



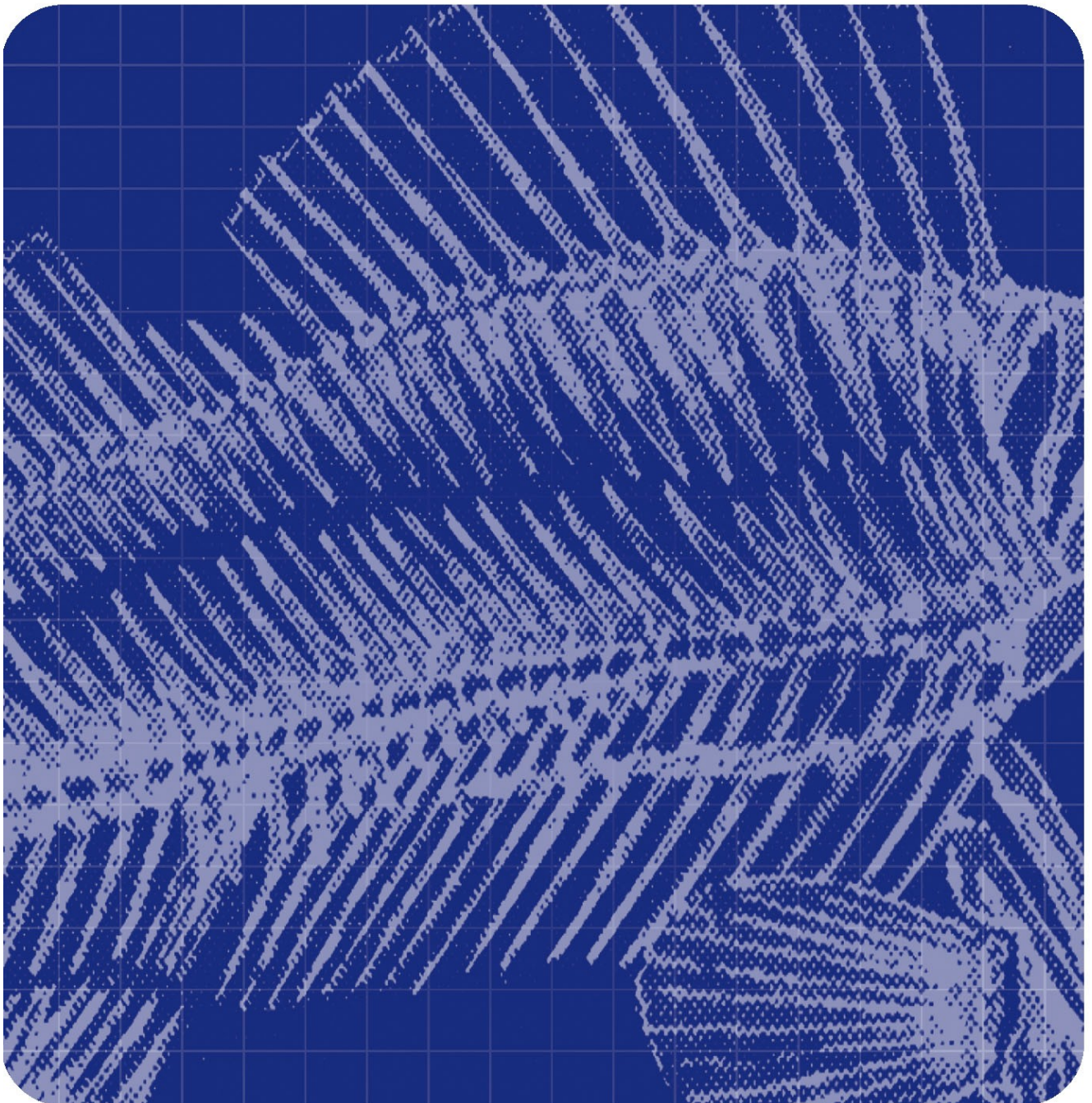
Fiskeriforskning

RAPPORT 12/2006 • Utgitt mars 2006

On-line sortering av filet

Anvendelse av avbildende spektroskopi

Agnar H. Sivertsen, Karsten Heia og Heidi Nilsen





Norut Gruppen er et konsern for anvendt forskning og utvikling og består av morselskap og seks datterselskaper. Konsernet ble etablert i 1992 – fundamentert på daværende FORUTs fire avdelinger og Fiskeriforskning.

Konsernet består i dag av følgende selskaper:

Fiskeriforskning, Tromsø

Norut IT, Tromsø

Norut Samfunnsforskning, Tromsø

Norut Medisin og Helse, Tromsø

Norut Teknologi, Narvik

Norut NIBR Finnmark, Alta

Konsernet har til sammen vel 240 ansatte.



Fiskeriforskning (Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning AS) utfører forskning og utvikling for fiskeri- og havbruksnæringen.

Gjennom strategisk næringsrettet forskning og utviklingsarbeid, i samarbeid med næringsaktører og det offentlige, skal Fiskeriforskningens arbeid bidra til utvikling av

- etterspurt sjømat
- aktuelle oppdrettsarter
- bioteknologiske produkter
- teknologiske løsninger
- konkurransedyktige foretak

Fiskeriforskning har ca. 160 ansatte fordelt på Tromsø (110) og Bergen (50). Fiskeriforskning har velutstyrte laboratorier og forsøksanlegg i Tromsø og Bergen.

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9-13

Postboks 6122

N-9291 Tromsø

Telefon: 77 62 90 00

Telefaks: 77 62 91 00

E-post: post@fiskeriforskning.no

Avdelingskontor Bergen:

Kjerreidviken 16

N-5141 Fyllingsdalen

Telefon: 55 50 12 00

Telefaks: 55 50 12 99

E-post: office@fiskeriforskning.no

Internett: www.fiskeriforskning.no

RAPPORT

ISBN-13 978-82-7251-586-6
ISBN-10 82-7251-586-5

Rapportnr:
12/2006

Tilgjengelighet:
Åpen

Tittel:

On-line sortering av filet

Dato:

23.03.06

Anvendelse av avbildende spektroskopi

Antall sider og bilag:

20

Forskningssjef:

Even Stenberg

Forfatter(e):

Agnar H. Sivertsen, Karsten Heia og Heidi Nilsen

Prosjektnr.:

20121

Oppdragsgiver:

Grunnbevilgning Fiskeriforskning

Oppdragsgivers ref.:

Tre stikkord:

Avbildende spektroskopi, segmentering, ferskhet

Sammendrag: (maks 200 ord)

Avbildende spektroskopi er en relativ ny måleteknikk som har et stort potensial innenfor automatisk kvalitetskontroll av filet. Instrumenteringen er robust og er godt egnet for å operere i industrielle omgivelser. I dette arbeidet har vi sett på anvendelse av avbildende spektroskopi for on-line sortering av filet med hensyn på ferskhetsbestemmelse. Vi har knyttet sammen tidligere resultater for prediksjon av lagringstid ved bruk av VIS/NIR spektroskopi med on-line målinger fra avbildende spektroskopi og transmisjon. Resultatene viser at lagringstid på is for torsk kan predikeres med en midlere kvadratisk feil på 50 timer. Vi har utviklet en metode for automatisk segmentering; inndeling i tykkfisk, buk og spord, av filet. Metoden for segmentering er lovende, og i en test med 54 fileter ble kun fire fileter feilsegmentert.

English summary: (maks 100 ord)

The aim of this work was to evaluate imaging spectroscopy for fish freshness assessment as well as developing tools for segmentation of fillet data from the imaging spectrograph.

Results of the analysis show that the data from the imaging spectrograph are feasible for freshness analysis; storage time of cod can be determined with an average error value of 50 hours. The method is likely to be improved by instrumental adjustments as well as selection of optimal measurement location of the fillet.

The method for segmentation automatically generates information on the location of the different areas of the fillets; loin-, belly- and tail- area.

INNHold

1	Innledning	1
2	Målsetning	2
3	Teori	2
3.1	Avbildende spektroskopi	2
3.2	Segmentering	3
3.2.1	Lokalisering av filet	3
3.2.2	Skille mellom høyre- og venstrefilet.....	4
3.2.3	Overgang mellom buklapp og tykkfisk.....	5
3.3	Ferskhet	5
3.3.1	Transfleksjonsmåling med NIRS6500	5
3.3.2	Avbildende spektroskopi målinger - transmisjon	6
4	Resultater	7
4.1	Segmentering.....	7
4.1.1	Lokalisering av filet.....	7
4.1.2	Skille mellom høyre- og venstrefilet.....	8
4.1.3	Oppdeling av filet i tykkfisk, buklapp og spord.....	9
4.2	Ferskhet	12
4.2.1	Måling med spektrograf NIRS6500 – transfleksjon	12
4.2.2	Måling med avbildende spektrograf – transmisjon	14
5	Oppsummering og videre arbeid	18
6	Referanser	19

1 Innledning

Avbildende spektroskopi er en relativ ny avbildningsteknikk som kombinerer spektroskopi og tradisjonell avbildning. Den spektroskopiske avbildningen er tredimensjonal, der hvert piksel i bildet er representert med et spekter. Metoden egner seg derfor godt til å detektere eller kvantifisere effekter i fileten som både har en bestemt spektral signatur og romlig utstrekning, for eksempel kveis, blodflekker, svarthinne, kuttefeil og melaninflekker.

Ferskhets er en viktig kvalitetsparameter for å kunne vurdere anvendelse og egnethet av råstoff. Ved on-line sortering av fileten, vil det være nyttig å objektivt kunne bestemme alder/restholdbarhet på råstoffet. Dette både for å kunne kontrollere at råstoffet er i henhold til avtalt levering, og for eventuelt å kunne sortere filetene med hensyn på ferskhets. VIS/NIR (synlig/nær infrarød) spektroskopi har vist seg å være en egnet metode for påvisning av filetkvalitet, både med hensyn til om råstoffet har vært frossent (Bøknæs og andre, 2002) og med hensyn til ferskhets eller lagringstid på is (Nilsen og Esaiassen, 2005). Disse målingene har til nå vært gjort ved hjelp av en kontaktprobe, og metoden har derfor ikke vært egnet for on-line applikasjoner.

I dette arbeidet har vi overført tidligere resultater fra prediksjon av lagringstid av torsk på is til on-line målinger gjort med avbildende spektroskopi. Vi har gjennomført et lagringsforsøk med merdstått villfanget fisk. Fisken ble slaktet, sløyd og lagret på is i henholdsvis 0, 2, 4, 6, 7, 9, 12 og 14 dager. Fem fisk per uttak ble filetert, skinnnet og avbildet spektroskopisk ved bruk av transmisjon og transfleksjon. Resultatene viser en sterk korrelasjon mellom transmisjonsspektrene og lagringstiden, og den beste prediksjonen, med en RMSEP på 50 timer, ble oppnådd ved å bruke transmisjonsspektrene fra sporden. Vi har testet ulike målepunkter, fra og med spord og til og med tykkfisken, og resultatene viser at RMSEP er omvendt proporsjonal med filettykkelsen. Dette tyder på at signal til støyforholdet, som er størst der signalet er størst og fileten tynnere, påvirker prediksjonsresultatet.

