

A27678 - Åpen

# Rapport

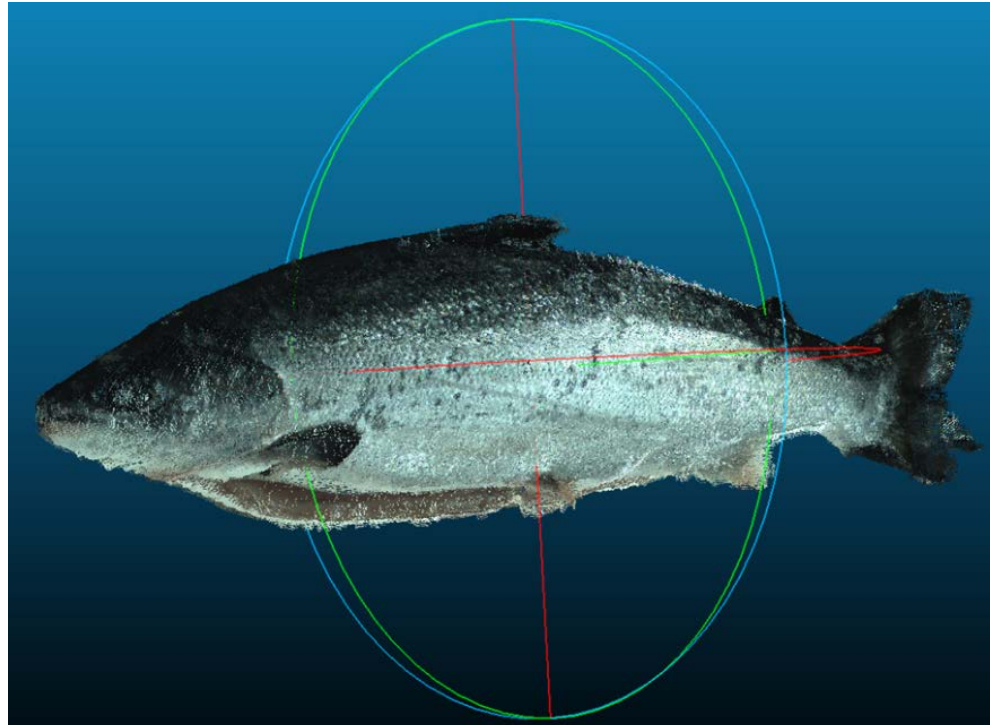
## Automatisk singulering og kvalitets- sortering i produksjonslinje for hel laks

Sluttrapport FHF-prosjekt 900847

### Forfattere

Harry Westavik

Elling Ruud Øye, Morten Bondø, Aleksander Eilertsen, John Reidar Mathiassen



**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**

Automatisering og effektiv produksjon

2016-05-11

# Rapport

## Automatisk singulering og kvalitets- sortering i produksjonslinje for hel laks

Sluttrapport FHF-prosjekt 900847

**EMNEORD:**  
Singulering  
Orientering  
Kvalitetssortering  
Laks**VERSJON**

1

**DATO**

2016-05-11

**FORFATTERE**

Harry Westavik

Elling Ruud Øye, Morten Bondø, Aleksander Eilertsen, John Reidar Mathiassen

**OPPDRA GSGIVER**

Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond - FHF

**OPPDRA GSGIVERS REF.**

Kristian Prytz

**PROSJEKTNR**

FHF 900847/SFH 6020597

**ANTALL SIDER:**

25

**SAMMENDRAG**

Prosjektet startet i 2013 med målsettingen; å utvikle konsept for automatisk singulering, orientering og sortering av hel laks basert på ytre kvalitetsparametere. Konseptene som utvikles i dette prosjektet skal sannsynliggjøre at arbeidsoppgavene kan automatiseres i industriell skala. Prosjektet, med partnerne Nova Sea, Avanti Engineering, Marine Harvest, SeaSide og SINTEF Fiskeri og havbruk, ble finansiert av Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond.

Å automatisere tunge og krevende arbeidsoppgaver som utføres i et høyt tempo vil bidra til;

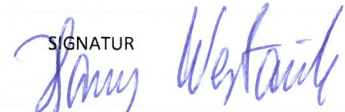
- Redusert arbeidsbelastning for operatører.
- Redusert risiko for uønsket kontaminering.
- Redusert arbeidskost.
- Mer ensartet kundetilpasset kvalitetssortering.
- Bedre dokumentasjon.

Prosjektet har utviklet konseptløsninger som i stor grad er basert på avansert maskinsyn. Dette videreføres i et Innovasjon Norge-prosjekt med partnerne Avanti Engineering, SeaSide og Nova Sea med mål om å installere en fullskala linje i 2016 hos Nova Sea

**UTARBEIDET AV**

Harry Westavik

SIGNATUR

**KONTROLLERT AV**

John Reidar Mathiassen

SIGNATUR

**GODKJENT AV**

Marit Aursand

SIGNATUR

**RAPPORTNR**

A27678

**ISBN**

978-82-14-06085-0

**GRADERING**

Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**

Åpen

# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
---------	------	--------------------

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Abstract .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
	2.1 Organisering av prosjektet .....	5
<b>3</b>	<b>Problemstilling og formål .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Prosjektgjennomføring .....</b>	<b>7</b>
	4.1 AP 1: Brukeraspekter .....	7
	4.2 AP 2: Modul for orientering og singulering .....	8
	4.3 AP 3: Modul for automatisk kvalitetssortering .....	9
<b>5</b>	<b>Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon .....</b>	<b>10</b>
	5.1 Automatisk singulering og orientering .....	10
	5.2 Automatisk kvalitetssortering basert på ytre egenskaper .....	16
	5.3 Videreføring og realisering av teknologien .....	24
	5.4 Teknologiens nytteverdi .....	25
<b>6</b>	<b>Prosjektleveranser .....</b>	<b>25</b>

---

---

## 1 Abstract

The project started in 2013 with the objective; to develop concepts for automated singulation, orientation and quality grading based on outer quality parameters of whole salmon. Concepts developed in this project will be a proof of the possibility to industrialize automated working tasks. The project, with the partners Nova Sea, Avanti Engineering, Marine Harvest, SeaSide and SINTEF Fisheries and Aquaculture, was funded by The Norwegian Seafood Research Fund,

Manual heavy and demanding working tasks, carried out in high speed, will by automatization contribute to;

- Reduction of the labours working stress
- Reduction of unwanted microbial contamination
- Reduction of labour costs
- More uniformed customised grading
- Better documentation

The concept solutions developed in the project, which are based on advanced machine vision, will be pursued in an Innovation Norway project with Avanti Engineering, SeaSide and Nova Sea. The aim is to install a full scale line at Nova Sea in 2016.

## 2 Innledning

Nova Sea tok initiativ til dialog med Avanti Engineering for å effektivisere produksjonen av sløyd laks. Det ble det gjennomført befarings i fabrikken hvor Nova Sea presenterte sine ønsker og behov for Avanti Engineering og SINTEF Fiskeri og havbruk (SINTEF F&h).

I etterkant av befaringsen utarbeidet Avanti Engineering og SINTEF Fiskeri og havbruk et forslag til prosjekttema. I denne prosessen ble Marine Harvest og SeaSide AS også involvert på grunn av deres allerede pågående prosjektet *Automatisk sorteringssystem for hel laks - en utvidelse av eksisterende avlivningslinje* som var finansiert av Regionalt forskningsfond Midt-Norge (RFFMIDT). Dette prosjektet omhandlet tilgrensende problemstillinger som Nova Sea ønsket å løse og en god dialog mellom de to prosjektene vil være gunstig for begge.

I et møte på Gardermoen i november 2012 mellom Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond (FHF), Nova Sea, Avanti Engineering, SeaSide og SINTEF Fiskeri og havbruk, ble prosjektets fokus definert til: *Å utvikle konsept for automatisk singulering, orientering og sortering av hel laks basert på ytre kvalitetsparametere. Konseptene som utvikles i dette prosjektet skal sannsynliggjøre at arbeidsoppgavene kan automatiseres i industriell skala.* En prosjektbeskrivelse ble utarbeidet og FHF innvilget prosjektet slik at det kunne starte opp i januar 2013.

### 2.1 Organisering av prosjektet

Prosjektet ble etablert med en styringsgruppe av følgende personer:

Leder Bjørn Thomassen, Nova Sea

Medlem Vidar Olsen, Avanti Engineering

Medlem Frode Kjølås, SeaSide

Medlem Henry Sortland, Marine Harvest

Observatør Kristian Prytz, FHF

Prosjektleder og sekretær Harry Westavik, SINTEF Fiskeri og havbruk

Foruten prosjektleder var prosjektgruppen ved SINTEF Fiskeri og havbruk sammensatt av:

Ekrem Misimi, Elling Ruud Øye, John Reidar Mathiassen, Bendik Toldnes, Cecilie Salomonsen, Aleksander Eilertsen og Morten Bondø, alle forskere ved SINTEF Fiskeri og havbruk.

Kvalitetssikrer hos SINTEF Fiskeri og havbruk var seniorforsker John Reidar Mathiassen

Partnerne rollene i prosjektet:

**Nova Sea** er brukerbedrift og stilte lokaler til rådighet for prosjektet og råstoff til gjennomføring av forsøk. Bedriften deltok i diskusjoner om behov og løsningsforslag. Bedriften installerer den første prototypen i fabrikken og overtar denne forutsatt riktig funksjonalitet. **Marine Harvest** deltok i prosjektet som en viktig diskusjonspartner og med produksjonslokale på Hitra for gjennomføring av forsøk for datainnsamling.

**Avanti Engineering og SeaSide** er utstyrsleverandører og skal utvikle og bygge teknologien og realisere den første prototypen ut fra resultater fra dette prosjektet. Avanti Engineering skal ha hovedansvar for maskinsyn- og programvare(algoritme)delen og SeaSide skal ha hovedansvar for linje- og maskinbygging.

**SINTEF Fiskeri og havbruk** hadde FoU-ansvaret i prosjektet og var ansvarlig for, i samarbeid med utstyrsleverandørene, å fremskaffe løsninger i laboratorieskala som skal brukes til å realisere den første fullskala prototypen.

