

# Rapport

## Teknologi for fraksjonert uttak og sortering av restråstoff fra sild – Fase 1

Teknologi prinsipper for fraksjonert uttak og sortering av utvalgte restprodukter fra filetering av NVG sild.

### **Forfatter(e)**

John André Fossum, John Reidar Mathiassen, Bendik Toldnes og Cecilie Salomonsen



# Rapport

## Teknologi for fraksjonert uttak og sortering av restråstoff fra sild – Fase 1

Teknologiprinsipper for fraksjonert uttak og sortering av utvalgte restprodukter fra filetering av NVG sild.

**EMNEORD:**

NVG Sild

Filet

Restråstoff

Rogn

Melke

Maskinsyn

NIR

ColorRanger

Polariseringsfilter

Marked

Teknologiutvikling

**VERSJON**

V1.0

**DATO**

2012-06-11

**FORFATTER(E)**

John André Fossum, John Reidar Mathiassen, Bendik Toldnes og Cecilie Salomonsen

**OPPDRAGSGIVER(E)**

FHF

**OPPDRAGSGIVERS REF.**

Lars Lovund

**PROSJEKTNR**

850387 (FHF #900691)

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

55

**SAMMENDRAG****Teknologiprinsipper for fraksjonert uttak av restprodukter fra NVG sild**

Prosjektet har sett på teknologi for automatisk separasjon, identifisering og manipulering av utvalgte restråstoffraksjoner fra NVG sild. Fokus har vært på god separasjon med høy grad av renhet.

Det er gjennomført en behovsanalyse blant utvalgte aktører i industrien. Det var en klar trend at man ønsker en kartlegging for å identifisere grunnlaget for et marked før man ser videre på nye teknologiske investeringer.

Analysemetoder og avbildning ved bruk av NIR teknologi, er kjente metoder som er brukt tidligere innenfor blant annet pelagisk sektor. Prosjektet har benyttet seg av disse erfaringene, og undersøkt teknikkene nærmere. Blant annet ser vi at lasere i NIR spekteret gir meget god separasjon mellom rogn og melke, men at mer arbeid gjenstår for sikkert å skille disse fra for eksempel slo og buklist. Det er utarbeidet forslag til konsepter for effektiv fraksjonering.

Prosjektet har også satt opp enkle økonomiske analyser av potensialet som ligger i effektivt uttak og salg av enkeltfraksjoner. Analysen viser en mulighet for økt inntjening.

**UTARBEIDET AV**

John A. Fossum

**KONTROLLERT AV**

Bendik Toldnes, Harry Westavik

**GODKJENT AV**

Marit Aursand

**RAPPORTNR**

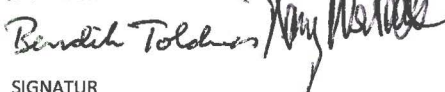
A23065

**ISBN**

978-82-14-05437-8

**GRADERING**

Åpen

**SIGNATUR****SIGNATUR****SIGNATUR****GRADERING DENNE SIDE**

Åpen

# Historikk

---

<b>VERSJON</b>	<b>DATO</b>	<b>VERSJONSBESKRIVELSE</b>
V.01	2012-05-10	Første utkast
V1.0	2012-06-11	Endelig versjon

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>5</b>
1.1	Bakgrunn .....	5
1.1.1	Datagrunnlag .....	5
1.2	Potensiale.....	6
1.3	Prosjektets målsetning.....	7
<b>2</b>	<b>Behovsanalyse</b> .....	<b>8</b>
2.1	Markedsbehov .....	8
2.2	Dagens situasjon .....	9
2.3	Videre planer.....	10
<b>3</b>	<b>Teknisk underlag</b> .....	<b>11</b>
3.1	Fileteringsprosessen .....	11
3.2	Feilskjær og uhell .....	16
<b>4</b>	<b>Teknologi prinsipper</b> .....	<b>17</b>
4.1	Konseptutvikling .....	17
4.1.1	Idégenerering .....	18
4.1.2	Griping .....	20
4.1.3	Utvalgte konsepter .....	22
4.1.4	Etterbehandling .....	24
4.1.5	Forsøk .....	25
4.2	Deteksjonsprinsipper .....	29
4.2.1	Nærinfrarød (NIR) analyse.....	29
4.2.2	Metode .....	30
4.2.3	Forsøk .....	31
4.2.4	Konklusjon .....	42
<b>5</b>	<b>Økonomisk analyse</b> .....	<b>43</b>
5.1	Økonomiske estimater.....	43
5.1.1	Maskinkostnader .....	43
5.1.2	Produksjonskostnader .....	44
5.2	Resultater .....	49
5.2.1	Betingelser .....	49
5.2.2	Økonomiske resultater .....	50
<b>6</b>	<b>Diskusjon</b> .....	<b>51</b>

<b>7</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>53</b>
	7.1 Videre arbeid.....	54
<b>8</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>55</b>

## 1 Innledning

### 1.1 Bakgrunn

I slutten av mai 2011 arrangerte FHF en strategisamling for området pelagisk industri med fokus på restråstoffutnyttelse. SINTEF Fiskeri og havbruk AS (SFH) ble invitert til å holde foredrag om teknologibehov for utnyttelse av restråstoff fra sildefiletering. I henhold til opplysninger fra FHF, er det avklart i faggruppemøte for pelagisk industri at FHF ønsker å bidra til teknologiutvikling for å kunne oppnå fraksjonert utnyttelse av restråstoff fra filetering av sild og at dette er forankret i handlingsplanen til FHF. SFH ble kontaktet for å diskutere mulighetene for utvikling av teknologi for uttak og sortering av restråstoffraksjoner, og eventuelt prosjektgjennomføring i denne sammenheng.

#### 1.1.1 Datagrunnlag

Kvantumet for fangst og produksjon av sild er stort, selv om kvoten for 2011 var noe redusert sammenliknet med foregående år. Andelen av kvantumet som blir filetert har økt fra ca. 30% til ca. 50% fra 2003 til 2010, og denne andelen kan forventes å øke ytterligere fremover. I 2010 og 2011 ble det henholdsvis generert over 350'000 og 230'000 tonn restråstoff fra pelagisk industri (Rubin, 2011 - 2012), og det meste av dette i form av restråstoff fra filetering av sild.

Ved filetering av sild (hovedprodukter; flaps med skinn, skinnfri filet, biter) genereres restfraksjoner som vist i Figur 1-1 (Eksempler på andeler angitt i forhold til hel sild).

	Sjøset 12.12.06		Fryseriet 22.1.07		Sjøset 31.10.07	
	kg	%	kg	%	kg	%
Filet u/skinn	-	-	39,09	35,7 %	-	-
Flaps m/skinn	59,5	46,8 %	-	-	39,79	50,1 %
Hode	17,53	13,8 %	16,36	14,9 %	10,7	13,5 %
Buk	6,825	5,4 %	8,98	8,2 %	4,99	6,3 %
Hale	2,66	2,1 %	6,97	6,4 %	2,84	3,6 %
Rygg/bukbein	23,18	18,2 %	16,16	14,8 %	11,48	14,4 %
Rogn	5,08	4,0 %	6,27	5,7 %	2,18	2,7 %
Melke	8,73	6,9 %	7,75	7,1 %	4,26	5,4 %
Slo	3,57	2,8 %	2,94	2,7 %	3,25	4,1 %
Skinn	-	-	5,01	4,6 %	-	-
Sum fraksjoner	127,075	100,0 %	109,53	100,0 %	79,49	100,0 %

Figur 1-1: Restfraksjoner (Østvik, Grimsmo, Jansson, Dauksas, & Bondø, 2009)

Det meste av restråstoffet fra sild blir i dag anvendt samfengt som råstoff til mel- og oljeindustri (143'000kg) og en stor andel også til ensilasjebasert industri (84'500kg), som begge selger produkter som råvare til fôr. Små andeler går også til humant konsum (3'000kg) og pelsdyr (500kg). Kvantumene som her er referert, er gitt av varestrømsanalyse fra RUBIN, og inneholder tall fra både NVG sild og Norsjøsild. (RUBIN, Varestrømsanalyse for 2011).

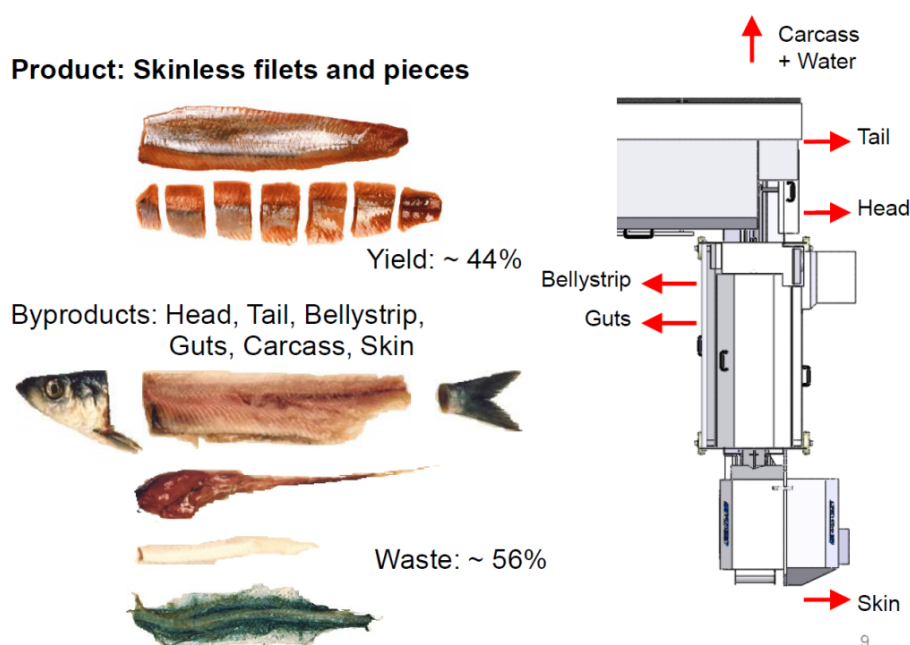
Ved noen fileteringsfabrikker for sild er det de senere år etablert et visst uttak og produksjon av silderognprodukter. Lønnsomheten fra dette har delvis vært bra, og potensialet for økt verdiskapning fra utnyttelse av silderogn kan være betydelig. Nofima Ingrediens har blant annet gjennomført et prosjekt angående anvendelse av sildemelke (Solheim, 2009). Denne fraksjonen kan også representere et betydelig økonomisk potensial. Næringsinnholdet i restråstoffene er høyt. Råstoffet representerer en betydelig mengde protein og lipider med egenskaper som betraktes som attraktive. Innholdet er dokumentert i RUBIN-rapport 164 (Østvik, Grimsmo, Jansson, Dauksas, & Bondø, 2009).

## 1.2 Potensiale

De ulike fraksjoner vil til en viss grad ha ulike egenskaper og sammensetning basert på videre anvendelse. Ryggbein/bukbein vil inneholde en god del restkjøtt i tillegg til beinsubstansen. Buklist vil inneholde fettholdig vev, kjøtt og skinn. Gonader har relativt lavt fettinnhold på 4-5%, og stor andel fosfolipider på 65-75%. Gonader er ellers rike på protein, og rogn i seg selv er en attraktiv råvare.

Anvendelse av enkeltfraksjoner som råstoff for konsumprodukter er aktuelt. I forbindelse med filetering av laks er salg av biprodukter til konsumanvendelse utbredt (Eksempelvis: Buklist, ryggbein og hoder).

I forbindelse med bruk av fileteringsmaskinene for sild (Baader og Arenco VMK) er det mulig å fange opp gitte enkeltfraksjoner, og ta ut disse separat. Se Figur 1-2 (Baader, presentasjon FHF strategisamling mai 2011).



**Figur 1-2: Ulike restråstoffraksjoner ved filetering av sild, og hvor disse genereres og kan tas ut i forbindelse med Baader filetmaskin (Ref. Baader, presentasjon FHF strategisamling mai 2011).**

Fraksjonene hale, hode, rygg/bukbein og skinn genereres separat i filetmaskinene, men egnet uttaks- og transportløsning må etableres for at de skal kunne tas ut hver for seg. Buklistfraksjonen kan også i stor grad tas ut separat. En viss innblanding av gonader og slo sammen med buklist kan inntreffe. Det er spesielt samlefraksjonen gonader/slo som vil være samfengt og i dette kan også være innblandet buklist til en viss (ukjent) grad.

### 1.3 Prosjektets målsetning

Prosjektets fase 1 skal gi beslutningsgrunnlag for hvilke områder som skal prioriteres og hvilke teknologiske prinsipper som bør anvendes ved utvikling av industrielt system for separert uttak av restråstoff-fraksjoner ved filetering av sild.

Dette skal realiseres gjennom følgende delmål:

1. Det skal avdekkes industrielle og teknologiske/fysiske behov som legger føringer og hvilken fleksibilitet som kreves.
2. Det skal avdekkes hvilke deteksjonsprinsipper, hvilke plukkeprinsipper som er egnet til bruk i automatisert sorteringsløsning for fraksjonene rogn, melke, slo og buklist, samt behovet for spredning av råstoffet.
3. Kostnadene ved anvendelse av slik teknologi samt det driftsøkonomiske potensialet skal kalkuleres. Konsekvenser for fabrikkutforming skal vurderes.
4. Prosjektet skal resultere i en plan/prosjektbeskrivelse for videreutvikling av slik teknologi (fase 2).



## 2 Behovsanalyse

Prosjektet har som delmål å avklare teknologiutviklingsbehovet, gjennom analyse av industrielt (markedsmessig) behov for separert uttak av de enkelte fraksjoner, samt analyse av teknologiske betingelser i forhold til filemaskin og fabrikk, og hvordan råstoffet fremstår i forhold til graden av separasjon/renhet til den enkelte fraksjon.

### 2.1 Markedsbehov

For å kunne si noe om teknologiutviklingsbehovet, må vi kartlegge det industrielle behovet. Dette kan være en omfattende og stor prosess for å få fullstendig oversikt. Det har derfor i dette prosjektet blitt valgt å utarbeide en spørreundersøkelse. Denne er planlagt benyttet mot utvalgte landanlegg i industrien. Dette for å få en bedre oversikt over de enkelte markeder som bedriftene sikter mot, samtidig som vi får kjennskap til deres planer og verdiskapningspotensiale. Til sammen ble 18 bedrifter langs norskekysten forespurt om å delta i undersøkelsen. Ut i fra disse svarte til sammen 15 bedrifter på undersøkelsen. Noen av disse er knyttet sammen i større selskaper, og ble derfor slått sammen til et samlet svar. Det er hentet inn 7 svarskjema som representerer de 15 bedriftene i undersøkelsen. Det er noen variasjoner på hva de enkelte bedriftene ønsker å oppgi. Derfor vil kapittelet videre basere seg på de svar som ble oppgitt.

Det er også lagt opp til et parallelt løp med Møreforskning, og deres FHF finansierte prosjekt #900675 *"Restråstoff fra NVG-sild til konsum"* (Kjerstad, 2012). Denne sammensetningen håper vi skal gi oss de relevante opplysninger vi trenger med hensyn på det industrielle behovet for slik teknologi i dag.

## 2.2 Dagens situasjon

De bedriftene som deltok i undersøkelsen hadde rundt 100'000 tonn filet og 150'000 tonn restråstoff rapportert i undersøkelsen. I tillegg kommer rund sild som mange også leverer. Bedriftene som ble forspurt dekker et totalt kvantum på 250'000 til 300'000 tonn råvare, noe som tilsvarer en betydelig del av kvotene i de siste årene.

Av restråstoffet ser vi at de største kvantaene går til mel / olje og ensilasje, og utgjør dermed den største andelen av det totale restråstoff salget. Deretter kommer rognuttak, og kutt og avskjær til slutt. Prisene på ensilasje ligger på rundt 1,50 – 2,00 kr/kg, og mel og olje ligger på rundt 1,25 – 1,50 kr/kg i dag. Ut i fra de verdier som er oppgitt i undersøkelsen, utgjør dette en verdi i overkant 115 millioner kroner.