Segmentering av filetbilder – det vil si inndeling av filetbildet i områder som tykkfisk, buk og spord - er viktig for alle on-line applikasjoner som baserer seg på avbildning. For automatisk prosessering av fileten er det viktig å kunne registrere hvor på fileten målingene er utført og i hvilke deler av fileten en eventuell feil finnes. Ved automatisk prediksjon av lagringstid på is er det viktig at spektrene som brukes er hentet fra samme området på fileten som ble brukt til å kalibrere regresjonsmodellen. For deteksjon av kveis, blodflekker, svarthinne og skinnrester (Heia og andre 2001) er det viktig å kunne si noe om betydningen til en deteksjon; eksempelvis vil en kveis detektert i tykkfisken anses som mer alvorlig enn en kveis detektert i bukklappen. Vi har utviklet en metode for automatisk segmentering av fileten i tykkfisk, buk og spord. Metoden er basert på transmisjonsbilder og resultatene er lovende. Av 54 fileter ble kun fire fileter feilsegmentert i vesentlig grad slik at utbytte/inntekt ville blitt påvirket dersom filetkutt hadde blitt utført etter den automatiske inndelingen.

2 Målsetning

Prosjektets to hovedmål er som følger:

- Overføre tidligere resultater på prediksjon av lagringstid ved hjelp av håndholdt VIS/NIR spektroskopi til on-line prediksjon ved hjelp av avbildende spektroskopi.
- Utvikle en metode for automatisk segmentering av filet i tykkfisk, buk og spord basert på de spektroskopiske avbildningene.

3 Teori

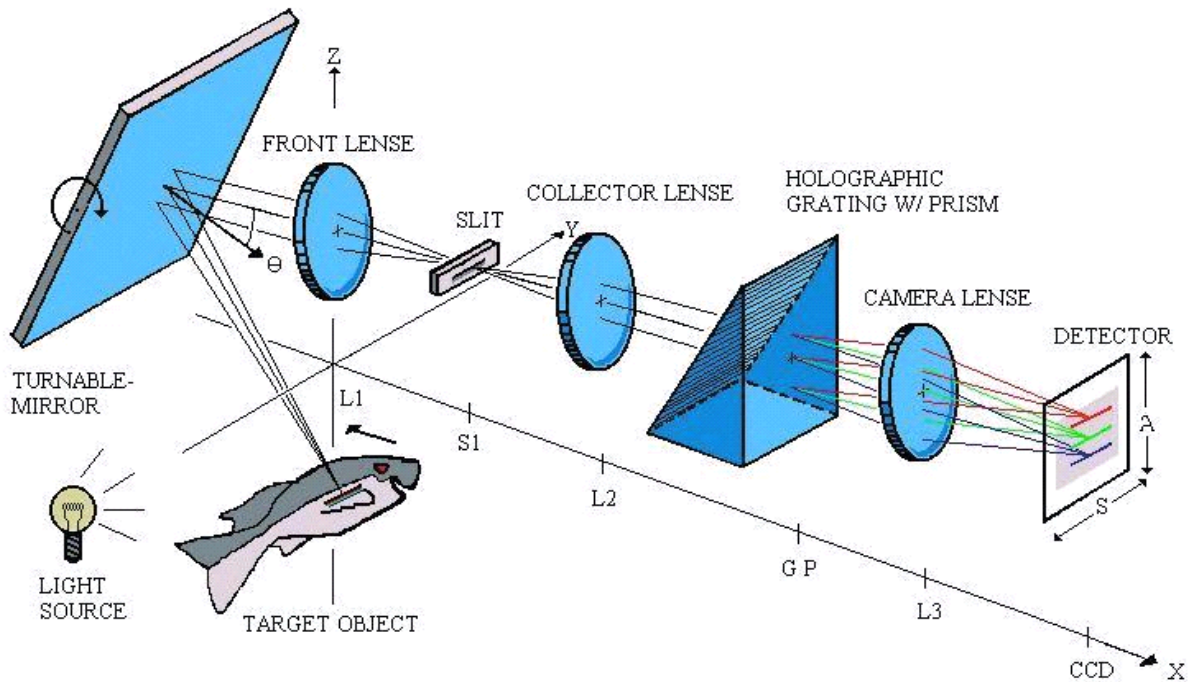
3.1 Avbildende spektroskopi

Avbildende spektroskopi er en relativ ny avbildningsteknikk som kombinerer spektroskopi og tradisjonell avbildning (Sigernes og andre 2000). De spektroskopiske avbildningene er tredimensjonale, der hvert piksel i bildet er representert med et spekter. Metoden egner seg derfor godt til å detektere eller kvantifisere effekter i filet som både har en bestemt spektral signatur og romlig utstrekning, for eksempel kveis, blodflekker, svarthinne, kuttefeil og melaninflekker.

Prinsippet bak spektral avbildning er illustrert i

Figur 1. Et bilde av objektet som avbildes fokuseres av en linse eller speil på planet til inngangsspalten. Spalten, som nå representerer en endimensjonal stripe av objektet, blir så fokusert på gitteret. Gitteret deler opp lyset fra spalten i et todimensjonalt bilde som igjen fokuseres på CCD detektoren. Resultatet fra en slik avbildning er todimensjonalt og kalles et spektrogram, der en stripe av objektet er avbildet på ulike bølgelengder. For å avbilde hele objektet kan man fikse instrumentet, og la objektet passere instrumentet på et transportbånd. Hver stripe av objektet, som nå er representert med todimensjonale spektrogram, kan så settes sammen til et tredimensjonalt bilde. Avbildningen kan representeres som et romlig gråtonebilde på en bølgelengde eller kanal, der hvert piksel i bildet er representert med et spekter.

Det er i hovedsak to ulike belysningsteknikker som benyttes i avbildende spektroskopi anvendt på filet. *Transmisjon* baserer seg på at man sender lys med kjent spektral fordeling igjennom fileten fra skinnsiden og avbilder den spektrale fordeling av lyset på fileten innside. Denne metoden krever at fileten er skinnert. Den andre metoden refereres til som *transfleksjon*. Denne metoden baserer seg på at man belyser fileten fra overflaten i en gitt avstand fra stripen man avbilder. Dette betyr at lyset i stripen som avbildes har passert gjennom overflaten på fileten. Hvor dypt ned i fileten lyset har passert avhenger av avstanden mellom stripen som belyses og stripen som avbildes.



Figur 1 Et tredimensjonalt optisk diagram som illustrerer prinsippet bak spektral avbildning. L1 er frontlinsen, S1 er inngangsspalten, L2 er samlelinsen, G er gitteret, P er prismet, L3 er kameralinsen og CCD er selve detektoren. Spalten er parallell med Y akse. θ er vinkelen mellom speilets normal og den optiske akse. Detektoren ligger i IS-planet som er parallell med ZY-planet (Sigernes og andre 2000).

3.2 Segmentering

Ved påvisning av kvalitetsfeil i filet er det viktig å kunne si noe om hvor i fileten feilen er lokalisert. Hvorvidt den er lokalisert i tykkfisken eller bukklappen vil være av stor betydning for den videre prosesseringen av fileten.

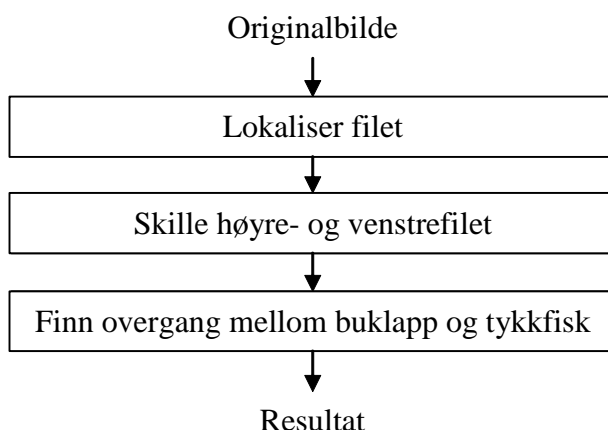
Segmenteringen gjøres i flere steg frem mot det endelige resultatet.

Figur 2 viser stegene som må gjennomføres, og de påfølgende avsnittene gir en nærmere beskrivelse av hver deloperasjon.

3.2.1 Lokalisering av filet

Første steg i algoritmen for segmentering består i å lokalisere fileten. Til denne operasjonen benyttes kunnskapen om at de områdene på transportbandet som ikke er dekt av filet vil ha maks tellinger på instrumentet. Derfor kan lokaliseringen av fileten gjennomføres som en rein terskling på en bølgelengde. Utfordringen er å unngå at veldig tynne områder på fileten, på grunn av overtellinger på instrumenteringen, ikke blir registrert som filet. For å unngå dette bør den bølgelengden som tersklingen baseres på velges slik at overtellinger ikke er et problem innpå fileten. Etter tersklingen kan resultatet renses med et medianfilter for å fjerne

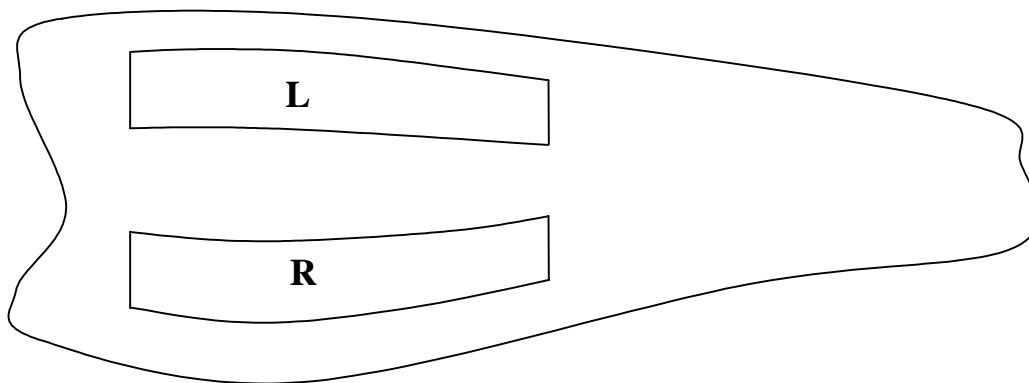
for eksempel den langsgående stripen i bildet som skyldes transportbandet. For visualisering brukes et sobel kantfilter til å hente ut omrisset til fileten fra det tersklede bildet.



Figur 2 Flytdiagram for segmentering av filet i tykkfisk, buklapp og spord.

