøres så for alle 60 fisk. Vi får da et mål på hvor nøyaktig en slik kalibrering kan estimere vanninnhold i en klippfisk.

Denne metoden ble brukt på data fra alle instrumenter og resultatene er brukt til å sammenligne nøyaktighet.

### 3 Resultater

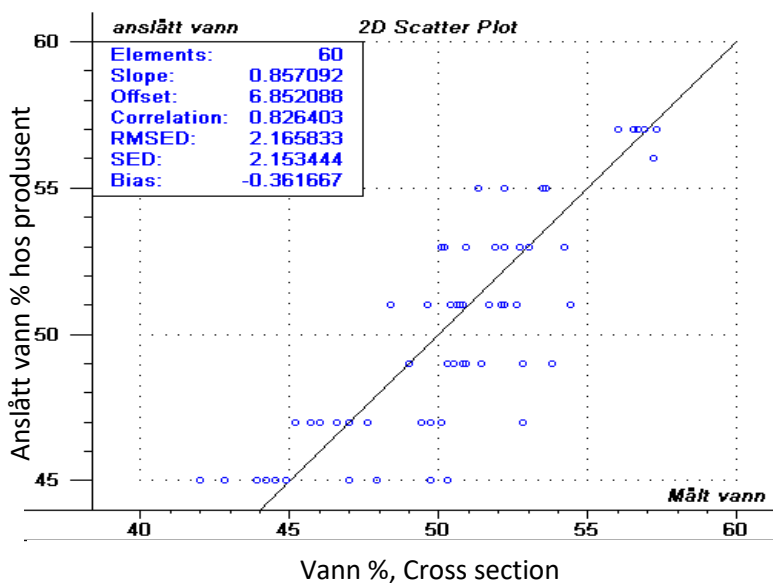
#### 3.1 Variasjon i vanninnhold

Vanninnholdet i fisken varierte fra 42,0 % til 57,3 %. Figur 7 viser fordelingen av vann i fiskene. Det var en bra spredning i vanninnhold, og selv om en overvekt av prøvene lå i området 49-54 % så var dette et godt utgangspunkt for å lage gode kalibreringer og for å evaluere de ulike metodene.



Figur 7 Fordeling av vanninnhold i de 60 fiskene som ble analysert.

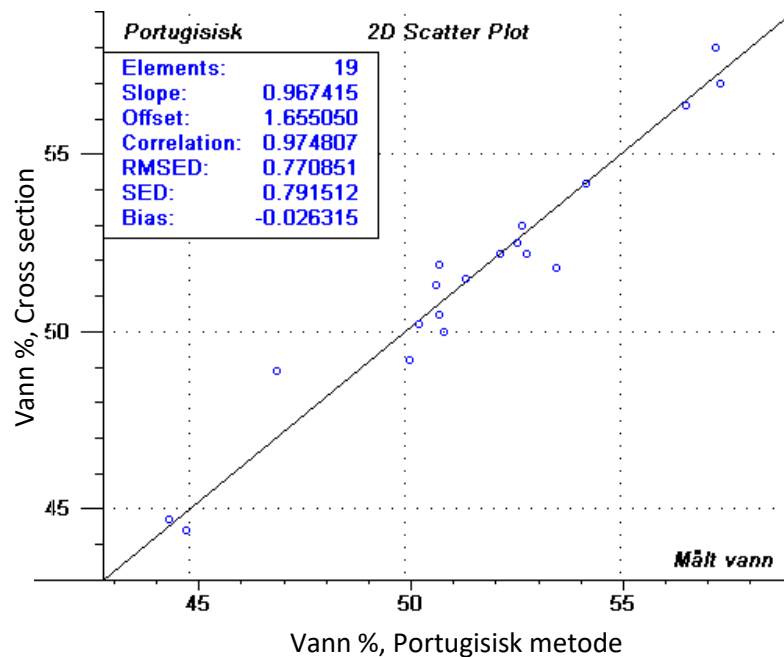
Vanninnholdet i fisken ble anslått hos produsentene. Vi vet ikke hvor nøyte dette ble gjort, men Figur 8 viser målt vanninnhold på x-aksen og anslått vanninnhold på y-aksen for de 60 fiskene. Den svarte linja angir det perfekte anslaget. Det er tydelige avvik mellom anslått og målt vanninnhold. Ti fisk ble anslått til et vanninnhold på 45 %, mens det faktiske vanninnholdet i disse fiskene varierte fra 42 % til over 50 %. Og fisk med 50 % vann ble anslått til å inneholde 45, 47, 49 og 53 % vann. Så det kan være vanskelig å vurdere korrekt vanninnhold manuelt. Verdien RMSED angir en gjennomsnittlig feil i anslagene på **2,16 %**-poeng. Denne verdien kan vi bruke til å sammenligne direkte med nøyaktigheten for de instrumentelle metodene.



