

Kvantifisering av vann, protein og fett i hvitfiskmel basert på nær-infrarød spektroskopi



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: 21/2023	ISBN: 978-82-8296-755-6	ISSN: 1890-579X
---------------------------	----------------------------	--------------------

Dato: 31. august 2023	Antall sider + sider vedlegg: 11 + 3	Prosjektnummer: 13045
--------------------------	---	--------------------------

Tittel:

Kvantifisering av vann, protein og fett i hvitfiskmel basert på nær-infrarød spektroskopi (NIR)

Title:

Quantification of water, protein and fat in whitefish meal by near-infrared spectroscopy (NIR)

Forfatter(e):

Jens Petter Wold, Katinka Dankel og Åge Oterhals

Avdeling:

Råvare og prosess, Ernæring og førteteknologi

Oppdragsgiver:

FHF

Eksternt prosjektnummer/Oppdragsgivers ref.:

901619 / Lorena Gallart Jomet

Stikkord:

Restråstoff, hvitfiskmel, NIR-analyse, vann, protein, fett

Sammendrag/anbefalinger:

Nær-infrarød spektroskopi (NIR) er evaluert som metode for rask måling av vann, protein og fett i fiskemel, der tanken er at målingene skal kunne gjøres ombord i fabrikktrålere. 70 prøver av mel fra tre ulike båter ble samlet inn og brukt til å kalibrere to ulike NIR instrumenter: Et laboratorieinstrument og et håndholdt instrument.

Resultatene viser at det er mulig å bestemme innholdet av vann, fett og protein med nøyaktigheter på hhv. $\pm 0,27$, $\pm 0,34$ og $\pm 1,05$ %-poeng med lab-instrumentet. Det håndholdte instrumentet var noe mindre nøyaktig, men kan likevel være hensiktsmessig i praktisk bruk. Resultatene indikerer også at NIR er robust med tanke på variasjoner i råstoffet til melet.

Det finnes en rekke ulike NIR-instrumenter på markedet: Systemer som kan brukes på lab, instrumenter som kan måle direkte på produktstrømmen (in-line), og håndholdte varianter. Det er sannsynlig at man kan finne varianter som vil egne seg godt til å dekke behovet i en fabrikktråler. Betraktninger rundt plassering og bruk av et in-line instrument er gitt i rapporten.

English summary/recommendation:

Near-infrared spectroscopy (NIR) has been evaluated as a method for rapid measurement of water, protein and fat in whitefish meal produced on factory trawlers. 70 samples of flour were used to calibrate two different NIR instruments: a laboratory instrument and a handheld instrument. It is possible to determine the content of water, fat, and protein with accuracies of ± 0.27 , ± 0.34 and ± 1.05 % points with the lab instrument. The handheld instrument was somewhat less accurate but may still be appropriate in practical use.

There are several different NIR instruments on the market: systems that can be used in the lab, instruments that can measure directly on the product flow (in-line), and handheld variants. It is likely that one can find variants that will be well suited to cover the need in a factory trawler. Considerations related to the placement and use of an in-line instrument are given in the report.

Innhold

1	Innledning	5
2	Eksperimentelt	1
2.1	Melprøver	1
2.2	Kjemiske analyser	1
2.3	NIR-målinger	1
2.4	Validering av kalibreringer	1
3	Resultater og diskusjon	3
3.1	Rådata	3
3.2	Kalibreringsresultater	5
3.3	Plassering av NIR-instrument om bord i fabrikktråler	8
4	Konklusjon	10
5	Referanser	11
6	Vedlegg	i

1 Innledning

Full utnyttelse av restråstoff på land og hav er et viktig tiltak for å øke verdiskapingen i hvitfisknæringen. Basert på statistikk for 2021 er det fortsatt 140 000 tonn med restråstoff fra hvitfiskindustrien som ikke utnyttes (Myhre et al., 2022). En stor andel av dette stammer fra den havgående flåten, der 77 000 tonn (69 %) av totalt 111 000 tonn ikke utnyttes. Til sammenligning er det fra kystflåten 68 000 tonn (33 %) av totalt 205 000 tonn som ikke utnyttes. For restråstoff levert på landanlegg finnes det i dag etablerte verdikjeder basert på anvendelse av hoder, rogn, melke, lever, kjaker, skinn etc., eller innen fremstilling av ensilasje, fiskemel, hydrolysat og olje. I den havgående flåten er produksjon av fiskemel og olje en av mulighetene for full utnyttelse av restråstoffet. Flere båter har installert denne type prosessanlegg ombord, men det har vist seg vanskelig å oppnå en stabil produksjon av mel med ønsket proteininnhold. I tillegg er det utfordringer knyttet til både mikrobiell og sensorisk kvalitet på produktet. For å øke lønnsomheten i produksjon av fiskemel og fiskeolje kan produksjonsprosessene forbedres og dokumenteres, slik at fiskemel får en homogen og stabil kvalitet med høyest mulig proteininnhold gjennom hele året. Med styring av produksjon og kvalitet kan næringen differensiere sine produkter av hvitfiskmel til de ulike markedene.

I løpet av en tur på 4 uker vil det kunne være stor variasjon i sammensetning på restråstoffet avhengig av sammensetning på fangstene. Dette vil kunne gi uønsket stor variasjon i protein- og fettinnholdet i melet. Fuktnivå i melet etter tørke er en viktig styringsparameter som påvirker både proteinkvalitet og nivå på protein/fett. For å fange opp denne variasjonen vil det være nødvendig å etablere en effektiv teknikk om bord i båtene for måling av vann-, protein- og fettinnhold i produsert mel. Nær-infrarød (NIR) spektroskopi er en etablert teknikk for slik anvendelse innen fiskemel- og annen prosessindustri. Etablering av slik måleteknikk på industritrålerne vil muliggjøre bedre styring av tørkeprosessen, gi et godt bilde av gjennomsnittlig proteininnhold i et gitt melparti på dagsilo før sekking, og muliggjøre en kvalitetssikring og grovsortering av produsert mel ombord i båten.

NIR-spektroskopi kan i dag tas i bruk på ulike måter i en prosess. Man kan bruke at-line instrumenter, typiske laboratorieinstrumenter, for å måle på prøver som tas ut av prosessen. Man kan bruke in-line systemer som måler på selve produktstrømmen, noe som gir mulighet for styring og optimalisering av prosessen. De siste årene har håndholdte NIR-instrumenter blitt mer og mer tilgjengelige. Slike instrumenter kan gi økt fleksibilitet, alt ettersom hvilke behov man har.

Rapporten er en del-leveranse i prosjektet «Økt verdiskapning og standardisering av hvitfiskmel fremstilt basert på restråstoff om bord i norske fabrikktrålere» (FHF prosjekt 901619), og omhandler etablering av kalibreringer for protein, fett og vann basert på NIR-målinger. Analysene er gjennomført basert på utvalgte melprøver innhentet fra samarbeidspartnerne i prosjektet. To ulike instrumenter er testet ut, et laboratorieinstrument og et håndholdt NIR instrument. Kalibreringene er vurdert blant annet basert på et uavhengig sett med prøver. Rapporten gir også anbefalinger for plassering av et NIR-instrument i melanlegg om bord i tråler.

