

A26112 - Åpen

# Rapport

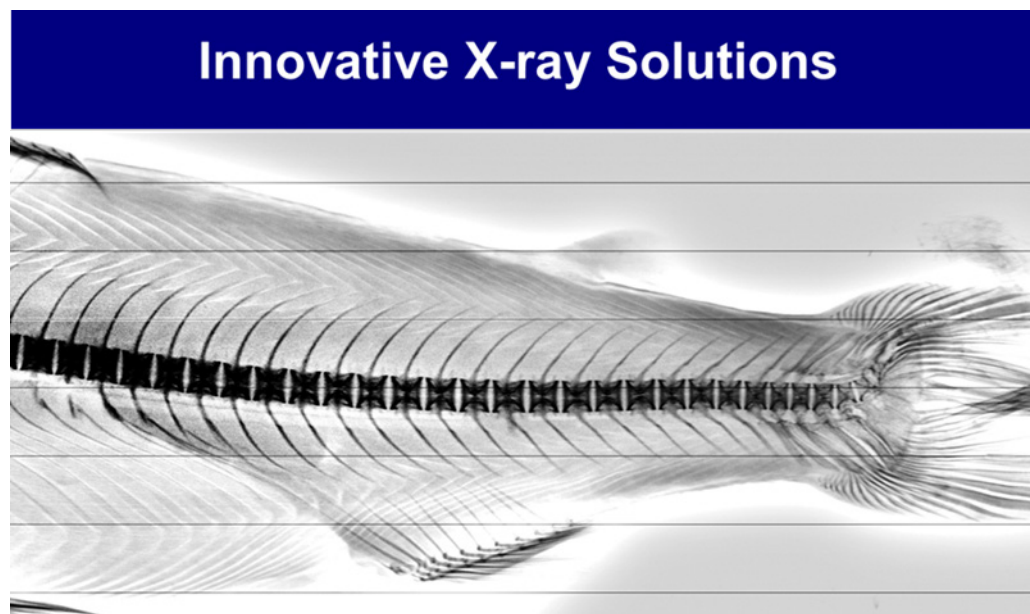
## Automatisk etterkontroll av restpinnebein i pre-rigor laksefileter

Bruk av lavenergirøntgen (LER)

**Forfatter(e)**

Harry Westavik

Ekrem Misimi



**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**

Automatisering og effektiv produksjon

2014-05-12

# Rapport

## Automatisk etterkontroll av restpinnebein i pre-rigor laksefileter

Bruk av lavenergirøntgen (LER)

EMNEORD:  
Pinnebeinfjerning  
Laksefilet  
Lavenergirøntgen

**VERSJON**

1

**DATO**

2014-05-12

**FORFATTER(E)**Harry Westavik  
Ekrem Misimi**OPPDRAGSGIVER(E)**

Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond

**OPPDRAGSGIVERS REF.**

Kristian Prytz

**PROSJEKTNR**

FHF #900832/SFH 6020556

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

24+ 1 vedlegg

**SAMMENDRAG**

Det er ikke mulig å avgjøre om en laksefilet er beinfri etter pinnebeinplukking ved bare å se og kjenne på fileten overflate. Det kan fortsatt sitte igjen avrevne bein nede i fiskekjøttet. Disse laksebeina er sannsynligvis ikke helsefarlige, men kan være ubehagelig og medføre tap av matlyst hos mange forbrukere. Dette er et viktig argument for å fjerne alle bein i lakseprodukter som blir markedsført som beinfrie.

Ved å skjære i fileten er det mulig å kontrollere om fileten er beinfri, men det er naturligvis ikke en aktuell metode, verken som 100 % -kontroll eller som stikkprøvekontroll av større parti fileter. I mange tiår har røntgen vært benyttet som kvalitetskontroll med hensyn på restbein i hvitfisk. Det har ikke vært vanlig å bruke røntgen på laks fordi laksebeina har gitt for dårlig kontrast i røntgenbildet. Imidlertid er det nå på markedet maskiner med lavenergirøntgen (LER) som med ny og bedre sensorteknologi gjør det mulig å kontrollere og automatisk sortere ut både pre- og post-rigor laksefileter med for mye bein.