Ingen bedrifter i undersøkelsen eier egen mel /oljefabrikk, og de fleste er derfor åpne i forhold til salg av restråstoff til humant konsum. De fleste påpeker at det må legges til rette for at det finnes markeder for slike fraksjoner, før man er villige til å gå for slik sorteringsteknologi. En av de forespurte bedriftene i undersøkelsen hadde eget ensilasjeanlegg, og holdt nå på å kjøre i gang og sette opp eget oljeanlegg. Der håper de å kjøre gjennom et kvantum på 4 tonn per timen, noe som vil resultere i rundt 400 liter olje per time. Dersom de lykkes med denne investeringen håper de å finne markeder som vil ha oljen. De håper å oppnå en pris på rundt 18 kr/l. På 10'000 tonn restråstoff vil man kunne sitte igjen med 1000 tonn olje med en potensiell verdi på rundt 18 millioner kroner.

De ønskede fraksjonene i undersøkelsen var buklist, "bits and pieces", rogn, melke og kutt fra sildefiletproduksjon. Her var det spredning i hva den enkelte bedrift ønsket, eller hadde muligheter for å ta ut i dag. Blant annet hadde de mulighet for å ta ut buklist dersom dette var ønskelig. For de med rognanlegg ble det benyttet trommelanlegg for å ta ut dette i dag. Fremover vil det være ønskelig med uttak av hel rognpose. Dette gjelder også for melke.

Alle de forspurte hadde Baader maskiner til bruk i filetering. Ut av de som oppga antall filetmaskiner i sin produksjon, besto utvalget av til sammen 139 filetmaskiner, der 6 maskiner og oppover var vanlig per anlegg.

## 2.3 Videre planer

Her la bedriftene stor vekt på å finne nye markeder, og at dette måtte på plass før de eventuelt ville satse på nye produkter. Her ble det blant annet nevnt at "bits and pieces" tas ut i dag, og at man også kan ta ut buklist dersom dette er av interesse. Dette bestemmes i dag av marked og pris. Her kommer bedriftene til å selge til de markeder som gir best inntjening.

Det foreligger som nevnt i kapitlet over, planer om å produsere olje til det norske markedet. Også mel av høy kvalitet vil være aktuelt her. Dette vil kun være snakk om investeringer for den aktuelle bedriften i dag. Det ble poengtert at rogn ikke modnes nok når silda er i nord, og at det ikke vil være av interesse å delta i et slikt utviklingsprosjekt som FHF nå gjennomfører, og man er derfor fornøyd med filetproduksjon og oljefabrikker som i dag.

Industrielle metoder for separering, uthenting, intertransport og frysing av råstoffet vil være nøkkelfaktorer for å få til nye produkter fremover. Også nye områder innenfor bioteknologi vil kunne ha innvirkninger her. På bakgrunn av dette er det derfor enkelte bedrifter som følger dette FHF løpet med stor interesse. Dette vil være en mulighet for øket inntjening på råstoffet dersom man lykkes, og derfor være et etterlengtet virkemiddel for differensiering i et tøft marked for industrien.

På spørsmålet "Generelle betraktninger videre" svarte den ene bedriften følgende:

*"Rett å filetere i Norge, slik at vi kan ta restråstoffet og benytte oss av det".*

*"Marinering og konservering gir god holdbarhet slik at konsumentene har produkt hele året".*

En slik betraktning vil bety at vi utnytter det råstoffet vi har på en best mulig måte, og streber etter å konservere og benytte oss av dette på en bærekraftig måte. Ut i fra de indikasjoner som kommer fra industrien, vil det være bedriftspartnere som vil være interesserte i å være med på en slik utvikling.

### 3 Teknisk underlag

For filetmaskiner er det nå kun to leverandører i det norske markedet, Baader (Figur 3-1) og VMK Arencó (Figur 3-2). I prinsippet er maskinene nærmest identiske, og utløp av fraksjonene skjer i meget stor grad på samme sted og måte.



Figur 3-1: Baader 221 Fileteringsmaskin



Figur 3-2: Arencó VMK 16 og 11 fileteringsmaskin

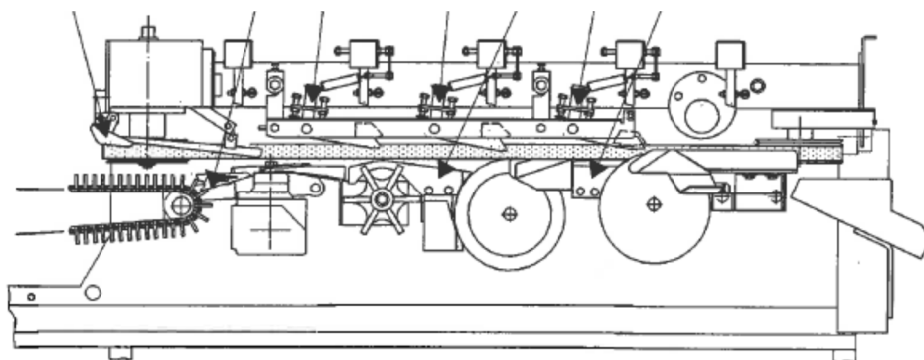
#### 3.1 Fileteringsprosessen

Etter at sild er distribuert ut til den enkelte filetmaskin og matet enkeltvis inn i denne på skålbånd, orienteres den først med buken i riktig retning. Maskinsyn kontrollerer at fisken ikke ligger dobbelt, feil vei eller har andre store avvik. Så kappes hode og spor. Alternativt kan også innmat (rogn/melke og innvoller) suges ut med vakuum. Deretter overføres fisken til selv fileteringsenheten.

Kort kan man si at følgende funksjoner utføres i fileteringsenheten:

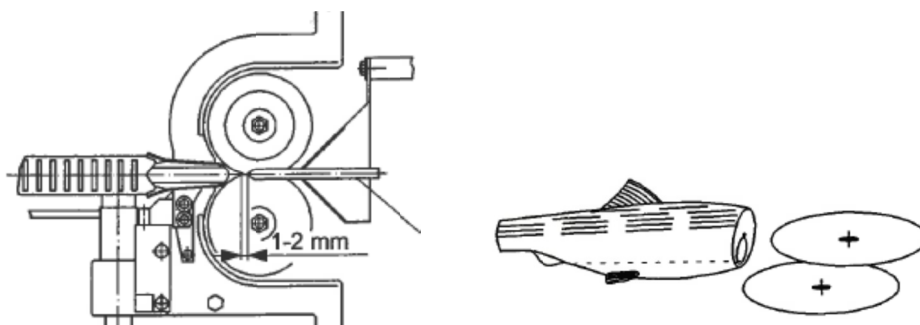
- Buk-kutt (buklist faller ned)
- Utgraving av innvoller (innvoller faller ned)
- Ryggbeinkutt (ryggbein faller ned)

Deretter går filet eller dobbel filet (butterfly) til avskinningsmaskin og eventuelt bitkutting.

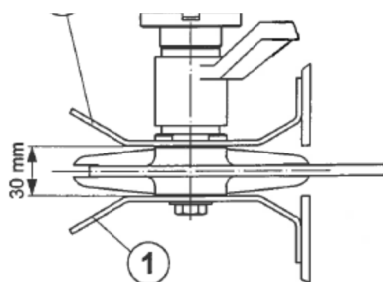


Figur 3-3: Illustrasjon hentet fra Baader 221 Pelagic Fish Processing Machine, Operating Instructions

Fra venstre i Figur 3-3 ser vi her innføringsbånd, bukkniver, utgravingshjul for innvoller og to knivsett som fjerner ryggbeinene fra fileten. Figur 3-4 og Figur 3-5 viser den samme linjen, men sett ovenfra.



Figur 3-4: Venstre: Detalj ovenfra av bukinnetter, bukklistkniver og skillevegg. Høyre: Buksnittet.



Figur 3-5: Detalj ovenfra av utskraperhjul for innvoller.



**Figur 3-6: Bukkniv og utskrapingshjul**



**Figur 3-7: Utskrapingshjul for innvoller**

Figur 3-6 og Figur 3-7 viser utskrapingshjul for innvoller. Her faller rogn/melke ned. Midt i bildet vises skilleveggen mellom buklistknivene (helt til venstre) og utskrapingshjulet. På grunn av denne vil svært få buklistere havne sammen med rogn/melke-fraksjonen. Figur 3-8 viser fraksjoner fra råstoffet etter gjennomkjøring i filetmaskin.



Figur 3-8: Avskjær fra filetmaskin



Figur 3-9: Melke sitter fortsatt i buklist etter kutt

Avhengig av innstillingen av kuttet vil en viss mengde rogn/melke kunne kuttes og sitte fast på buklisten (Figur 3-9). Rendyrking av buklistfraksjonen vil derfor være en utfordring, med mindre man kan stille inn fileteringen for å unngå kutting av rogn/melke. Dette vil dog påvirke utbyttet og filetenes kvalitet, fordi for lite buklistkutt gir "skjørt" på fileten (gjenværende bukvev).



Figur 3-10: Buklist i filet etter kutt

Selv med forholdsvis høyt buklistkutt vil hovedmengden av rogn/melke henge igjen i fiskekroppen etter buklistknivene, se Figur 3-10. Rogn/melke og innvoller skrapes av i trinnet etter, utskraperhjulet.

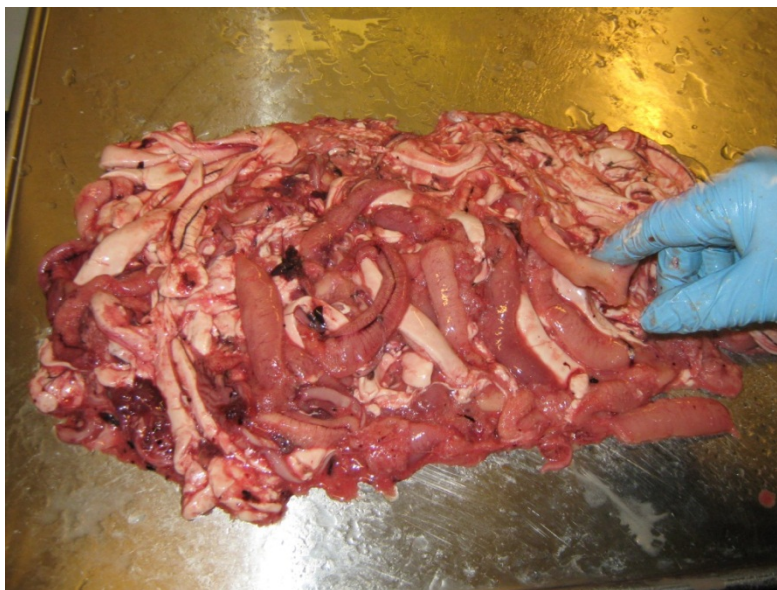
Det er viktig å merke seg at her vil melkesekken (eller rognsekken) være oppskåret, slik at produkter som krever hele melkesekker/rognsekker ikke er mulig å oppnå.



Figur 3-11: Fraksjoner tatt ut ved utskraperhjulet

Rogn/melke-fraksjonen som kommer ut under utskraperhjulet inneholder en god del "forurensninger" (Figur 3-11 og Figur 3-12). Her vises innvoller, hjerte, milt og svømmeblære. Det bør likevel være mulig å vaske bort mesteparten av disse forurensningene for å kunne komme til og skille ut rogn og melke.





Figur 3-12: Opsamling av rogn og melkefraksjoner

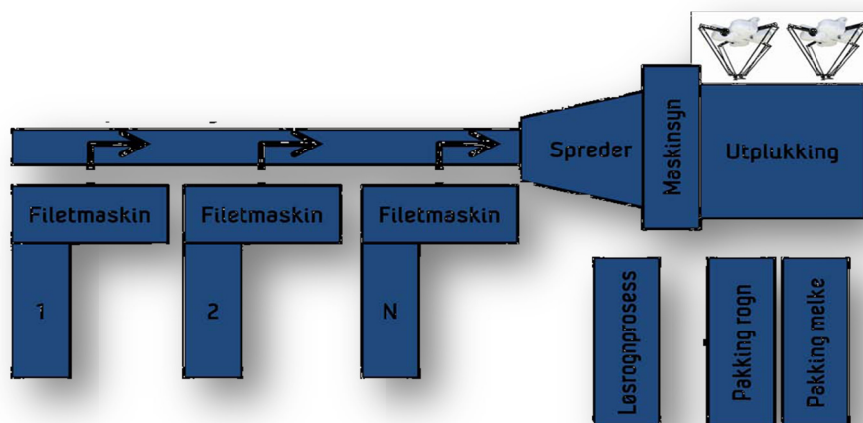
### 3.2 Feilskjær og uhell

Ingen maskin er 100 % feilfri, og med 250-300 sild gjennom én fileteringsmaskin per minutt må man påregne feilskjær og forurensninger av fraksjonene som følge av uhell/stopp. Hvis for eksempel overføringen fra fileteringsdelen til avskinningsdelen hindres, kan fileteringsdelen flyte over av hel eller halvkappet sild før feilen detekteres og innmatingen i maskinen stoppes. Da vil også hel sild kunne havne i utløpet til rogn/melke-fraksjon. Dette må prosesseringen ta høyde for, slik at "ukjent" materiale ikke føres videre til de rendyrkede fraksjonene.

Kvantifiserende analyse av forholdstall mellom for eksempel rogn/melke og "forurensninger" vil ha liten verdi, da disse tallene vil være sterkt avhengige av innstillingen av fileteringsmaskinen og eventuelle feil som måtte oppstå. Forskjellige kunder ønsker forskjellige typer kutt, forskjellige operatører vil kunne stille inn fileteringen ulikt og maskinene vil kunne bevege seg vekk fra riktig innstilling i løpet av prosesseringen. Derfor mener vi det er mest hensiktsmessig å konstatere at ingen fraksjon ut av fileteringsmaskinen er 100 % ren. Som følge av dette må løsninger for rendyrking av de enkelte fraksjonene ta høyde for utsortering av uønsket materiale.

## 4 Teknologiprinsipper

Med utgangspunkt i prinsipiell løsning for sortering av fraksjonene som vist i Figur 4-1 skal det avklares gjennomførbarhet og utvalg av egnede prinsipper for deteksjon og plukking av de enkelte fraksjoner. I hvilket omfang, og prinsipielt på hvilken måte fraksjonsstrømmen må/kan gjøres tilgjengelig for deteksjon og plukking skal også avdekkes. Dette gjøres ved testing av alternative og antatt egnede metoder, prinsipper og utstyr/teknologiske elementer.



Figur 4-1: skisse som skjematisk viser arrangement for sortering av rogn, melke og slo.

Skissen i Figur 4-1 legger til rette for teknologiutvikling uavhengig av maskinleverandør på filetmaskinene. Dette vil representere den mest generiske løsningen, da man kun presenterer restråstoffet på samlebånd.

### 4.1 Konseptutvikling

Fraksjonene rogn, melke, slo og eventuelt buklist skal kunne plukkes og distribueres hver for seg. Med stor sannsynlighet vil bruk av hurtigbevegelig industrirobot (for eksempel tripod-robot) være egnet løsning for bevegelse av plukkeinnretning. I dette kapitlet presenteres utvalgte prinsipper for griping/plukking av de enkelte fraksjoner. Disse vurderes så i forhold til egnethet. Egnethet skal vurderes for eksempel i forhold til evne til å gripe, i forhold til å distribuere/avlevere og i forhold til å styre. Dette presenteres nærmere i dette kapitlet.

### 4.1.1 Idégenerering

Idégenerering ble gjennomført 28. februar 2012 for å komme frem til løsninger for uttak og sortering av fraksjonert restråstoff fra sild. Følgende tema ble behandlet:

- a) Uttak fra fileteringsmaskin
- b) Spredning/fordeling
- c) Plukking/utsortering

I tillegg ble det sett på helhetlige konsepter. Disse konseptene presenteres i delkapittel 4.1.3

I et forsøk på å dekke de muligheter som finnes innen identifikasjon og fysisk manipulasjon/griping/plukking av restråstoffet i sild, ble det tidlig i prosjektet kjørt en bred og tverrfaglig idemyldring. Videre arbeid konsentrerte seg rundt prinsippene presentert i Tabell 4-1 til Tabell 4-4. Teknologi som ble presentert her, men som vi ikke gikk videre med, ble valgt bort basert på realiserbarhet, industrielle behov, kapasitet og andre fysiske utfordringer som f. eks plassbehov.

Tabellene er laget ut fra Scorecard-metodikken. Her blir ideene listet opp under tema, og hver deltaker i prosjektet setter karakterer på skalaen 1 til 6 på hver idé, se kolonne nr. 1-4 under karakterer. I tillegg kan man føye til en kommentar til hver idé. Etterpå gis det en gjennomsnittskarakter, se kolonne nr. 5 under karakterer. Etter innsamling av karakterer og kommentarer møtes man til en felles diskusjon rundt disse ideene og deres karakterer for å sammenfatte kommentarene.