### 3 Problemstilling og formål

Målet i prosjektet var å utvikle et helhetlig konsept for et industrielt system som skal automatisk singulere, orientere og sortere sløyd laks basert på ytre kvalitetsparametere. Inspeksjon av indre kvalitetsparametere (ved bukinspeksjon) vil fortsatt bli gjort manuelt. Delkonsepter som utvikles i dette prosjektet skal sannsynliggjøre at de manuelle arbeidsoppgavene med å singulere/orientere laksen på linja og å foreta kvalitetsgradering kan automatiseres i en industriell skala. Industrialisering av løsningene vil bedre Nova Seas konkurransedyktighet med tanke på redusert produksjonskostnad og dokumentasjon av produktkvalitet samtidig med at denne teknologien vil bli tilgjengeliggjort for andre bedrifter i laksenæringen. De manuelle arbeidsoppgavene er tunge og gjentakende i et høyt arbeidstempo. Det forventes at prosjektet vil bidra til å forbedre forholdene for operatørene med tanke på arbeidsbelastninger og slitasjeskader.

Det helhetlige utviklede konseptet skal:

1. Inkludere en modul for automatisk singulering og orientering av hel laks.
2. Inkludere en modul for automatisk kvalitetssortering av sløyd laks basert på ytre kvaliteter.
3. Redusere arbeidsbelastningen for operatørene med de to overnevnte modulene ved optimal design av modulene og integrering i slakteriets prosesser.

Prosjektet har gjennomført forskning og utvikling av konsepter frem til et stadium med lab. modeller som sannsynliggjør hvordan disse kan industrialiseres – det vil si "proof of concept" eller TRL<sup>1</sup> 3-4. En annen målsetting i dette forskningsprosjektet er å øke kompetanse og minimere risikoen til brukerbedriften og teknologileverandørene i forhold til å realisere teknologien fra TRL 4 frem til i industriell skala, TRL 9.

Det antas at Nova Sea kan frigjøre 9 operatører fra arbeidsoperasjonene singulere/orientere (2+1) og kvalitetssortering (4+2). Imidlertid bør det sannsynligvis settes inn 2 ekstra operatører på manuell etterrensing/bukinspeksjon av sløyd laks og muligens en operatør til å overvåke nytt system. Det vil si en netto besparelse på 6 operatører ved å implementere denne teknologien i full skala.

Økt kunnskap om, oversikt over og dokumentasjon av råstoffet som prosesseres i produksjonslinja til enhver tid, i form av informative digitale bilder, vil legge grunnlaget for at laksebedriftene kan forbedre planleggingen, kontrollen og oppfølgingen av produksjonsprosessene. Det kan muliggjøre en bedre prosessoptimalisering og dermed også reduserte produksjonskostnader.

Følgende leveranser i prosjektet var planlagt:

1. Styringsgruppemøte oppstart (31.01.2013)
2. Framdriftsrapport (30.04.2013)
3. Notat om brukeraspekter (01.07.2013)
4. Laboratiemodell for datainnsamling og avbildning (01.07.2013)
5. Styringsgruppemøte (31.01.2014)
6. Konseptuell prototyp for orientering og singulering (01.07.2014)
7. "Proof of concept" av maskinsynalgoritmer for kvalitetssortering (31.12.2014)
8. Statistikk over ytelse (31.12.2014)
9. Sluttrapport (31.12.2014)
10. Styringsgruppemøte (31.12.2014)

I tillegg var det planlagt å presentere prosjektresultater under to av FHF's faggruppemøter, utarbeide et populærvitenskapelig sammendrag og en artikkel i et vitenskapelig tidsskrift.

---

<sup>1</sup> Technology Readiness Level – en skala for å definere teknologisk modenhetsgrad.

I arbeidet med å utvikle modulen for automatisk kvalitetssortering av hel sløyd laks basert på ytre kvaliteter (punkt 2 ovenfor om et helhetlig utviklet konsept), ble det nødvendig å utvide denne aktiviteten på grunn av behov for vesentlig større dataprosesseringskapasitet som førte til at det ble nødvendig å utvikle nye algoritmer. Det ble derfor utarbeidet en ny plan med følgende mål for automatisk kvalitetssortering;

#### **Hovedmål:**

Å få utviklet og implementert et system i den nye linja hos Nova Sea for automatisk kvalitetssortering av sløyd laks i ulike graderingsklasser basert på ytre egenskaper som;

- Sår
- Deformasjoner (korthale, pukcellaks, ryggradsskade)
- Kjønnsfarge

#### **Delmål:**

1. Ferdig bygget lab. rigg for 360 graders belysning og avbildning av sløyd laks (31.01.2015)
2. Integre 3D-maskinsyn for kalibrert 3D avbildning i 360 grader (30.05.2015)
3. Utvikle algoritmer for 3D rekonstruksjon av laks, med overlatt farge og lysspredning (30.05.2015)
4. Utvikle algoritmer for å hente ut egenskaper relatert til sår, deformasjoner, kjønnsfarge (30.05.2015)
5. Utvikle algoritmer for klassifisering av laks basert på identifiserte egenskaper (30.05.2015)
6. Lage en GUI (Graphical User Interface) med skjermbilde og betjeningspanel for operatørene (30.05.2015)
7. Gjennomføre billedopptak i 3 faser med den nye linja for å utvikle en robust innstilling av klassifiseringsalgoritme for kvalitetssortering av Nova Sea sin laks. Utføres i Innovasjon Norge-prosjekt (31.10.2015)
8. Overføre kunnskap til utstysleverandører (30.05.2015)
9. Prosjektmøter, rapporter og formidlingstiltak (31.10.2015)

I siste del av prosjektperioden ble det etablert et Innovasjon Norge-prosjekt med Avanti Engineering, Seaside og Nova Sea som partnere for å bygge og installere den første linja for singulering/orientering og kvalitetssortering av sløyd laks hos Nova Sea. Delmål 7, billedopptak i 3 faser, vil bli utført hos Nova Sea når den ferdige industrielle kvalitetssorteringsriggen er bygget og installert. Denne aktiviteten vil bli en del av IN-prosjektet og inngår ikke i ASOK-prosjektet.

## **4 Prosjektgjennomføring**

Prosjektet ble delt i tre arbeidspakker (AP). Flytskjema (se Figur 4-1) viser enhetsoperasjonene i produksjonslinja hos Nova Sea per januar 2012. Arbeidspakkene blir her knyttet til konkrete punkter i linja.

### **4.1 AP 1: Brukeraspekter**

#### *1.1 Analyse av brukere*

I denne arbeidspakken ble ulike brukerne som er knyttet opp mot de aktuelle arbeidsprosessene kartlagt.

#### *1.2 Analyse av arbeidssituasjoner*

Brukernes arbeidssituasjon ble vurdert ut fra følgende spørsmål; Hvilke oppgaver er det som skal løses? Hvilke oppgaver burde nytt maskineri overta? Hvordan samhandler brukerne med dagens fasiliteter?

#### *1.3 Analyse av kontekst*

Konteksten ble vurdert for å se hvordan den påvirker utformingen mellom operatører, eksisterende maskineri, evt. nytt maskineri og den konteksten dette er plassert i.



## 4.2 AP 2: Modul for orientering og singulering

Fra utblødningsstank kommer laksen uordnet og i tilfeldig mengde, basert på manuell styring fra operatørene som singulerer og orienterer laksen. Singulering og orientering er nødvendig for at laksen skal kunne kjøres gjennom sløyemaskinene med automatisk innmating:

- Singulering – laksen må føres fra haugen med fisk til enkeltfisk
- Orientering hode/hale – laksen må ha hodet først
- Orientering buk/rygg – laksen må ha buken riktig vei

Laksen transporteres videre til sløyemaskinene med skålbånd og transportbånd. Etter sløying, etterrensing og skylling/kjøling transporteres fisken til graderen hvor fisken mates manuelt inn med hodet først, men orientering rygg/buk kan være tilfeldig.

Arbeidet med å utvikle modul(er) for singulering og orientering ble delt inn i følgende aktiviteter;

### AP2.1 Teknologiforundersøkelse og kravspesifikasjon

Kartlegging av prosesslayout basert på bedriftsspesifikke forhold og brukerundersøkelse (Arbeidspakke 1). Eksisterende teknologi på området og tilsvarende anvendelser ble undersøkt. Krav til maskinen(e) identifisert og systematisert i en kravspesifikasjon hvor det ble lagt vekt på brukersituasjoner. I størst mulig grad ble det angitt med entydige, målbare verdier for oppfyllelse av kravene.

### AP2.2 Morfologi – delfunksjoner og delløsninger

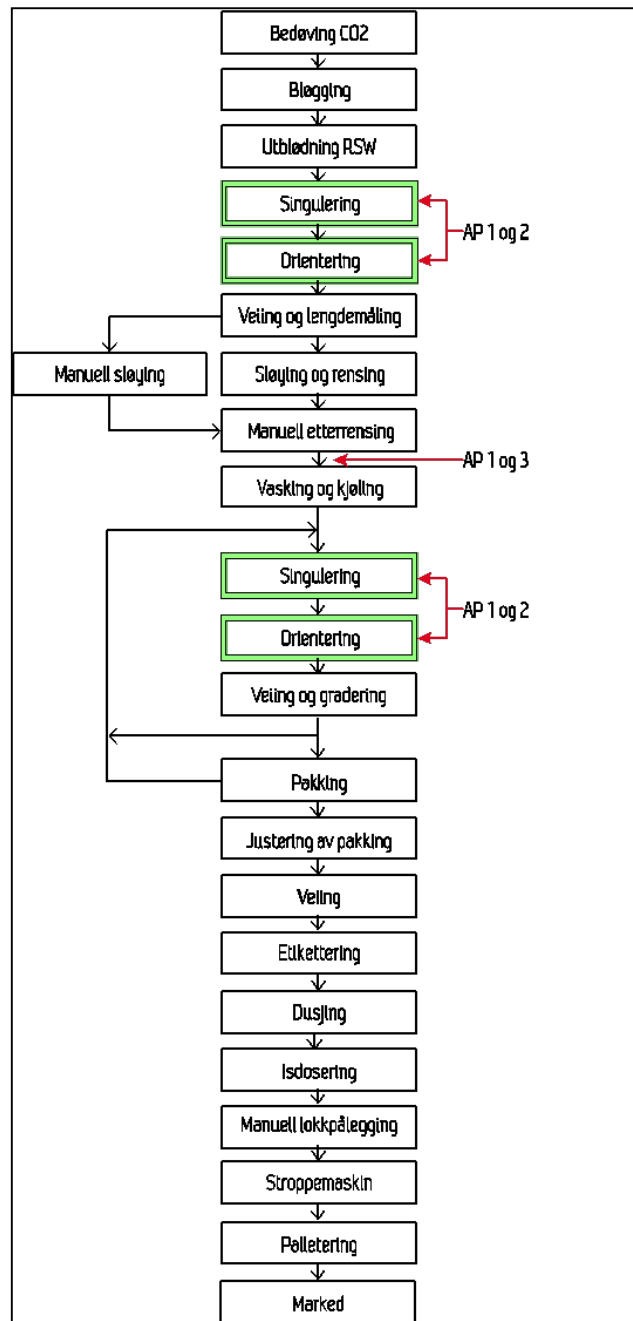
Utfordringene ble brutt ned i delfunksjoner maskinen skal inneholde. For hver av disse ble det satt opp potensielle delløsninger basert på eksisterende eller tenkte muligheter. Delfunksjoner og delløsninger ble systematisert i en morfologitabell.