Figur 8 Anslått vanninnhold av produsent mot målt vanninnhold (Codex). Ett punkt tilsvarer en fisk.

En referansem metode har også en usikkerhet i sine målinger. *Cross section* metoden bruker kun ca 5 % av hele fisken, og posisjonene til stripene som skjæres ut vil kunne variere. Det betyr at hvis samme fisk blir målt to ganger, så kan resultatet bli forskjellig. I dette arbeidet ble de oppklippede bitene blandet delt i to like store porsjoner og vanninnholdet ble målt i hver av dem. Forskjellen på parallellen gir en indikasjon på hvor nøyaktig målemetoden er. Basert på disse kan vi beregne en standardfeil (SREF) på metoden på **0,77 %-poeng**. Det vil si, målt vanninnhold vil ligge innenfor ca  $\pm 0,77$  %-poeng. Siden dette er nøyaktigheten på referansemetoden så kan vi ikke oppnå noe bedre med de instrumentelle metodene.

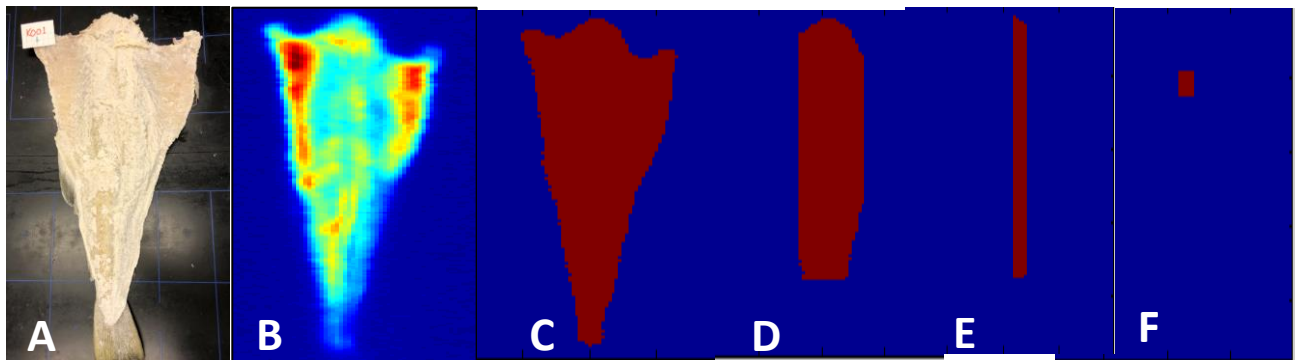
Det er interessant å sammenligne resultatet for *Cross section* og den portugisiske metoden. Metodene er svært like, men de baserer seg på uttak av litt ulike deler av fisken (Figur 1). Figur 9 viser sammenhengen mellom de to metodene. De gir svært like resultater der målingene ligger på samme nivå. Mellom disse metodene er det også tilfeldige avvik som tilsvarer en standardfeil på 0,77 %-poeng, altså akkurat det samme som mellom parallellene for *Cross section*. Avvikene kommer av at ulike deler av fisken tas ut til vannmåling.



Figur 9 Sammenheng mellom Cross section og den portugisiske metoden.