2 Eksperimentelt

2.1 Melprøver

Prøver av hvitfiskmel ble tatt ut under sekking på industritrålerne Granit, Ramoen og Havstrand. Totalt ble 70 melprøver, fremstilt basert på restråstoff fra torsk, sei, hyse og rødfisk, analysert for vann/tørrestoff, protein og fett. De tre båtene har tilnærmet samme prosessoppsett bestående av koker, presse, dekanter/separator og indirekte damptørke. Ingen av båtene tar vare på limvannet i prosessen. Granit og Ramoen produserer filet, mens Havstrand produserer hodekappet og sløyd fisk (HG). Dette gir noe forskjell i sammensetning på restråstoffet i form av høyere andel slo i mel fra Havstrand. Prøvene ble oppbevart på frys (-20 °C) inntil analyse.

Prøvene ble sendt frosne til Nofima på Ås. Her ble de oppbevart på -20 °C og tint i romtemperatur før NIR-analysene. Prøvene ble randomisert og målt over fire dager.

2.2 Kjemiske analyser

Vann ble analysert gravimetrisk etter tørking ved 103 °C i 4,5 timer (ISO 6496). Protein ble analysert basert på Dumas metode (ISO 16634-1). Fett ble analysert basert på Soxhlet ekstraksjon med syrehydrolyse (Commission Regulation (EC) No 152/2009).

2.3 NIR-målinger

To ulike NIR-instrumenter ble brukt. Et laboratorieinstrument av typen FOSS XDS Rapid Content Analyzer (FOSS Analytical, Hillerød, Danmark) (Figur 1a). I dette instrumentet blir prøvene målt i et mørkt kammer i 10 mL prøvekopper dekket med kvartsvindu. Spektra i området 400-2500 nm ble registrert.

Prøvene var ikke alltid helt homogene, og for å få representative målinger av hver melprøve ble det målt 3 paralleller fra hver prøve. Hver av disse parallellene ble målt to ganger. Gjennomsnittsspektrene fra disse målingene ble brukt i de videre analysene.

Det håndholdte instrumentet var av typen MicroNIR PAT-U (VIAVI Solutions, Eningen, Tyskland). Dette instrumentet måler i området 910-1680 nm. De samme parallellene som over ble målt på to måter:

- Instrument i kontakt med prøvene (3 målepunkter per parallell)
- Instrumentet ble brukt til å skanne overflata til hver parallell (Figur 1b). Tre skann ble gjort per parallell.

Hver enkeltmåling tok 1 sekund. Gjennomsnittsspektrene (fra både punktmålinger og skann) ble brukt i de videre analysene.

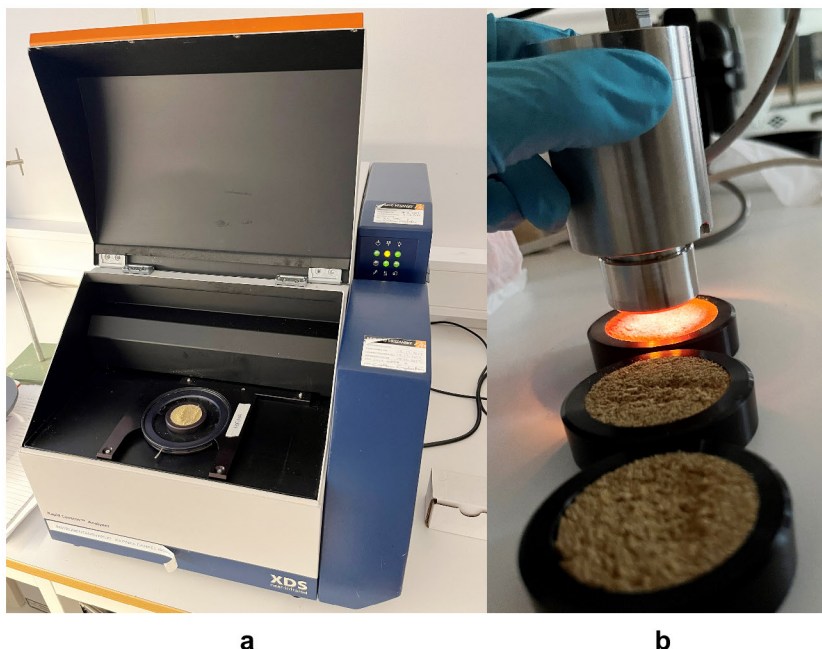
2.4 Validering av kalibreringer

Det er viktig å validere NIR kalibreringer med uavhengige prøver som ikke er en del av kalibreringsprøvene. Av de 70 prøvene vi hadde tilgjengelig ble 47 prøver brukt til å kalibrere instrumentene, mens de resterende 23 prøvene ble brukt som et uavhengig testsett for å validere modellene. De første 2/3 av prøvene som ble samlet fra hver båt ble brukt til kalibrering, mens de resterende prøvene ble brukt som testsett.

Vi har også sett på kalibreringer der alle 70 prøver inngår, der modellene valideres med såkalt kryssvalidering der 7 prøver tas ut av gangen.

Før kalibrering ble NIR spektrene normalisert for å fjerne uønsket variasjon som ikke bidrar med informasjon. Dette ble gjort med den såkalte Standard Normal Variate (SNV)-metoden som består i å subtrahere hvert spektrum med sitt eget gjennomsnitt og dele det med sitt eget standardavvik. Etter SNV vil hvert spektrum ha et gjennomsnitt på 0 og et standardavvik på 1.

Kalibrering ble gjort ved å bruke multivariat regresjon, *partial least squares* regresjon (PLSR).