### AP2.3 Konseptgenerering og valg av helhetlig konsept

Hver delløsning fra morfologitabellen ble vurdert og gitt karakterer. Det ble gjennomført en intern workshop for idémyldring, og ut fra de best egnede delløsningene for hver delfunksjon ble det generert helhetlig konsept for løsningen.

### AP2.4 Detaljering og prototypebygging

Valgt konsept ble detaljert for å kunne bygge prototype som "proof of concept".



Figur 4-1; Flytskjema.

Fungerende prototyp ble bygget. Prototypen er ikke en ferdig utviklet maskin, men inneholder alle nødvendige funksjoner for å kunne teste systemet som helhet.

#### *AP2.5 Utprøving og dokumentering*

"Proof of concept"-prototyp ble testet med hel laks i prosesslaboratoriet ved SINTEF SeaLab. Systemet ble demonstrert for prosjektgruppen med videofilm av singuleringen og orienteringen.

### **4.3 AP 3: Modul for automatisk kvalitetssortering**

#### *AP3.1 Konstruksjon av laboriemodeller*

##### 120 graders rigg for belysning og avbildning:

Det ble bygget en laboriemodell med 120 graders 3D-skanning av hel laks for å teste ut hvordan informasjon i 3D- og fargebildet kan behandles og brukes for å klassifisere laksen med hensyn på ytre parametere som form, farge og skade. Med bilder fra laboriemodellen ble laks analysert manuelt. Resultatet var lovende og de utviklede algoritmene for billedanalyse viste at det var mulig å identifisere kvalitetsparametere ved automatisk billedbehandling og -analyse.

##### 360 graders rigg for belysning og avbildning:

For å oppnå avbildning av alle sider av fisken ble det bygget en 360 graders rigg for kameraer (3 stk.), lasere (3 stk.) som står 120 grader til hverandre og LED-striper (2 stk.) med et todelt transportbånd i senter. På dette tidspunktet ble det klart at eksisterende prosesseringskapasitet på pc'n ikke var god nok til å prosessere bildene i høy nok hastighet for å holde kapasiteten på linja som var satt til ca. 50 fisk per minutt og med en båndhastighet på 800 mm/s, sammenliknet med det tidligere kravet på 350 mm/s. Derfor ble det nødvendig å installere en GPU (Graphics Processing Unit - en kraftig prosessenhet for rask behandling av bildene) i datamaskinen. De utviklede algoritmene kunne ikke benyttes og det måtte derfor utvikles nye som kunne gjøre beregninger på GPU.

#### *AP3.2 Datainnsamling med laboriemodell*

Laboriemodellen med 360 graders avbildning ble brukt til datainnsamling for å få en statistisk indikasjon på ytelse ved å avbilde 105 sløyd laks med ulike kvalitetskarakteristikker. Som en del av datainnsamlingen var det behov for manuell vurderingen av kvaliteten av hver enkelt fisk som det ble tatt bilde av. Dette for å få dataetiketter/kvalitetsklasser (superior, ordinær og produksjon) som det kan relateres til når maskinsynalgoritmene ble utviklet i aktivitet 3.3.

#### *AP3.3 Utvikling av maskinsynalgoritmer*

Det var nødvendig å integrere 3D-maskinsyn, med beregning på GPU, med laboriemodellen slik at det kunne gis synkroniserte og kalibrerte 3D-bilder, fargebilder og laserspredningsbilder fra 3 kameraer til pc'n. Med basis i data- og bildemateriale som ble samlet inn, ble det utviklet maskinsynalgoritmer for kvalitetssortering av laks. I hovedsak besto disse av tre ulike delaktiviteter;

##### Delaktivitet 1: Utvikle algoritmer for 3D rekonstruksjon av laks.

Det vil si å utvikle algoritmer som konverterer kalibrerte 3D bilder fra 3 kameraer til én 3D rekonstruksjon av laks i egnet koordinatsystem. Fargebilder og laserspredningsbilder projiseres oppå en 3D-rekonstruert laks i det samme koordinatsystemet.

### Delaktivitet 2: Utvikle algoritmer for å hente ut egenskaper.

Å utvikle algoritmer for å hente ut egenskaper fra den 3D-rekonstruerte laksen. Dette omfatter geometriske egenskaper for å fremheve forskjell i deformiteter (form), fargeegenskaper for å fremheve kjønnsmodenhet og andre fargeegenskaper og laserspredning for å fremheve sår.

### Delaktivitet 3: Utvikle algoritmer for klassifisering av laks.

Disse algoritmene er nødvendig for å klassifisere laks som enten er superior, ordinær eller produksjonsfisk, basert på de uthentede egenskaper.

Maskinsynalgoritmene, tilpasset konfigurasjonen i laboratoriemodellen, ble verifisert ved bruk av statistiske tester på data- og bildemateriale i databasen. Resultatet av dette var estimater på forventet nøyaktighet på kvalitetssorteringen, men med basis i et begrenset utvalg av fisk. Nøyaktigheten i resultatene vil imidlertid øke med økende antall individer i databasen som vil bli etablert i forbindelse med systemopplæringen.

Det var planlagt å gjennomføre billedopptak i 3 faser for å lære systemet å sortere automatisk på de ulike kvalitetsparameterne og å lage et skjermbilde med betjeningspanel for manuelt å registrere kvalitetsgraderingen på hver enkelt avbildet fisk. Aktivitetene skulle gjennomføres i det etablerte IN-prosjektet, men på grunn av forsinket oppstart er dette foreløpig ikke blitt gjennomført. Det er heller ikke avklart om gjennomføring av disse aktivitetene blir eksakt slik som de var planlagt, men vil bli bestemt når kvalitetsriggene er implementert i linja.

## **5 Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon**

### **5.1 Automatisk singulering og orientering**

Singulering og orienteringen av hel (rund og sløyd) laks er operasjoner som gjøres stort sett manuelt i dag. Fisk er et biologisk materiale som innebærer at objektene aldri har identiske parametere; slik som lengde, tykkelse, vekt, tekstur med mer. Et system må derfor være designet med en del fleksibilitet rundt de parameterne som vil kunne påvirke operasjonen. Laks er et "bløtt" biologisk materiale som ved hardhendt behandling vil kunne få redusert kvalitet. Det betyr at automatiserte systemer må være tilstrekkelig skånsomme. Videre er det nødvendig å designe systemet, som skal singulere og orientere fisken, hygienisk. Det må være lett å vedlikeholde og rengjøre for ikke å øke arbeidskostnaden samtidig som god hygiene blir i varetatt. Det er ekstremt viktig at det biologiske materialet ikke blir kontaminert med uønskede mikroorganismer og kjemiske stoffer.

For å utføre enhetsoperasjoner som bløgging, sløyning, gradering og filetering er det nødvendig å singulere og orientere laksen. Imidlertid er det ikke alltid nødvendig å få bestemme fiskens orientering i alle retninger (hode/spord og rygg/buk). Eksempelvis ved innmating til graderingssystemer kan det være tilfeldig hvilken side rygg/buk kommer inn bare hodet på laksen kommer først. Valg av automatisert metode gjøres ut fra hvilket krav til orientering som må tilfredsstilles. I dette prosjektet er det utviklet to løsninger for singulering og det er utviklet to varianter for orientering.

#### *Konsept 1, Robotisert løsning*

Figur 5-1 og Figur 5-2 viser et typisk eksempel på en manuell arbeidsoperasjon som skal utføres i produksjonslinja. Laksen kommer uordnet og i tilfeldig mengde ut fra utblødningstanken, ofte i flere lag. Operatørene tar ut en og en fisk (singuleres) som så snues/vendes (orienteres) på bordet før fisken sendes videre inn til en mateenhet for transportbåndet. Laksen blir så posisjonert og taktet for videre transport til sløyemaskinene. Dette er nødvendig når sløyemaskinene er ubemannet og mates automatisk.

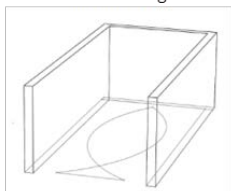
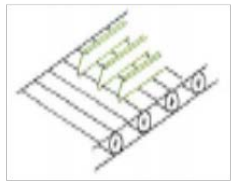
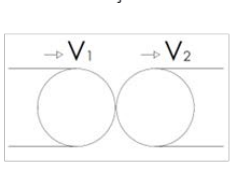
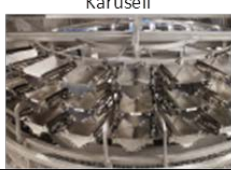
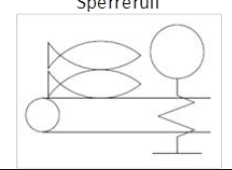

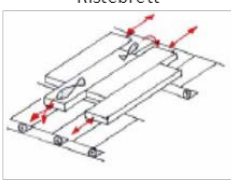
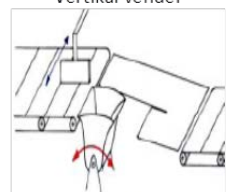
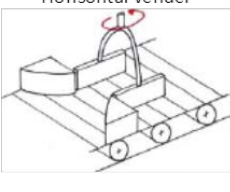

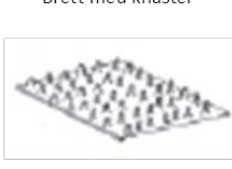


Figur 5-1; Uordnet samling av laks ut fra utblødningstanken.