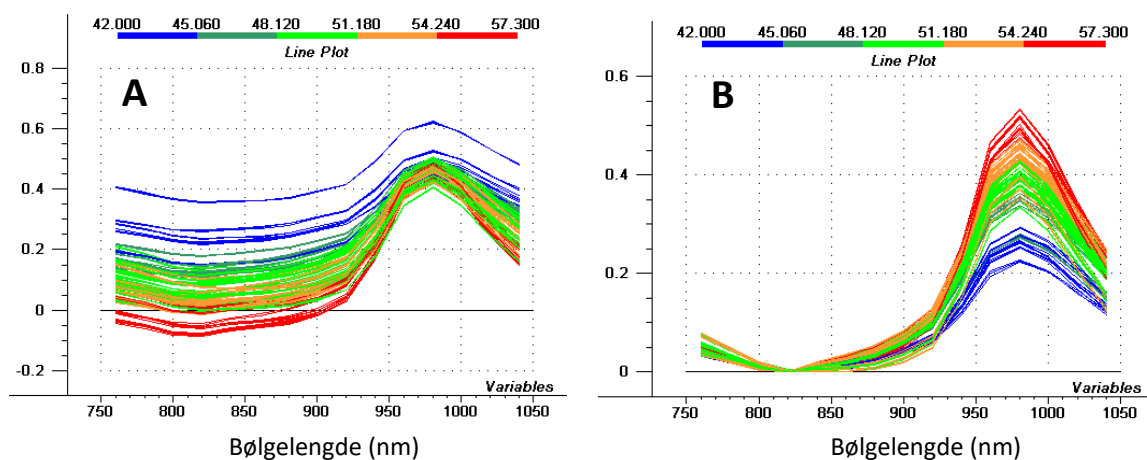
### 3.2 TOMRA QVision scanner

Figur 10 viser resultatet av en scannet klippfisk: Et bilde av hele fisken, og i hvert punkt/pixel i bildet er det et spekter (som vist i figur 10) som inneholder informasjon om mengde vann og protein. Når man trekker ut ett gjennomsnittsspekter for å beregne vanninnholdet, så er det viktig å ta ut et spekter som representerer det gjennomsnittlige vanninnholdet i fisken. Det er naturlig å bruke hele fisken (10C) eller hele tjukkfisken (10D) siden disse vil dekke variasjonen i vanninnhold. Det er også mulig å ta ut mindre deler av fisken, og i dette studiet er det av interesse å se hvor gode resultater det blir om man tar ut en linje langs loin (10E) eller et punkt (10F) siden disse også kan måles med et håndholdt instrument.



Figur 10 Fra venstre: A) En klippfisk, B) et scan av klippfisken, C) Utsnitt av hele fisken brukes til analyse, D) Utsnitt av tjukkfisken, E) En linje langs med tjukkfisken, F) Et punkt på tjukkfisken.

Figur 11A viser absorpsjonsspektra fra scanneren, ett gjennomsnittsspekter per fisk (regnet ut fra hele fisken, 10C). Basert på fargekodingen i figuren er det tydelig at fasongen på spektrene er tett koblet til vanninnholdet. Absorpsjonen øker jevnt over med lavere vanninnhold (11A). Figur 11B viser at absorpsjonstoppen for vann, rundt 980 nm, øker med økende vanninnhold. Det er altså en svært tydelig visuell sammenheng mellom de målte spektrene og variasjon i vanninnhold. Det er lovende



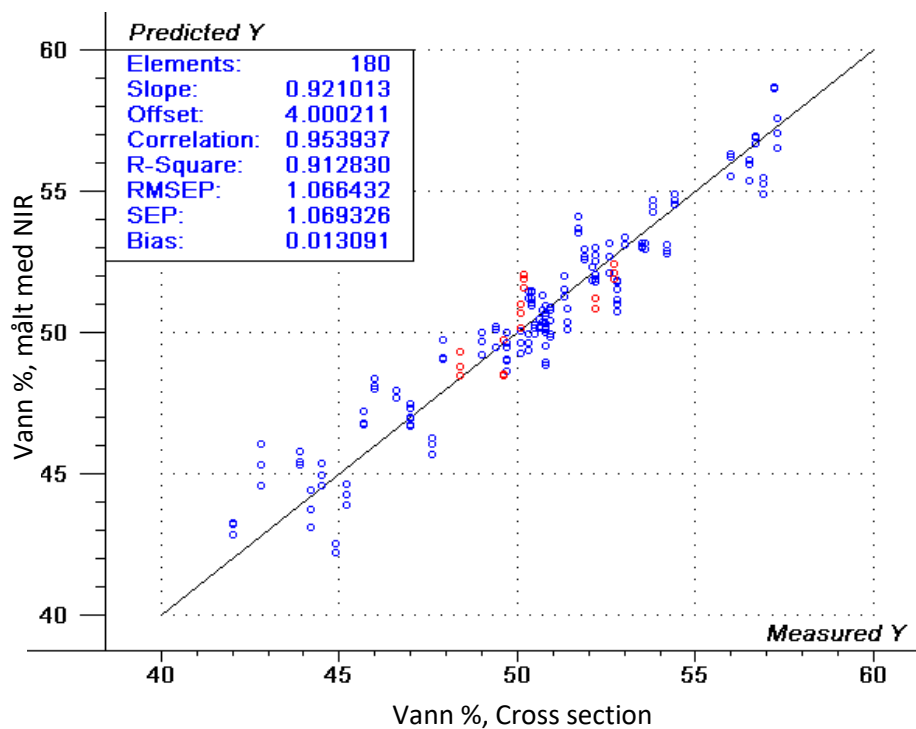
Figur 11 A) Absorpsjonsspektra fra de 60 fiskene. B) Offset trukket fra hvert spekter. Spektrene er farget i henhold til vanninnholdet i fisken.