Dette prosjektet, *Automatisk etterkontroll av restpinnebein i pre-rigor laksefileter*, har vist at avbildning med LER gir god nok kontrast til "online" deteksjon av pinnebein i størrelser som de færreste forbrukere er i stand til å finne når de spiser et godt laksemåltid.

**UTARBEIDET AV**

Harry Westavik

**KONTROLLERT AV**

Ulf Erikson

**GODKJENT AV**

Marit Aursand

**RAPPORTNR**

A26112

**ISBN**

978-82-14-05723-2

**GRADERING**

Åpen

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

Åpen

# Historikk

---

<b>VERSJON</b>	<b>DATO</b>	<b>VERSJONSBEKRIVELSE</b>
Skriv versjonsnr	Velg dato	[Tekst]

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Mål og nytteverdi</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Materialer og metoder</b> .....	<b>5</b>
3.1	Kartlegging av og kontakt med aktuelle leverandører av røntgenteknologi .....	5
3.2	Bruk av lavenergirøntgen til deteksjon av pinnebein i laksefilet .....	5
<b>4</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>9</b>
4.1	Avbildning ved SINTEF SeaLab .....	9
4.1.1	27. september .....	9
4.1.2	17. og 18. oktober .....	12
4.1.3	7. november .....	13
4.2	Avbildning ved SalMar .....	15
4.2.1	11. og 12. november .....	16
4.2.2	19. november .....	18
4.2.3	2. desember .....	20
<b>5</b>	<b>Diskusjon</b> .....	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>23</b>
	<b>Litteratur</b> .....	<b>24</b>
	<b>Vedlegg</b> .....	<b>24</b>

## BILAG/VEDLEGG

---

Vedlegg 1; Prosjektnotat SOTA – røntgen

---

## 1 Innledning

Trio Food Processing Machinery AS (Trio FPM) har utviklet en prosesslinje for fjerning av pinnebein i pre-rigor laksefilet. Teknologien er basert på et patent som Trio har og som i hovedsak består i å kutte forankringen av pinnebeina inne i fileten med et knivstikk. Dermed reduseres kraftbehovet for å plukke pinnebeina med om lag 50 %. Resultatet blir at pinnebeina kan bli plukket ut uten å bli revet av inne i filetene.

Problemstillingen er at det ikke er mulig å kontrollere om en filet inneholder avrevne restbein uten å skjære i fileten, det vil si en destruktiv kontroll som kun vil være aktuell på stikkprøvebasis. Laksefilet er et biologisk råstoff med naturlige variasjoner. Resultater fra stikkprøvekontroller gir liten garanti for at filetene er beinfrie. Med stort produksjonsvolum vil det kreve en vesentlig innsats i form av operatørtimer og tapt råstoff for å sikre at leveransen tilfredsstiller kundenes krav til beinfrie fileter. Derfor er det et sterkt ønske om å etablere en "**ikke-destruktiv 100 % etterkontroll**" som kan identifisere eventuelle restpinnebein i filetene umiddelbart etter prosessen. Med en kvalitativ og kvantitativ "online" etterkontroll av pinnebeinfjerningen vil ikke det bare sikre at sluttproduktene oppnår riktig kvalitet, men det vil også gi viktig informasjon til operatører og mekanikere om prosessen slik at det vil være mulig å justere eller identifisere feil i prosessen umiddelbart etter at det har oppstått avvik. Det finnes det ikke kommersielle løsninger for dette i dag.