3.2.2 Skille mellom høyre- og venstrefilet

Det er viktig å kunne skille mellom høyre- og venstrefilet for å finne den riktige delingslinjen mellom tykkfisk og buklapp. Intensiteten i bildet på en gitt bølgelengde vil være lavere i tykkfisken enn i buklappen. Derfor vil overgangen fra tykkfisk til buklapp være representert med en økning i intensitet. Det som kan vanskeliggjøre dette er at svarthinne absorberer mye lys og derfor kan gjøre intensitetsforskjellen mellom tykkfisk og buklapp liten.



Figur 3 Utvelgelse av område L og R for skille mellom høyre- og venstrefilet.

For å bestemme hvorvidt det er snakk om en høyre- eller venstrefilet blir profilene alene for usikre. For å øke sikkerheten i bestemmelsen, midles intensiteten i to områder fremme på fileten. Disse områdene velges ut automatisk ut fra at de skal dekke en prosentvis del av fileten. Hvordan disse områdene kan bli seende ut er vist i Figur 3. Innenfor disse markerte områdene beregnes midlere intensitet, I_R og I_L , og deretter beregnes forholdet I_L / I_R . Gitt at det er høyere intensitet i bildet i buklappen enn i tykkfisken kan dette forholdet brukes til avgjøre om det er snakk om en høyre- eller venstrefilet. Dersom I_L / I_R er mindre enn en er dette en høyrefilet, ellers er det en venstrefilet.

3.2.3 Overgang mellom bukklapp og tykkfisk

Siste del av segmenteringen består i å skille mellom bukklapp, tykkfisk og spord. Sporden er satt til å være representert ved den siste 35 prosenten av lengden, avdelt med et rett kutt. Utfordringen ligger i å finne overgangen mellom tykkfisken og bukklappen. Som nevnt ovenfor kan det antas at intensiteten i bildet er lavere i tykkfisken enn i bukklappen. Dette gir grunnlag for å bruke profilene gjennom filet, fra tykkfisk inn i bukklapp, som grunnlag for å finne overgangen.

Profilene som skal analyseres kan være veldig støyete samt at de er påvirket av strukturer i bukklappen som kan feiltolkes som overgang mellom bukklapp og tykkfisk. For å redusere disse problemene glattes bildet med et stort glattingsfilter før profilanalysen foretas.

Profilanalysen består i å beregne den førstederiverte til alle profilene som går fra tykkfisken og inn i bukklappen, for deretter å se etter den største positive gradienten langs profilene. Disse punktene settes til det første anslag av hvor skillelinjen går, men denne linjen er ikke nødvendigvis sammenhengende. Det endelige estimatet av skillelinjen beregnes under antagelsen om at skillelinjen kan representeres med et polynom med frihetsgrad 2, det vil si:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2$$

hvor (x, y) er koordinatene i bildet til skillelinjen mellom bukklapp og tykkfisk.

3.3 Ferskhet

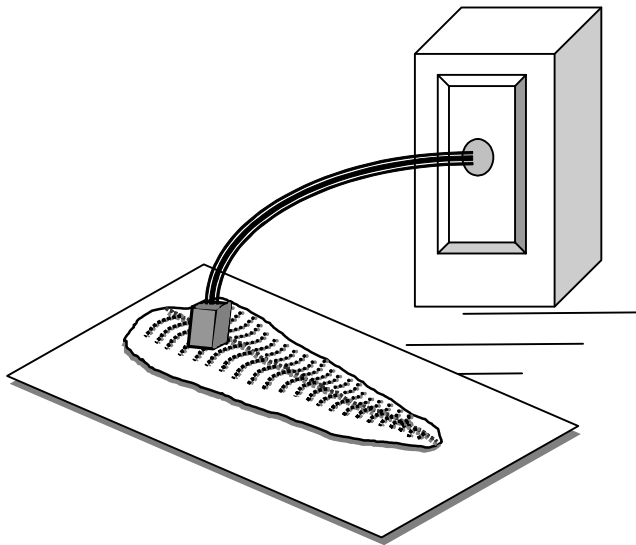
Ferskhet er en viktig kvalitetsparameter for å kunne vurdere anvendelse og egnethet av råstoff. Ved on-line sortering av fisk, vil det være nyttig å objektivt kunne bestemme alder/restholdbarhet på råstoffet. Dette både for å kunne kontrollere at råstoffet er i henhold til avtalt levering, og for eventuelt å kunne sortere fisken på fersk kvalitet. VIS/NIR spektroskopi har vist seg å være en rask metode for påvisning av fiskekvalitet, både med hensyn til om råstoffet har vært frossent (Bøknæs og andre, 2002) og med hensyn til ferskhet (Nilsen og andre, 2002). Tidligere prediksjoner av ferskhet har vært gjennomført ved hjelp av transfleksjon (Nilsen og Esaiassen 2005) og transmisjon (Heia og andre 2003), og resultatene viser at lagringstid for torsk på is kan predikeres med en midlere kvadratisk prediksjonsfeil (RMSEP) på henholdsvis 25 og 15 timer. Tidligere forsøk er imidlertid utført med at-line instrumentering som ikke vil være egnet til kontinuerlig kvalitetskontroll. Prediksjonsmetoden som tidligere har vært brukt er partial least square regression (PLS).

I dette arbeidet har vi i tillegg til VIS/NIR målinger med transfleksjonsprobe også brukt avbildende spektroskopi. Dette gjør at vi på en enkel måte kan hente relevant data fra en stor mengde fisk, og derved bygge gode prediksjonsmodeller med gyldighet for ulike typer råstoff (for eksempel sesong og fangstmetode).

3.3.1 Transfleksjonsmåling med NIRS6500

Disse målingene ble utført som en referanse til målinger med den avbildende spektrografen. NIRS6500 (Perstorp Analytical Inc., Silver Spring, Md, USA.) ble satt opp for transfleksjonsmålinger med fiberoptisk probe. Bølgelengdeområdet som benyttes ved dette oppsettet er fra 400 til 1100 nm. Målingene ble utført på filet, som vist i Figur 4, med proben plassert mot øvre del av tykkfisken. Med dette måleoppsettet registreres spekter fra et areal på

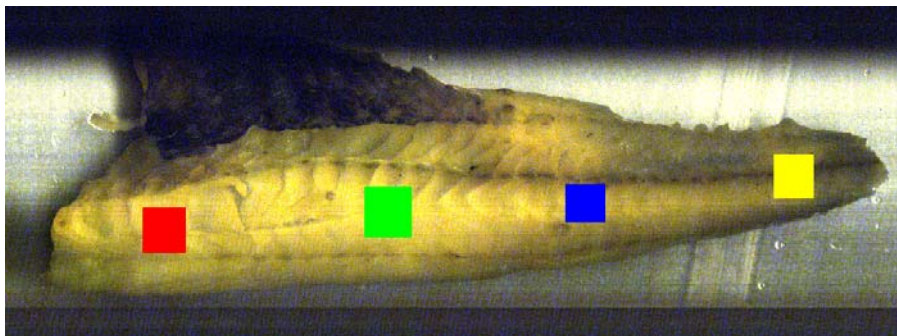
omkring $0,5 \text{ cm}^2$. For hver måling midles 10 spekter, og for hver fisk ble det foretatt en måling på både høyre og venstre filet.



Figur 4 Måleoppsett for transleksjon med fiberprobe og spektrograf NIRS6500.

3.3.2 Avbildende spektroskopi målinger - transmisjon

Alle målinger ble utført med bruk av avbildende spektrograf, ASI, fra Norsk Elektro Optikk (NEO AS, Lørenskog, Norge). I Figur 5 vises hvilke områder av fileten/avbildningen vi har brukt for å hente ut spektrale data for ferskhetsbestemmelse basert på transmisjon; ett område framme på tykkfisken, to områder midt på fisken og ett område bak på sporden. Hvert måleområde tilsvarer et areal på ca. 1 cm^2 , og 2000 - 3000 spekter fra respektive områder ble midlet til ett spekter. Dette middelspektret fra hvert område ble brukt i analysen av ferskhet.



Figur 5 Måleområder for evaluering av ferskhet basert på transmisjonsmålinger. Det røde området framme på tykkfisken tilsvarer det området som blir brukt ved måling av transleksjon med NIRS6500.

Både transleksjons- og transmisjonsdata ble analysert ved bruk av Unscrambler, versjon 9.1 (CAMO, Oslo, Norge). Partial Least Squares – PLS – ble benyttet for å se på sammenheng mellom spektrale data og fiskens lagringstid.

4 Resultater

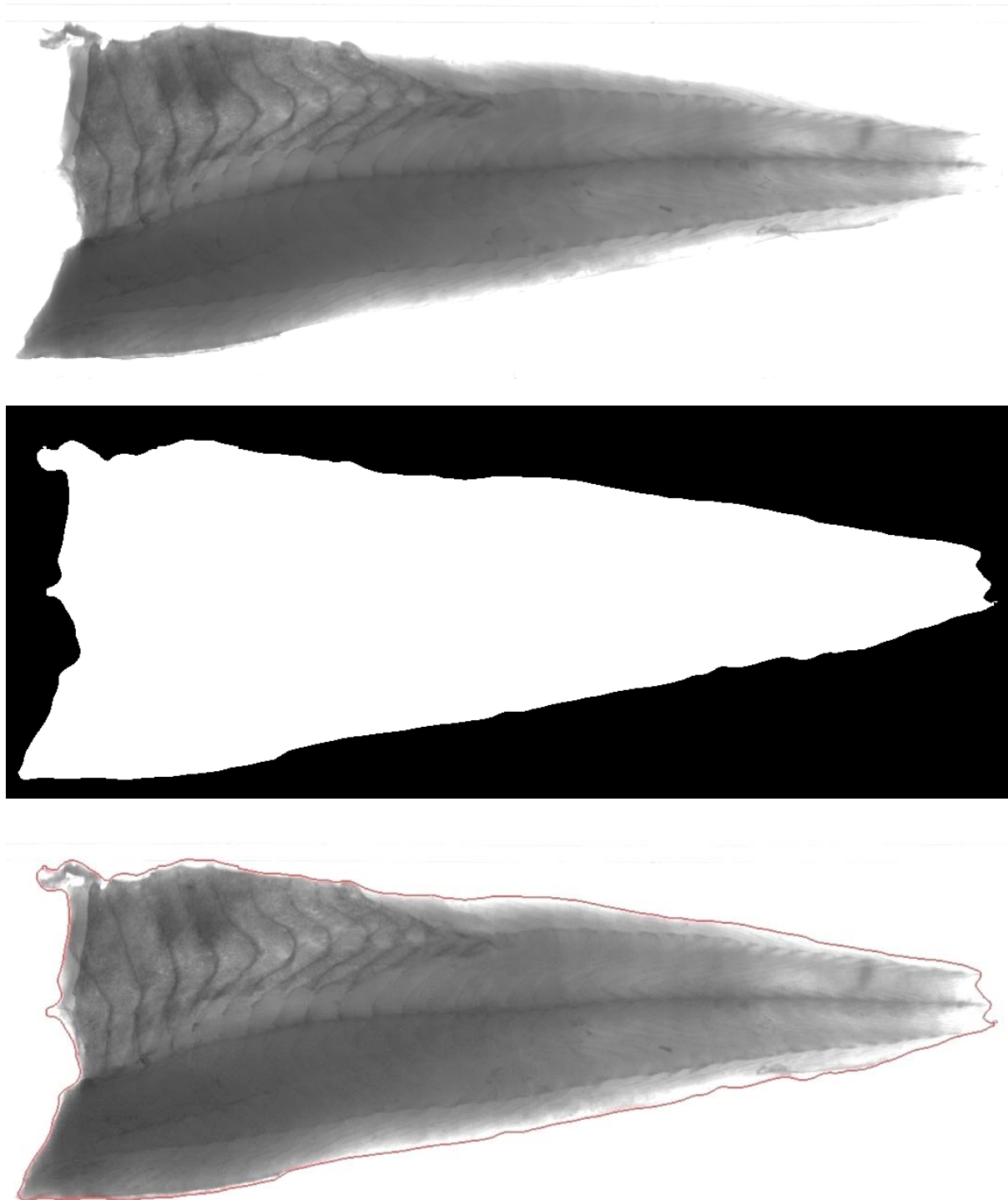
Resultat av automatisk segmentering og ferskhetsbestemmelse basert på avbildende spektroskopi målinger presenteres hver for seg.