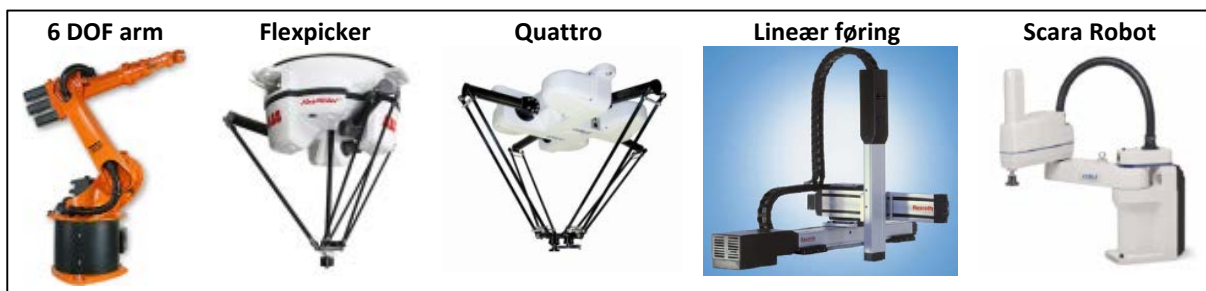
Figur 5-2; Manuell singulering og orientering for å posisjonere laksen riktig (hode/hale og rygg/buk).

Den manuelle arbeidsoperasjonen for å singulere/orientere laksen er tung og det kreves et høyt arbeidstempo for å fylle alle posisjonene i transportbåndet med laks. Derfor er denne posisjonen en naturlig plass å starte med å utvikle en automatisert løsning for. Det ble gjort en kartlegging av eksisterende og mulige metoder for singulering og orientering. Metodene ble systematisert og satt inn i tabeller slik som vist i Figur 5-3.

Singulering	Inn-boksing 	Baner 	Akselerasjonsbånd 
	Karusell 	Sperrerull 	Fartsdumper 
Orientering	Ristebrett 	Vertikal vender 	Horisontal vender 
	Baneskille 	Brett med knaster 	

Figur 5-3; Mekaniske prinsipper for singulering og orientering.

Det eksisterer svært effektive systemer i dag som benyttes både for sild og smolt. Men det er systemer som virker på små fisk og er begrenset til dette og vil ikke fungere på stor fisk. Det ble også sett på ulike typer roboter som er tilgjengelige og som ble vurdert ut fra løftekapasitet og hastighet som er kritiske faktorer for produksjonseffektivitet. Eksempler på robotsystemer er vist i Figur 5-4.



Figur 5-4; Ulike robotsystemer.

En robots evne til å løfte tungt og forflytte objektene raskt og presist medfører en avveining. Jo tyngre, raskere, lengre og mer presist roboten må løfte og forflytte et objekt, jo dyrere blir den.

En vesentlig del av å forflytte laks med mekanisk løsning er å gripe laksen riktig både for å gjøre dette på en skånsom måte som ikke skader laksen og at hele bevegelsen gjennomføres uten at fisken faller ut av grepet. Derfor ble det gjort et kreativt arbeid for å kartlegge og vurdere ulike griper, slik som vist i Figur 5-5.



Figur 5-5; Ulike griper for laks som skal forflyttes.

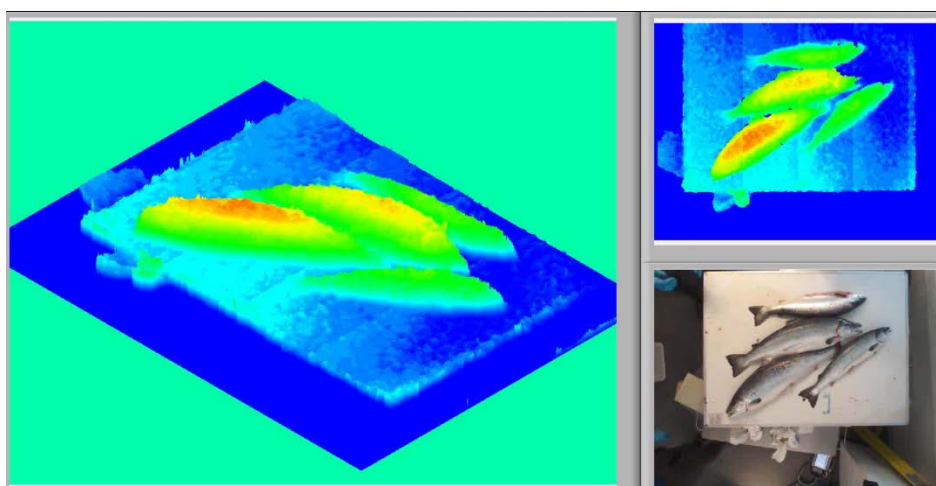
Med bakgrunn i det kreative arbeidet ble det gjennomført noen laborietester med Denso-robot, en griper med 4 «fingre» og en laks på ca. 4 kg på en polert flate med vannhinne, se Figur 5-6. Hensikten var å se hvordan det er mulig å forflytte en laks på en overflate med minimal friksjon uten å løfte fisken fra overflaten. Det viste seg at å skyve laksen bortover flaten med hodet først krevde svært liten kraft fordi bevegelsesretningen er "med" fiskeskjellen samtidig som at griperen holdt fisken i et ikke for hardt grep. Friksjonen mellom fiskeskjellene og griperen gjorde at grepet ble opprettholdt når roboten skjøv fisken på bordet. Det å svinge fisken rundt griperens akse var også fullt mulig uten mye kraft og uten at grepet løsnet. Den åpenbare fordelene med denne måten å forflytte laksen i en styrt



Figur 5-6; Denso-robot, griper og en laks på glatt overflate.

retning er at roboten ikke trenger å løfte fisken. Dermed kan det benyttes en robot med langt lavere løfteevne og griperen vil kunne håndtere laksen på den mest skånsomme måten uten å påføre fisken skader.

Dersom en robot får tilgang på en mengde laks som ligger i forskjellige retninger, vil roboten basert på maskinsyn, kunne plukke ut fisk, styre og sende fisken videre i riktig retning. Dette forutsetter at fisken ikke ligger i en haug oppå hverandre. Maskinsynet identifiserer fiskens orientering og fiskens høyeste punkt som vil være retningsgivende for hvor griperen skal ta tak i fisken. Til dette trengs et 3D-kamera og algoritmer som tolker bildene fra kameraet, beregner og planlegger robotens bevegelsesbane og gir instruksjoner til roboten for at roboten skal følge den riktige bevegelsesbanen ut fra hvilken posisjon den valgte laksen har på bordet. Det vil være nødvendig å plukke de laksene som ligger fremst på bordet for at ikke det skal ligge laks i veien for den laksen som skal forflyttes. For å teste ut hvordan det er mulig å identifisere laks som ligger uordnet på et bord, ble et 3D-kamera av typen Kinect v2 RGB-D testet ut. Det er et kamera utviklet for spillindustrien som er relativt billig, gir god nok bildekvalitet og er rask nok til dette formålet. Figur 5-7 viser hvordan det ser ut når 4 laks ligger på et bord i forskjellige retninger.



Figur 5-7; 3D og 2D bilde av 4 laks på et bord tatt med Kinect v2 RGB-D kamera.

3D-bildet er de to fargebetonte bildene og viser høydeprofilene på laksene som ligger på bordet. Jo mer rødlig fargen er jo høyere er punktet i forhold til 0-nivå som er bordets flate. Nederst til høyre et 2D-bilde i farger.

Prosjektet hadde nå skaffet nødvendig grunnlag og verktøy for å utviklet et konsept for singulering og orientering av laks som vil være funksjonell. Det ble utviklet algoritmer for å styre roboten med basis i hvordan den fremste laksen var orientert. Prinsippet er at fisken skal forflyttes i den retningen som gir den korteste veien i forhold til hvordan den tilfeldigvis ligger på bordet/transportbåndet. Det er mest tidsbesparende fordi å snu fisken (mer enn 90 grader) vil ta tid. For at fisken i neste omgang skal kunne orienteres i rygg/buk-retning uten å løfte på fisken, videresendes den til en av de to utløpskanalene på hver side av transportbåndet (Figur 5-8 viser hvor de to utløpene på høyre side av transportbåndet er synlig) avhengig av hvilken side fisken ligger på. Laks som ligger på høyresiden blir sendt ut i det ene av de to parallelle utløpet mens laks som ligger på venstresiden blir sendt ut i det andre. Hva som avgjør om en laks skal sendes ut til høyre eller venstre av transportbåndet, er posisjonen fiskens hode har initielt på bordet før roboten griper tak i fisken. Dersom hodet er vendt mot venstre, sendes fisken ut på venstre side og vice versa. Dersom hodet er vendt mot venstre, men fisken ligger langt over mot høyre side av transportbåndet, vil algoritmen beregne den raskeste vei til utløpet på høyre eller venstre side. Figur 5-8 er et utklippsbilde av videoen av dette systemet som ble vist under FHF's havbrukssamling på Hell i september 2014.



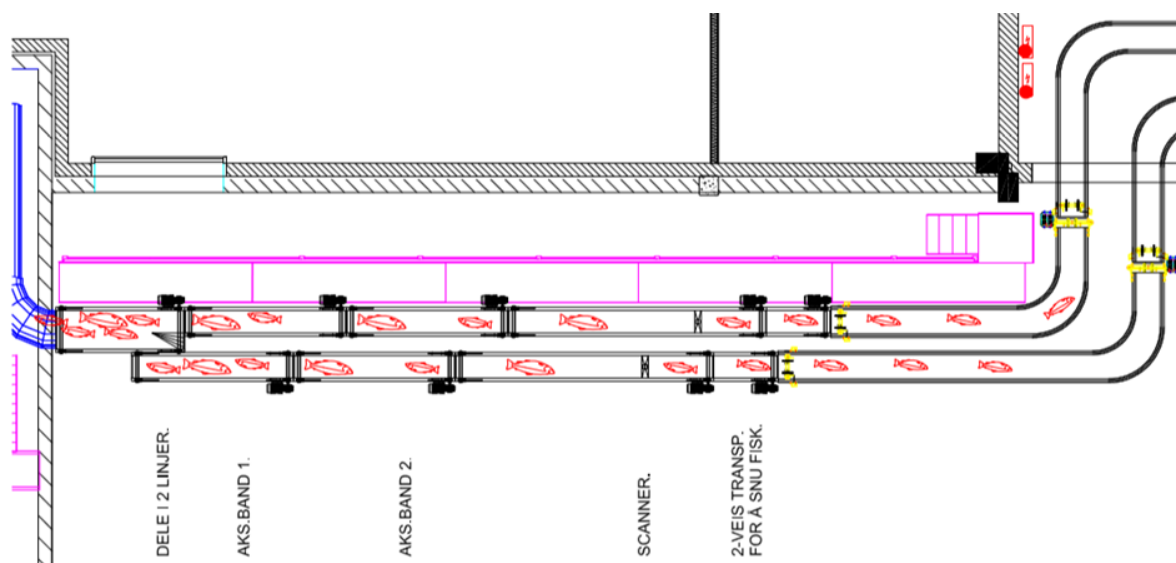
Figur 5-8; Utklippsbilde av videoen som demonstrerer robot som singularerer og orienterer laks i 4 posisjoner.