Tabell 1 oppsummerer regresjonsresultatene for TOMRA scanneren. Man oppnår omtrent like gode resultater om man bruker gjennomsnittsspekteret fra hele fisken eller fra tjukkfisken. Man oppnår da en prediksjonsfeil (RMSECV) på 1,06 %-poeng. Denne verdien kan sammenlignes direkte med den nøyaktigheten produsentene hadde da de anslo vanninnholdet, 2,16 %-poeng, altså omtrent dobbelt så nøyaktig. 1.06 er heller ikke så langt unna nøyaktigheten til selve referansemotoden (0,77 -poeng).

Dersom man bruker data fra kun et scan langs med tjukkfisken, eller et punkt, øker prediksjonsfeilen til hhv 1,40 og 1,82 %-poeng. Det blir altså en vesentlig mindre nøyaktig kalibrering siden vanninnholdet i de målte områdene ikke stemmer så godt overens med det gjennomsnittlige vanninnholdet. Det er viktig å måle en stor andel av fisken for å få et godt mål på det gjennomsnittlige vanninnholdet som måles med Codex.

Tabell 1 Kalibreringsresultater for TOMRA scanner. RMSECV indikerer prediksjonsfeil/nøyaktighet

Utsnitt	# komponenter	R <sup>2</sup>	RMSECV (%)
Hel fisk	5	0,91	1,06
Tjukkfisken	5	0,91	1,08
Linje	5	0,84	1,40
Punkt	4	0,74	1,82



Figur 12 Resultat for TOMRA scanner: NIR-estimert vanninnhold mot Codex. Hver fisk ble scannet tre ganger, det er derfor tre punkter for hver fisk. Røde punkter er fra sei.

Figur 12 viser vanninnhold estimert med NIR-scanneren plottet mot målt vanninnhold ved tørking. For de aller fleste fisk ligger de tre gjentakene svært tett. Det betyr at målt vanninnhold varierer lite når samme fisk måles flere ganger. Der det ser ut som det bare er ett eller to punkter per fisk, så ligger punktene oppå hverandre slik at ikke alle synes.

Det er en tendens til at målingene blir noe mer nøyaktige for fuktig fisk, hvilket er en fordel når det er viktig å kunne skille på fisk som er under og over 53 %.

De to fiskene som fikk størst avvik i estimert vanninnhold var to meget små (830 g og 980 g) og tørre (43 % og 45 %) klippfisk. Det er mulig at algoritmer kan forbedres slik at vanninnholdet i disse kan estimeres bedre.

Siden scanneren faktisk måler *hele* fisken, er det ikke urimelig å anta at måleverdiene fra denne er mer riktig for hel fisk enn de verdiene vi får med *Cross section*, siden den metoden baserer seg på en mye mindre del av fisken. Men dette kan vi ikke vite uten å teste det ut.