4.1 Segmentering

Uttesting av segmenteringsalgoritmene er utført på 54 fileter. Av disse var 18 frosne fileter som ble tint før måling, mens de resterende 36 var ferske (fileter av fisk som var fanget 1-2 dager før avbildning). I dette avsnittet vil resultatene fra de ulike enkeltoperasjonene i segmenteringen gjennomgås hver for seg for til slutt å vise resultatet av hele algoritmen. Resultatene i de påfølgende avsnittene vil bli illustrert gjennom et eksempel.

4.1.1 Lokalisering av filet

Tersklingen som gjøres for å finne fileten ble basert på bildet tilsvarende 551 nm for deretter å bli medianfiltrert med et 15×15 medianfilter. Eksemplet på hvordan denne delen av algoritmen fungerer er vist i Figur 6. Det øverste bilde er et intensitetsstrukket bilde av fileten ved 649 nm, det midterste bilde representer resultatet av terskling og medianfiltrering, mens i det nederste bildet er omrisset av filet pålagt originalbilde i rødt. Denne operasjonen er stabil, og en gjennomkjøring med algoritmen på 54 fileter gir godt resultat.

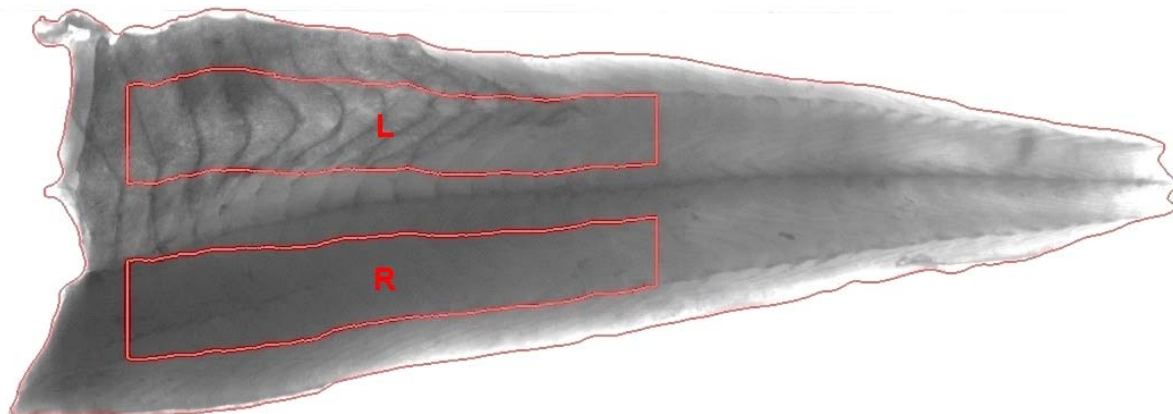


Figur 6 Fra topp til bunn er henholdsvis, originalbilde registrert ved 649 nm, maske for lokalisering av filet og originalbilde pålagt omriss. Intensiteten i øverste og nederste bilde er strukket slik at strukturen i fiskekjøttet skal komme bedre frem.

4.1.2 Skille mellom høyre- og venstrefilet

Basisen for å skille mellom høyre- og venstrefilet er at det i bildet er høyere intensitet i bukklappen enn i tykkfisken. I Figur 7 vises hvor L og R området automatisk genereres i eksempelfileten fra Figur 6. Klassifisering i høyre- og venstrefilet basert på

intensitetsforholdet innenfor de to boksene fungerer veldig bra. Resultatene er oppsummert i Appendiks 1 for 54 fileter; 26 høyrefileter og 28 venstrefileter. Kun tre venstrefileter ble feilklassifisert som høyrefilet. Årsaken til at feilene kom på venstrefiletene at belysningen er svakere på høyresiden av transportbandet (buklappen til venstrefiletene). Dette medfører at bukclappen i venstrefiletene blir mørkere enn tilsvarende i høyrefiletene.



Figur 7 L- og R-område som brukes for å beregne midlere intensitet I_L / I_R som igjen benyttes til å avgjøre om dette er en høyre- eller venstrefilet.

4.1.3 Oppdeling av filet i tykkfisk, bukclapp og spord

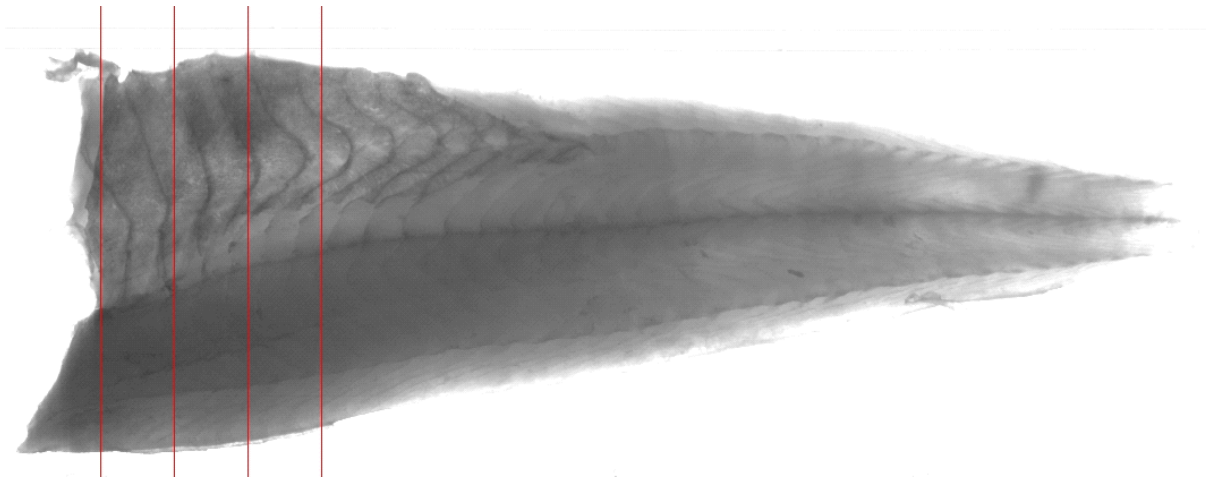
For å finne overgangen fra tykkfisk til bukclapp brukes informasjonen om at intensiteten skal øke i overgangen mellom de to områdene. I Figur 8 er fire intensitetsprofiler hentet ut på bølgelengde 649 nm. Figur 8 (a) viser med rødt hvor profilene er hentet, mens Figur 8 (b-e) viser de fire profilene som markert fra venstre til høyre. Profilene går fra bunn til topp i bildet, det vil si først gjennom tykkfisken og så gjennom bukclappen.

Fra Figur 8 (b-e) kan det sees at intensiteten faller kraftig når profilen kommer inn i tykkfisken for så å stige litt når profilen kommer inn i bukclappen. Denne endringen er ikke nødvendigvis veldig fremtredende noe som skaper problem når overgangen mellom bukclapp og tykkfisk skal lokaliseres.

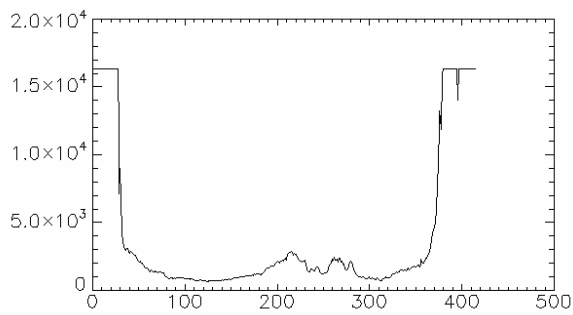
I Figur 9 vises resultatet av automatisk påvisning av skillelinja dersom det kjøres glatting av bildet uten polynom tilpassing. Denne figuren illustrerer godt hvor støyete skillelinjen blir når den førstederiverte til profilen brukes for å finne den.

For å få ut et bedre estimat av skillelinjen brukes polynomantagelsen som beskrevet i teorikapitelet. I Figur 10 vises det endelige resultatet for segmenteringen hvor skillelinjen er funnet ved å bruke minste kvadraters metode for å estimere de optimale parametrene til polynomet. Det endelige resultatet inkluderer også spordkutt.

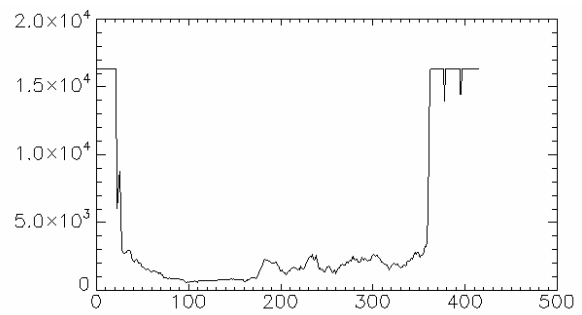
I Appendiks 1 er resultatene for kjøring på 54 fileter oppsummert. Resultatet viser at 70 % av filetene blir perfekt segmentert. Det er kun 7 % av filetene (4 stk) som har en feiloppdeling som i vesentlig grad ville påvirket utbytte/inntekt dersom filetkutt hadde blitt utført etter oppmerking. Disse fire filetene med segmenteringsresultat er vist i Figur 11.