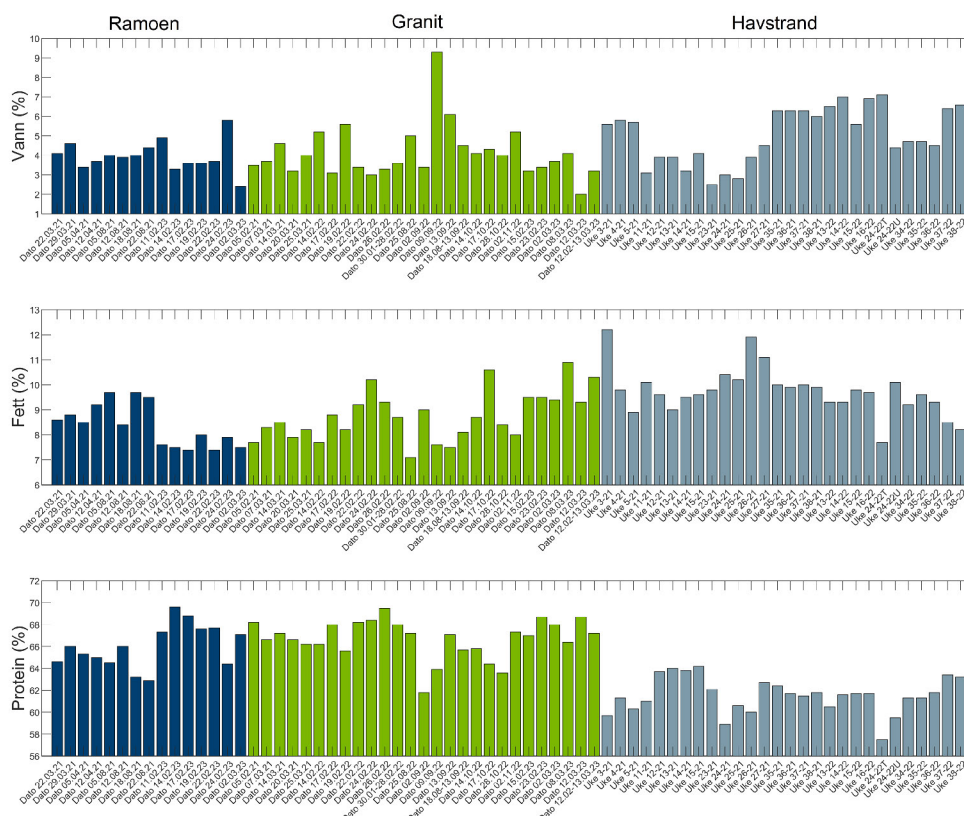
Figur 1 Bilder av de to NIR-instrumentene som ble brukt: a) laboratorieinstrument med melprøve på plass, b) håndholdt instrument som måler på kyvetter med fiskemel

3 Resultater og diskusjon

3.1 Rådata

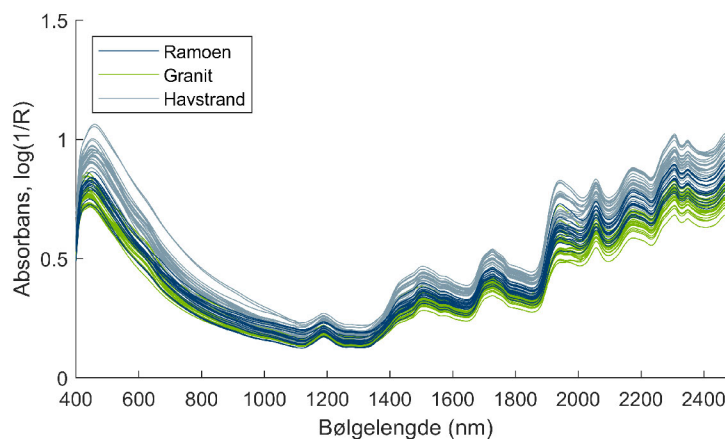
Vanninnholdet i prøvene varierte i området 2-9 %, fett i området 7-12 % og protein i området 57-70 % (Figur 2). Mel fra båten Havstrand hold jevnt over lavere proteininnhold enn mel fra de to andre båtene.

Totalt sett var det en jevn fordeling av prøver mellom de kjemiske ytterpunktene, og dermed et godt grunnlag for å lage kalibreringer.



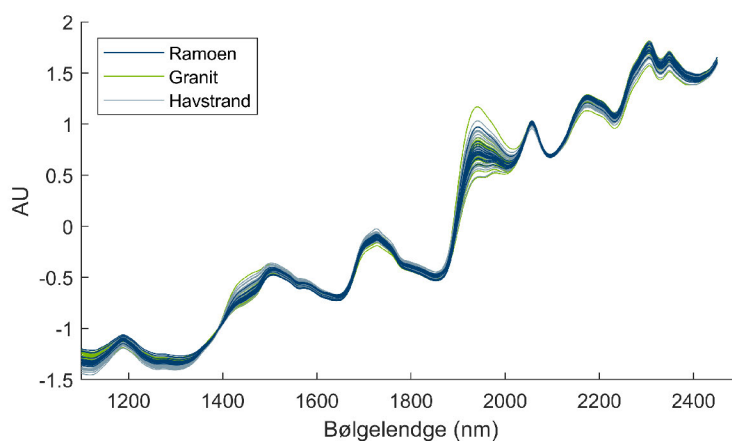
Figur 2 Fordelingen av vann, fett og protein i alle de 70 prøvene fra de tre båtene

Figur 3 viser absorpsjonsspektra fra alle 70 prøver, inkludert det synlige området (400-780 nm) som beskriver farge, målt med laboratorieinstrumentet. Man kan merke seg at det er en systematisk forskjell i nivåene på spektrene. Dette kommer trolig av ulik oppmalingsgrad. Trolig er prøvene fra Havstrand noe mer finmalt enn de andre. Forskjellen kan også komme av at det inngår mer slo i disse prøvene.



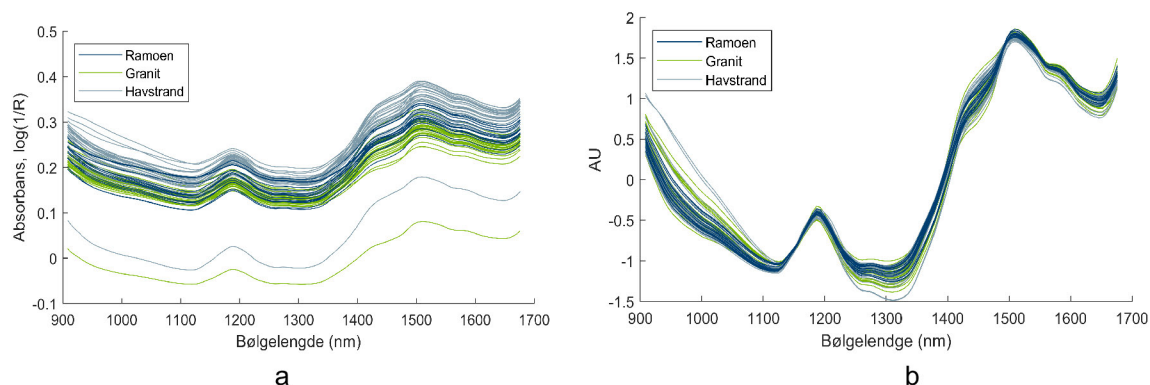
Figur 3 Råspektre fra laboratorieinstrumentet på alle de 70 prøvene fra de tre båtene

Figur 4 viser de samme spektrene som i Figur 3, men det synlige området (400-780 nm) er fjernet. I tillegg er spektrene normalisert med SNV. Det fremgår nå tydeligere hvilke områder i spektrene som inneholder kjemisk informasjon om fett, vann og protein. Disse spektrene er grunnlag for kalibreringene.



Figur 4 Normaliserte spektre fra laboratorieinstrumentet på alle de 70 prøvene fra de tre båtene, hvor det synlige området er fjernet

Figur 5 viser tilsvarende spektra fra det håndholdte instrumentet. Den samme trenden kan sees her, der spektra fra Havstrand ligger noe høyere.