Karakterene er delt inn i fire fargekategorier:

- Rosa: Karakter 1-2
- Hvitt: Karakter 3
- Lys grønn: Karakter 4-6
- Sterk grønn: Foretrukne idéer.

### Uttak fra filetering

Tabell 4-1: Poengtabell for Uttak fra filetering

TEMA/IDÉ	Karakter					Kommentar (hvorfor egnet/uegnet?)
<b>a) Uttak fra filetering</b>						
Renne ned på bånd, bånd ut til sentral	4	5	5	3	4,3	Standard, plasskrevende
Griping i maskin, lokal sortering ved uttak	1	3	2	3	2,3	For vanskelig
Renne ut fra maskin, pumpe til sentral	3	4	3	2	3,0	Skader rogn/melke
Vakuumsug (undertrykk) ut fra maskin	6	4	4	4	4,5	God
Deteksjon i filetmaskin (fotodiode), to/tre løp ut	5	5	4	3	4,3	God
Deteksjon tidligst mulig enkeltvis ved uttak -> to/tre løp (variant)	5	6	4	5	5,0	Preferert løsning

## Spredning/fordeling

Tabell 4-2: Poengtabell for Spredning/Fordeling

TEMA/IDÉ	Karakter				Kommentar (hvorfor egnet/uegnet?)
<b>b) Spredning/fordeling</b>		3			
Rake, fordeling på bånd	2	3	2	3	2,5 Skader
Akselerasjonsbånd (samme hastighet ut fra/i maskin + spredning i lengde)	3	3	4	4	3,5 Hvis nødvendig
Penser på bånd (flipper side)	2	3	4	1	2,5 Lite effektiv
Kaviartube (tube som beveger seg og sprer utover bånd)	4	4	2	4	3,5 Hvis nødvendig
Vibrasjonsspredning/ristebånd	4	3	3	4	3,5 Hvis nødvendig
Sperrehjul på bånd (kjevle som roterer, hindrer flere lag på hverandre)	2	3	2	2	2,3 Vanskelig
Flotasjon i saltvann (alt dumpes i vann/uttak nede og oppe)	1	1	2	2	1,5 For tregt/plasskrevende
Gutaspreder (møkkaspreder/sprinkleranlegg)	1	1	2	2	1,5 Skader, plasskrevende
Gutapult (kastes ut over større område/bånd)	1	1	3	1	1,5 Skader, plasskrevende
Unødvendig fordi det er løst i uttak med pens	5	6	4	5	5,0 Hvis 6 mulig, preferert løsning

## Plukking/utsortering

Tabell 4-3: Poengtabell for Plukking/Utsortering

TEMA/IDÉ	Karakter				Kommentar (hvorfor egnet/uegnet?)
<b>c) Plukking/utsortering</b>					
Splitte/trommel for separasjon av rogn/melke fra slo	3	5	2	3	3,3 Tar kun ut løsrogn
Sug alt - spytt ut i to løp (vakuumsuger l-akse 1,5 akse)	3	3	3	4	3,3 Kompleks, plasskrevende
Pensing (maskinsyn, spredd på bånd, penser)	2	1	3	2	2,0 For vanskelig
Vakuumsuging (robotstyrt støvsugermunnstykke/manipulator)	4	1	5	5	3,8 Vil kunne fungere, men kompleks
Trykkluft/skyting (ved fall)	2	1	4	4	2,8 Bedre for rigide materialer
Vakuu + manipulator	3	2	5	3	3,3 Bedre for rigide materialer
Robotplukking/griping med egnet griper	3	1	2	3	2,3 Bedre for rigide materialer
Fall-lemmer i båndkant - GutPiano	2	2	2	3	2,3 Svært kompleks
Parallell løp med stasjonære oppsug	4	4	3	4	3,8 Vil kunne fungere med riktig spredning

## Mellomidéer

Tabell 4-4: Poengtabell for Mellomidéer

TEMA/IDÉ	Karakter				Kommentar (hvorfor egnet/uegnet?)
<b>Mellomidéer:</b>					
Rest-restråstoff prosessert samfengt, separering av olje/limvann/grakse	5	5	2	2	3,5 Ut over prosjektet
Vannusj/spyling av rogn og melke for å vaske bort slo	5	6	4	6	5,3 Slo/blod må fjernes fra rogn og melke
Modifisering av filetmaskin/stille inn maskin (kutt)	2	3	2	3	2,5 Bør ikke basere løsning på dette

#### 4.1.2 Griping

Tidlig i prosjektet ble det gått gjennom en rekke metoder for å "manipulere" råstoffet etter spredning og deteksjon. Dette beskrives videre i dette kapittelet.

#### Tre hovedprinsipper for griping

- I. Mekanisk griping (Mekaniske fingre, klyper, blæregripere, etc.)
- II. Penetrerende griping (Nålegripere, kroker, etc.)
- III. Overflatetiltrekkende griping (Frysegripere, vakuumbgripere, magnetgripere, etc.)

#### Andre måter å manipulere materiale på

- I. Slusing (En rekke forskjellige måter å flytte enheter liggende på bånd med "flippere".)
- II. Vakuumbtransport (Rettet vakuumb-munnstykke "evakuerer" enhetene fra bånd, som en støvsuger.)

Eksempler på noen av disse konseptene er presentert i Figur 4-2.

#### Spesielle utfordringer for griping

Her er det lagt vekt på de spesielle utfordringene ved å gripe/ta tak i fraksjonene av restråstoff fra sild, spesielt rogn og melke.

- I. Hygiene er svært viktig (Kontakt med materialet må minimeres/tas høyde for med renhold og inerte materialer.)
- II. Ikke-rigide materialer (Myke og sleipe overflater som er vanskelige å få tak på.)
- III. Skånsomhet (Råstoffet må ikke ødelegges.)
- IV. Stykkene henger sammen (problemer med å separere ulike råstoffdeler)

Deløsning / Eksisterende løsning	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<b>4a. Sortering</b> Kaste ut fisk	Borster 	Flipper 	Carrier 	Trip 	Air jet 	Up/down and out 	Pusher 	Drop out (belt) 	Dumper 	
<b>4b. Sortering</b> Flytte fisk med robot	Menneskehånd 	Industrirobot 	Flexpicker 	Scara Robot 	Lineær foring 	Quattro 				
<b>4c. Håndtering</b> Gripe fisk (manipulator)	Menneskehånd 	Nålegriper 	Mekanisk griper, "fingre" 	Mekanisk klype 	"Stekespade" 	Vakuumbgriper 	Ballongriper 	Krokgriper 	Strammewire 	Fryseelement 

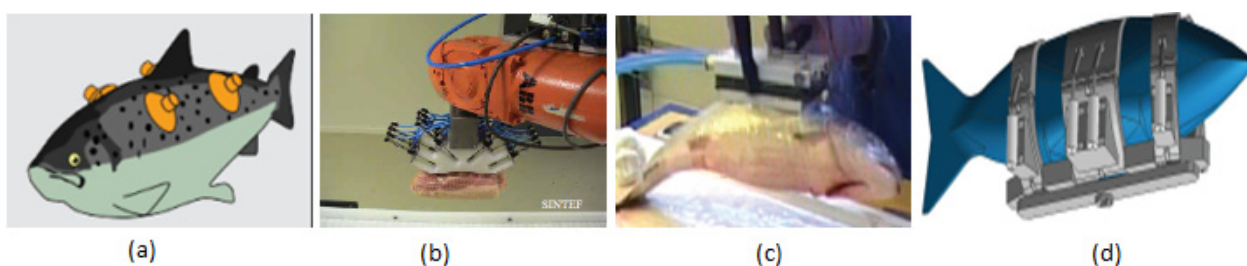
Figur 4-2: Fra morfologi (delfunksjoner/delløsninger) for sortering:

SINTEF Raufoss Manufacturing (SRM) har tidligere sett på griping av myke materialer blant annet i forbindelse med pakkelinje for klippfisk. Resultater fra dette er presentert i FHF prosjekt [# 443183 – "Forprosjekt pakkelinje"](#) (FHF, FHF, 2007) (*I samarbeid med Innovasjon Norge*) og FHF prosjekt [#422052 – "Ny griperteknologi for effektivisering av håndtering og pakking næringsmiddelindustri"](#) (FHF, FHF, 2006) (*i samarbeid med NFR*). Noen av prinsippene for griping er vist i Figur 4-3.

I arbeidet til SRM fremkommer følgende griperer som potensielt egnet for fleksible materialer: (Se Figur 4-3.)

- a) Vakuumbgriper
- b) Nålegriper
- c) Frysegriper
- d) Mekanisk griper

Disse kan være egnet for hel fisk eller filet. For fraksjoner som rogn/melke vil kompleksiteten i oppgaven være enda større. Vakuumbgriper, frysegriper og mekanisk griper vil ha vanskelig for å få tak. Nålegriper vil måtte penetrere rognsekken/melkesekken, hvilket er lite ønskelig.



Figur 4-3: (a) - Vakuumbgriper, (b) - Nålegriper, (c) - Frysegriper, (d) – Mekanisk griper

I NFR prosjekt #199581/I10 - [\*"Novel sensor technology and automation for improved quality and process control"\*](#) (Segtnan, 2010 - 2013) har FRPERC i Grimsby fått i oppdrag fra SFH å vurdere griperer for laksefilet. Dette arbeidet vil resultere i en gjennomgang av aktuell gripeteknologi, samt en videreutvikling og testing av en Bernoulli-griper. Denne gripertypen baserer seg på styrt trykkluft som blåser ut til sidene fra en dyse og skaper et undertrykk som gir løft på undersiden. Foreløpig har metoden lite løftekraft, er sårbar for hurtig sideforflytning og kan for fleksible materialer gi vibrasjoner som gir skader i overflaten. Muligens vil en videreutvikling av denne med kanaler for bedre kontroll på luftstrømmene gjøre griperen mer egnet, men dette er ennå på forsøksstadiet. Forsøk og resultat med Bernoulli-griper vist i Figur 4-4 og Figur 4-5.



Figur 4-4: Griping av filet (Single Point)



Figur 4-5: Overflateskade etter behandling

Følgelig mener vi at best egnet manipulator i tilfellet for rogn og melke vil være vakuumbgriper ("støvsuging"). Noen utvalgte konsepter basert på dette er derfor presentert i kapittel 4.1.3.

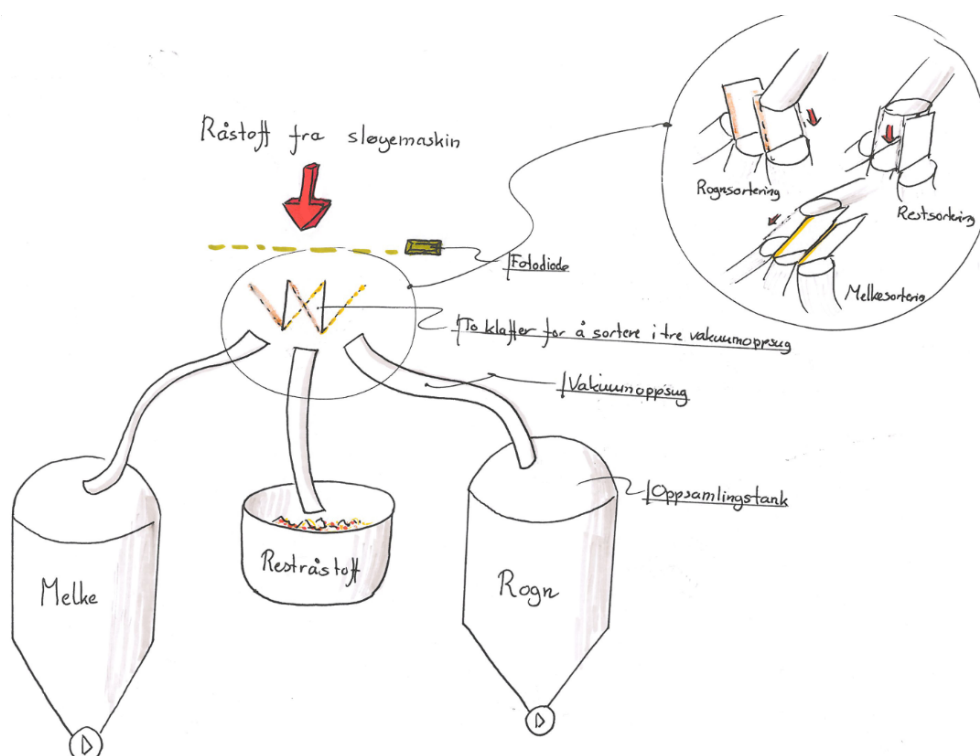
### 4.1.3 Utvalgte konsepter

Etter idemyldringen den 28. februar 2012 ble tre helhetlige konsepter satt sammen med utgangspunkt i idéene presentert. Disse presenteres her.

#### Konsept 1: "QuickSort"

Separere rogn og melke i to fraksjoner tidligst mulig, umiddelbart ved utløp under fileteringsmaskin. Rogn og melke er da fortsatt enkeltvis separert i samme takt som fisken som går gjennom maskinen (+250/min) og faller (i stor grad) ned enkeltvis, sammen med slo. Buklist vil hovedsakelig falle litt ved siden av på grunn av en skillevegg i maskinen. Illustrasjon av prinsippet er vist i Figur 4-6.

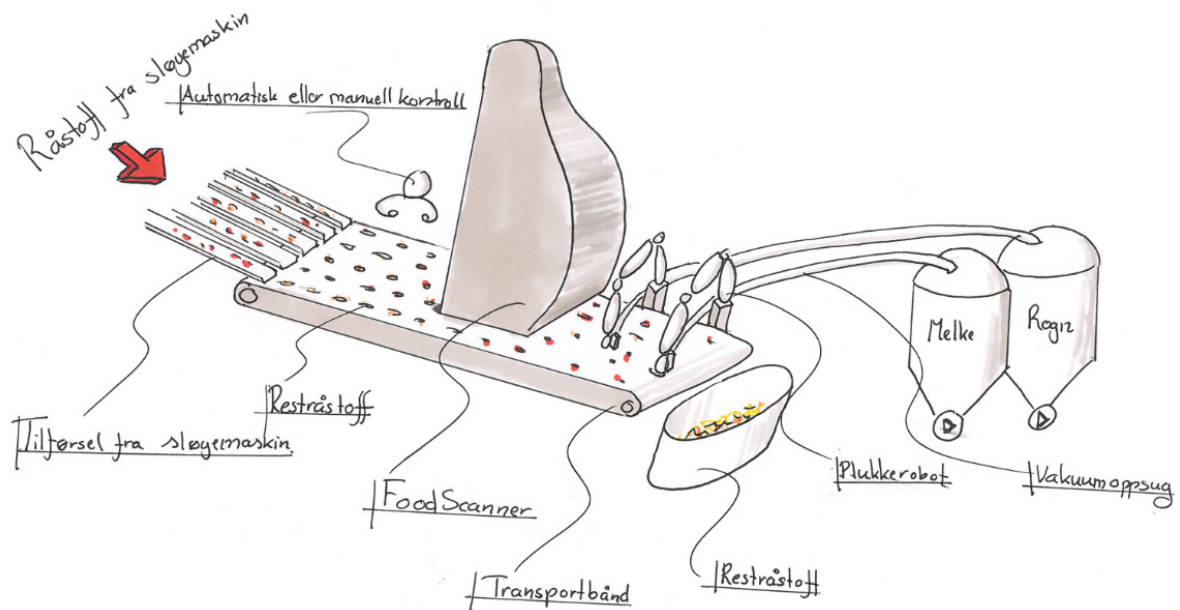
Der hvor rogn/melke faller ned plasseres en fotodiode/sensor. Denne identifiserer objektet som passerer som rogn, melke eller ukjent og styrer en pens til riktig utløp. Sensoren kommer til å bli tilsølt raskt, og må holdes ren kontinuerlig, for eksempel med et roterende glass og vannspyling. Dette er noe man må ta høyde for i en eventuell videreutvikling. Rogn og melke transporteres så til oppsamling. Ukjent materiale går sammen med annet restråstoff i renne.



Figur 4-6: Konseptskisse "QuickSort"

## Konsept 2: "RoboVac"

Rogn/melke-fraksjon samles og transporteres fra fileteringsmaskinen(e). Massen spredes så på bånd (noe arbeid må til for å finne en kombinert løsning for dette), før identifisering med maskinsyn, og en robotstyrt vakuumsugsuger plukker rogn/melke. Videre arbeid med dette vil bli å finne egnet måte for spredning og plukking. Illustrasjon av prinsippet er vist i Figur 4-7.