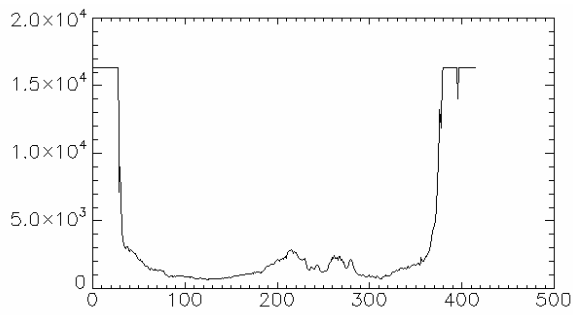
(a) Originalbilde med markering av hvor profilene under er hentet



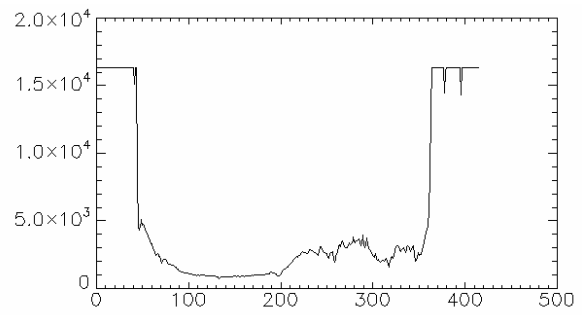
(b) Første profil fra venstre



(c) Andre profil fra venstre

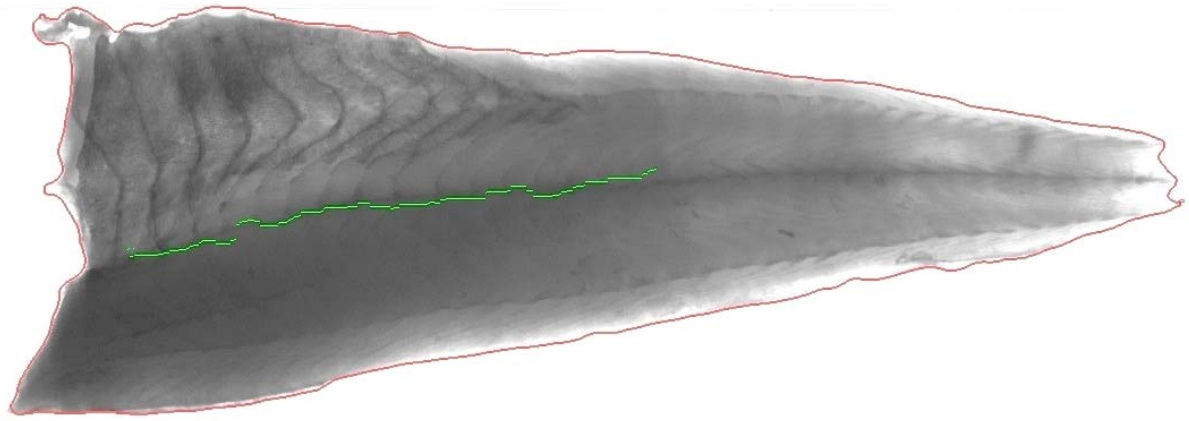


(d) Tredje profil fra venstre

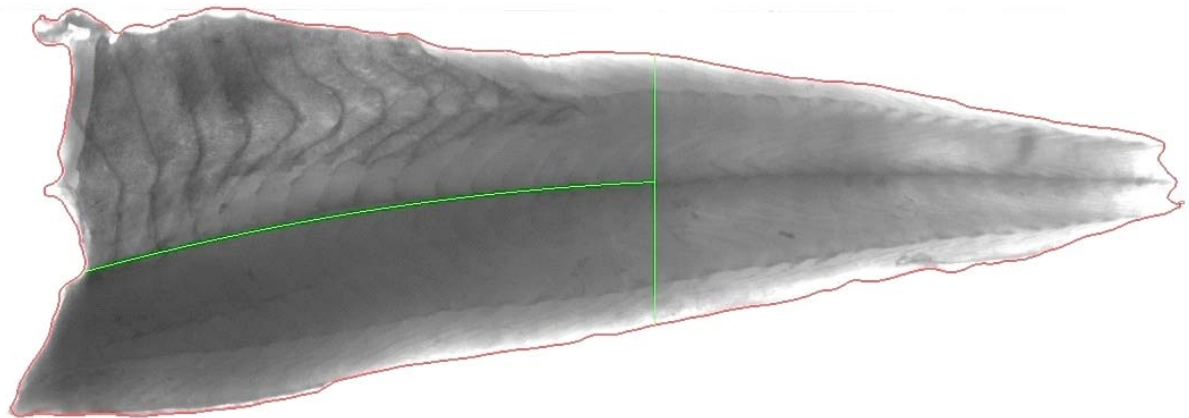


(e) Fjerde profil fra venstre

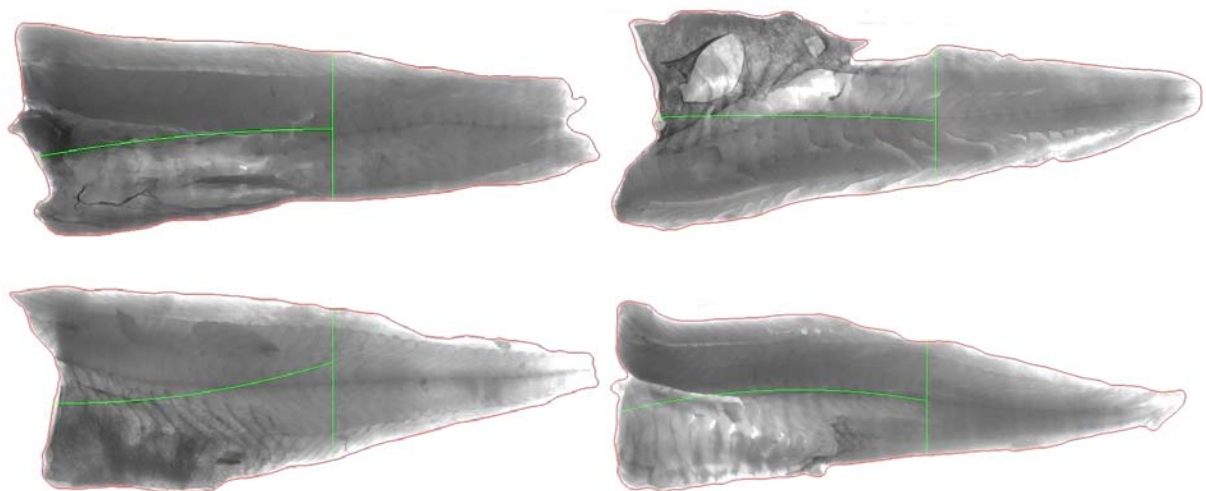
Figur 8 Intensitetsprofiler (b-e) hentet fra filet vist i (a), på markerte linjer, ved bølgelengde 649 nm.



Figur 9 Skille mellom tykkfisk og buklapp beregnet basert på den førstederiverte av profilene etter glatting av bildet.



Figur 10 Endelig segmenteringsresultat. Skillet mellom tykkfisk og buklapp er beregnet basert på den førstederiverte av profilene etter glatting av bildet etterfulgt av en polynomtilpassing, mens spordkuttet er gitt av en prosentvis del av filet klassifiseres som spord (her 35 %).



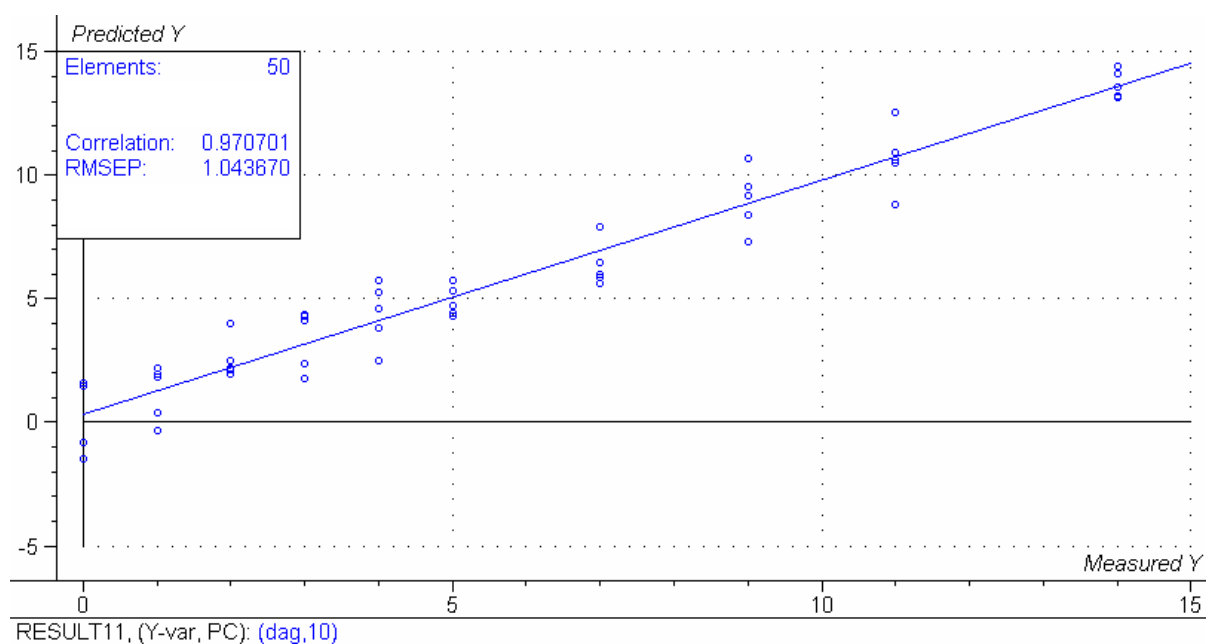
Figur 11 Fire eksempler på feilsegmentering når buklapp og tykkfisk skal skilles.

4.2 Ferskhets

Merdstått, villfanget torsk ble brukt som råstoff i dette forsøket. Torsken ble slaktet, sløyd og lagret på is i 0, 2, 4, 6, 7, 9, 12 og 14 dager. Ved hvert uttak ble fem torsk filetert og skinnert for hånd. Alle filetene ble målt ved bruk av et VIS/NIR spektrometer med transfleksjonsprobe, NIRS6500, og vårt avbildende spektrometer, ASI.