Gjennom tidligere prosjekter som "*Fjerning av pinnebein i pre-rigor oppdrettsfisk*" og "*Forprosjekt - Utvikling av helautomatisk linje for fjerning av tykkfiskbein i torsk og andre hvitfiskarter*" finansiert gjennom Forskningsrådets IPN'er med Trio FPM som prosjektansvarlig, er røntgen identifisert som den mest lovende teknikken per dato for å detektere bein inne i fiskemuskel. Det har vært uttrykt skepsis i laksenæringen til at røntgenteknologien er god nok til å detektere pinnebein i laks på grunn av den lave kontrasten disse beina har i forhold til tykkfiskbein i hvitfisk som torsk og hyse. Imidlertid er det i de siste årene blitt publisert vitenskapelige artikler som viser at røntgen kan være en god løsning for å detektere pinnebein i laks (Mery m.fl. 2010; Mery m.fl. 2011).

Med bakgrunn i det som er nevnt ovenfor ble det ført diskusjoner mellom SalMar, Trio FMP og SINTEF om å gå videre med røntgen for å finne løsninger som kan gi bedre sikkerhet for produsentene av laksefileter til å levere beinfrie produkter. SalMar tok initiativ til dette ved å kontakte Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) med innspill om mulig finansiering av et slikt prosjekt. SINTEF Fiskeri og havbruk utarbeidet deretter en prosjektbeskrivelse (*Automatisk etterkontroll av restpinnebein i pre-rigor laksefileter*, datert 04.10.2012) i samarbeid med SalMar og Trio FMP. Prosjektet ble innvilget av FHF 01.11.2012. Det må anmerkes at omtrent samtidig kom informasjonen om at aksjene i Trio FMP var blitt kjøpt av Baader Food Processing Machinery.

Deltakerne (og deres roller) i prosjektet har bestått av;

- SalMar, Pål Storø (bruker).
- Trio Food Processing Machinery, Oddmund Haugland (teknologileverandør).
- SINTEF Fiskeri og havbruk, Harry Westavik, Ekrem Misimi, Leif Grimsmo og Cecilie Salomonsen (FoU-kompetanse).

## 2 Mål og nytteverdi

Prosjektets mål og nytteverdi var formulert på følgende måte;

- Det skal utvikles teknologi for automatisk etterkontroll av restpinnebein i pre-rigor laksefilet umiddelbart etter beinfjerning.
- Med etterkontroll av laksefileter for deteksjon av eventuelle restbein umiddelbart etter beinfjerning, vil det være mulig for foredlingsbedriftene å hindre at fileter med for mye restbein blir sendt til markedet.
- Det vil også være mulig å sette produktstandarder avhengig av kundekrav, for eksempel maksimalt antall av maksimal størrelse på restbein i en filet.
- Etterkontroll utført umiddelbart etter beinfjerning vil gjøre det mulig for linjeoperatører å bruke informasjon fra kontrollen til å justere prosessene i forkant for å oppnå optimale prosessinnstillinger og riktig kvalitet på sluttproduktet.

## 3 Materialer og metoder

### 3.1 Kartlegging av og kontakt med aktuelle leverandører av røntgenteknologi

Det ble kartlagt hvilke løsninger som fantes nasjonalt/internasjonalt for deteksjon av bein i fiskefileter og hvilke leverandører av røntgenutstyr som kunne være aktuell som bidragsyter av røntgenteknologi til prosjektet, se vedlegg 1; Prosjektnotat SOTA - Røntgen. Basert på kartleggingen av leverandører ble følgende kontaktet per e-post med forespørsel om ønske og interesse i å delta i prosjektet;

- InnospeXion ApS, DK
- Multicheck AS, DK
- Anritsu
- Toshiba
- Ishida Europe
- Mettler Toledo

Målet med henvendelsen var å få til et samarbeid med leverandør av røntgenutstyr hvor det skulle planlegges og gjennomføres tester med leverandørens utstyr på et utvalg av fileter med pinnebein, initielt ved SINTEF SeaLab og deretter hos SalMar ved bruk av Trios linje for fjerning av pinnebein i pre-rigor laksefilet. Av de 6 leverandører av røntgenutstyr som ble kontaktet fikk vi tilbakemelding fra kun to; InnospeXion og Multicheck. Den siste meldte tilbake at forespørselen var mottatt, men det kom aldri en oppfølgende henvendelse. Det ble opprettet dialog med InnospeXion ved direktør Jørgen Rheinländer om et samarbeid i prosjektet. Det ble opprettet en leieavtale med InnospeXion for sitt X-ray system HYMCIS037 (se Bilde 3-5) for perioden september – desember 2013 som gjorde det mulig å gjennomføre de nødvendige testene både hos SINTEF og hos SalMar. En mer inngående beskrivelse av InnospeXion sitt system er gitt i neste avsnitt.