Figur 5 Råspektra (a) og normaliserte spektre (b) fra håndholdt NIR-instrument ved kontaktmålinger på alle de 70 prøvene fra de tre båtene

3.2 Kalibreringsresultater

Tabell 1 viser en oversikt over kalibreringsresultatene. Resultater er vist for laboratorieinstrumentet (FOSS XDS) og for det håndholdte instrumentet (MicroNIR), både ved kontaktmålinger og der prøvene ble skannet med en avstand på ca. 5 mm.

#Komponenter angir hvor mange komponenter som brukes i kalibreringen og er et mål på kompleksitet. Jo flere komponenter, desto mer kompleks kalibrering. R^2_{CV} angir kvadrert korrelasjon mellom estimerte verdier og de målte referanseverdiene for de kryssvaliderte kalibreringsmodellene. Her ønsker vi en høyest mulig verdi opp mot 1. $RMSE_{CV}$ er estimert prediksjonsfeil for kalibreringen. Grovt sett kan vi si at prediksjonsfeilen med stor sannsynlighet vil ligge innenfor $\pm 1 RMSE_{CV}$ og denne feilen bør være så lav som mulig.

R^2_{Pred} og $RMSE_{Pred}$ angir de samme målene når kalibreringene brukes til å estimere de nye og uavhengige prøvene fra testsettet. Siden de samme prøvene er brukt for alle målemetoder så kan resultatene sammenliknes direkte.

Tabell 1 Oversikt over kalibreringsresultater (skravert brunt) med tilhørende uavhengig testsett (skravert grønt)

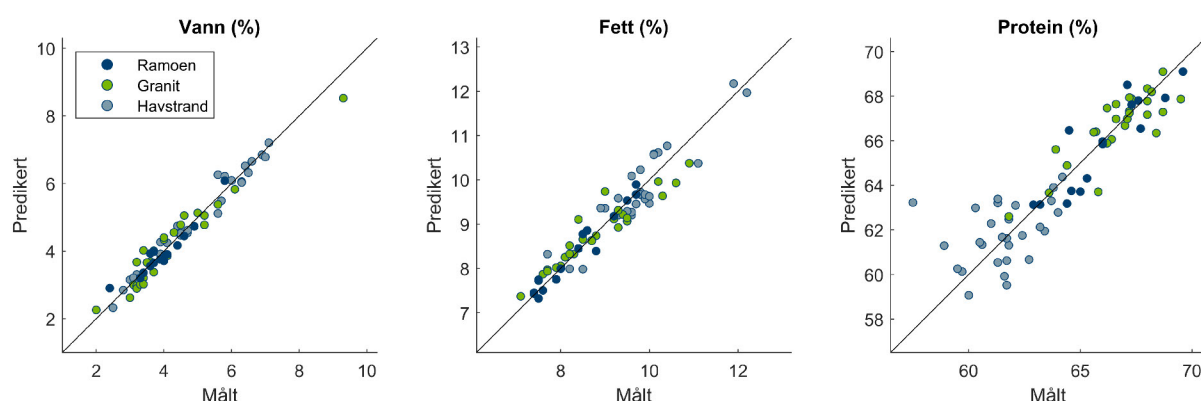
Instrument - Målemetode	Analytt	#Komponenter	R^2_{CV}	$RMSE_{CV}$	R^2_{Pred}	$RMSE_{Pred}$
FOSS XDS	Vann	5	0,96	0,28 %	0,95	0,27 %
FOSS XDS	Fett	3	0,89	0,36 %	0,91	0,34 %
FOSS XDS	Protein	6	0,76	1,50 %	0,87	1,05 %
VIAVI MicroNIR - Kontakt	Vann	2	0,93	0,37 %	0,70	0,96 %
VIAVI MicroNIR - Kontakt	Fett	6	0,84	0,45 %	0,88	0,39 %
VIAVI MicroNIR - Kontakt	Protein	7	0,83	1,25 %	0,86	1,16 %
VIAVI MicroNIR - Skanning	Vann	2	0,93	0,38 %	0,70	0,94 %
VIAVI MicroNIR - Skanning	Fett	7	0,83	0,85 %	0,85	0,42 %
VIAVI MicroNIR - Skanning	Protein	7	0,82	1,30 %	0,79	1,42 %

Alle metoder gir gode kalibreringer for vanninnhold. Laboratorieinstrumentet (FOSS XDS) gir noe bedre resultater, med høyere R^2 og lavere $RMSE_{CV}$. Dette instrumentet estimerer også testsettet absolutt best. Det samme gjelder for fett.

Modellene for protein er mindre nøyaktige og her er det ikke like opplagt at FOSS XDS er bedre.

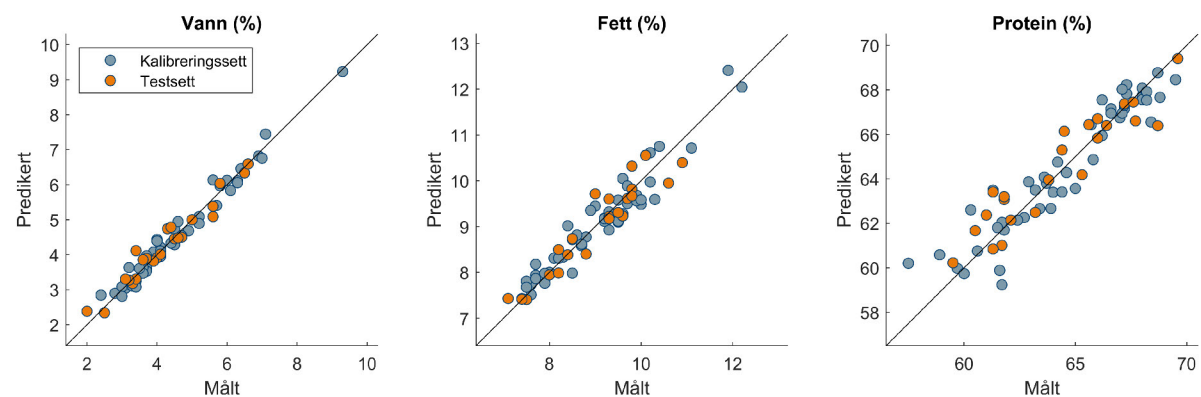
Det er forventet at laboratorieinstrumentet gir noe bedre resultater enn det håndholdte, siden betingelsene for å få gode målinger uten støy er bedre. Men det håndholdte instrumentet (MicroNIR) gir såpass gode resultater at det absolutt kan vurderes brukt, avhengig av behovene på en båt.

Figur 6 viser såkalte prediksjonsplott for vann, fett og protein basert på kryssvalidering. X-aksen viser referanseverdiene målt på lab, mens y-aksen viser de predikerte verdiene basert på NIR. Jo tettere langs den skrå «target line» punktene ligger, jo mer nøyaktige er modellene. Her er kalibreringene kryssvalidert og angir prøver fra ulike båter.