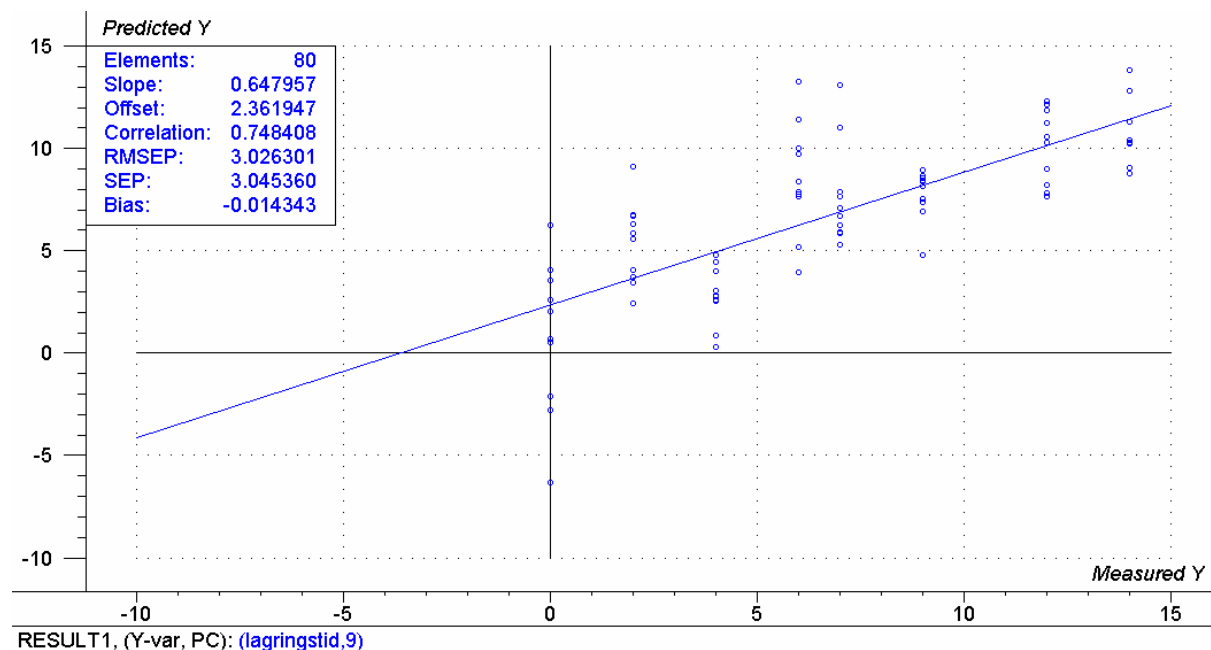
4.2.1 Måling med spektrograf NIRS6500 – transfleksjon

Figur 12 viser et PLS analyseresultat fra tidligere måling av ferskhets ved bruk av NIRS6500 (Nilsen og andre, 2002). Her ble det oppnådd god sammenheng mellom lagringstid og spektral informasjon; høy korrelasjon og relativt lav RMSEP verdi. Tidligere arbeid på torsk har også vist at det synlige bølgelengdeområdet har større forklaring av lagringstid enn det nær infrarøde området.



Figur 12 Resultat fra PLS analyse av data fra NIRS6500, bygget på tidligere forsøk. Målinger ble gjort på fileter fra 50 fisk, og analysen er basert på bølgelengdeområdet 400-700 nm.

I Figur 13 ser vi registrert ferskhet mot predikert ferskhet fra analysen av NIRS6500 dataene som ble målt i dette forsøket. Dette viser en korrelasjon mellom registrerte spektra og lagringstid, men resultatet er vesentlig dårligere enn hva som har vært målt tidligere. Måledata fra ulike dager er her mer spredt enn sett i tidligere forsøk (RMSEP på 3) og korrelasjonen er lavere. Det er uklart hva som er grunnen til dette. En mulig årsak kan være at vi i dette forsøket registrerte kun ett spekter fra hver filet, og i tidligere forsøk har vi målt to spekter fra hver filet og midlet disse.

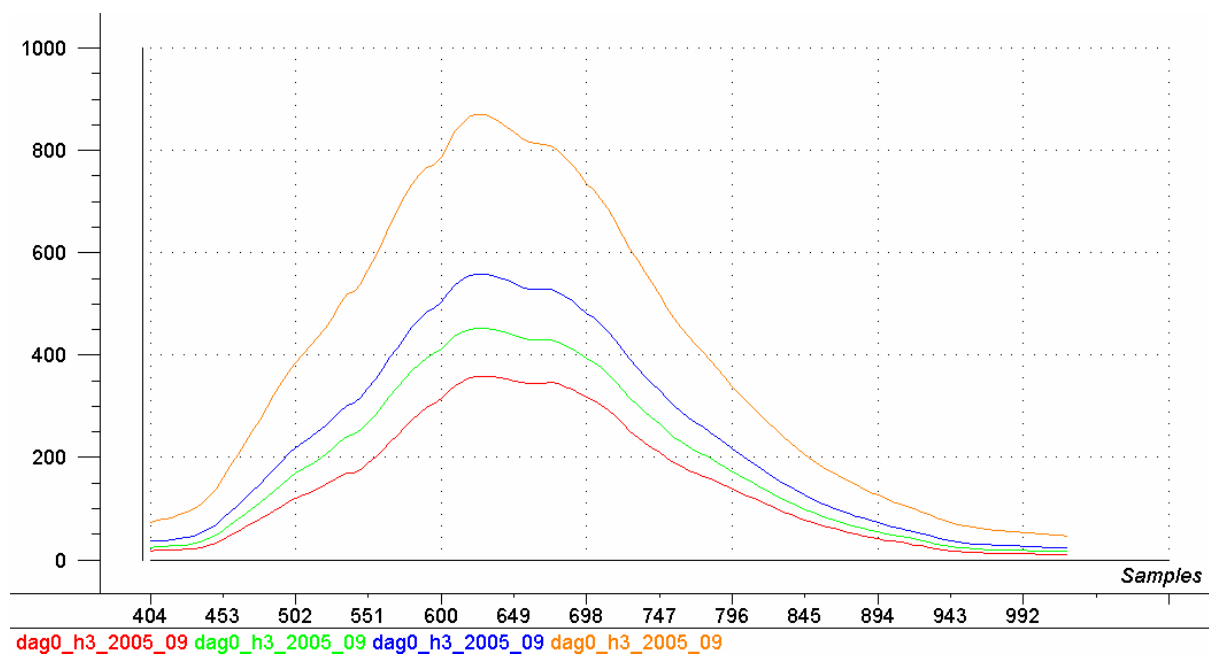


Figur 13 Resultat fra PLS analyse av data fra NIRS6500 basert på bølgelengdeområdet 400 til 1100 nm. Modell med 9 komponenter. Målingene ble utført på 80 fileter fra 40 fisk. Korrelasjonen blir dårligere dersom bare det synlige bølgelengdeområdet brukes.

4.2.2 Måling med avbildende spektrograf – transmisjon

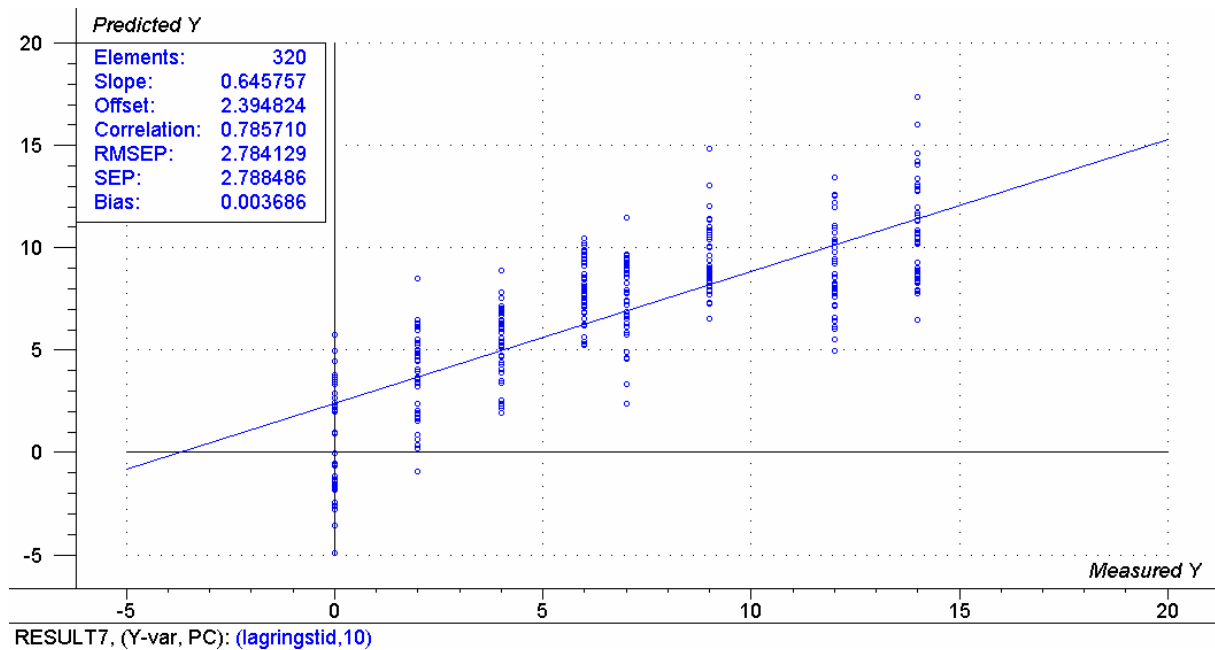
Med transmisjonsoppsettet for den avbildende spektrografen måler vi det lyset som slipper gjennom fileten. Eksempel på typiske spektre er vist i

Figur 14, hvor middelspekter fra de fire måleområdene på en filet (se Figur 5) er vist. Som forventet på grunn av filettykkelsen slipper mest lys gjennom sporden og minst lys gjennom området framme i tykkfisken.