### 3.3 SmartSensor

SmartSensor måler ikke hele fisken slik scanneren gjør, men den måler punktvis. Den kan også scanne langs en stripe som indikert i Figur 6. Dette instrumentet måler også dypt inn i fisken, som scanneren, og spektrene ser ganske like ut som dem i Figur 11. Det interessante med SmartSensor er å se hvor gode målinger vi kan få med å måle på enkeltpunkter og hvor mange punkter som må måles for å få et estimat på vanninnholdet som er godt nok.

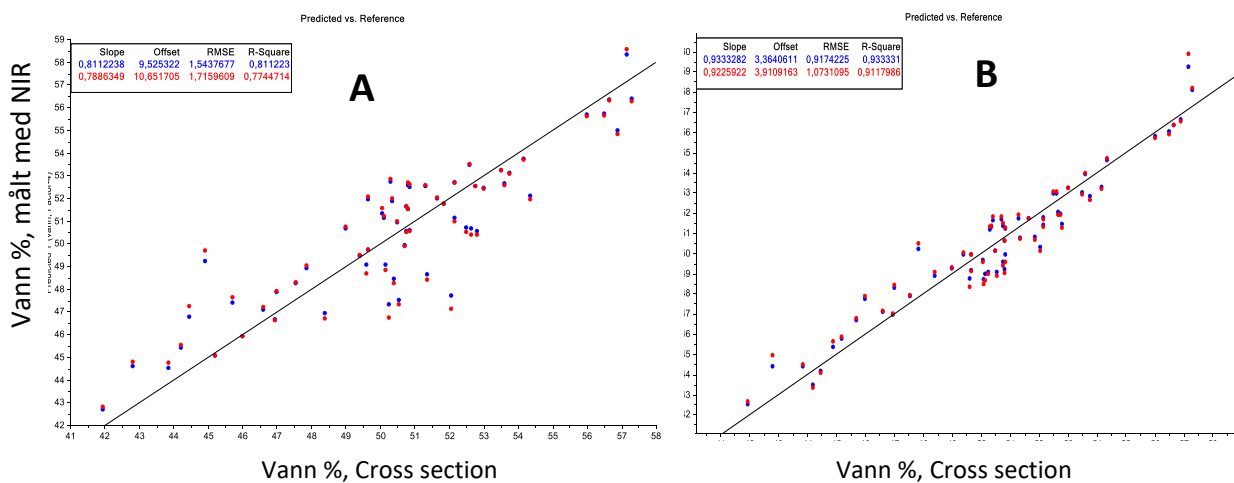
Tabell 2 viser oppsummerte resultater for SmartSensor. Det er tydelig at nøyaktigheten man oppnår ved å måle på ett punkt på fisken (A – K) ikke er god. Prediksjonsfeilen ligger da på rundt  $\pm 1,7$ - $2,4$  %-poeng. Dette stemmer overens med det resultatet vi fikk med TOMRA scanneren når vi plukket ut ett punkt fra bildet. Grunnen til at resultater for måling i ett punkt ikke fungerer godt er, som nevnt over, fordi vanninnholdet i de enkelte punktene ikke stemmer godt overens med det gjennomsnittlige vanninnholdet målt med Codex. Vannet er ujevnt fordelt i fisken.

Tabell 2 Kalibreringsresultater for SmartSensor. RMSECV indikerer prediksjonsfeil/nøyaktighet. Markerte felter er typiske resultater for enkeltpunkt og gjennomsnitt av punkter på en eller begge sider av loin

Data	# komponenter	R <sup>2</sup>	RMSECV
A (rygg)	11	0,76	1,78
B (rygg)	10	0,75	1,79
C (rygg)	5	0,53	2,48
D (buk)	6	0,66	2,11
E (loin)	7	0,72	1,90
F (loin)	7	0,76	1,76
G (loin)	7	0,73	1,88
H (loin)	4	0,77	1,72
I (loin)	4	0,69	2,00
J (loin)	6	0,71	1,93
K (buk)	6	0,75	1,81
A-C gjennomsnitt (rygg)	10	0,78	1,70
E-G gjennomsnitt (venstre loin)	7	0,84	1,46
H-J gjennomsnitt (høyre loin)	6	0,84	1,44
E-J gjennomsnitt (v+h loin)	7	0,91	1,07
A-K gjennomsnitt (alle punkter)	7	0,91	1,08
Scan høyre	7	0,83	1,50
Scan venstre	5	0,81	1,58
Scan venstre + høyre	7	0,87	1,30

Dersom vi bruker gjennomsnittet av spektrene fra av punktene langs med én loin eller begge, blir resultatene vesentlig bedre (hhv 1,45 % og **1,07 %**). Gjennomsnitt av de seks punktene på høyre og venstre loin blir altså like bra som det vi oppnår med TOMRA scanneren.