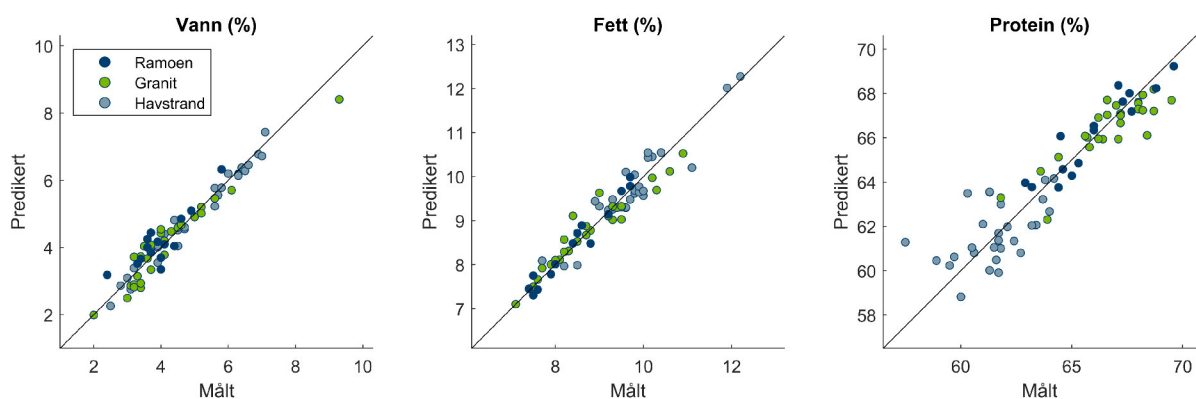
Figur 6 Predikert vs. målt vann, fett og protein basert på NIR-målinger med FOSS XDS. Kryssvalidert.

Figur 7 viser tilsvarende der vi har brukt 2/3 av prøvene til kalibrering (de blå) og 1/3 til testsett (de oransje). Det er verdt å merke seg at resultatene på testprøvene er gode, de blir estimert med god nøyaktighet for fett og vann, men litt dårligere for protein.



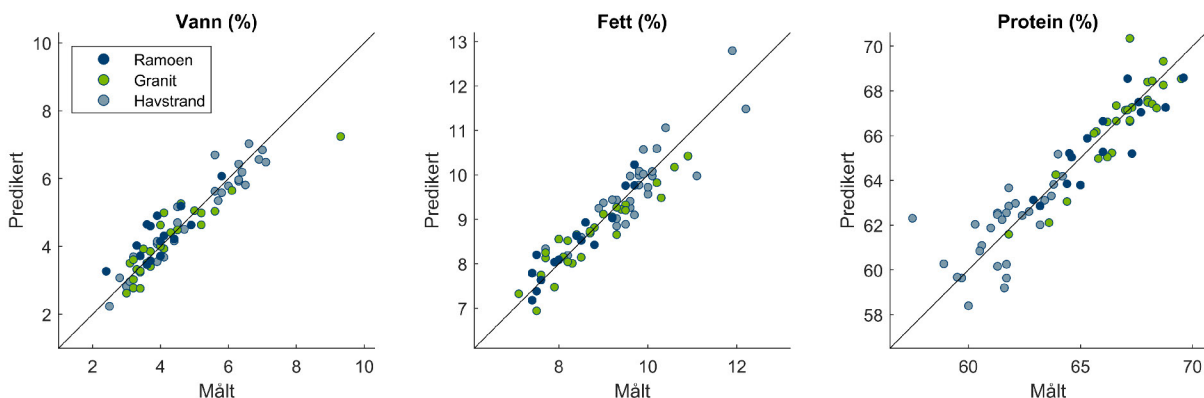
Figur 7 Predikert vs. målt vann, fett og protein basert på NIR-målinger med FOSS XDS. Separat kalibrerings- og testsett (hhv. blå og oransje punkter).

For å undersøke hvor robuste kalibreringene er for ulikt råstoff og ulike prosesser, viser vi også resultater for hva som skjer dersom man lager kalibreringene basert på prøver fra to av båtene og anvender prøver fra den tredje båten som testsett. Resultatene for dette er vist i Figur 8, der vi kan se at resultatene blir omtrent de samme som i Figur 6 og Figur 7. Dette indikerer at NIR er robust med tanke på variasjoner i råstoff. Det er uansett å anbefale å basere kalibreringene på prøver fra ulike båter og ulikt råstoff for at de skal virke bra på ulike typer mel.

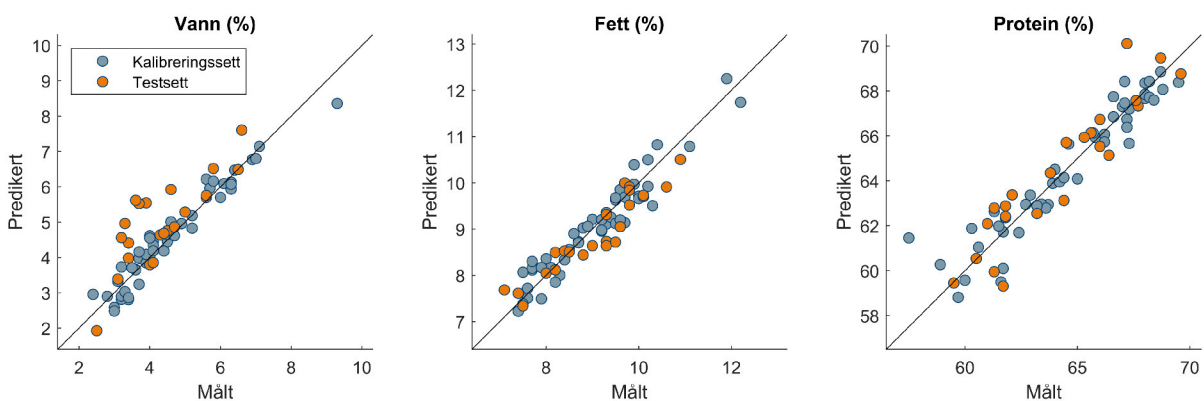


Figur 8 Predikert vs. målt vann, fett og protein basert på NIR-målinger med FOSS XDS. Dette er kryssvaliderte resultater der alle prøver fra en og samme båt tas ut av gangen.

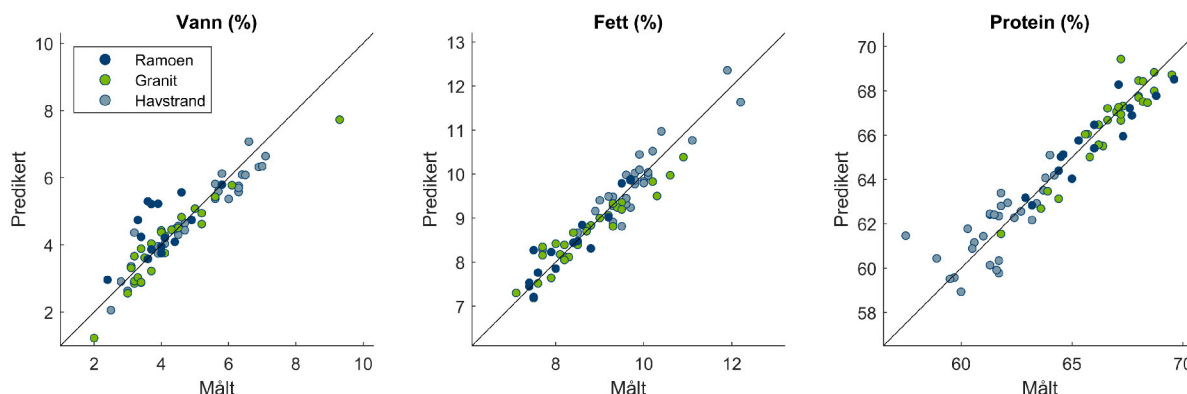
Resultatene i figurene Figur 9-11 viser de korresponderende resultatene basert på det håndholdte instrumentet (MicroNIR). Som det fremgår av Tabell 1, er nøyaktigheten på disse kalibreringene noe lavere, men alt i alt er dette også en teknologi som kan fungere bra nok.