Når laksen er posisjonert med hodet først og rygg/buk i to ulike løp, vil det være en enkel sak å bruke en mekanisk vender på det ene løpet slik at all laks kommer ut med hodet først og rygg/buk i ønsket orientering. En annen løsning er å ha kun ett utløp på hver side av transportbåndet som roboten slider fisken til og så benytte maskinsyn for å identifisere hvilken retning laksen er orientert med rygg/buk og så vende kun den laksen som ligger feil vei med en mekanisk løsning.

En viktig forutsetning for at roboten skal kunne velge riktig laks ut fra en mengde laks er at fisken kommer i ett lag i det området som er aktuelt for roboten å plukke fra. Dette er ikke testet, men det antas at fisken ikke vil bli liggende i flere lag om det er plass nok og at det eventuelt kan settes på en vibrerende bevegelse på underlaget for å hindre at laksen blir liggende i flere lag. Om en fisk ligger delvis over en annen fisk, vil dette ikke være et problem da maskinsynet vil kunne skille mellom det høyeste punktet på de to fiskene og velge og gripe den første fisken.

#### *Konsept 2, Bruk av akselerasjonsbånd kombinert med automatisk vender.*

I prosjektet ble det også utviklet en løsning for singularering og orientering av laks uten bruk av robot. Hos Nova Sea er det i to områder det er nødvendig at laksen er singularert og orientert. Det er som tidligere nevnt ved innmating til sløyemaskinene. Det andre området er ved innmating til graderen. En forskjell i kravet til orientering er at ved innmating til graderen er det ikke vesentlig at laksen er orientert med rygg/buk i en bestemt retning, men hodet må mates inn først. I og med at avstanden mellom skylle-/kjøletanken og graderen er relativt stor, er det mulig å løse dette ved bruk av enkel deling av massestrømmen rett etter utløpet fra skylletanken, akselerasjonsbånd for å skape avstand mellom hvert individ, et maskinsynsystem som identifiserer retning på laksens hode/hale på båndet og en mekanisk løsning, som får styringssignal fra maskinsynsystemet, for å vende laks som kommer med sporden først. Figur 5-9 viser en prinsipptegning av transporten fra skylle-/kjøletanken med to transportbånd frem til og med en automatisk vender for å snu fisk som kommer feil orientert.



Figur 5-9; Prinsippskisse av løsning for singulering og orientering av laks hvor orientering av rygg/buk ikke er viktig. (Tegning; SeaSide).

Deling av massestrømmen til to transportbånd blir gjort for å halvere mengden laks som må håndteres på hver av de to linjene slik at det skal være praktisk mulig å gjennomføre en automatisk orientering på linja og samtidig beholde nødvendig totalkapasitet. Når massestrømmen er fordelt på to bånd, vil hvert løp ha to akselerasjonsbånd som skiller, og øker avstanden mellom, hvert individ. Et kamera på hvert bånd avbilder hver laks og en algoritme bestemmer orienteringen av laksen i forhold til hode/spord og gir styringssignal til venderen om fisk som kommer med sporden først og som må snus. Dette maskinsynssystemet er utviklet av **Avanti Engineering** mens venderen er utviklet av **SeaSide**. Hodet vil således alltid komme først, men det vil være tilfeldig om laksen blir liggende på høyresiden eller venstresiden (rygg/buk-orientering). Figur 5-10 viser utklipp av en video av systemet i to stadier som ble vist under FHF's havbrukssamling 15. oktober 2015.



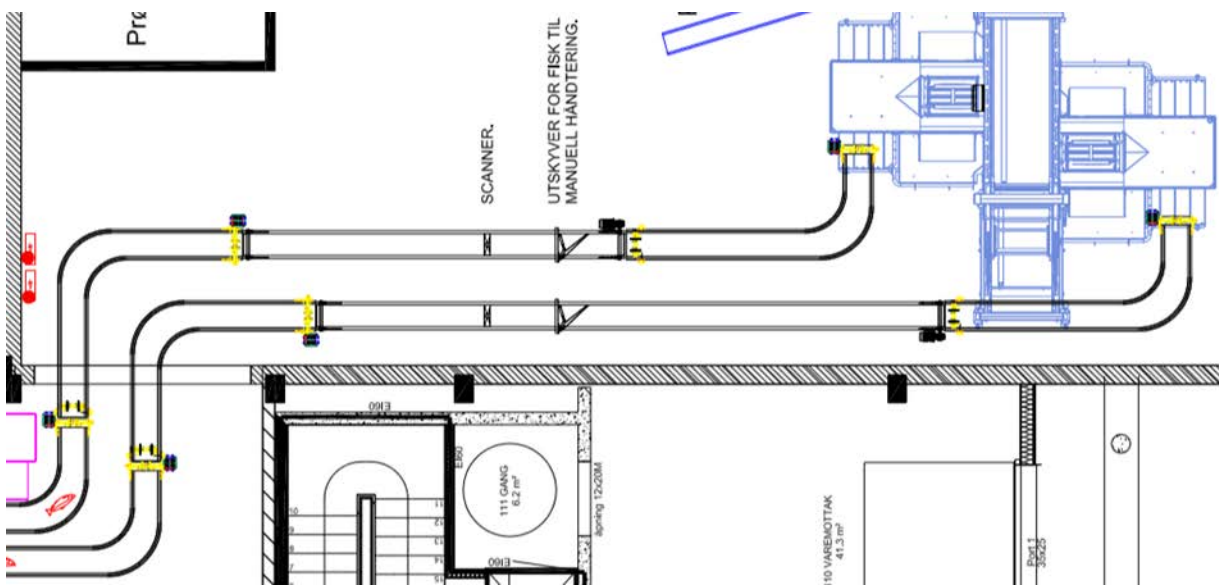
Figur 5-10; En laks kommer inn til vender med sporden først. Etter vending kommer laksen ut med hodet først. (Foto; SeaSide).

Systemet med to transportbånd vil håndtere en kapasitet på 100 laks i minuttet. Prototypen er demonstrert for og godkjent av Nova Sea høsten 2015 og vil bli installert hos bedriften i 2016.



## 5.2 Automatisk kvalitetssortering basert på ytre egenskaper

Innholdet i dette avsnittet er detaljert beskrevet i en vitenskapelig artikkel (Sture et al., 2016<sup>2</sup>). Figur 5-11 viser en prinsippskisse for hvor på den nye linja hos Nova Sea kvalitetsskanneren skal plasseres. Det er en skanner for hver linje og de er som vist på tegningen plassert i forkant av utkastet for fisk som er nedgradert. Laks av kvalitet som ikke skal inn i graderen tas ut der og benyttes til annen anvendelse. Med en båndhastighet på 800 mm per sekund og i gjennomsnitt 50 fisk per minutt per linje, vil det være behov for å ha en prosesseringskapasitet (avbildning, bildebehandling og -analyse, klassifisering og signalgiving) på maksimalt 1 sekund per fisk for å ha en viss overkapasitet. Dette er utgangspunktet for å utvikle løsning for automatisk kvalitetssortering av sløyd laks ved hjelp av maskinsyn.



Figur 5-11; Prinsippskisse av løsning for kvalitetssortering ytre egenskaper, utkast og innmating til grader. (Tegning; SeaSide).

### Konstruksjon av laboriemodell

Laboriemodellen tar utgangspunkt i SINTEF FoodScanner, som er en utviklingsplattform for maskinsyn som muliggjør testing av flere typer belysning, lasere, avbildningsmodi, algoritmer og egner seg til avbildning av hel laks i farge. Utførelsen er i rustfritt stål og kan tas med til fabrikanlegg for avbildningsforsøk. Faktorer som deformasjoner (pukkellaks, korthale, kroket ryggstøyle, mager fisk), sår og kjønnsfarge er årsaker til nedgradering fra superior kvalitet. Høsten 2013 ble det gjennomført billedopptak av rund laks hos Marine Harvest, Hitra, for å identifisere ulike kvalitetsparametere gjennom billedanalyse. Oppsettet med SINTEF FoodScanner og transportbånd som ble brukt er vist i Figur 5-12.

Datainnsamlingen ble gjort ved å avbilde totalt 159 laks. Med assistanse fra en erfaren operatør hos Marine Harvest ble hver avbildet laks kvalitetsgradert på forhånd som superior, ordinær eller produksjon samt at det ble gitt en beskrivelse av årsak til eventuell nedgradering som ble knyttet til de enkelte laksebildene. Tabell 5-1 viser fordeling av de ulike kategorier, samt årsak til nedgradering.



Figur 5-12; Oppsett av FoodScanner

<sup>2</sup> Sture, Ø., Øye, E. R., Skavhaug, A. og Mathiassen, J. R. 2016. A 3D machine vision system for quality grading of Atlantic salmon. Computers and Electronics in Agriculture 123, 142–148.

Tabell 5-1; Kvalitetsgradering av 159 laks.