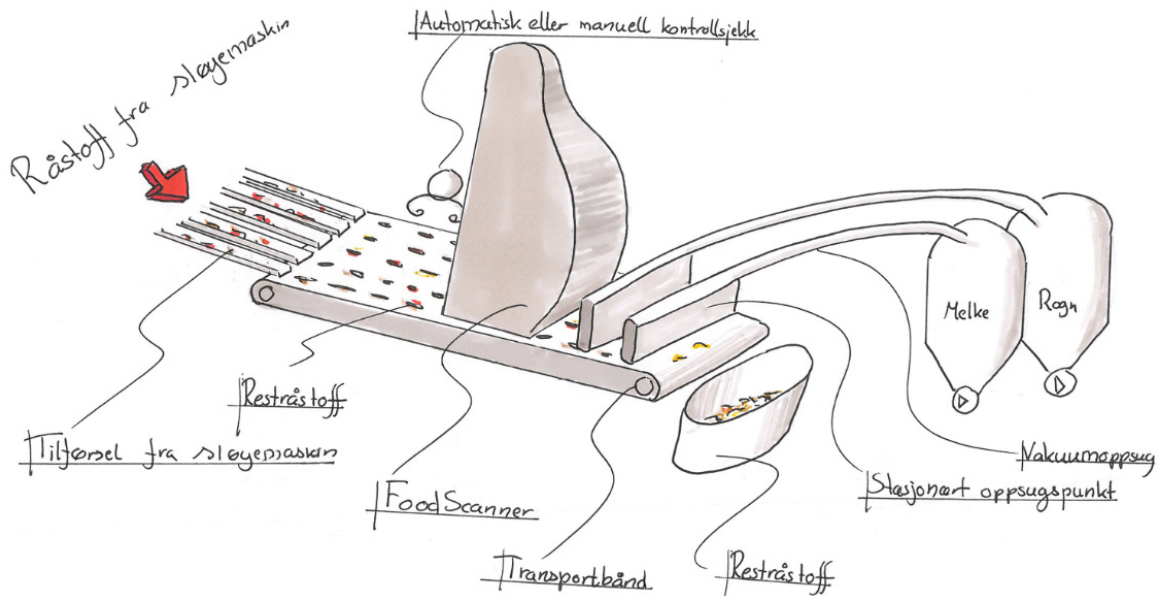


Figur 4-7: Konseptskisse "RoboVac"



### Konsept 3: "StationVac"

Dette er i utgangspunktet lignende oppsett som "RoboVac". I stedet for spredning på ett bånd og maskinsyn, benyttes spredning til parallelle løp med enklere sensorer for å skille mellom rogn og melke. Over banene er det tenkt stasjonære oppsug av rogn/melke. Illustrasjon av prinsippet er vist i Figur 4-8.



Figur 4-8: Konseptskisse "StationVac"

#### 4.1.4 Etterbehandling

Renheten på fraksjonene er fortsatt noe usikker. Dette gjelder spesielt for konseptet "QuickSort". Her vil det være behov for en vasking eller spyling av fraksjonene for å fjerne slo fra rogn og melke. Slo er en viktig faktor når det kommer til kvaliteten på fraksjonene. Dersom det finnes slo i separasjonene over tid, vil dette føre til en forringing av produktet, og gjøre fraksjonene uinteressante for videre distribusjon. Fjerning av slo er derfor en viktig oppgave som må sikres i alle konsepter.

På konseptene "RoboVac" og "StationVac" er tenkt en automatisk eller manuell kontrollstasjon. Dette for å fjerne uønskede produkter før analyse. Dette kan være fraksjoner av buklist som er kommet med i rogn- eller melkerennen, eller råstoff som det er tydelig dårlig kvalitet på.

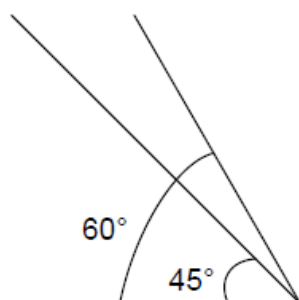
Når det gjelder selve plukkingen /opsugingen av fraksjonene vil det her være naturlig å tenke kvalitet og spredning på bånd. Dersom man ved hjelp av maskinsyn ser at den ønskede fraksjonen har dårlig kvalitet, eller vil være vanskelig å separere på grunn av dårlig spredning, kan man tenke seg at denne ikke blir valgt til separasjon. Med en slik strategi vil man bare plukke ut enheter med høy kvalitet, og "resten" går til ensilasjeprosess eller mel/olje slik som i dag. Dette kan være en viktig strategi for å opprettholde næringsstoffinnholdet i ensilasje og mel og olje. For eksempel kan man se for seg en 70-80 % utsortering av rogn og melke, og la de resterende 20-30 % gå til ensilasje eller mel og olje som i dag for å opprettholde noe av næringsverdien i disse biproduktene.

#### 4.1.5 Forsøk

I et forsøk på å klassifisere de forskjellige løsningene beskrevet ovenfor, ble det utført noen laboratorietester ved SINTEF SeaLab. Disse beskrives nærmere i dette kapittelet.

##### 4.1.5.1 Droppetest

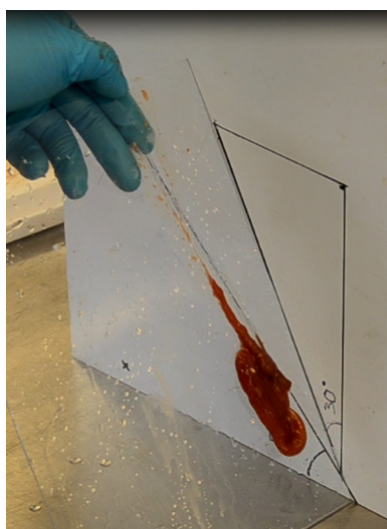
Det ble forsøkt å slippe gonadebiter (rogn og melke) ned på en glatt flate, satt i en gitt vinkel fra underlaget. Dette for å se om råstoffet vil klebe seg fast i underlaget, eller skli av. Det ble her brukt en enkel plate med vinkelmål, og en fuktet Lexan-plate som underlag. Dette materialet gir meget liten motstand, og er godt egnet til formålet.



Figur 4-9: Vinkelmål for droppetest

Rogn og melke ble sluppet fra en høyde på 50cm ned på Lexan-platen, platen ble plassert som vist i Figur 4-9.

Ved en fallhøyde på 50cm og en 45° vinkel på platen, lent ut fra vertikalen, gled melken av platen, mens rognen sugde seg fast i platen umiddelbart etter fall, og rant sakte av. Ved en vinkel på 30° ut fra vertikalen vil fortsatt rognen feste seg til underlaget, selv om platen er fuktet med vann. I Figur 4-10 er det illustrert hvordan rognen ikke forlater platen umiddelbart etter treff. Figuren illustrerer 30° ut fra vertikalen.



Figur 4-10: Rogn som fester seg til underlaget i 60° vinkel

#### 4.1.5.2 Spredertest

I et forsøk på å spre råmaterialet ble rogn og melke samlet i hver sin haug, og deretter forsøkt spredd ved utkjevling eller avskrapning med myk sleik. Dette er vist i Figur 4-11.



Figur 4-11: Samling med melke og rogn hver for seg

I spredningsforsøkene ser vi en klar antydning til at råstoffet vil samle seg i kontaktflaten mellom spredningsverktøyet og råstoffet. Dette fører til at vi vil dra små hauger med råstoff med oss bortover flaten. Dersom man ser for seg en kontinuerlig strøm med råstoff på et samlebånd, vil det være nærliggende å tro at denne effekten forsterker seg, og kan være med på å ødelegge råstoffet.

Det ble forsøkt overrulling med roterende kjevle (Figur 4-12). Denne metoden så ut til samle råstoffet i større opphopninger før kjevlen. Noen av stoffet festet seg også til overflaten og ble med rundt i rotasjonsretningen.



Figur 4-12: Illustrasjon av roterende kjevle

Spredning ved hjelp av myk sleik så ut til å fungere bedre enn kjevlekonseptet. Dette gjorde at råstoffet fikk en viss spredning i begge retninger mot underlaget, og vil trolig gjøre det mulig for videre analyse å skille de enkelte fraksjonene fra hverandre. Figur 4-13 viser separasjonene av rogn ved bruk av sleik.



Figur 4-13: Seperasjon av rogn

Resultater fra "samfengt" spredning og separasjon vises i Figur 4-14 og Figur 4-15



**Figur 4-14: Samfengt råstoff før spredning**

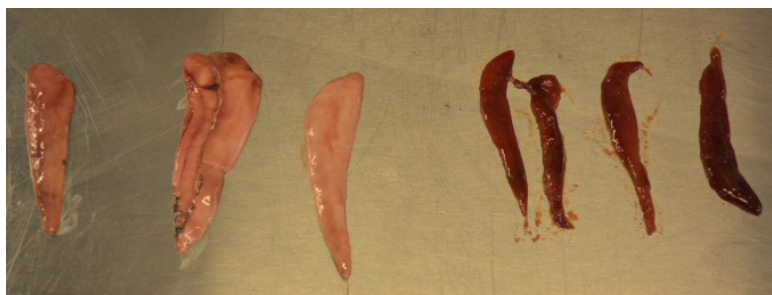


**Figur 4-15: Samfengt råstoff etter spredning med sleik**

### 4.1.5.3 Vakuumtest

For å kunne samle inn de ønskede fraksjonene, er det viktig å finne en skånsom måte å håndtere eller manipulere fraksjonene på. Når vi her snakker om rogn og melke fra NVG sild, er dette et råstoff som vanskelig lar seg gripe, også for mennesker. Dette er beskrevet i kapittel 4.1.2. På bakgrunn av vurderingene rundt griping av dette råstoffet, ble det besluttet å gjøre noen enkle forsøk med vakuum, for å se om råstoffet tåler denne belastningen. Testen ble utført på rogn og melke fra NVG sild fanget og helfrosset første uke i januar 2012.

Råstoffet ble presentert i enkeltfraksjoner på et arbeidsbord i rustfritt stål, for så å bli sugd opp av en industristøvsuger av typen *Kärcher NT 361 Eco*. Denne var utstyrt med en standard sugeslange.



Figur 4-16: Presentasjon av råstoff

Slangen var ujevn og hadde en stor diameter i forhold til det man vil finne på andre vakuumanlegg bedre egnet for denne oppgaven. Vi ønsket derfor å teste effekten av denne noe tøffe behandlingen på råstoffet for å se resultatet.



Figur 4-17: Melke etter oppsuging



Figur 4-18: Rogn etter oppsuging

Melken ble for det meste revet i stykker av behandlingen., se Figur 4-17. Rognsekkene klarte seg bedre gjennom systemet, og kom gjennom behandlingen uten større skader, se Figur 4-18. Her ser vi at to av rognsekkene har fått et likt "brudd" midt i rognsekken. Dette er trolig på grunn av brekking eller vibrasjoner gjennom slangen.

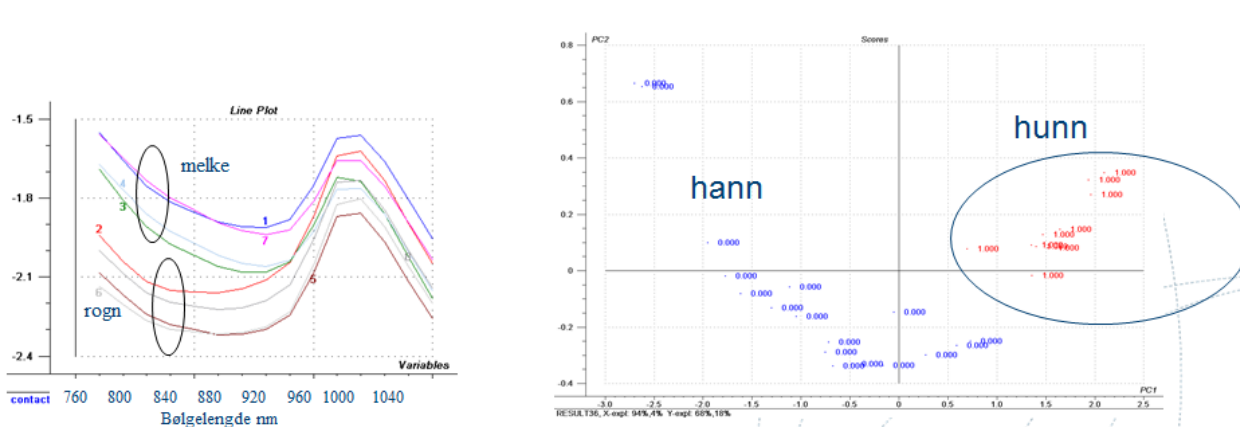
En slik test tyder på at rognsekkene er noe mer robuste enn melkesekkene, og at det vil være potensial for å kunne plukke disse fraksjonene fra bånd eller andre innretninger, uten å skade sekkene. For å verifisere de påkjenninger som tåles fra vakuumtransport, må dette testes med et mer tilrettelagt anlegg. Man vil da være i stand til å finne de begrensninger man her opererer med, og samtidig ta hensyn til årstidsvariasjoner på gonaden.

## 4.2 Deteksjonsprinsipper

Maskinsyn innen lysspekterets synlige del og eventuelt nærinfrarøde del skal undersøkes med hensyn til egnethet til å detektere fraksjonene. Fraksjonene skal kunne detekteres hver for seg og kunne segmenteres fra hverandre. Testing av maskinsyn og bildebehandling og eventuelt multispektral avbildning av industrielt relevante råstoffer skal gi svar på hvilke(t) prinsipp som er best egnet for industriell løsning.

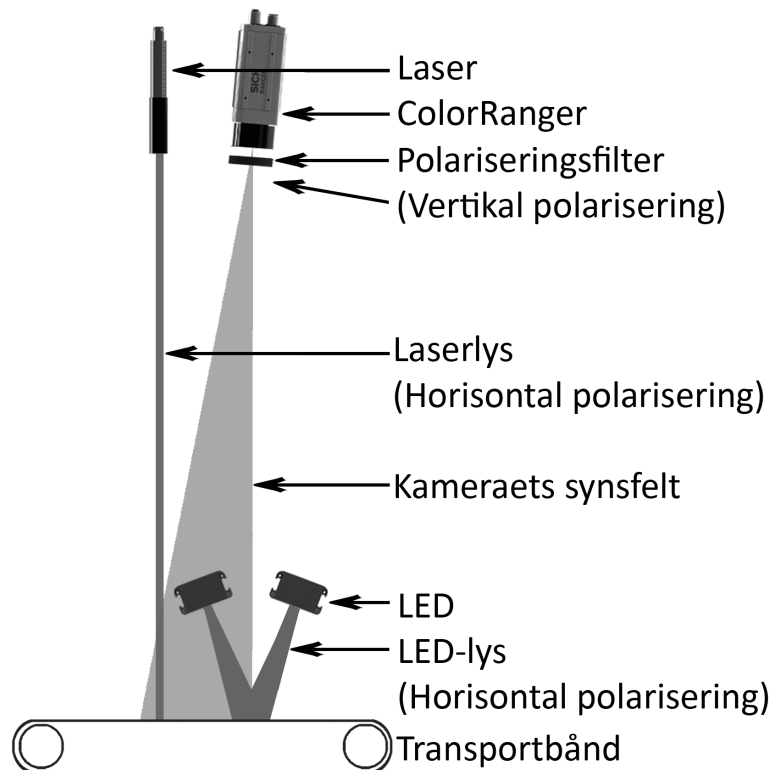
### 4.2.1 Nærinfrarød (NIR) analyse

Basert på erfaringer fra FHF prosjekt #900387 "Individbasert kvalitetssortering og kvalitetsmerking av pelagisk fisk" (FHF, FHF, 2012 - 2012), har vi så langt valgt å sette fokus på bruk av NIR-lasere og maskinsyn. Dette baserer seg på resultater presentert av NOFIMA i prosjektet, der de påpeker store absorpsjonsforskjeller mellom rogn og melke ved bølgelengder fra 750-1000nm. Se Figur 4-19.