Det å scanne langs med loin blir ikke fullt så bra som å midle enkeltmålinger. Dette kan komme av at scanningen kan ha skjedd med varierende hastighet. Hvis for eksempel øvre del av fisken scannes raskere enn nedre del, så vil nedre del vektas opp i målingene og dette kan introdusere feil.



Figur 13 Resultater for SmartSensor for A) måling i punkt H, B) snitt av punktene E-J på loin.

### 3.4 VIAVI MicroNIR

Med MicroNIR ble det målt i de samme punktene som med SmartSensor. Vi så ikke den samme systematiske forskjellen i spektrene i henhold til vanninnhold som vi gjorde med både TOMRA scanner og SmartSensor (spektre er ikke vist). Mye tyder på at dette instrumentet ikke måler dypt nok inn i fisken til å kunne måle variasjon i vanninnhold. Tabell 3 viser resultatene. Det er tydelig at nøyaktigheten på alle kalibreringer er dårlig. Det blir heller ikke bedre resultater når spektrene fra flere punkter midles, slik det blir med SmartSensor.

MicroNIR måler åpenbart ikke dypt nok inn i fisken, og da hjelper det lite å midle målinger fra ulike punkter. Målingene inneholder uansett ikke relevant informasjon.

*MicroNIR er altså uegnet til å måle vanninnhold i klippfisk.*

Tabell 3 Kalibreringsresultater for VIAVI MicroNIR

Data	LV	R <sup>2</sup>	RMSECV
A (rygg)	3	0,63	2,22
B (rygg)	5	0,72	1,94
C (rygg)	4	0,68	2,05
D (buk)	6	0,61	2,25
E (loin)	4	0,60	2,29
F (loin)	4	0,64	2,17
G (loin)	4	0,71	1,94
H (loin)	4	0,53	2,43
I (loin)	4	0,56	2,40
J (loin)	4	0,61	2,24
K (buk)	6	0,56	2,39
A-C gjennomsnitt (Back)	5	0,77	1,76
E-G gjennomsnitt (venstre loin)	4	0,70	1,96
H-J gjennomsnitt (høyre loin)	4	0,69	2,01
E-J gjennomsnitt (v+h loin)	4	0,74	1,82
A-K gjennomsnitt (alle punkter)	4	0,80	1,63
Scan høyre	8	0,79	1,67
Scan venstre	5	0,70	1,99
Scan kombinert	6	0,77	1,77

### 3.5 BDD-MINI vannmåler for treverk

Vi trengte kun å måle to tørre klippfisk og to saltfisk for å fastslå at dette instrumentet ikke fungerte til formålet. Det viste 55 % vanninnhold uansett og dette kommer av det høye saltinnholdet i fisken som forstyrrer målingene. Det er velkjent at salt forstyrrer vannmålinger basert på ledningsevne. Ellers ville disse instrumentene sikkert vært tatt i bruk på klippfisk for lenge siden.



## 4 Konklusjon

Resultatene for vannmåling i klippfisk er avhengig av to faktorer:

1. At vi måler tilstrekkelig dypt inn i fisken med NIR
  2. At en tilstrekkelig stor andel av fisken måles med NIR. Dette er viktig for å få et godt estimat av gjennomsnittlig vanninnhold for hele fisken.
- TOMRA scanner får gode resultater, den måler i dybden og også hele fisken.
  - SmartSensor måler i dybden, men mange punkter (6) må måles og midles for hver fisk for å oppnå tilfredsstillende resultat. Det betyr at et godt håndholdt punktmåleinstrument vil kunne fungere bra.
  - VIAVI MicroNIR måler ikke tilstrekkelig dypt til å plukke opp relevant variasjon i vanninnhold. Instrumentet er ikke egnet til måling av vanninnhold i klippfisk.