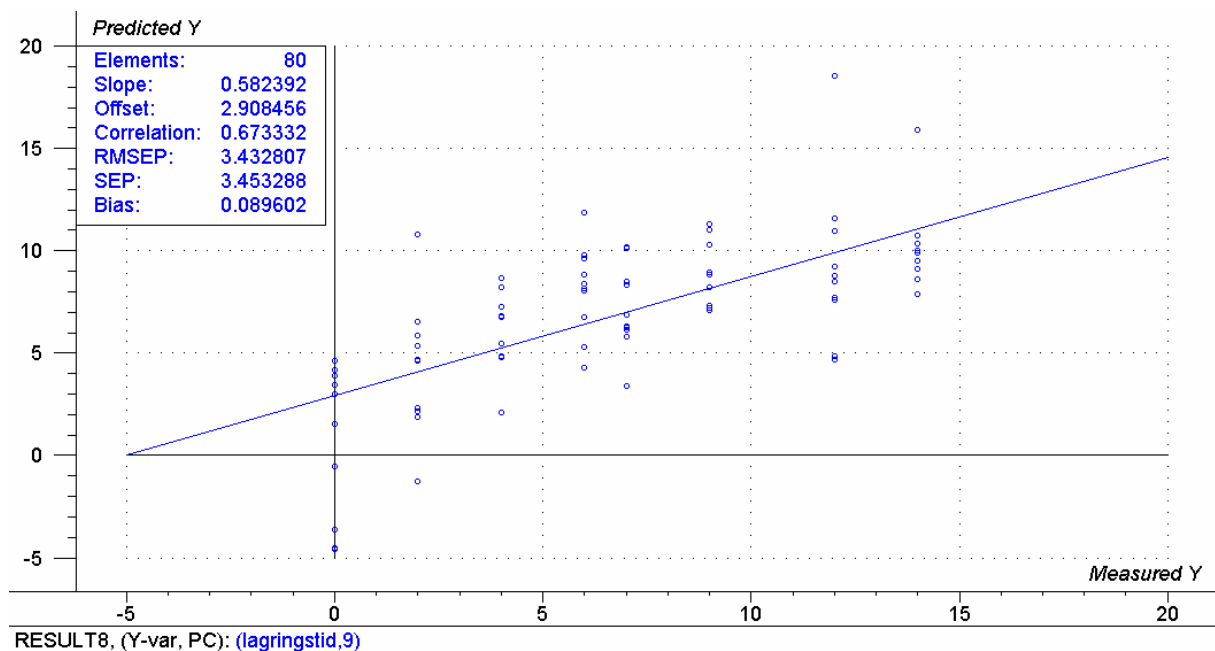


Figur 14 Typiske transmisjonsspektra fra hel filet. Det spektrale området går fra 404 nm til 992 nm. Spekteret med lavest intensitet er målt framme i tykkfisken, de to i midten er fra måleområdene midt på fisken, og spekteret med høyest intensitet er fra sporden.

Ved vurdering av transmisjonsdata for ferskhetsbestemmelse, ble først hele datasettet – alle fire målepunkt fra hver filet – benyttet i analysen. Resultatet er vist i Figur 15. Både korrelasjon og feilverdien (RMSEP) her er noe lavere enn for transfleksjonsmålingene med NIRS6500 gjort på samme råstoff. Den relativt høye RMSEP verdien skyldes trolig at det er en god del støy i målingene – dette er mest framtrædende i spektrene målt i tykkfisken.

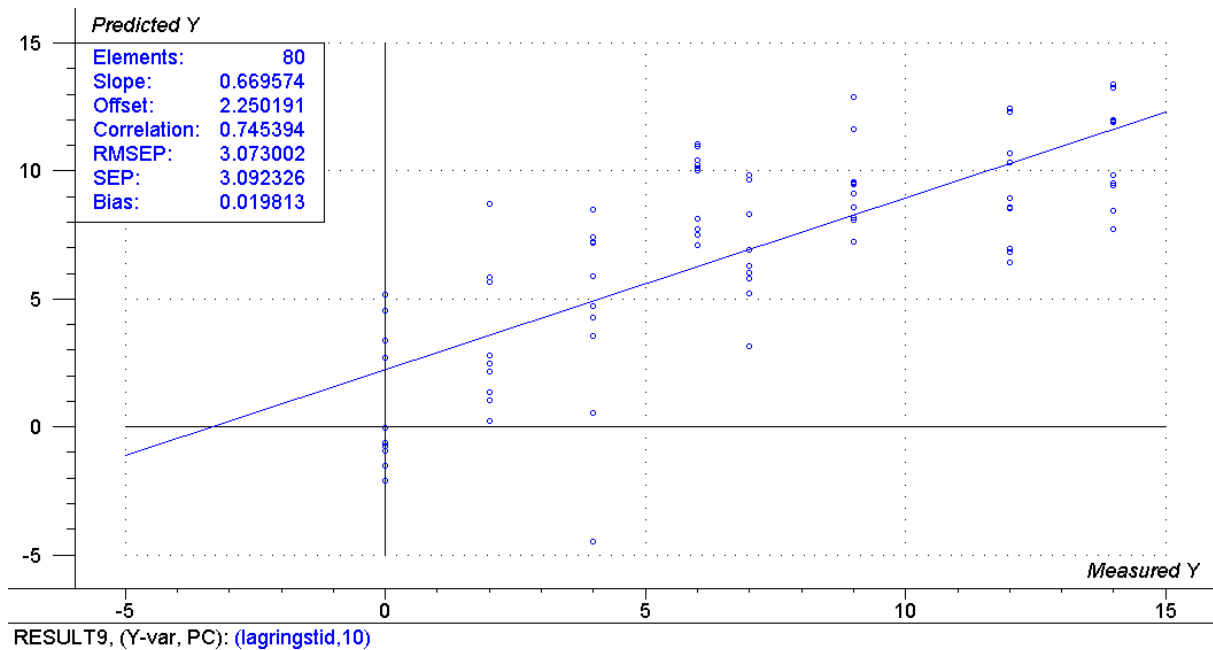


Figur 15 Ferskhet bestemt ut fra transmisjon i alle målepunkter (fire målepunkter per filet). Modellen bruker 10 komponenter, og residual varians avtar kontinuerlig med antall komponenter – stabil modell.

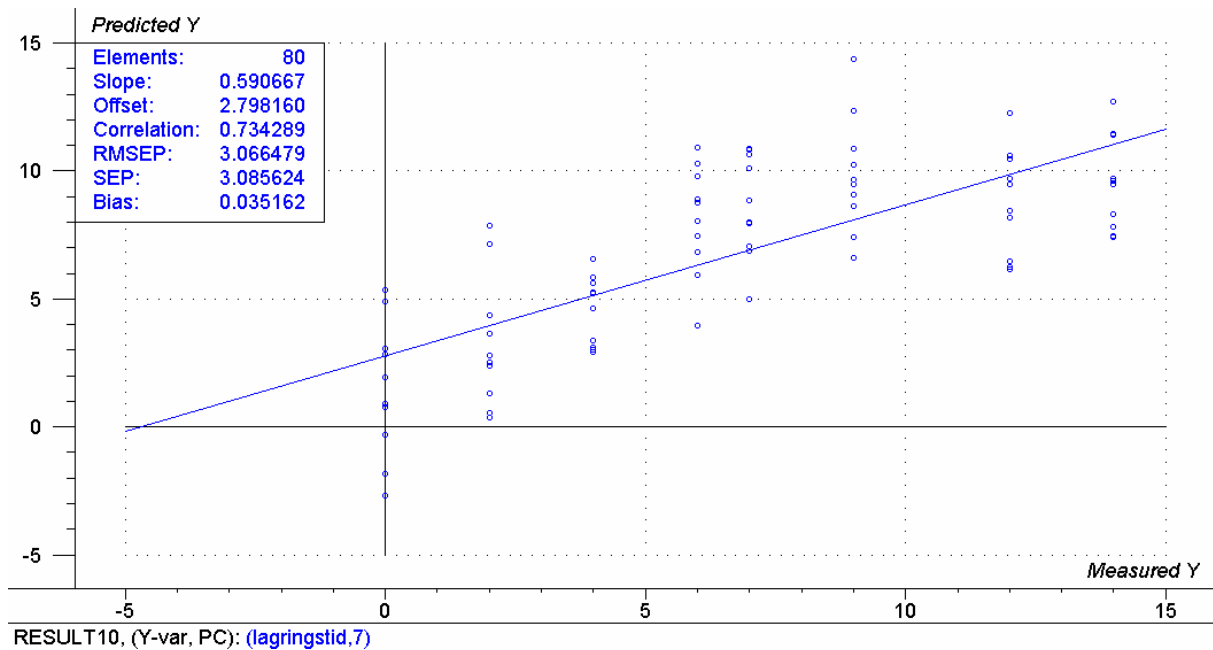


Figur 16 Ferskhet/lagringstid bestemt ut fra transmisjon fremme i tykkfisken, (rødt område i Figur 5). Modellen bruker 9 komponenter, og residual varians avtar diskontinuerlig med antall komponenter – ustabil modell.

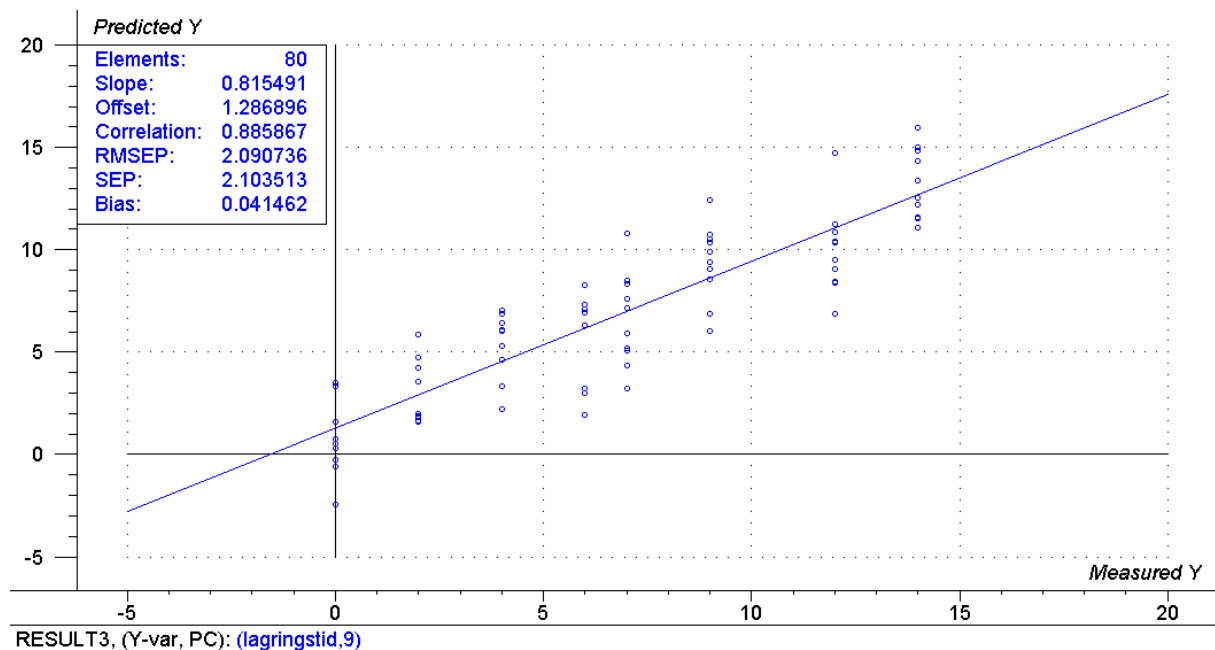
Vi har også sett på hvilke målepunkter som gir best resultat med hensyn til å bestemme ferskhet/lagringstid. Plott for predikert lagringstid mot registrert lagringstid for respektive måleområder på fileten, er vist i Figur 16 til Figur 19.



Figur 17 Ferskhet/lagringstid bestemt ut fra transmisjon i tykkfisken, (grønt område i Figur 5). Modellen bruker 10 komponenter, og residual varians avtar diskontinuerlig med antall komponenter – ustabil modell.