Figur 4-19: Resultater presentert av NOFIMA på FHF's formidlingsamling 6. desember 2011. Absorpsjonsdata for rogn og melke i hel sild

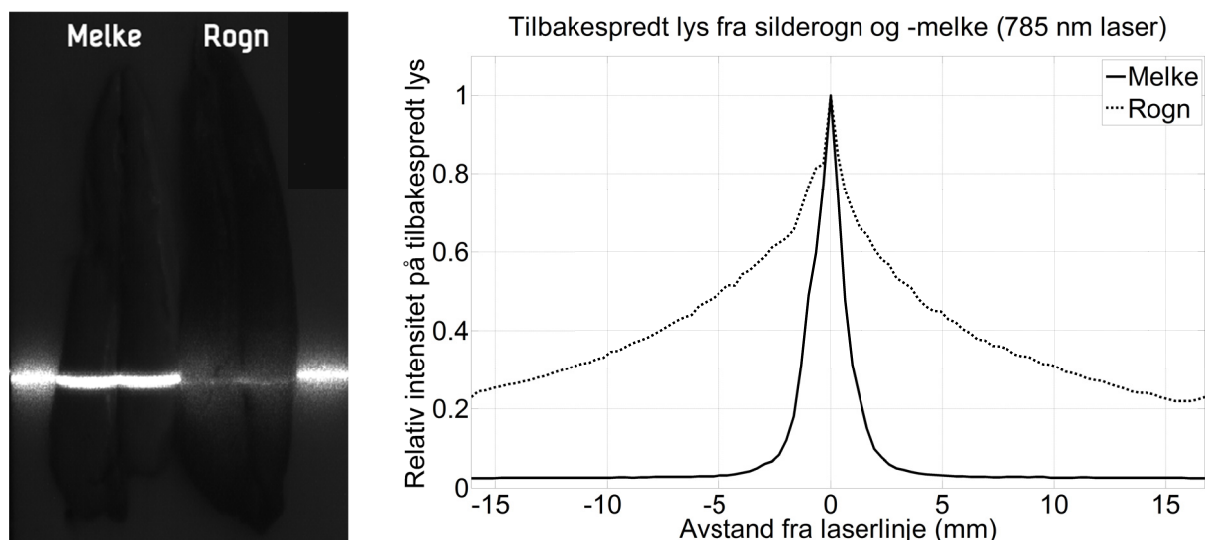
#### 4.2.2 Metode



Figur 4-20. Illustrasjon av maskinsynoppsettet som er benyttet i forsøkene.

Et maskinsynoppsett, illustrert i Figur 4-20, ble benyttet for å ta bilder av sildegonader (silderogn og sildemelke). Sildegonadene ble plassert på en plastplate og transportert på transportbånd. Et ColorRanger-kamera tar bilder av et område på transportbåndet, og en laser belyser dette området i én stripe på tvers av transportbåndet. For hvert bilde beregner kameraet en 3D-profil samt linjeprofiler for direkte- og indirekte-tilbakespredt laserlys. Kameraet setter sammen disse linjeprofilene til hele bilder ved å kombinere hurtig billedtagning og bevegelse på transportbåndet. I innledende forsøk ble det kun tatt bilder belyst med laserlys. I hovedforsøket ble det i tillegg benyttet hvite LED lys for å ta fargebilder.

For å få gode bilder, av direkte- og indirekte-tilbakespredt laserlys, er det nødvendig å sette et polariseringsfilter foran kameralinsen. Dette polariseringsfilteret er vertikalt polarisert, slik at horisontalt polariserte overflaterreflekser (fra laserlyset) i sildegonadene ikke vil slippe gjennom polariseringsfilteret. Laserlys som trenger inn i sildegonadene vil derimot endre polarisering, og dermed slippe gjennom polariseringsfilteret. Således vil bruk av polariseringsfilter sørge for at man avbilder den faktiske lysabsorpsjonen og lysspredningen fra selve silderogn- og sildemelkevevet, som befinner seg innenfor hinnen som omslutter gonadene. Uten polariseringsfilter vil refleksene fra hinnen dominere bildet.



Figur 4-21. Illustrasjon av forskjell i direkte- og indirekte-tilbakespredt lys fra laserbelyst silderogn og sildemelke, ved en laserbølglengde på 785 nm.

## 4.2.3 Forsøk

### 4.2.3.1 Innledende forsøk

I innledende forsøk ble det benyttet tre ulike laserbølglengder på henholdsvis 640nm, 785nm og 808nm. Grensen mellom rød og nærinfrarød (NIR) ligger på 700nm. Hensikten med disse innledende forsøkene var å undersøke hvorvidt det var mulig å benytte nærinfrarød avbildning til å skille mellom silderogn og sildemelke, ved bruk av direkte- og indirekte-tilbakespredt lys. Med dette som grunnlag vil et større hovedforsøk planlegges og gjennomføres med et større utvalg laserbølglengder og avbildningsinnstillinger. I dette kapitlet vises resultater ved bruk av laseren på 785nm, som i dette forsøket ga best resultat.

Totalt 9 silderogn og 9 sildemelke ble avbildet i de innledende forsøkene, med en vektspredning på fiskens størrelse fra 220 til 405 gram. Silden ble fangstet sent i februar 2012, og dermed var sildegonadene svært modne. Dette innebærer at silderogna har stor lysabsorpsjon i forhold til tidligere i sesongen.

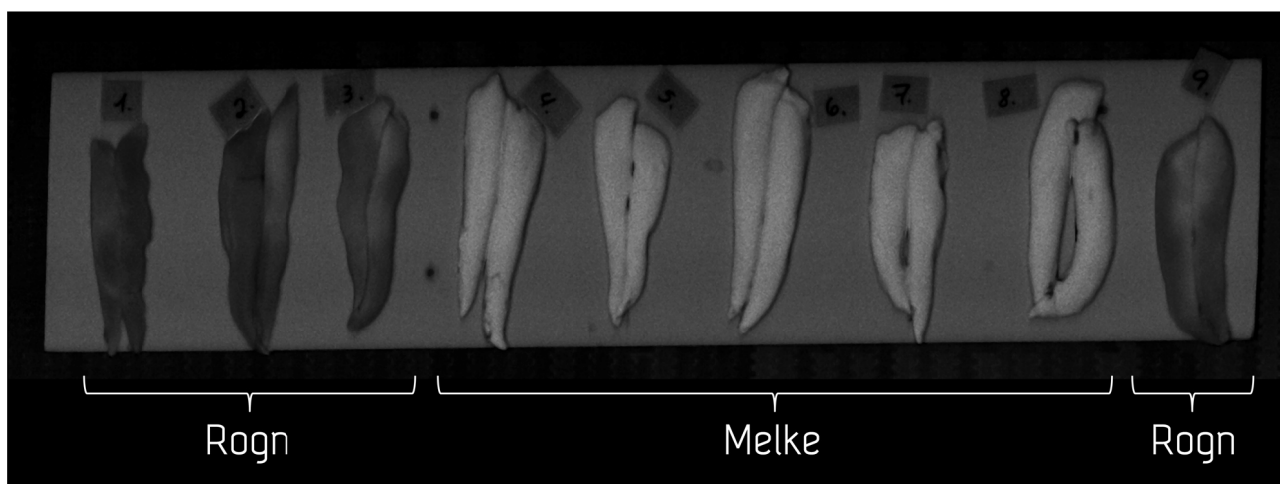
ColorRanger-kameraet avbilder direkte-tilbakespredt lys ved å måle intensitetsprofilen direkte på laserlinjen. Tilsvarende blir indirekte-tilbakespredt lys avbildet ved å måle en intensitetsprofil som er i en definert avstand fra laserlinjen. I innledende forsøk var denne avstanden eksperimentelt satt til 1,75mm i kameraets avbildningsinnstillinger. Kameraets evne til å avbilde både direkte- og indirekte-tilbakespredt lys, gjør det mulig å se på forholdet mellom disse to. Dette forholdet sier noe om hvor mye lys som spres og absorberes over en gitt transmisjonsavstand i materialet. Ulike materialer har gjerne ulik lysspredningsevne. Silderogn og sildemelke har helt klart forskjellig evne til å spre lys, slik det er illustrert i Figur 4-21. Bildet til venstre i Figur 4-21 er et utsnitt av det bildet som kameraet ser. Laserlinjen lyser i en stripe på tvers av transportbåndet. Laserlinjen er tynn eller smal der den lyser på objekter med liten lysspredningsevne, slik som for sildemelke helt til venstre i bildet. Tilsvarende er laserlinjen tykk eller bred på objekter med stor lysspredningsevne, slik som for silderogn til høyre i bildet og plastplaten som sildegonadene ligger på. Plottet til høyre i Figur 4-21 viser den relative intensiteten på tilbakespredt lys som funksjon av avstand fra laserlinjen, uavhengig av den absolutte intensiteten, for silderogn og sildemelke. Det vi ser er at silderogn har betydelig større lysspredningsevne enn sildemelke for en laserbølglengde på 785nm. Dette betyr i praksis at lysspredningsevnen kan brukes som en parameter for å skille mellom silderogn og sildemelke, uansett hvor



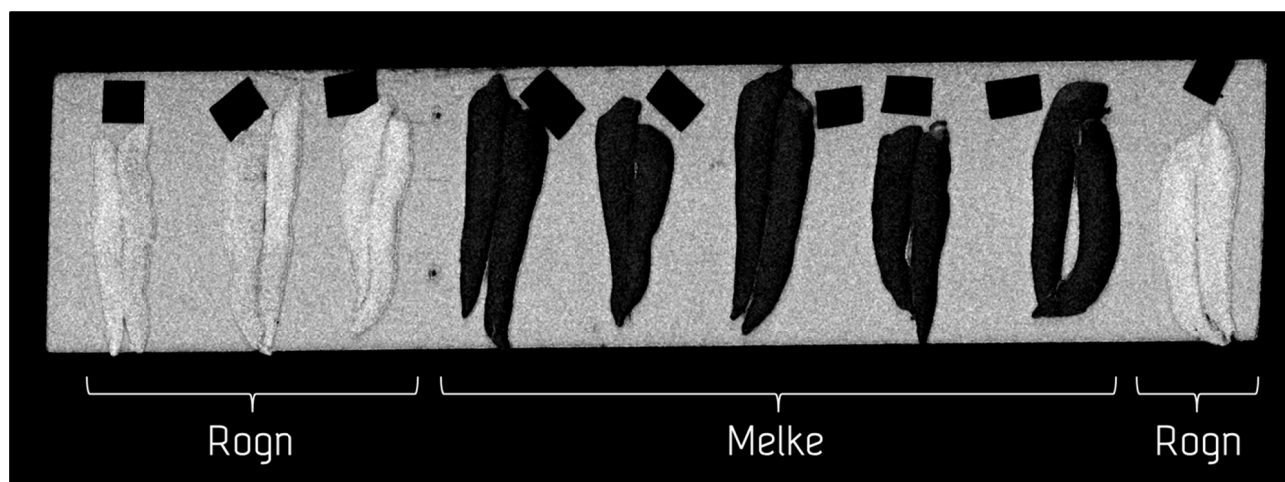
mørke eller lyse disse gonadene er. Med tanke på blant annet sesongvariasjoner i forhold til graden av modenhet, hvor for eksempel umoden silderogn er lys og moden silderogn er mørk, er det en stor fordel at man kan bruke lysspredningsevnen til å skille mellom silderogn og sildemelke.



Figur 4-22. Avbildning av silderogn og sildemelke i direkte-tilbakespredt laserlys (785 nm).



Figur 4-23. Avbildning av silderogn og sildemelke i indirekte-tilbakespredt laserlys (785 nm).



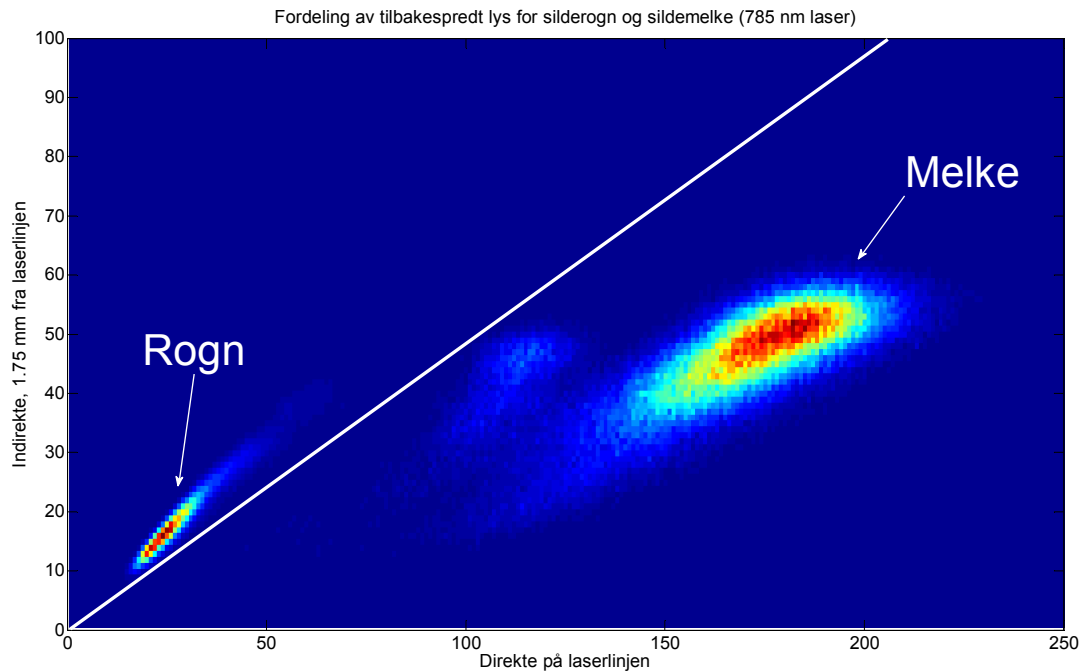
Figur 4-24. Avbildning av silderogن og sildemelke i forholdet mellom indirekte- og direkte-tilbakespredt laserlys (785 nm).

Silderogن og sildemelke er avbildet i direkte-tilbakespredt laserlys i Figur 4-22. Fra denne figuren ser vi at silderogن har mye større absorpsjon enn sildemelke ved 785nm. Dette skyldes i stor grad at silderognen er veldig moden, og dermed har stor lysabsorpsjon. I tilfellet med umoden silderogن, vil det sannsynligvis være betydelig mindre forskjell, i graden av direkte-tilbakespredt lys, mellom silderogن og sildemelke.

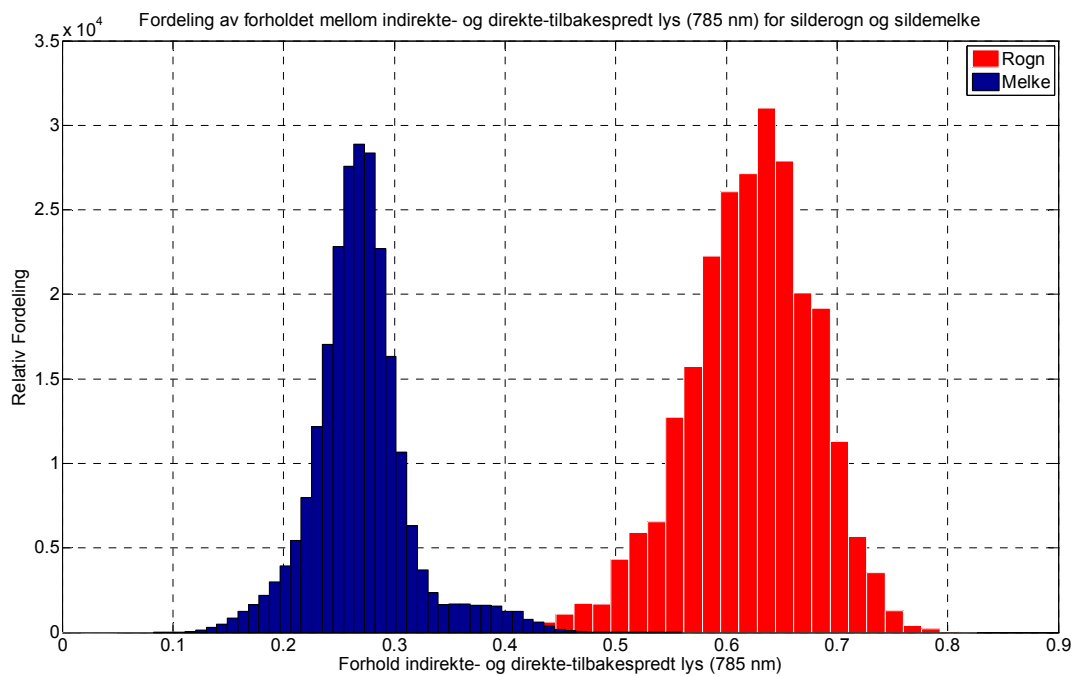
Silderogن og sildemelke er avbildet i indirekte-tilbakespredt laserlys i Figur 4-23. I denne figuren er lysintensiteten målt med en avstand på 1,75mm fra laserlinjen. Fra denne figuren ser vi at forskjellen mellom silderogن og sildemelke er mindre enn i tilfellet med direkte-tilbakespredt laserlys. (Merk: bildeintensiteten i forhold til Figur 4-22).