### 4.1 Vurdering av nytteverdi og videre gang i prosjektet

Det er tydelig at TOMRAS Qvision scanner egner seg godt til måling av vanninnhold i klippfisk. Det vil være vanskelig å finne en rask metode som kan gjøre dette med bedre nøyaktighet.

Instrumentet ble utviklet rundt 2004 og ble da grundig testet ut på klippfisk. Nøyaktigheten varierte noe fra test til test. Systemet er vesentlig forbedret siden den gangen. Det ble videreutviklet for å måle fett i kjøtt og dermed til å håndtere større variasjoner i tykkelse. Disse endringene gjør at den også vil måle klippfisk bedre i dag enn den gang. Instrumentet er kommersielt tilgjengelig, det brukes i dag verden rundt for å måle fett i kvernet kjøtt og avskjær av kjøtt, protein i kyllingfileter og fett i laksefileter. Det kan enkelt kobles til en grader for automatisk sortering på en linje. Marel har et samarbeid med TOMRA der de bruker systemet til fettmåling i sine prosesslinjer for kjøtt.

Et system vil koste typisk 1 mill NOK. Prisen avhenger av om det skal leveres med en eller flere kalibreringer og med eller uten transportbånd.

Et videre arbeid i dette prosjektet vil kunne fokusere på:

1. Utvikle gode kalibreringer for klippfisk laget på ulikt råstoff og fisk av ulik størrelse. Det er kalibreringen som bestemmer hvor nøyaktig man får målt vanninnholdet, og det er viktig at disse er gode og baserer seg på mange fisk av ulik kvalitet. Dette er et relativt kostbart arbeid. Om vi lager kalibreringen i dette prosjektet, så bør scanneren bli billigere i innkjøp for bedriftene siden de allerede har vært med på å bekoste denne.
2. I 2020 kom det en ny avbildende scanner på markedet, laget av Maritech, Maritech Eye. Denne scanneren baserer seg på annen type teknologi, men måler i prinsipp det samme som Qvision. Denne kan også testes og sammenlignes med Qvision. Innkjøp og bruk av de to systemene følger to ulike kostnadsmodeller, dette må avklares med produsentene.

Når det gjelder et håndholdt instrument, så ser vi av resultatene fra SmartSensor at en god punktmåler som måler i dybden vil gi fine resultater så lenge man måler på rundt seks ulike og definerte punkter på tjukkfisken. Et slikt portabelt instrument kan være hendig å bruke ulike steder i prosessen.

Ulempen er at det per i dag ikke finnes et slikt instrument.

I det skisserte prosjektbudsjettet er det satt av midler til utvikling av et slikt instrument. SINTEF SmartSensor systems er allerede i gang med å utvikle en miniatyr utgave av SmartSensor i et annet prosjekt for en annen anvendelse (innen frukt og grønt). Dette potensielt håndholdte instrumentet kan også utvikles og testes for måling av vanninnhold i klippfisk.

En usikkerhet med et slikt prosjekt er om noen vil kommersialisere instrumentet ved prosjektets slutt. Et slikt instrument vil kunne ha mange anvendelser: Måling av vann i klippfisk, kjøttfylde i kongekrabber, sukker i frukt og bær, fett i kjøtt etc. Så det er gode sjanser for at et slikt instrument vil komme på markedet basert på behovet i matindustrien. Det er vanskelig å anslå en endelig pris på et slikt produkt, det kommer an på hvor mange som selges og hva slags forretningsidé som legges til grunn for et slikt system. De kan for eksempel leies ut.

#### **Ja takk begge deler**

Det er ikke noe i veien for å følge begge retninger i prosjektet. Vi kan *både* utvikle kalibreringer til en eksisterende scanner og utvikle et håndholdt instrument. Begge deler kan være gunstig å ha i en klippfiskproduksjon og muligens vil ulike bedrifter ha behov for ulik teknologi.

Hvis vi utvikler et håndholdt instrument så må dette kalibreres og testes som skissert i prosjektsøknaden. Det er forbundet med små tilleggs kostnader å måle alle disse fiskene med Qvision scanneren i tillegg. Måling av en fisk tar ett sekund. Da får vi kalibrert og evaluert en scanner samtidig som det blir utviklet et håndholdt instrument. De kostbare referansemålingene av vann kan dermed brukes til begge formål.