Kategori	Nedgraderingsårsak			Kjønnsmoden
	Tot	Form	Sår	
<b>Superior</b>	120	-	-	-
<b>Ordinær</b>	16	11	5	0
<b>Produksjon</b>	21	5	7	9
<b>Død</b>	2	-	-	-

Nedgradering basert på form var utelukkende av 3 typer:

1. Pukkelrygg, i varierende grad.
2. Korthale, i varierende grad.
3. Ryggradsdeformasjoner (knekk og krøll).

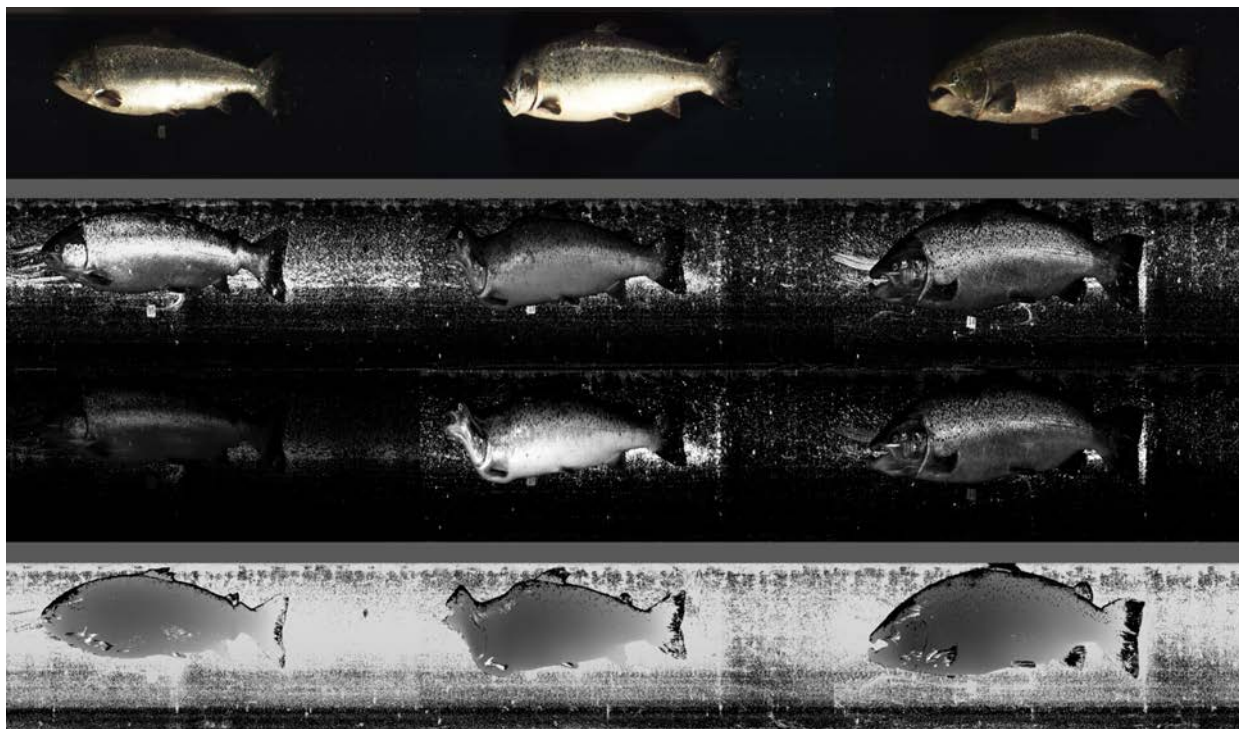
Sammen med nedgradering basert på sår og kjønnsmodenhet, har vi en komplett beskrivelse av det som er mest vanlig å observere av karakteristika som bestemmer kvalitetsgraderingen. Andre årsaker, som gjellelokkfeil, røde øyne og nedbøyd underkjeve, ble i hovedsak ignorert. Basert på dette anbefales det at en modul for automatisk kvalitetssortering av hel laks i første omgang fokuserer på nedgradering basert på form (3 typer), sår og kjønnsmodenhet, og at man lar en operatør sortere ut fisk basert på andre kriterier etter den automatiske kvalitetssorteringen.

#### *Utvikling av maskinsynalgoritmer*

Innledningsvis ble det i prosjektet jobbet noe med grunnleggende algoritmer for deteksjon av noen anatomiske egenskaper, som eksempelvis hode, hale, øyne og gjellebue, i 3D bilder sammen med korresponderende bilder av direkte tilbakespredt laserlys. Disse algoritmene vil kunne inngå i totalalgoritme for kvalitetssortering. Videreutvikling av maskinsynalgoritmer ble gjort når avbildningsriggen ble ferdigstilt.

Basert på erfaringer gjort med modifisert FoodScanner, samt med erfaringene fra datainnsamlingsforsøk, ble det konkludert med at modul for automatisk kvalitetssortering bør benytte 3D skanning med lasere i full 360° fra 3 vinkler i et plan i gapet mellom to transportbånd, i motsetning til 1 vinkel som er tilfelle med FoodScanner. Hensikten med full 360° er å kunne få fullstendig 3D bilde av hel laks for bruk til kvalitetssortering som kan nedgradere med hensyn til 1) formfeil, 2) sår og 3) kjønnsmodenhet. I tillegg til 3D får man i et likt oppsett ytterligere to bilder som viser andelen av henholdsvis direkte og indirekte tilbakespredt laserlys. De tre nederste radene i Figur 5-13 viser hvordan slike bilder ser ut i ett plan sett ovenfra. Fra dette ser vi at direkte og indirekte laserlys kan skille mellom blank ikke-kjønnsmoden fisk (venstre kolonne) og kjønnsmoden fisk (høyre kolonne), samt også skille ut en annen type kvalitet som er en "matt" superior fisk.

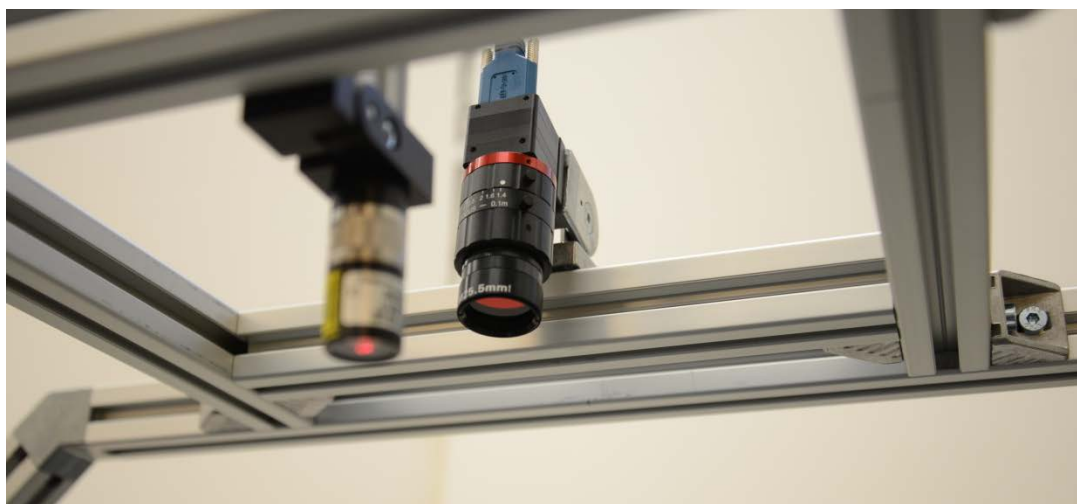
Det videre arbeidet i AP 3 fokuserte på å bygge en laboratoriemodell av 360° 3D avbildningsrigg for større datainnsamling.



Figur 5-13; Avbildning med modifisert FoodScanner. Fra øverst til nederste rad: Fargebilde, direktepredt laserlys, indirektespredt laserlys og 3D. Fra venstre mot høyre: Blank superior, matt superior og kjønnsmoden fisk.

#### *Bygging av laborierigg for 120° avbildning.*

På veien til å bygge en 360° 3D avbildningsrigg ble det først satt opp en 120° 3D avbildningsrigg for å gjennomføre avbildning og analyse av bilder i et bestemt oppsett med kamera og laser, se Figur 5-14.



Figur 5-14; Oppsett av kamera og laser i 120° rigg.

Figur 5-15 viser et fullstendig oppsett av 120° rigg med datamaskin, skjermer og transportbånd. Dette ble bruk for å teste ut oppsettet for å få frem bilder av en kvalitet som kan analyseres.



Figur 5-15; Oppsett av rigg for laserbelysning og avbildning i 120°.

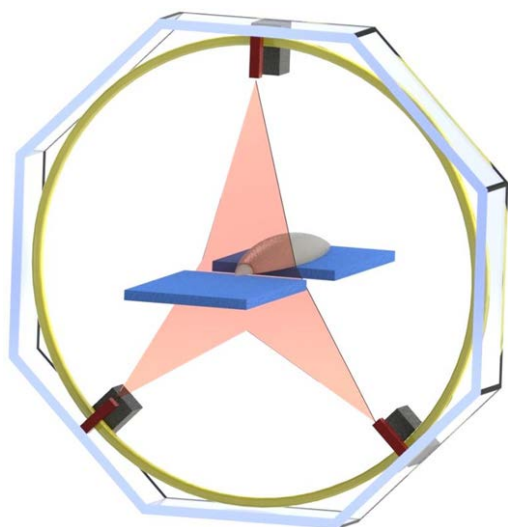
Ved bruk av ulike teknikker vil det kunne lages et 3D bilde i ett plan og fargebilder som synliggjør feil som sår og kjønnsfarge. Figur 5-16 viser to bilder som hentes ut fra billedanalysen, 3D-bilde og sår. Video av en kjøring med dette oppsettet ble vist under FHF's fagsamling for havbruk i september 2014.



Figur 5-16; 3D-bilde øverst og et spredningsbilde som viser en tydelig kontrast i sår på overflaten av laksen.