Forholdet mellom indirekte- og direkte-tilbakespredt laserlys er avbildet, for silderogن og sildemelke, i Figur 4-24. Dette bildet illustrerer graden av lystap (en kombinasjon av lysspredning og lysabsorpsjon) over en transmisjonsavstand på 1,75mm. Vi ser at lystapet er stort for sildemelke, noe som også er tydelig ut fra bildet til venstre i Figur 4-21. Tilsvarende ser vi at lystapet er mye mindre for silderogن. Fra denne figuren er det tydelig at forholdet mellom indirekte- og direkte-tilbakespredt lys egner seg til å skille mellom silderogن og sildemelke. Dette er videre illustrert i Figur 4-25 og Figur 4-26. I Figur 4-25 ser vi direkte-tilbakespredt lys på den ene aksene og indirekte-tilbakespredt lys på den andre aksene. Plottet er et 2D-histogram som viser fordelingen, langs disse to aksene, av bildeelementene (pikslene) i bildene som er tatt av alle enkeltgonader i det innledende forsøket. Som nevnt tidligere, er silderogن ganske moden og har dermed også stor lysabsorpsjon, og dermed vil umoden silderogن kunne resultere i overlapp, mellom silderogن og sildemelke, langs den horisontale aksene i dette 2D-histogrammet. Vi ser fra 2D-histogrammet i Figur 4-25 at det er mulig å trekke en skillelinje (illustrert med hvit linje) mellom roغن og melke. Denne skillelinjen vil være gyldig uansett hvor lys silderogna er, og linjens stigningstall er forholdet mellom indirekte- og direkte-tilbakespredt laserlys. I Figur 4-26 er fordelingen av dette forholdet illustrert i et 1D-histogram.

Innledende forsøk, med en 785nm laser og en transmisjonsavstand på 1,75mm i avbildningsinnstillingene, viser at det er mulig å skille mellom silderogن og sildemelke ved bruk av forholdet mellom indirekte- og direkte-tilbakespredt laserlys.



Figur 4-25. Fordeling av tilbakespredt lys for silderogn og sildemelke.



Figur 4-26. Fordeling av forholdet mellom indirekte- og direkte-tilbakespredt lys for silderogn og sildemelke.

#### 4.2.3.2 Hovedforsøk

I hovedforsøket ble det benyttet flere laserbølglengder, på 404nm (blå), 532nm (grønn), 640nm (rød), 785nm (NIR), 830nm (NIR) og 980nm (NIR). Grensen mellom rød og nærinfrarød (NIR) ligger på 700nm. Til tross for de gode resultatene fra innledende forsøk, ble det besluttet å gjøre forsøk med flere lasere som spenner hele området fra de korteste blå bølglengdene til de lengste NIR-bølglengdene som ligger innenfor følsomhetsområdet til ColorRanger-kameraet (400nm til 1100nm).



Figur 4-27. Fargebilde av gonadene som ble benyttet i hovedforsøk. Rogn er til venstre og melke til høyre.

I hovedforsøket tinte vi opp 24 sild som ble fryst ned i forbindelse med de innledende forsøk. Totalt 8 hunnsild og 16 hannsild ble benyttet. Silden ble manuelt sløyd og gonadene ble uvasket plassert på en hvit isoporplate som illustrert i bildet i Figur 4-27. Gonadene ble gruppert i rogn og melke for å forenkle bildeanalysene. Plassering av gonadene på en slik plate er praktisk med tanke på å gjennomføre mange avbildninger på et transportbånd. Det kommer tydelig frem på bildet at rognen er mørk og moden, og at det er en del blod og slim.

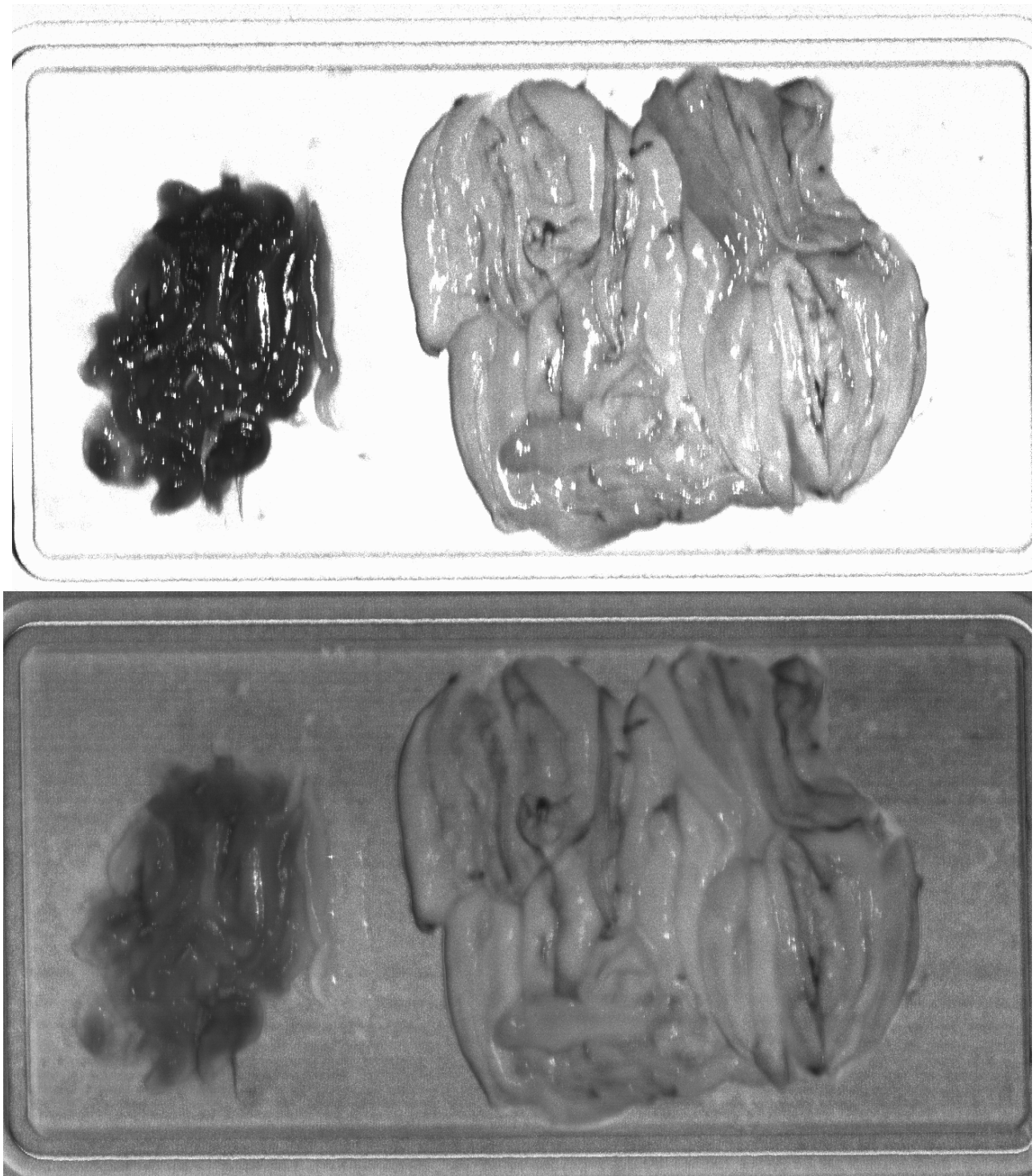


Figur 4-28. Bilde av normal silderog med lyst utseende. ([www.foodstubs.com/caviar.html](http://www.foodstubs.com/caviar.html))

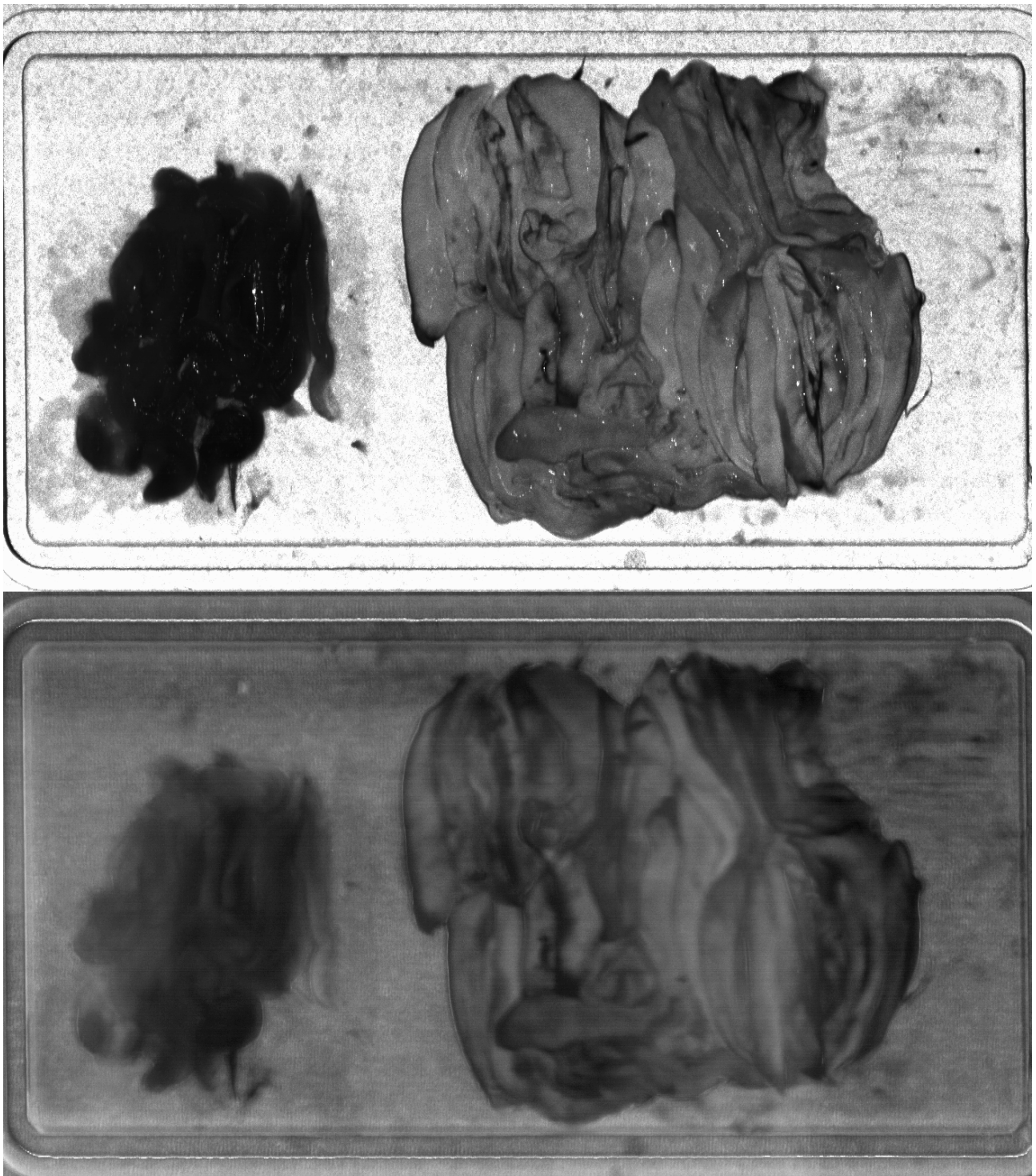
Fargevariasjonene mellom svært moden rogn (Figur 4-27), og mer normal rogn (Figur 4-28) motiverer for å finne avbildningsteknikker som er robust med tanke på slike store fargevariasjoner. Det er også ønskelig med avbildningsteknikker som er robust med tanke på tilstedeværelse av blod og slim. Med dette som bakgrunn, undersøkte vi et bredt spekter av laserbølgelengder og flere avbildningsinnstillinger for hver av disse bølgelengdene.

Tabell 4-5. Deteksjonsrate for rogn (per piksel), ved en falsk-alartrate på 10 %.

Bølgelengde (nm)	Transmisjonsavstand (mm)	Deteksjonsrate (%)
<b>404</b>	0,5	4,9
	1,0	4,8
	2,0	6,5
<b>532</b>	0,5	72,0
	1,0	70,5
	2,0	82,0
<b>640</b>	0,5	18,6
	1,0	94,3
	2,0	<b>98,5</b>
<b>785</b>	0,5	12,1
	1,0	88,2
	2,0	<b>96,1</b>
<b>830</b>	0,5	46,1
	1,0	79,7
	2,0	95,2
<b>980</b>	0,5	91,6
	1,0	69,2
	2,0	54,6



Figur 4-29. Direkte (øverst) og indirekte (nederst) tilbakespredt laserlys, ved laserbølglengde på 785nm og avstand fra laserlinje, for måling av indirekte tilbakespredt laserlys, på 2mm.



Figur 4-30. Direkte (øverst) og indirekte (nederst) tilbakespredt laserlys, ved laserbølgelengde på 640nm og avstand fra laserlinje, for måling av indirekte tilbakespredt laserlys, på 2mm.

I Tabell 4-5 er resultatene fra hovedforsøket oppsummert. For hver laserbølgelengde har vi, i avbildningsinnstillingene til kameraet, testet tre ulike transmisjonsavstander fra laserlinjen for måling av indirekte tilbakespredt laserlys. For hver laserbølgelengde ble det gjort, som i innledende forsøk, en beregning av forholdet mellom direkte og indirekte tilbakespredt laserlys. For å skille mellom rogn og melke ble det satt en grenseverdi for dette forholdet som resulterte i at 10 % av pikslene (billedpunktene) blir feilklassifisert. Med andre ord er falsk-alarmlaten satt til 10 %. Ved denne grenseverdien ble deteksjonsraten (evnen til å detektere eller identifiser et billedpunkt som rogn) beregnet. Jo høyere deteksjonsraten er, jo bedre. En deteksjonsrate på mer enn 90 % og en falsk-alarmlate på 10 % regnes som tilstrekkelig for å dele inn bildet i regioner som er rogn og regioner som er melke. Som vi ser i tabellen, gir en bølgelengde på 640nm og en transmisjonsavstand på 2mm best resultat med en deteksjonsrate på 98,5 %. Nestbest resultat er en deteksjonsrate på 96,1 % ved en bølgelengde på 785nm og transmisjonsavstand på 2mm.

I Figur 4-29 ser vi eksempel på et bilde fra hovedforsøket, i dette tilfellet ved laserbølgelengde på 785nm. Legg merke til fravær av blod og slim i det nederste bilde i figuren. Dette har sin årsak i at blod og blodig slim er tilnærmet gjennomsiktig i NIR. Til sammenligning vises Figur 4-30, hvor laserbølgelengden er 640nm og det er mer synlig blod, bloduttreddelser og blodig slim.

Legg merke til at det er mer reflekser enn i innledende forsøk. Disse refleksene ble delvis fjernet ved automatisk bildeprosessering. Refleksene har sin årsak i utfordringer med innstilling av et nytt bredspektret-polariseringsfilter som ble brukt gjennom hele hovedforsøket, men i praksis vil man ved optimal justering av polariseringsfilteret kunne oppnå samme lave refleksnivå som vist i innledende forsøk, og dermed også i praksis høyere deteksjonsrate og lavere falsk-alarmlate enn vist i Tabell 4-5.