Figur 9 Predikert vs. målt vann, fett og protein basert MicroNIR. Kryssvalidert med 10 segmenter.



Figur 10 Predikert vs. målt vann, fett og protein basert på MicroNIR. Separat kalibrerings- og testsett (hhv. blå og oransje punkter).



Figur 11 Prediktert vs. målt vann, fett og protein basert på MicroNIR. Dette er kryssvaliderte resultater der alle prøver fra en og samme båt tas ut av gangen.

Resultatene vi har oppnådd i dette arbeidet tyder på at NIR spektroskopi vil være godt egnet til raske og ikke-destruktive målinger av vann, fett og protein i hvitfiskmel produsert om bord i industritråler. Metoden fungerer best på vann og fett, mens for protein har vi en noe høyere prediksjonsfeil. Prediksjonsfeilene er lave i forhold til spennet i vann, fett og protein i fiskemelet. Man må uansett vurdere om denne nøyaktigheten er god nok til formålet.

Vi har også vist at ulike NIR-teknologier kan fungere. Det finnes en rekke ulike typer NIR-instrumenter på markedet, og man bør velge et system som passer best til de behovene man har om bord. Slike systemer kan variere mye i pris. Det håndholdte MicroNIR instrumentet koster rundt 200 000 NOK. Et bra NIR-instrument for rutinemålinger på laboratorier vil typisk koste rundt 400 000 NOK. Gode in-line instrumenter som måler direkte på produktstrømmen kan kjøpes til rundt 350 000 NOK. Man kan kjøpe små NIR-instrumenter i prissegmentet 3 000 – 10 000 kr, men disse anbefales ikke til seriøse rutinemålinger.

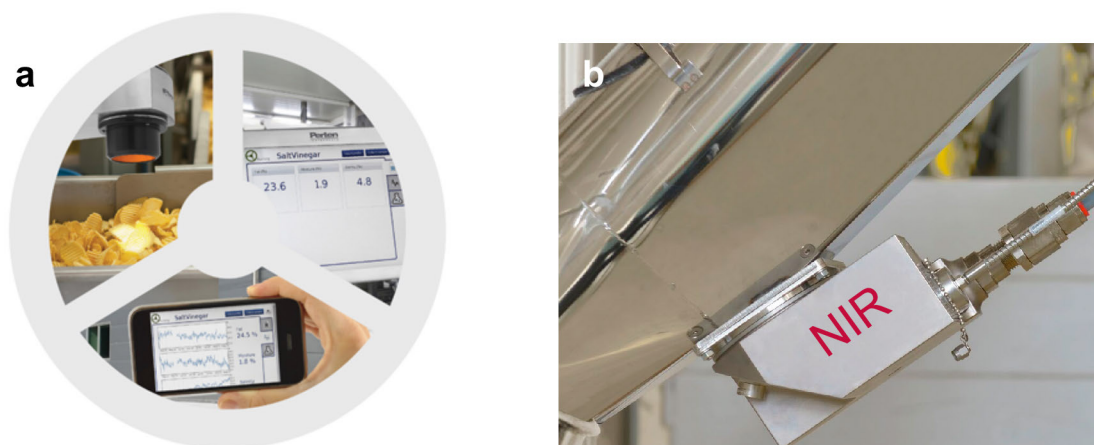
En kostnad med NIR-instrumenter er at de må kalibreres. Det vil si at man må gjøre det som er gjort i dette arbeidet: Samle inn prøver med stor og relevant variasjon i kjemisk sammensetning. Man må så måle prøvene med det aktuelle NIR-instrumentet, gjøre referansemålinger basert på våtkjemiske analyser og deretter lage kalibreringene. Det kan hende at enkelte instrumentleverandører har ferdige kalibreringer som kan egne seg til måling av vann, fett og protein i fiskemel. Da kan man ta utgangspunkt i disse. Dersom det må lages nye kalibreringer, er det en fordel at flere båter går sammen om dette for å redusere kostnaden, da alle båtene kan bruke de samme kalibreringene (dersom de også har samme instrumenter). En første kalibrering bør basere seg på minst 100 prøver. Det er så fornuftig å oppdatere denne jevnlig ved at man referansemåler nye prøver som så legges inn i kalibreringen. Båtene tar rutinemessig ut prøver som sendes til analyse for vann/tørrestoff, protein og fett. Gjennom samordning av prøver og analyser fra flere båter vil kostnaden ved å videreutvikle og vedlikeholde en NIR-kalibrering for hvitfiskmel kunne holdes relativt lave.

3.3 Plassering av NIR-instrument om bord i fabrikktråler

Alle prøver anvendt i kalibrering av NIR-instrument beskrevet i denne rapporten representerer enten stikkprøver tatt ved sekking av mel eller et gjennomsnitt av flere prøver tatt ut over tid. Alle prøver er i tillegg tatt ut etter dagsilo og representerer dermed et gjennomsnitt av produksjonen over noen timer. Dersom et NIR-instrument skal komme til nytte om bord i en fabrikktråler, bør det fortrinnsvis kunne anvendes til å følge prosessen direkte (in-line), dvs. baseres på prøver tatt fra produktstrøm etter tørke og før dagsilo. Primært vil dette muliggjøre en bedre styring av tørken og vannprosent i melet. Prøver analysert i denne rapporten viser at vanninnholdet varierer betydelig over tid (2-9 %; Figur 2) og det kan

forventes enda høyere variasjon rett etter tørke. Vanninnholdet ligger delvis lavt og under det som anvendes som et normalområde for fiskemel (6-10 % vann). For lavt vanninnhold vil øke risikoen for varmeskade på proteinet med redusert proteinkvalitet. Dette er kjent og dokumentert for fiskemel fremstilt basert på pelagisk råstoff ved landbaserte anlegg, men oss bekjent ikke dokumentert for hvitfiskmel tatt ut fra kommersielle anlegg om bord i fabrikktrålere. For et mel med 65 % protein vil én prosent reduksjon av vann øke proteininnholdet med 0,66 %. Proteininnhold inngår i prising av fiskemel, og god prosesskontroll vil kunne gi et positivt bidrag til inntjeningen. Tilsvarende kan også sies om fettinnholdet i melet, men her vil økt oljeutbytte komme i tillegg. Proteininnholdet i melet er direkte avhengig av råstoff sammensetning, mens fettinnholdet også påvirkes av råstoffbehandling i tillegg til koker- og pressetrinnet. In-line måling av fettinnhold i melet vil kunne gi nye muligheter for å optimalisere fettseparasjonen i prosessen.