Figur 18 Ferskhet/lagringstid bestemt ut fra transmisjon framme i spord, (blått område i Figur 5). Modellen bruker 7 komponenter, og residual varians avtar kontinuerlig med antall komponenter – stabil modell.



Figur 19 Ferskhets/lagringstid bestemt ut fra transmisjon bakerst i sporden, (gult område i Figur 5). Modellen bruker 9 komponenter, og residual varians avtar kontinuerlig med antall komponenter – stabil modell.

Analysen viser at transmisjonsmålinger fra området i sporden gir best resultat både med hensyn til korrelasjon og RMSEP verdi. Dette skiller seg fra tidligere resultater med transfleksjon som har vist at måling framme i tykkfisker gir best prediksjon av lagringstid (Sigernes og andre, 1997; Nilsen og andre, 2002). En grunn til dette kan være at ved transmisjonsmålinger oppnås bedre signal til støy forhold ved måling i spord enn ved måling i tykkfisk. Modellen fra transmisjonsmålingene er ikke like god som oppnådd ved tidligere forsøk (se Figur 12), men dette arbeidet viser at data fra den avbildende spektrografen også har potensial for bruk ved ferskhetsbestemmelse. Videre arbeid bør gjøres med tanke på å lage modeller som er representative for større råstoffklasser (sesong, fangstredskap, art), og kvaliteten på transfleksjonsdata fra måleoppsettet med den avbildende spektrografen bør også vurderes for ferskhetsbestemmelse.

5 Oppsummering og videre arbeid

I dette arbeidet har vi sett på anvendelse av avbildende spektroskopi for on-line sortering av filet. Målet har vært å knytte sammen tidligere resultater oppnådd med tradisjonell VIS/NIR spektroskopi ved bruk av håndholdt probeinstrumentering og at-line prediksjon av lagringstid, med pågående aktiviteter på on-line anvendelse av avbildende spektroskopi. Lagringstid er definert som lagringstid på is for rund sløyd fisk før filetering. Resultatene viser at det er mulig, ved hjelp av PLS regresjon, å predikere lagringstid på is med pluss/minus 50 timer ved å se på middelspekteret fra et 1 cm x 1 cm område bakerst i sporden. Resultatene viser og at ytelsen til prediksjonen er omvendt proporsjonal med tykkelsen til fileten. Dette skyldes mest sannsynlig at ytelsen er omvendt proporsjonal med signal til støyforholdet, som er proporsjonalt med filettykkelsen. Varierende filettykkelse er det lite å gjøre med, og det er derfor trolig at man kan oppnå et bedre resultat for prediksjon av lagringstid om man baserer målingene på transfleksjon. Dette vil gi et tilnærmet likt signal til støyforhold uavhengig av filettykkelse.

For at prediksjon av lagringstid skal kunne brukes on-line, er det viktig at de samme områdene som benyttes i trening av prediksjonsmodellene også brukes i on-line prediksjonen. Dette krever at man utvikler en metode som kan gjenkjenne de samme områdene basert på fileten form automatisk. Dette refereres til som segmentering. Segmentering er nødvendig for alle anvendelser som baserer seg på on-line avbildning og automatiske avgjørelser basert på disse. Segmentering kan også brukes for å automatisere avgjørelser basert på deteksjon. For eksempel så må en filet som inneholder en blodflekk eller kveis i tykkfisk sendes til trimming før videre prosessering hvis man produserer tykkfisk. Vi har i dette arbeidet utviklet en metode for automatisk segmentering av filet i tykkfisk, buk og spord. Metoden er basert på transmisjonsbilder og gir gode resultater. Av 54 fileter ble fire fileter feilsegmentert i vesentlig grad slik at utbytte/inntekt ville blitt påvirket dersom filetkutt hadde blitt utført etter den automatiske inndelingen.

Segmentering av filet er i dette arbeidet gjort på transmisjonsdata. Måleoppsettet for avbildende spektroskopi brukes nå både for transmisjons- og transfleksjons- målinger, og det er derfor aktuelt å arbeide videre med algoritmeutvikling også for sistnevnte. Disse algoritmene må baseres på andre analyseprinsipper enn hva som ble benyttet for transmisjonsdata.

Siden lagringsforsøket for ferskhetsbestemmelse ble gjennomført, er det gjort forbedringer på den avbildende spektrografen; blant annet er støynivået på instrumenteringen forbedret. Det forventes derfor at nye målinger vil gi bedre resultater – bedre korrelasjon og lavere feilverdier – enn hva som er vist i dette arbeidet. Lagringsforsøk bør gjennomføres for å dokumentere dette, og vi ønsker også å utføre denne analysen basert på transfleksjonsdata fra den avbildende spektrografen.

6 Referanser

- Bøknæs N, Jensen KN, Andersen CM and Martens H. (2002). Freshness Assessment of Thawed and Chilled Cod Fillets Packed in Modified Atmosphere Using Near-infrared Spectroscopy. *Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie*, 35 (7), 648-652.
- Heia K, Esaiassen M, Nilsen H and Sigernes F. (2003). Visible spectroscopy - Evaluation of storage time of ice stored cod and frozen hake. In JB Luten, J Oehlenschläger, G Ólafsdóttir, (eds.), *Quality of Fish from Catch to Consumer. Labelling, Monitoring and Traceability*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. pp. 201-209.
- Heia K og Nilsen H. (2001). Deteksjon av kveis i fiskemuskel. Evaluering av avbildene spektroskopi som metode. *Fiskeriforskningsrapport 7/2001*.
- Nilsen H and Esaiassen M. (2005). Predicting sensory score of cod (*Gadus morhua*) from visible spectroscopy. *Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie*, 38, 95-99.
- Nilsen H, Esaiassen M, Heia K and Sigernes F (2002). Visible / Near-Infrared spectroscopy - a new tool for the evaluation of fish freshness? *Journal of Food Science*, 67 (5), 1821-1826.
- Sigernes F, Lorentzen DA, Heia K, Svenøe T. (2000). Multipurpose spectral imager. *Applied Optics*, Vol. 39, No. 18, p 3143-3153, 2000. ISSN: 0003-6935.
- Sigernes F, Esaiassen M, Heia K, Wold JP, Eilertsen G and Sørensen NK. (1997). Assessment of Fish (Cod) Freshness by VIS/NIR Spectroscopy, *Proceedings of the Final Meeting of the Concerted Action "Evaluation of Fish Freshness"*, ISBN 2-903633959.

Appendiks 1

Segmenteringsresultater fra kjøring 20. desember 2005.

<Filnavn>	Filet	I _L / I _R	Feilklassifisert mhp. høyre/venstre filet	Feildelt mhp. skillelinje mellom tykkfisk og spord
Transmi_BH_1_H	Høyrefilet	0,37		XX
Transmi_BH_1_V	Venstrefilet	1,41		X
Transmi_BH_2_H	Høyrefilet	0,57		
Transmi_BH_2_V	Venstrefilet	0,96	X	XX
Transmi_BH_3_H	Høyrefilet	0,73		
Transmi_BH_3_V	Venstrefilet	1,11		X
Transmi_BH_4_H	Høyrefilet	0,56		
Transmi_BH_4_V	Venstrefilet	1,23		X
Transmi_BH_5_H	Høyrefilet	0,58		
Transmi_BH_5_V	Venstrefilet	1,05		X
Transmi_BH_6_H	Høyrefilet	0,93		
Transmi_BH_6_V	Venstrefilet	1,18		
Transmi_BH_7_H	Høyrefilet	0,76		
Transmi_BH_7_V	Venstrefilet	1,67		
Transmi_BH_8_H	Høyrefilet	0,66		
Transmi_BH_8_V	Venstrefilet	0,76	X	
Transmi_BH_9_H	Høyrefilet	0,42		
Transmi_BH_9_V	Venstrefilet	1,56		X
Transmi_BH_10_H	Høyrefilet	0,37		
Transmi_BH_10_V	Venstrefilet	1,69		
Transmi_BH_11_H	Høyrefilet	0,63		
Transmi_BH_11_V	Venstrefilet	1,69		
Transmi_BH_12_H	Høyrefilet	0,48		
Transmi_BH_12_V	Venstrefilet	1,40		X
Transmi_BH_13_H	Høyrefilet	0,57		
Transmi_BH_13_V	Venstrefilet	1,25		
Transmi_BH_14_H	Høyrefilet	0,84		X
Transmi_BH_14_V	Venstrefilet	1,37		
Transmi_BH_15_H	Høyrefilet	0,56		
Transmi_BH_15_V	Venstrefilet	1,45		
Transmi_BH_16_H	Høyrefilet	0,59		
Transmi_BH_16_V	Venstrefilet	1,70		
Transmi_BH_17_H	Høyrefilet	0,27		X
Transmi_BH_17_V	Venstrefilet	2,60		
Transmi_BH_18_H	Høyrefilet	0,63		
Transmi_BH_18_V	Venstrefilet	1,26		
Transmi_GK_1H	Høyrefilet	0,67		X
Transmi_GK_2H	Høyrefilet	0,46		
Transmi_GK_3V	Venstrefilet	0,88	X	
Transmi_GK_4V	Venstrefilet	1,39		
Transmi_GK_5V	Venstrefilet	2,40		
Transmi_GK_6V	Venstrefilet	1,48		X
Transmi_GK_7H	Høyrefilet	0,36		
Transmi_GK_8H	Høyrefilet	0,62		
Transmi_GK_9H	Høyrefilet	0,33		
Transmi_GK_10H	Høyrefilet	0,97		X
Transmi_GK_11H	Høyrefilet	0,69		X
Transmi_GK_12H	Høyrefilet	0,29		
Transmi_GK_13V	Venstrefilet	1,82		
Transmi_GK_14V	Venstrefilet	2,00		
Transmi_GK_15V	Venstrefilet	3,89		
Transmi_GK_16V	Venstrefilet	2,65		XX
Transmi_GK_17V	Venstrefilet	1,28		
Transmi_GK_18V	Venstrefilet	1,69		XX
54 filer	28 Venstre 26 Høyre	V: 1,60 +/- 0,65 H: 0,57 +/- 0,19	3 venstrefiler feilklassifisert	16 feildelt (H: 6 / V: 10) XX = alvorlig



Fiskeriforskning

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9-13

Postboks 6122

N-9291 Tromsø

Telefon: 77 62 90 00

Telefaks: 77 62 91 00

E-post: post@fiskeriforskning.no

Avdelingskontor Bergen:

Kjerreidviken 16

N-5141 Fyllingsdalen

Telefon: 55 50 12 00

Telefaks: 55 50 12 99

E-post: office@fiskeriforskning.no

Internett: www.fiskeriforskning.no

ISBN-13 978 82-7251-586-6

ISBN-10 82-7251-586-5

ISSN 0806-6221