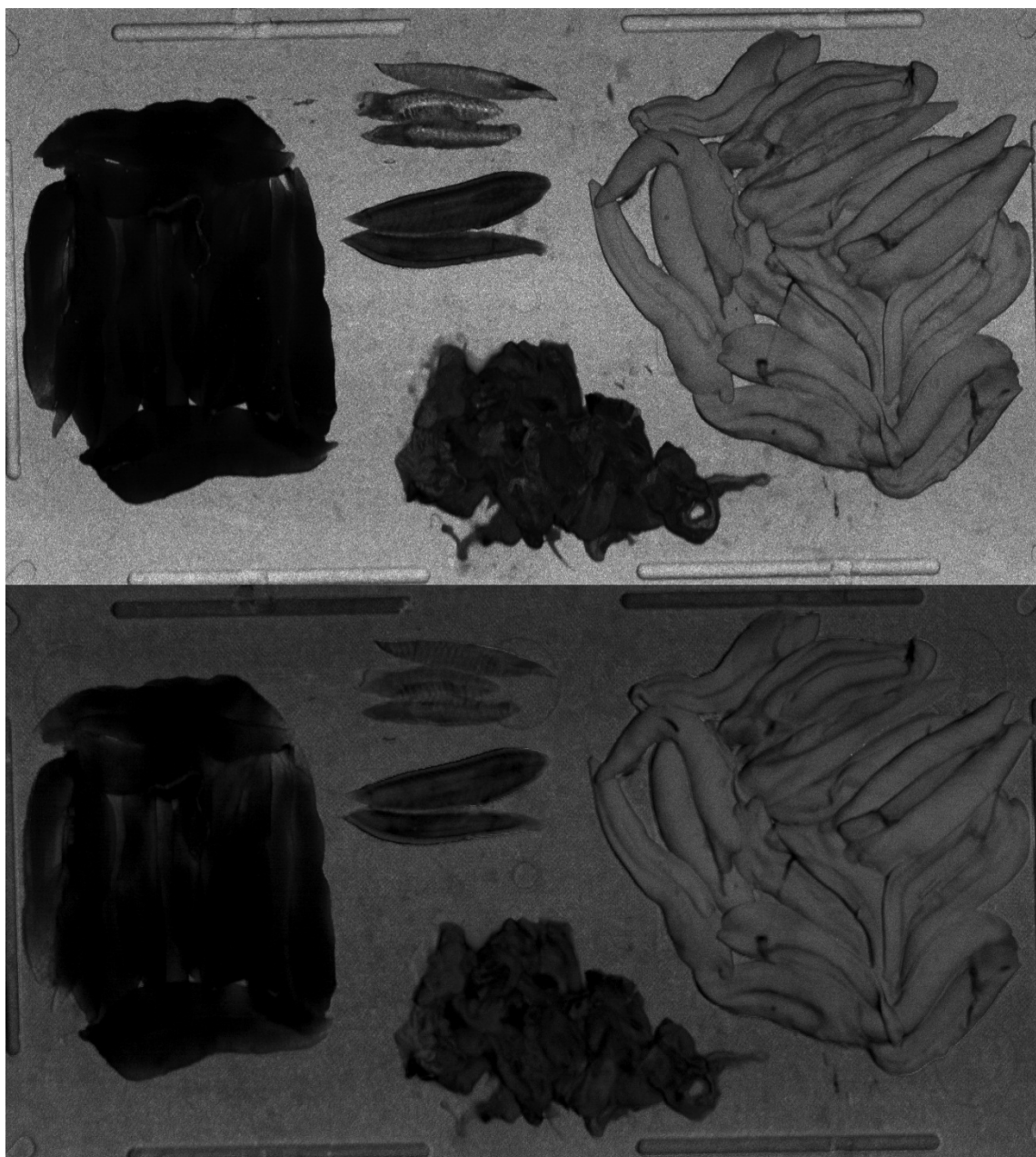
#### 4.2.3.3 Tilleggsforsøk: Avbildning av slo og buklist

Selv om andelen buklist og slo (magesekk, tarm, hjerte osv.) vil være relativt liten i rogn- og melkefraksjonene, er det nødvendig å undersøke hvorvidt maskinsyn kan benyttes til å skille buklist og slo fra rogn og melke. I tillegg til fargebilder, ble det tatt bilder av direkte- og indirekte-tilbakespredt laserlys ved 660nm, 785nm og 830nm og en avstand fra laserlinja, for måling av indirekte-tilbakespredt laserlys, på 1mm. Fargebilder og bilder fra 785nm er inkludert i dette kapitlet.

En andel sild ble tint opp, og restråstoffet ble lagt på en isoporplate og samlet i enkeltfraksjoner. Fargebilde av råstoffet, tatt med maskinsynoppsettet, er vist i Figur 4-31. Som man kan se fra bildet, var også rogn i dette forsøket veldig mørkt og modent. Buklist er vist med både utside (lyst) og innside (mørkt). Slo og buklist-innside skiller seg mest fra de andre fraksjonene ved at de har et grått eller grålig utseende.



Figur 4-31. Fargebilder av de ulike restråstoff-fraksjonene.



Figur 4-32: Avbildning av restråstoff-fraksjoner. Direkte (øverst) og indirekte (nederst) tilbakespredt laserlys, ved laserbølgelengde på 785nm og avstand fra laserlinje, for måling av indirekte tilbakespredt laserlys, på 1mm.

I Figur 4-32 ser vi avbildning av restråstoff-fraksjonene ved 785nm. Det er et klart skille mellom melke og de andre fraksjonene, og tydelige likheter mellom rogn og slo når rognen er mørk og moden. Det er også noen likheter mellom buklist-utside og melke. Fra dette forsøket er det klart bilder med en enkelt laser ikke gir et skarpt skille mellom slo, buklist og rogn når rognen er mørk og moden på slutten av sesongen.

Et maskinsynoppsett som skiller buklist og slo, fra rogn og melke, kan være mulig ved å benytte flere laserbølgelengder ved en mer detaljert justering av avbildningsinnstillingene. Dette bør gjøres når man har tilgjengelig en stor andel råstoff som tar hensyn til sesongvariasjoner.

#### 4.2.4 Konklusjon

Resultatene fra hovedforsøket viser at 640nm eller 785nm er de beste laserbølgelengdene for å skille mellom silderogn og -melke. Selv om 640nm kan gi litt bedre deteksjonsrate med hensyn til å skille silderogn fra –melke, kan 785nm være en foretrukken bølgelengde med tanke på robust avbildning under tilstedeværelse av blod og/eller slim.

Innledende forsøk og hovedforsøk viser at avbildning av forholdet mellom direkte og indirekte tilbakespredt laserlys, ved 785nm, gir en avbildning som skiller godt mellom silderogn og –melke, samtidig som det er robust med tanke på fargevariasjoner, blod og slim. Denne teknikken for å skille mellom rogn og melke kan også benyttes dersom man istedenfor kamera ønsker å benytte fotodioder, slik som illustrert i QuickSort-konseptet i kapittel 4.1.3. Ved bruk av fotodioder i nærheten av rogn og melke kan det være en stor fordel å benytte bølgelengder i NIR-området for å øke målerobustheten med tanke på tilstedeværelse av blod og slim.

## 5 Økonomisk analyse

Som en del av prosjektleveransen, er det satt opp noen økonomiske analyser. Disse er basert på reelle tall fra industrien, og kjente utstyrskostnader knyttet til konseptene som er skissert i kapittel 4.1. Disse analysene presenteres kort i dette kapittelet, og er kun ment for relativ sammenligning.

### 5.1 Økonomiske estimater

#### 5.1.1 Maskinkostnader

I Tabell 5-1 presenteres en oversikt over de kostnader som kan forventes på komponenter og utvikling på de forskjellige konseptene. Tallene i Tabell 5-1 er kun overslagstall, og ment å gi en relativ sammenligning mellom konseptene i prosjektet.

Tabell 5-1: Maskinkostnader

<b>Deteksjon og maskinkontroll</b>			
<b>Utstyr</b>	<b>Leverandør</b>	<b>Pris (1000 kr eks. mva)</b>	
Maskinsyn hus og innbygning	--	kr	49,0
Maskinsyn enkel innbygging	--	kr	25,0
NIR laser, 785 nm	Z-Laser	kr	10,0
Ranger E40, 3D kamera	SICK IVP	kr	53,0
Standard maskinsynkamera	IDS Imaging	kr	6,0
Industri PC	--	kr	20,0
Pneumatikkstyring (Kontroller)	--	kr	15,0
<b>Mekaniske komponenter</b>			
<b>Utstyr</b>	<b>Leverandør</b>	<b>Pris (eks. mva)</b>	
Transportbånd	--	kr	80,0
Robot (IP67)	Denso	kr	257,0
Vakuumanlegg	--	kr	150,0
Røranlegg	--	kr	20,0
<b>Utviklingskostnader</b>			
<b>Utstyr</b>	<b>Leverandør</b>	<b>Pris (eks. mva)</b>	
Utviklingskostnader(Robo og Station)	--	kr	750,0
Utviklingskostnader (Quick)	--	kr	400,0
Installasjon og igangkjøring		kr	400,0
<b>Utstyrskostnader</b>			
<b>Konsept "QuickSort"</b>		<b>kr</b>	<b>1 046,0</b>
<b>Konsept "RoboVac"</b>		<b>kr</b>	<b>2 061,0</b>
<b>Konsept "StationVac"</b>		<b>kr</b>	<b>1 547,0</b>

## 5.1.2 Produksjonskostnader

### 5.1.2.1 Ensilasjeproduksjon

Her presenteres kostnader og potensiell inntjening ved ren ensilasjeproduksjon. Tallene i Tabell 5-2 er hentet fra industribedrift

**Tabell 5-2: Ensilasjeproduksjon**

Ensilasjeproduksjon				
ENSILASJEPRODUKSJON				
Råstoffkvantum:		Pris:	1000 kr/år	kr/kg råstoff
Ensilasje	9200 tonn	0,00 kr/kg	0	0,00
Rogn/Melke	800 tonn	0,00 kr/kg	0	0,00
<b>Sum råstoff til prosess</b>	<b>10000 tonn</b>		<b>0</b>	<b>0,00</b>
Øvrige variable kostnader			1000 kr/år	kr/kg råstoff
Strøm	1,15 kr/kWh	0,01 kWh/m3 råstoff	115	0,01
Vann	15 kr/m3	0,5 m3/tonn råstoff	75	0,01
Operatører	0,8 personer	2500 kr/dag/person	150 dager	300
Syretilsetning	0,15 kr/kg		1500	0,15
<b>Sum øvrige variable kostnader</b>			<b>1990</b>	<b>0,20</b>
Frakt kostnader				
Frakt	0,25 kr/kg		2500	0,25
<b>Sum indirekte kostnader</b>			<b>2500</b>	<b>0,25</b>
<b>Sum kostnader</b>			<b>4490</b>	<b>0,45</b>
Salgsinntekter				
	Pris	Produktkvantum	1000 kr/år	kr/kg råstoff
Ensilasje	1,5 kr/kg	10000 tonn/år	15000	1,50
<b>Sum inntekt</b>		<b>10000 tonn/år</b>	<b>15000</b>	<b>1,50</b>
<b>Dekningsbidrag</b>			<b>13010</b>	<b>1,30</b>
<b>RESULTAT</b>			<b>10510</b>	<b>1,05</b>

### 5.1.2.2 QuickSort

Her presenteres kostnader og potensiell inntjening ved bruk av konseptet "QuickSort". Tallene i Tabell 5-3 er hentet fra industribedrift, og brukes kun som relativ sammenligning med dagens situasjon.

Tabell 5-3: QuickSort

Maskin 1: QuickSort		UTTAK AV ROGN/MELKE			
<b>Råstoffkvantum:</b>		Pris:		<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Rogn/Melke	800 tonn	0,00 kr/kg		0	0,00
<b>Sum råstoff til prosess</b>		<b>800 tonn</b>		<b>0</b>	<b>0,00</b>
<b>Øvrige variable kostnader</b>				<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Strøm	1,15 kr/kWh	0,01 kWh/m <sup>3</sup> råstoff		9	0,01
Vann	15 kr/m <sup>3</sup>	0,5 m <sup>3</sup> /tonn råstoff		6	0,01
Operatører	0,8 personer	2500 kr/dag/per <sup>s</sup>	150 dager	300	0,38
<b>Sum øvrige variable kostnader</b>				<b>315</b>	<b>0,39</b>
<b>Indirekte kostnader</b>				<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Investering	<b>8 mill NOK</b>				
Vedlikehold	2,5 % av investering/år			200	0,25
Avskrivning	20 % av investering/år			1600	2,00
Rente, investering	10 % av investering/år			800	1,00
Rente, drift	10 % p.a. av 4 mnd drift			28	0,03
Indirekte lønn	0,5 personer	625	1000 kr/år	312,5	0,39
Andre indirekte kostnader	0,05 kr/kg			40	0,05
<b>Sum indirekte kostnader</b>				<b>2980</b>	<b>3,73</b>
<b>Sum kostnader</b>				<b>3295</b>	<b>4,12</b>
<b>Salgsinntekter</b>				<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Rogn/Melke (ex works)	Pris	Produktkvantum			
	15 kr/kg	800 tonn/år		12000	15,00
<b>Sum inntekt</b>		<b>800 tonn/år</b>		<b>12000</b>	<b>15,00</b>
<b>Dekningsbidrag</b>				<b>11685</b>	<b>14,61</b>
<b>RESULTAT</b>				<b>8705</b>	<b>10,88</b>

### 5.1.2.3 RoboVac

Her presenteres kostnader og potensiell inntjening ved bruk av konseptet "RoboVac". Tallene i Tabell 5-4 er hentet fra industribedrift, og brukes kun som relativ sammenligning med dagens situasjon.

Tabell 5-4: RoboVac

Maskin 2: RoboVac		UTTAK AV ROGN/MELKE			
<b>Råstoffkvantum:</b>		Pris:		<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Rogn/Melke	800 tonn	0,00 kr/kg		0	0,00
<b>Sum råstoff til prosess</b>	<b>800 tonn</b>			<b>0</b>	<b>0,00</b>
<b>Øvrige variable kostnader</b>					
				<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Strøm	1,15 kr/kWh	0,01 kWh/m3 råstoff		9	0,01
Vann	15 kr/m3	0,5 m3/tonn råstoff		6	0,01
Operatører	0,8 personer	2500 kr/dag/per	150 dager	300	0,38
<b>Sum øvrige variable kostnader</b>				<b>315</b>	<b>0,39</b>
<b>Indirekte kostnader</b>					
Investering	<b>8 mill NOK</b>			<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Vedlikehold	2,5 % av investering/år			200	0,25
Avskrivning	20 % av investering/år			1600	2,00
Rente, investering	10 % av investering/år			800	1,00
Rente, drift	10 % p.a. av 4 mnd drift			28	0,03
Indirekte lønn	0,5 personer	625	1000 kr/år	312,5	0,39
Andre indirekte kostnader	0,05 kr/kg			40	0,05
<b>Sum indirekte kostnader</b>				<b>2980</b>	<b>3,73</b>
<b>Sum kostnader</b>				<b>3295</b>	<b>4,12</b>
<b>Salgsinntekter</b>					
	Pris	Produktkvantum		<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Rogn/Melke (ex works)	15 kr/kg	800 tonn/år		12000	15,00
<b>Sum inntekt</b>		<b>800 tonn/år</b>		<b>12000</b>	<b>15,00</b>
<b>Dekningsbidrag</b>				<b>11685</b>	<b>14,61</b>
<b>RESULTAT</b>				<b>8705</b>	<b>10,88</b>

### 5.1.2.4 StationVac

Her presenteres kostnader og potensiell inntjening ved bruk av konseptet "StationVac". Tallene i Tabell 5-5 er hentet fra industribedrift, og brukes kun som relativ sammenligning med dagens situasjon.

Tabell 5-5: StationVac

Maskin 3: StationVac		UTTAK AV ROGN/MELKE			
<b>Råstoffkvantum:</b>		Pris:		<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Rogn/Melke	800 tonn	0,00 kr/kg		0	0,00
<b>Sum råstoff til prosess</b>	<b>800 tonn</b>			<b>0</b>	<b>0,00</b>
<b>Øvrige variable kostnader</b>					
				<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Strøm	1,15 kr/kWh	0,01 kWh/m <sup>3</sup> råstoff		9	0,01
Vann	15 kr/m <sup>3</sup>	0,5 m <sup>3</sup> /tonn råstoff		6	0,01
Operatører	0,8 personer	2500 kr/dag/pers	150 dager	300	0,38
<b>Sum øvrige variable kostnader</b>				<b>315</b>	<b>0,39</b>
<b>Indirekte kostnader</b>					
Investering	<b>3 mill NOK</b>			<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Vedlikehold	2,5 % av investering/år			75	0,09
Avskrivning	20 % av investering/år			600	0,75
Rente, investering	10 % av investering/år			300	0,38
Rente, drift	10 % p.a. av 4 mnd drift			23	0,03
Indirekte lønn	0,5 personer	625	1000 kr/år	312,5	0,39
Andre indirekte kostnader	0,05 kr/kg			40	0,05
<b>Sum indirekte kostnader</b>				<b>1351</b>	<b>1,69</b>
<b>Sum kostnader</b>				<b>1666</b>	<b>2,08</b>
<b>Salgsinntekter</b>					
	Pris	Produktkvantum		<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Rogn/Melke (ex works)	15 kr/kg	800 tonn/år		12000	15,00
<b>Sum inntekt</b>		<b>800 tonn/år</b>		<b>12000</b>	<b>15,00</b>
<b>Dekningsbidrag</b>				<b>11685</b>	<b>14,61</b>
<b>RESULTAT</b>				<b>10334</b>	<b>12,92</b>



### 5.1.2.5 Manuelt uttak av rogn

Her presenteres kostnader og potensiell inntjening ved manuell plukking av rogn. Tallene i Tabell 5-6 er hentet fra industribedrift, og brukes kun som relativ sammenligning med dagens situasjon.