#### *Bygging av laborierigg for 360° avbildning.*

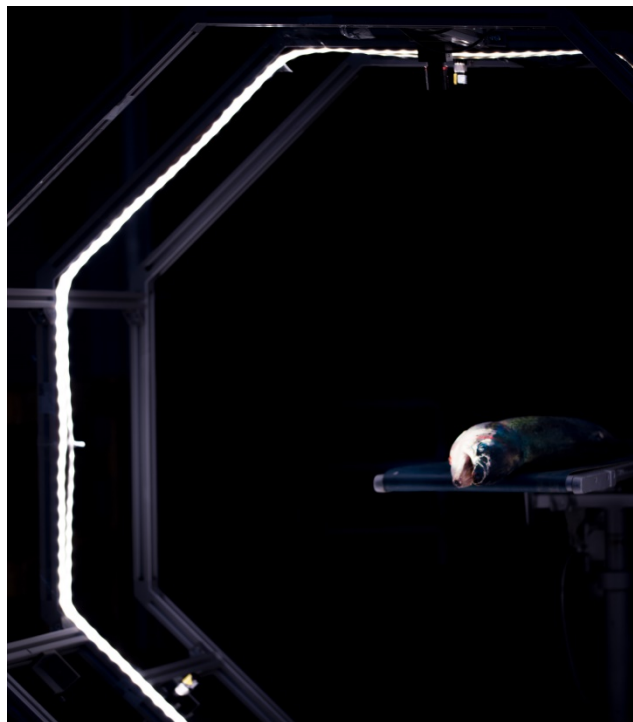
Etter at laborieriggen for 120° avbildning ble testet ut var det klart for å utvide riggen til en 360° rigg med 3 kamera, 3 lasere og LED-lys striper. Prinsipp og oppsett er vist i Figur 5-17 og ble klargjort for billedopptak av et større antall sløyd laks med hode.



a)



b)

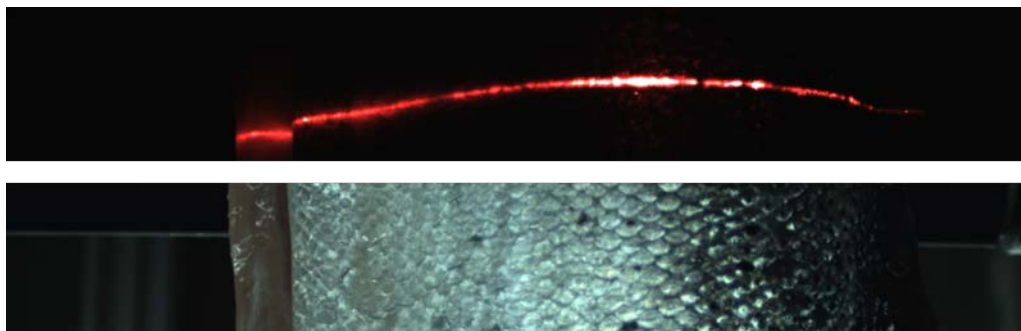


c)

Figur 5-17; a) Prinsippskisse for 360° rigg, b) ferdig bygget rigg med LED-striper, laserlys og transportbånd, og c) med laks.

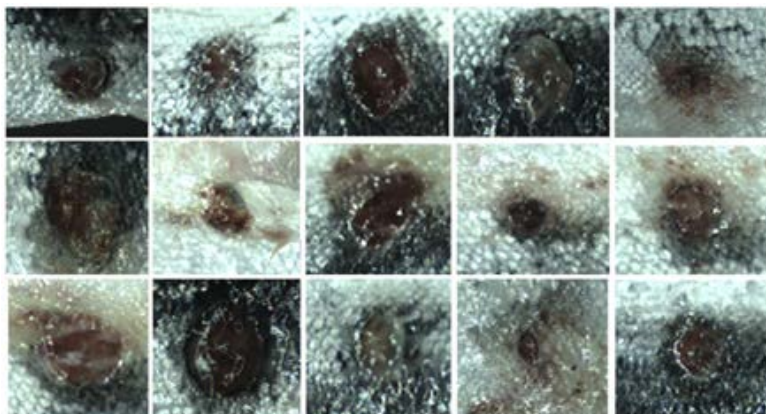
#### *Billedopptak med 360° rigg og billedanalyser*

Hvert kamera gir følgende to billedkombinasjoner; laserstripe og fargebilde av samme areal av fisken, se Figur 5-18. Ut fra disse to bildene fra hvert kamera setter dataprogrammet sammen et bilde av alle pikslene til en 3D-laks med nødvendig detaljnivå på informasjonen i bildene som kan klassifiseres ut fra forhåndsbestemte kriterier.



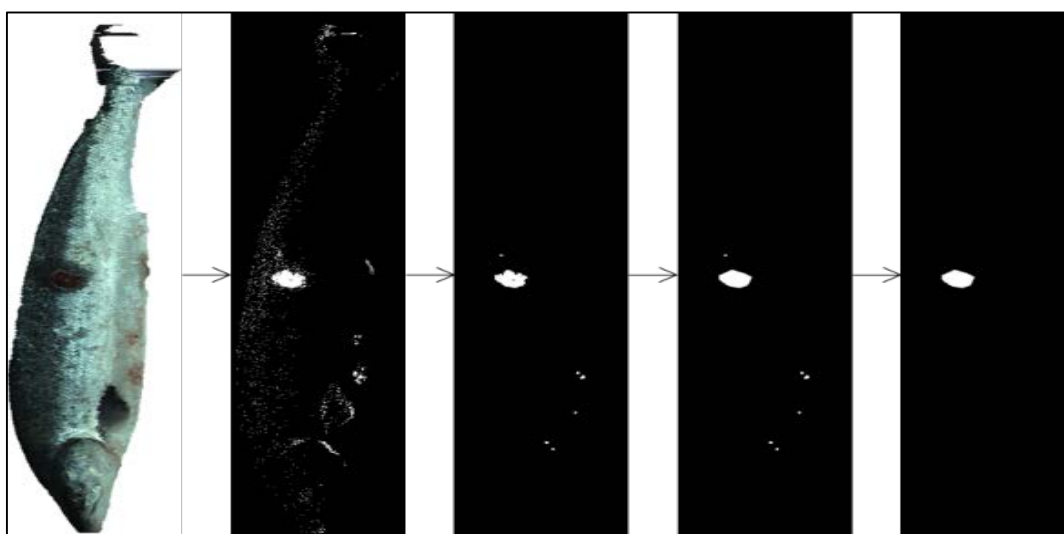
Figur 5-18; Bilde med laserlys og hvitt lys av samme området av fisken.

Bildene fra området på laksen som blir belyst med laser og hvitt lys danner utgangspunktet for billedbehandlingen og ekstraksjon av informasjon som brukes til å klassifisere kvaliteten på de ulike parameterne. Fargebildet gir informasjon om synlige sår som vil kunne føre til nedklassifisering. Figur 5-19 viser typiske eksempler på områder hos fisk med sår.



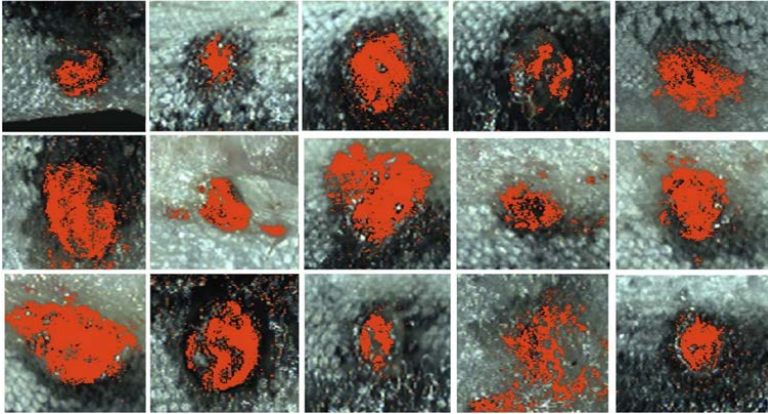
Figur 5-19; Eksempler på sår hos laks som kan føre til nedklassifisering.

For automatisk å detektere sår, slik som eksemplene på bildet i Figur 5-19, går bildet gjennom flere prosessstrinn med filtrering for å ekstrahere ut posisjonen og området som er interessant, se Figur 5-20.



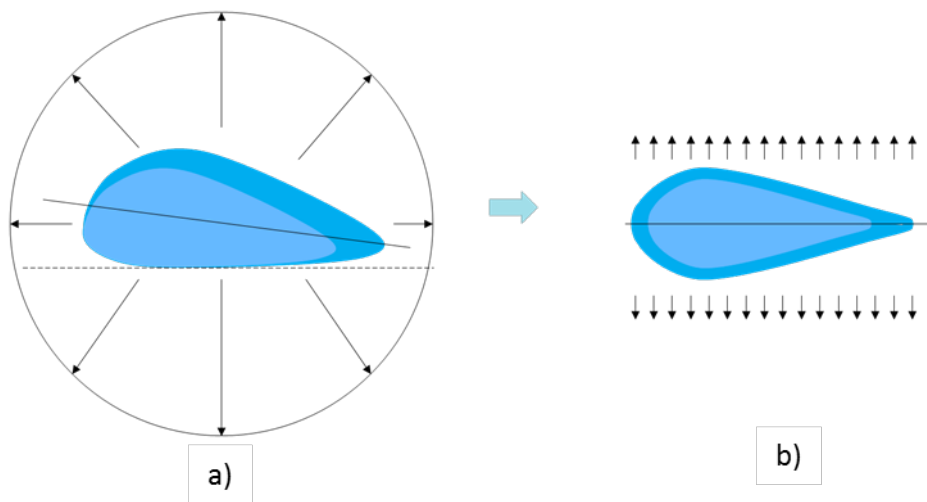
Figur 5-20; Trinn i billedbehandlingen som ekstraherer ut det interessante området hvor det er oppstått sår.

Sårets størrelse og tydelighet kan deretter vektet og beregnes ut fra intensiteten i området, her synliggjort med rød farge i Figur 5-21. Ut fra dette kan størrelsen på området sammenliknes mot terskelverdier og derved klassifiseres som nedgradert fisk, alternativt ikke nedgradert fisk



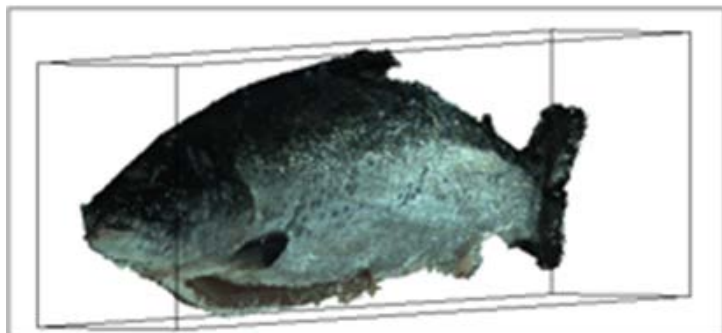
Figur 5-21; Kandidatområder for sår lokalisert og klassifisert

Laksen kommer liggende på høyre eller venstre side på transportbåndet. I et fullstendig 3D-bilde sammensatt av 3 stk. 3D-bilder, vil laksen få feil fasong i og med at den siden fisken ligger på vil være flatere, se a) i Figur 5-22. For å vurdere om det eksisterer deformasjoner vil et slikt bilde kunne forstyrre klassifiseringen. Derfor ble det utviklet en teknikk som "retter opp" denne feilen, i prinsippet slik som b) i Figur 5-22 viser.