To prinsipper for transport av mel mellom tørke og dagsilo er i bruk i industrien; pneumatisk transport og skruetransportør. For å få en homogen prøve bør et in-line NIR-instrument plasseres etter mølle. Basert på våre erfaringer med aktuelle prosessanlegg, vil det være mulig å hente ut en sidestrøm av mel fra sykron rett før innløp på dagsilo. Det finnes kommersielt tilgjengelige systemer for dette der melet passerer en skanner som kontinuerlig overvåker NIR-spekteret til produktstrømmen og automatisk overfører disse data til datamaskin for beregning av kjemisk sammensetning. Eksempler på et slikt oppsett er vist i Figur 12.



Figur 12 In-line NIR måling av potetchips på transportbånd (a) og av mel fra mølle i et rør (b)

4 Konklusjon

Nær-infrarød spektroskopi (NIR) er evaluert som en metode for rask måling av vann, protein og fett i hvitfiskmel, der tanken er at målingene skal kunne gjøres om bord i fabrikktrålere.

Resultatene viser at det er mulig å bestemme innholdet av vann, fett og protein med nøyaktigheter på hhv. $\pm 0,27$, $\pm 0,34$ og $\pm 1,05$ %-poeng med et NIR laboratorieinstrument. Et håndholdt NIR instrument var noe mindre nøyaktig, men kan likevel være hensiktsmessig i praktisk bruk. Resultatene indikerer også at NIR er robust med tanke på variasjoner i råstoff til melet.

Med tanke på den kjemiske variasjonen man har i fiskemel, ser det ut til at nøyaktigheten som oppnås med NIR er god nok til kvalitetsdokumentasjon og eventuell styring og optimering av produksjonsprosessen.

Det finnes en rekke ulike NIR-instrumenter på markedet: Systemer som kan brukes på laboratorier, instrumenter som kan måle direkte på produktstrømmen (in-line) og håndholdte varianter. Det er sannsynlig at man kan finne et instrument som vil dekke behovene i en fabrikktråler. En fordel med in-line måling av vanninnhold er at det kan brukes til å styre tørkeprosessen. Dette anvendes på landbaserte fabrikker. In-line måling av fettinnholdet kan brukes som indikator på at råstoffbehandling og koker-presse kjøres optimalt, og kan anvendes til å forbedre fettseparasjon i prosessen. Indirekte vil dette også gi bedre kontroll på proteininnholdet i melet.

5 Referanser

Commission Regulation (EC) No 152/2009 of 27 January 2009 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of feed Off. J. Eur. Communities L 54.

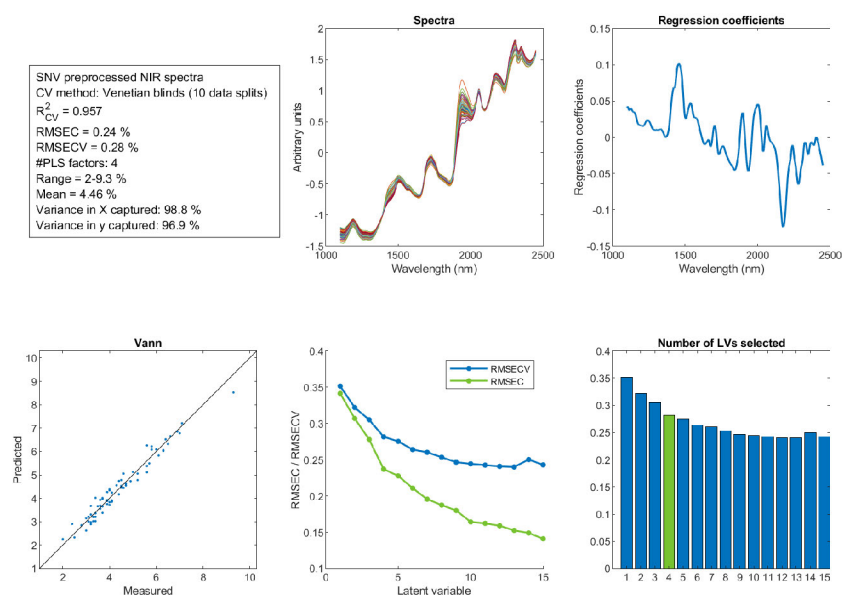
ISO 6496 (1999). Animal feeding stuffs - Determination of moisture and volatile matter content. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 16634-1 (2008). Food products - Determination of the total nitrogen content by combustion according to the Dumas principle and calculation of the crude protein content — Part 1: Oilseeds and animal feeding stuffs. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

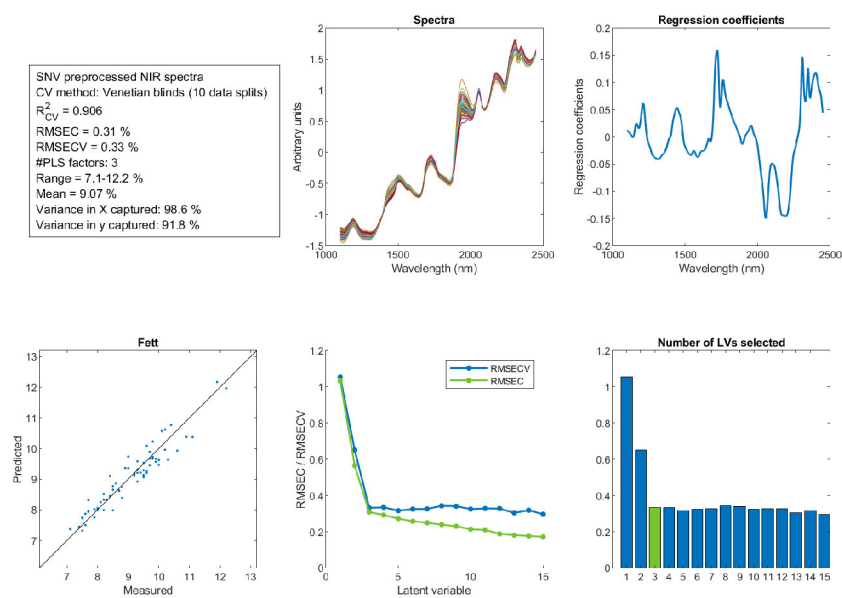
Myhre, M., Richardsen, R., Nystøyl, R., Strandheim, G. (2022). Analyse marint restråstoff 2021.

Tilgjengelighet og anvendelse av marint restråstoff i fra norsk fiskeri- og havbruksnæring. Sintef rapport 2022:00501.