**Tabell 5-6: Manuelt uttak av rogn**

Manuelt uttak av rogn		UTTAK AV ROGN			
<b>Råstoffkvantum:</b>		<b>Pris:</b>		<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Rogn	400 tonn		0,00 kr/kg	0	0,00
<b>Sum råstoff til prosess</b>		<b>400 tonn</b>		<b>0</b>	<b>0,00</b>
<b>Øvrige variable kostnader</b>				<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Vann	15 kr/m <sup>3</sup>	0,5 m <sup>3</sup> /tonn råstoff		3	0,01
Operatører	8 personer	2500 kr/dag/person	90 dager	1800	4,50
<b>Sum øvrige variable kostnader</b>				<b>1803</b>	<b>4,51</b>
<b>Indirekte kostnader</b>					
Investering	0 mill NOK				
<b>Sum indirekte kostnader</b>				<b>0</b>	<b>0,00</b>
<b>Sum kostnader</b>				<b>1803</b>	<b>4,51</b>
<b>Salgsinntekter</b>					
		<b>Pris</b>	<b>Produktkvantum</b>	<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Rogn/Melke (ex works)	15 kr/kg		400 tonn/år	6000	15,00
<b>Sum inntekt</b>			<b>400 tonn/år</b>	<b>6000</b>	<b>15,00</b>
<b>Dekningsbidrag</b>				<b>4197</b>	<b>10,49</b>
<b>RESULTAT</b>				<b>4197</b>	<b>10,49</b>

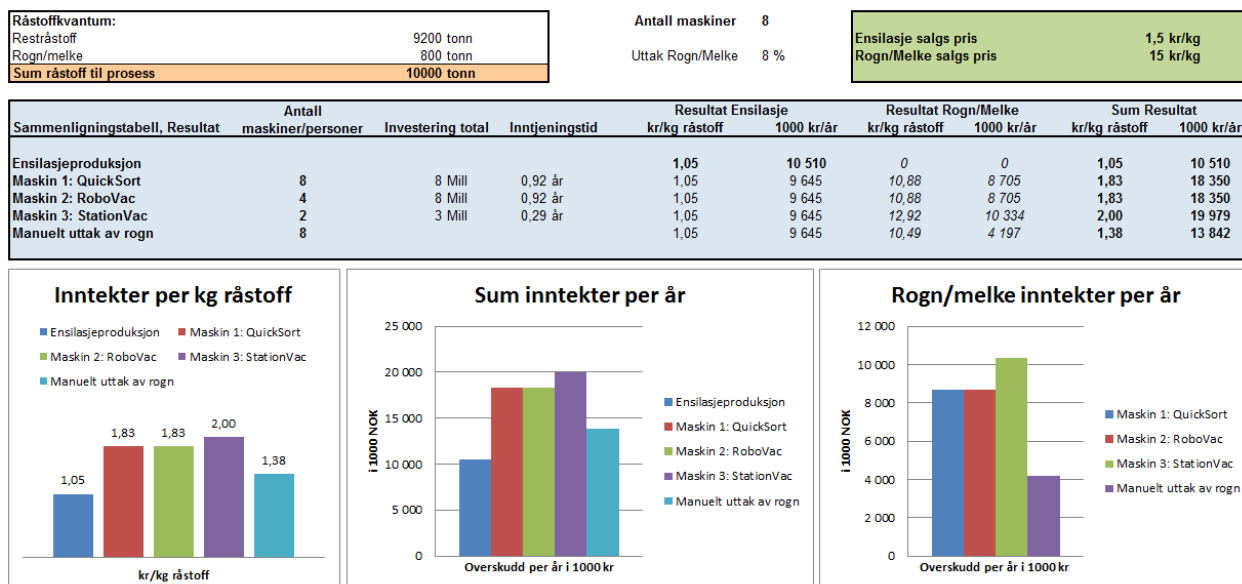
## 5.2 Resultater

Kort presentasjon og beskrivelse av resultatene fra den økonomiske fremstillingen.

### 5.2.1 Betingelser

I den følgende analysen har vi valgt ut noen nøkkeltall for sammenligning av resultat. Det er her brukt et totalt kvantum av restråstoff på 10'000 tonn. Ut i fra tabeller for % - andel fraksjoner har vi sett at rogn og melke vil utgjøre rundt 3 – 5 % av rund vekt, og at restråstoffet vil utgjøre rundt 55 % av rund vekt (Dette er sesongavhengig). Vi går derfor ut fra at industrianlegget vi her bruker i våre kalkulasjoner har totalt 10'000 tonn restråstoff, og at 800 tonn av dette utgjør gonaden. Dette er begrunnet i at gonaden ikke kan plukkes over hele sesongen. Vi antar her 8 filemaskiner i eksempelet vist i Figur 5-1.

Eksemplet som her presenteres viser kun potensial ved uttak av rogn og/eller melke. Buklist og andre fraksjoner det kan være mulig å selge fraksjonert er ikke tatt med i de økonomiske analysene, men vil kunne bidra til verdiøkning på råstoffet.



Figur 5-1: Illustrasjon over investering, inntjening og samlet resultat

## 5.2.2 Økonomiske resultater

Tatt i betraktning de nøkkeltall som ble presentert i kapittel 5.1 og 5.2.1, får vi ut noen grove estimater presentert i tabellen i Figur 5-1.

Ut i fra de grafiske fremstillingene i Figur 5-1, ser vi at automatisk uttak av rogn og melke vil kunne gi en økonomisk profitt. Dette basert på en estimert salgspris på 15,- kr/kg for rogn og melke. Disse tallene vil kunne være reelle ut i fra de opplysninger som er hentet inn fra industrien. Potensiell pris for produkter som rogn/melke vil kunne variere mye, og dette må sies å være en konservativ salgspris. Med en analyse som over, ser vi også at inntjeningstiden vil være svært kort for denne typen utstyr, da det kjøres så store kvanta råstoff i anleggene på relativt kort tid. Basert på dette, vil man kunne si at investering i slikt utstyr, dersom man kan dokumentere at det virker tilfredsstillende, vil være en god investering for industrien.

## 6 Diskusjon

Prosjektet er finansiert i sin helhet av FHF. Dette på bakgrunn av at industrien i pelagisk sektor ønsker større fokus på restråstoffutnyttelse. Dette vil kunne bidra til større inntjening, og gi bedre driftsmarginer dersom man finner teknologiske løsninger som kan løse de utfordringer man da vil stå ovenfor, samtidig som man utvikler markeder og finner nye bruksområder for råstoffet. I dette prosjektet har man fokus på teknologiutvikling, og industriens behov og interesse for dette. Noe av arbeidet som er utført her baserer seg på tidligere analyser utført av NOFIMA, for FHF (#900387 - *Individbasert kvalitetssortering og kvalitetsmerking av pelagisk fisk*).

Ut i fra behovsanalysen som ble utført i prosjektet kom det frem at de aller fleste anlegg som ble forespurt, hadde ingen store planer om videre utnyttelse, og at markedet måtte komme på plass før man startet et eventuelt slik løp. Parallelt med dette prosjektet kjører Møreforskning et markedslop for FHF på dette området, som man håper vil kunne skape nye markeder (*FHF #900675 – Restråstoff fra NVG- sild til konsum*). Gjennom dette arbeidet er det håp om å finne alternative bruksområder for noe av råstoffet.

Industrielle metoder for separering, uthenting, intertransport og frysing av råstoffet vil være nøkkelfaktorer for å få til nye produkter fremover. Også nye områder innenfor bioteknologi vil kunne ha innvirkninger her. På bakgrunn av dette er det bedrifter som følger dette FHF løpet med stor interesse. Dette vil gi mulighet for øket inntjening dersom man lykkes, og et etterlengtet virkemiddel for differensiering i et tøft marked for industrien.

Når det kommer til de utvalgte teknologiske forslagene som er presentert i denne rapporten, forventes en større jobb med kvantifisering og testing av utstyr. Spesielt med tanke på de potensielle kvanta av gonade et anlegg er i stand til å kjøre i løpet av kort tid. Samtidig er det viktig og tenke over at de teknologiske løsningene som her velges skal være robuste, kunne stå i et fabrikkmiljø og har strenge krav til oppetid. Basert på dette bør derfor en videre utvikling og utprøving av disse konseptene gjøres sammen med en maskinleverandør. Her vil det blant annet være naturlig å forhøre seg med Baader, for å se om de vil være interesserte i å delta i en slik utviklingsfase. Dette basert på at Baader lever de fleste filetmaskiner til den pelagiske industrien i Norge.

Analysene som er presentert i rapporten, med fokus på NIR lasere for deteksjon og klassifisering av de forskjellige fraksjonene, er kun i startfasen. Man ser allerede gode resultater på å skille mellom rogn og melke, men at de andre fraksjonene enda ikke er klassifisert tilfredsstillende. For å få deteksjonene av råstoffet robust nok til å kunne benyttes industrielt, er det viktig med flere forsøk her og med de sesongvariasjoner man kan forvente. Kanskje må man kombinere flere lasere med forskjellig bølgelengde for å få sikker deteksjon og klassifisering. Dette anses å være en billig modifisering av teknologien.

De økonomiske kalkylene som presenteres i rapporten er basert på grove tall oppgitt av industribedrifter i markedet. Når det gjelder kostnader for de nye konseptene, og utviklingen av disse, er ikke FoU utviklingen av maskinene tatt med i regnestykkene. Tallene over er estimerer på hva en eventuell maskin vil kunne koste, dersom man ser at konseptene fungerer, og man produserer slike løsninger i industriell skala. Sammenligningsgrunnlaget er også forenklet, der man ser på forventede driftskostnader på de forskjellige konseptene, satt opp mot det man kan forvente seg at utgifter i dagens mel, olje og ensilasje-produksjon. Også her vil en eventuell salgspris kun være estimert, men i forhold til de opplysninger som fremkommer av behovsanalysen vil for eksempel 15 kr/kg for rogn og melke være et relativt konservativt estimat. Ut i fra de tall som presenteres her, ser man at det vil være lønnsomt med en slik investering, samtidig som man må være bevisst på at de tall som er benyttet i kalkulasjonene er estimerer.

Konseptene bør testes i noe større skale for å se på forskjellige styrker og svakheter, før man velger hvilket konsept det bør satses videre på. Sammen med en dedikert og motivert utstyrsleverandør, med den rette kompetansen, vil man kunne gå videre med dette prosjektet inn i fase 2, der man søker å bygge en prototyp av den foretrukne teknologien.

## 7 Konklusjon

Prosjektet har ført frem til utvelgelse av 3 konsepter som det vil være mulig å bringe videre som mulige kandidater for fremtidige industrielle løsninger. Disse konseptene er kommet frem basert på tidligere erfaringer gjort både med NIR teknologi for klassifisering av rogn og melke, samt griper og mekaniske løsninger som er kjente prinsipper. Vi har her prøvd å kombinere flere teknologier for å se på mulige industrielle konsepter. Ut i fra dette arbeidet er det kommet to forskjellige "strategier". Disse baserer seg på montasje rett ved/under eksisterende filetmaskiner, og montering på separat plassering, der man kombinerer to eller flere filetmaskiner mot en enhet. Tilgjengelig areal i fabrikklokaler, maskinkapasiteter (?), og muligheter for utvidelse/utnyttelse av tilgjengelig plass er viktige faktorer for valg av teknologi her.

Selve spredningen av råstoffet etter at det har havnet på bånd, viser seg å være en utfordring. Det er viktig at råstoffet har en viss grad av separasjon, samtidig som man ikke ønsker å ødelegge rogn- og melkesekker i prosessen. Hvorvidt man vil være i stand til å detektere, klassifisere og manipulere de ønskede fraksjonene ved lav separasjon er et område som det vil være behov for mer arbeid på. Spesielt med tanke på robusthet i systemene, men også for å sikre at slo, spesielt magesekk, ikke kommer med rogn eller melken, da dette vil forringe råstoffet.

Deteksjonen og klassifiseringen av rogn og melke er god i NIR spekteret, og da spesielt i bølgelengder 640nm og 785nm. I disse områdene vil også blod og slim være gjennomsiktig, og ikke være med på å skape usikkerheter i analysen. Dette viser lovende resultater med stor presisjon, selv med de begrensede forsøk som her er foretatt, og er derfor den foretrukne metode for deteksjon av rogn og melke.

De økonomiske analysene som er gjennomført i prosjektet viser her et merverdipotensial. Dette avhenger av markedet, og de priser man her kan oppnå ved salg av rogn og melke. Andre fraksjoner, som for eksempel buklist, er ikke tatt med i disse regnestykkene. De tall som utregningene baserer seg på, er hentet fra industribedrifter gjennom spørreundersøkelse utført i prosjektet. Dersom man setter opp en forventet kilopris på 15 kr/kg ser man et godt potensial for større inntjening.

## 7.1 Videre arbeid

Med bakgrunn i de resultater og konsepter som er presenterte i denne rapporten anbefaler SINTEF Fiskeri og havbruk å gå videre med teknologiutviklingen i dette prosjektet.

De teknologiske prinsippene og konseptene som er presentert, er kun i startfasen, og må studeres og vurderes nærmere etter hvert som teknologien og analysemetodene forbedres. Fordeler og ulemper ved de forskjellige konseptene må vurderes, samt hvordan industri og utstysleverandører stiller seg til forslagene. Videre i utviklingsfasen må det gjennomføres omfattende testing av spredning, plukking og deteksjon og klassifisering. Dette kan avsluttes med en demonstrator ved SINTEF SeaLab. Med en slik demonstrator, i et kontrollert testmiljø, kan næringen få vist de prinsipper som er lagt til grunn. Sesongvariasjoner på råstoffet er en meget viktig faktor som må tas hensyn til ved utvikling av en industriell versjon.

Videre FoU arbeid innfor prosjektet bør derfor inneholde følgende punkter:

1. En større bildeanalyse av råstoff, med forventede sesongvariasjoner.
2. Utarbeide tilstrekkelig robuste klassifiseringsalgoritmer for deteksjon og separering av fraksjoner på bånd.
3. Videre forsøk på separasjon og spredning av de kvanta som kan forventes i et industrianlegg (per maskin).
4. Videre forsøk på å plukke/suge/manipulere råstoffet på en slik måte at det ikke forringes.
5. Kvantifisere renhetsgraden på det separerte råstoffet.
6. Samarbeid med industripartner for best mulig tilrettelegging og integrasjon med dagens situasjon.
7. Presentasjon av demonstrator ved SINTEF SeaLab (ønsket sammen med utstysleverandør).

En detaljert og mer fullstendig plan for videreføring i prosjektet vil bli utarbeidet sammen med FHF, medlemmer av styringsgruppen, og eventuelt andre parter.

## 8 Referanser

*Rubin*. (2011 - 2012). Hentet fra [www.rubin.no](http://www.rubin.no)

FHF. (2006). *FHF*. Hentet fra [www.fiskerifond.no](http://www.fiskerifond.no)

FHF. (2007). *FHF*. Hentet fra [www.fiskerifond.no](http://www.fiskerifond.no)

FHF. (2012 - 2012). *FHF*. Hentet fra [www.fiskerifond.no](http://www.fiskerifond.no)

Kjerstad, M. (2012). *Møreforskning*. Hentet fra [www.moreforsk.no](http://www.moreforsk.no)

Segtnan, V. (2010 - 2013). *NFR*. Hentet fra [www.forskningsradet.no](http://www.forskningsradet.no)

Solheim, W. A. (2009). *NOFIMA*. Hentet fra [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

Østvik, S. O., Grimsmo, L., Jansson, S., Dauksas, E., & Bondø, M. (2009). *Biråstoff fra filetering av sild*. RUBIN.





Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)