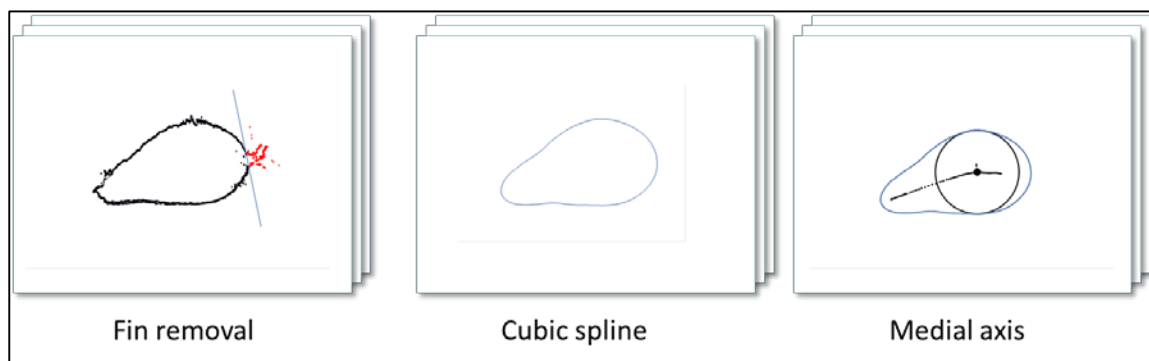
Figur 5-22; a) Prinsippskisse av en fisk som ligger på transportbåndet og b) etter "oppretting"

Dette ble løst ved at utgangspunktet, som er en punktsky av piksler satt sammen av de 3 x 3D-bildene, danner et helhetlig 3D-bilde av laksen slik som vist i Figur 5-23. Dette bildet vil være lik den avbildede laksen slik den ligger på transportbåndet.



Figur 5-23; Punktsky som gir et 3D-bilde av en sløyd laks

For å justere bildet er prinsippet i prosessen at bildet blir delt opp i et antall skiver slik som Figur 5-24 viser. Først fjernes ekstremiteter som finner. Deretter gattes omrisset i hver skive hvor medialaksen blir beregnet og senterlinjen funnet ved å sette sammen alle aksene. Deretter kan hele fisken kan rettes opp etter den rettede senterlinjen.



Figur 5-24; Geometriske egenskaper i punktskyen brukt til å rette opp bildet av laksen som ligger på transportbåndet

Ut fra det opprettede bildet kan de ulike geometriske parameterne i bildet klassifiseres. Eksempler på ulike former er vist i Figur 5-25 der laks b) og c) blir klassifisert ned på grunn av deformiteter i forhold til a) som er en superior laks.

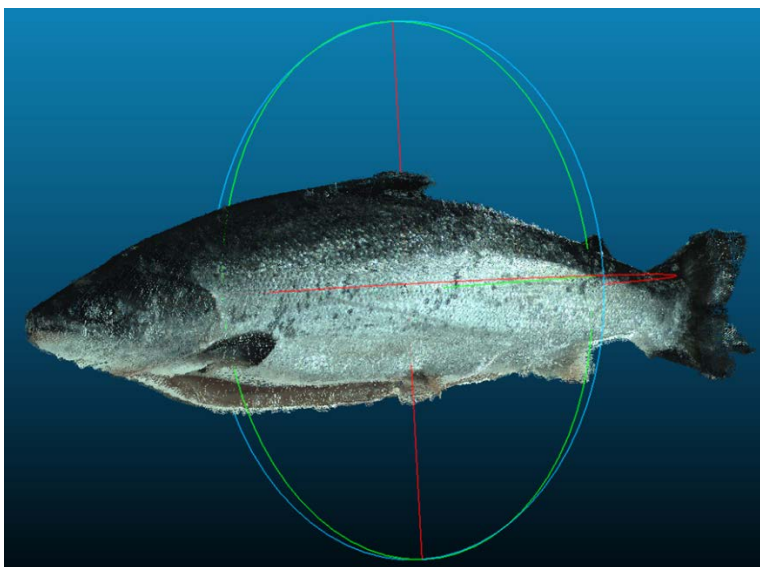


Figur 5-25; Ulike former hos laks, a) superior, b) pukkellaks og c) korthale



### Full 3D skann av sløyd laks

Et full 3D-skann av en sløyd laks som kan roteres i alle retninger (Figur 5-26) inneholder all informasjon om ytre egenskaper i en oppløsning som er tilstrekkelig for å gjennomføre automatisk klassifisering ut fra definerte krav med en hastighet som skal tilfredsstillе behovet for en fullskala produksjonslinje. Alle sidene av laks med de tre ulike formene i Figur 5-25 ble vist i full 3D under FHF's havbruks-samling på Gardermoen i november 2015.



Figur 5-26; Full 3D-skann av sløyd laks

### Preliminære resultater og opplæring av systemet.

Som tidligere nevnt ble det gjennomført skann av 105 laks fra Nova Sea på 360° 3D-riggen og gjennomført billedbehandling og klassifisering ut fra deformiteter og tilstedeværelsen av sår. Beregninger av deteksjonsrate var som følger;

- 86 % av all laks med deformiteter ble detektert.
  - Laks som ble feilklassifisert hadde mindre deformiteter.
- 89 % av alle sår ble detektert
  - Sår som ikke ble detektert var sår som hadde mer eller mindre grodd.

Det er klart at dette er deteksjonsrater som ikke er gode nok for et industrielt system. Men det er viktig å presisere at utvalget på 105 laks er svært lavt og det betyr at feil som nærmer seg grenseverdier i alvorlighetsgrad kan bli feilklassifisert. Derfor er det en forutsetning at systemet læres opp ved å bygge opp en database med flere tusen bilder som er forhåndsklassifisert, som en del av steget frem mot industrialisering.

## 5.3 Videreføring og realisering av teknologien

Kunnskapen om hvordan 360-riggen monteres opp, hvilke optiske komponenter som inngår og elektronisk synkronisering er overført til utstyrsleverandørene. Kunnskap om 3D-maskinsynbibliotek, GPU-kode, egenskapsuthenting og klassifisering er under overføring til utstyrsleverandøren som skal overta programmeringen av den industrielle skanner. Den tidligere nevnte vitenskapelige artikkelen, Sture et al., 2016, er en del av denne kunnskapsoverføringen.

I april 2015 startet Innovasjon Norge-prosjektet *ASOK – Automatisk Singulering, Orientering og Kvalitetssortering i produksjonslinje for hel laks* opp som et IFU-prosjekt. Industripartnerne i prosjektet er Avanti Engineering, SeaSide og Nova Sea. Prosjektets plan er at det skal realiseres et pilotanlegg i fullskalastørrelse hos Nova Sea i 2016. De teknologiske løsningene som inngår i linja er beskrevet i kapitlene 4.1; Automatisk singulering og orientering under avsnittet *Konsept 2, Bruk av akselerasjonsbånd kombinert med automatisk vender* og 4.2; Automatisk kvalitetssortering basert på ytre egenskaper.

## 5.4 Teknologiens nytteverdi

Hensikten med å automatisere enhetsoperasjonene singulering/orientering og kvalitetssortering/-gradering av hel laks er å redusere arbeidsbelastningen hos operatørene da dette er arbeidsoppgaver som er tunge, ensidig belastende og krever et høyt arbeidstempo for å opprettholde nødvendig kapasitet i produksjonslinjene. I tillegg antas det at å redusere antall manuelle håndteringar vil redusere risikoen for uønsket kontaminering av fisken. En automatisering av disse oppgaver bør føre til redusert arbeidskostnad da investeringenes kostnad skal være lavere enn lønnskostnadene i investeringenes levetid. Disse faktorene vil være viktige bidrag til å øke næringens lønnsomhet og bærekraftighet. Teknologiene som er utviklet av SINTEF Fiskeri og havbruk i dette prosjektet vil være åpent tilgjengelig for næringen og vil med spesifikk tilpasning av teknologileverandør kunne implementeres i de fleste slakterier og foredlingsanlegg for laks. I den grad det er ønske og behov, vil det være mulig å etablere en mer ensartet og kundetilpasset kvalitetssortering som er dokumenterbar i ettertid, både for intern logistikk og for begge retninger i verdikjeden (fremover til kunde og bakover til leverandør).

## 6 Prosjektleveranser

I prosjektet er det blitt levert følgende leveranser;

- Det ble gjennomført 4 styringsgruppemøter
- Det er utarbeidet et notat om brukeraspekter
- Laboratoriemodell for 120 graders avbildning og maskinsyn ble bygget og brukt til datainnsamling.
- En laboratoriemodell for automatisk orientering og singulering med maskinsyn og robot ble laget.
- En prototyp for orientering basert på mekanisk vending ble bygget.
- En laboratorierigg for 360 graders belysning og avbildning ble bygget og brukt til datainnsamling.
- Basert på 360 graders avbildning ble det utviklet "proof of concept" av maskinsynalgoritmer for kvalitetssortering og klassifisering av hel laks basert på ytre egenskaper.
- Med et utvalg på 105 laks ble det utarbeidet en statistikk over ytelsen til kvalitetssorteringssystemet.
- Det har vært gjennomført møte med en fagperson hos Avanti Engineering i forbindelse med overføring av systemkompetanse for kvalitetssortering.
- Prosjektresultater er blitt presentert under to av FHF's havbrukssamlinger (Hell i 2014 og Gardermoen i 2015).

Det var planlagt å lage et operatørbrukergrensesnitt (GUI – Graphical User Interface) til billedopptak i linja for å trene kvalitetssorteringssystemet til å gjøre riktig og mer nøyaktig klassifisering av kvaliteten på laksen. Dette er ikke blitt gjort på grunn av endrede planer for installasjon av fullskalalinjen (Innovasjon Norge-prosjektet) hos Nova Sea. Dette vil bli utført av Avanti Engineering i samarbeid med Nova Sea.



Teknologi for et bedre samfunn

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