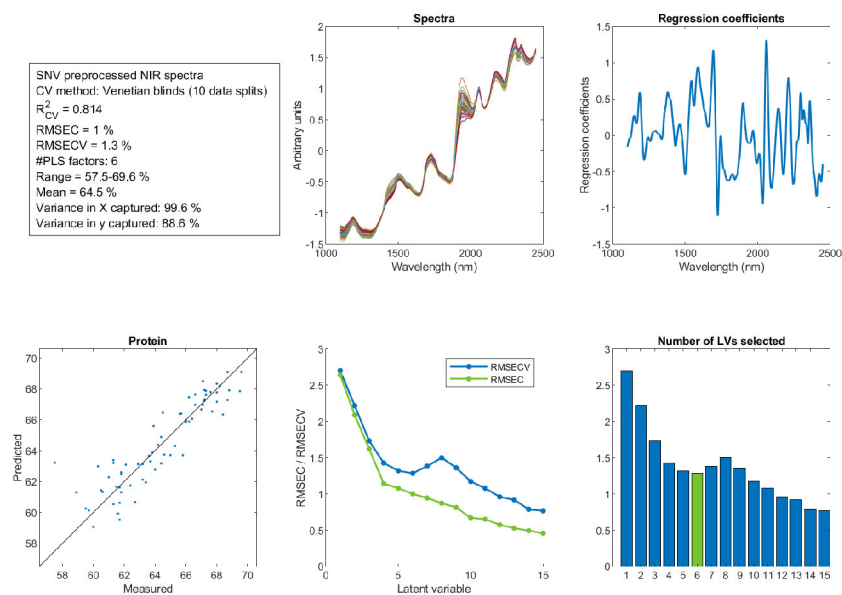
6 Vedlegg



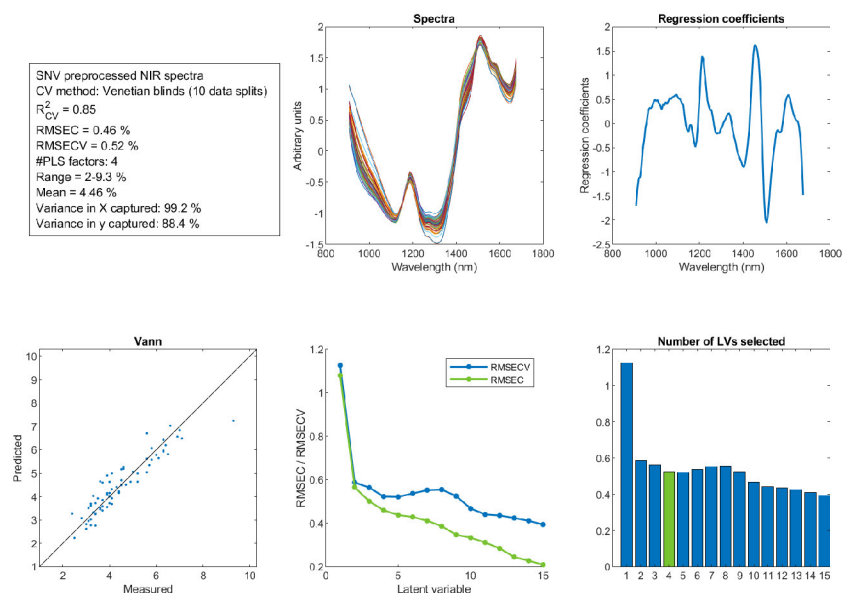
Figur 13 Kalibreringsdetaljer for vannmodellen basert på spektre fra FOSS XDS



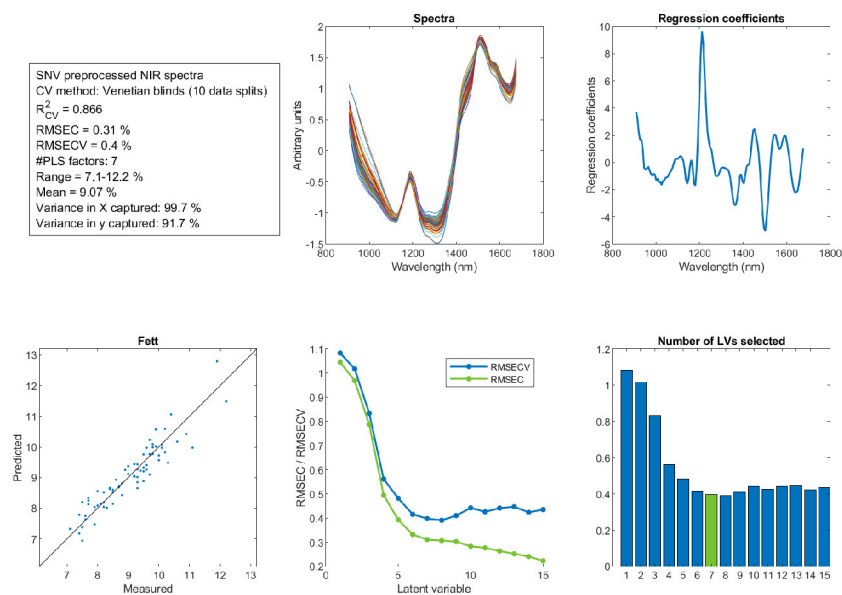
Figur 14 Kalibreringsdetaljer for fettmodellen basert på spektre fra FOSS XDS



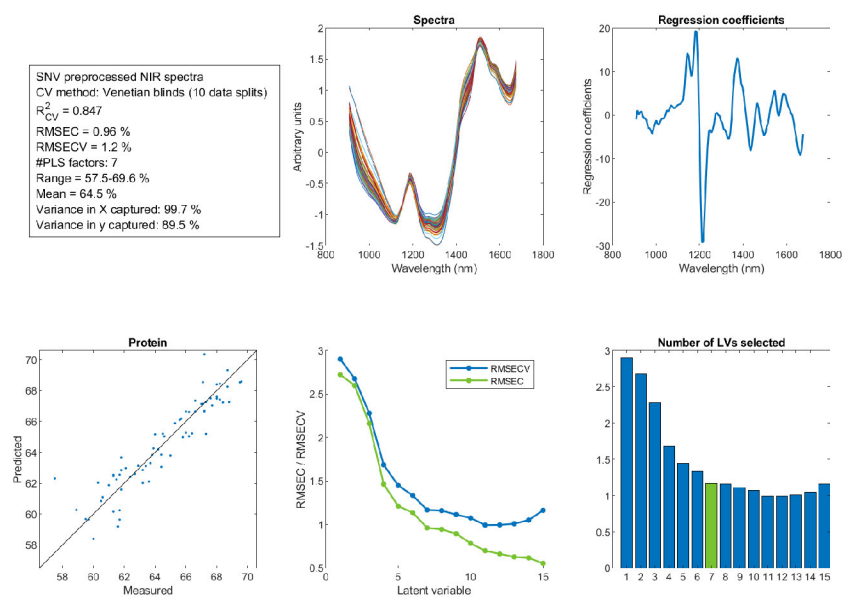
Figur 15 Kalibreringsdetaljer for proteinmodellen basert på spektr fra FOSS XDS



Figur 16 Kalibreringsdetaljer for vannmodellen basert på spektr fra MicroNIR



Figur 17 Kalibreringsdetaljer for fettmodellen basert på spektre fra MicroNIR



Figur 18 Kalibreringsdetaljer for proteinmodellen basert på spektre fra MicroNIR