### 3.2 Bruk av lavenergirøntgen til deteksjon av pinnebein i laksefilet

Det ble foretatt en teknologiundersøkelse for å få oversikt over de ulike produktene som finnes på markedet og som kan brukes til pinnebeindeteksjon i laks. InnospeXion er verdensledende med sine røntgensystemer basert på langbølget (lavenergi) røntgen og fokuserer i særdeleshet på løsninger "beyond the state of the art". De har et bredt utvalg av maskiner som matindustrien bruker i dag. Siste generasjon av røntgenmaskiner (HYMCIS) produsert av InnospeXion skiller seg ut på hygienisk design, høy IP grad, full PLC-styring, ultrahøy følsomhet for deteksjon av fremmedlegemer i matprodukter og mulighet for "in-line" integrasjon i produksjonslinjer.

Et røntgen-basert system som kan brukes for deteksjon av pinnebein i laks må ha en svært god følsomhet, høy bildeoppløsning og god bildekontrast. Dette tilfredsstilles av lavenergirøntgen (LER), som muliggjør det

overnevnte samt at den gir mye mindre stråling. Jo lavere er røntgenenergien er i  $kV$ , jo bedre kontrast oppnås det på røntgenbildet. Mens de tradisjonelle røntgensystemene har en detektor som er effektiv kun på røntgenenergi større enn 25 kV, klarer LER-systemer dette med røntgenenergi helt ned til 5 kV. Den maksimale strålingsenergien på LER-systemet levert av InnospeXion er satt på 40 kV, men den er programmeringsmessig begrenset til 25 kV.

Den høyere bildeoppløsningen (den romlige oppløsningen) i LER oppnås på grunn av mindre piksler, og det LER-systemet som InnospeXion leverer kan oppnå en oppløsning på  $0.1 \times 0.1 \text{ mm}$ . De tradisjonelle røntgensystemer har vanskeligheter med å detektere pinnebein i laks. Med en normal oppløsning på  $0.8 \times 0.8 \text{ mm}$  forutsetter dette at pinnebeina må ha en diameter  $> 0,8 \text{ mm}$  for å bli detektert.

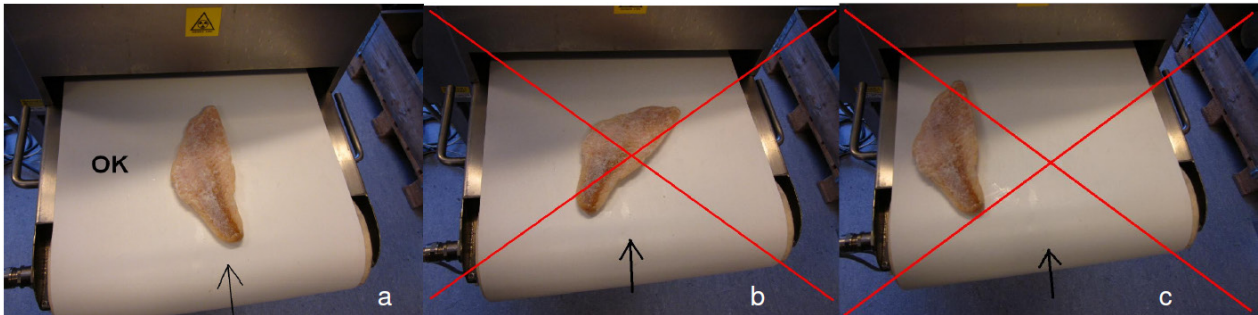
Røntgensystemer med lav energi muliggjør en detaljert analyse av råstoff uten at strålingen blir svekket når den går gjennom produktet. I tradisjonelle røntgensystemer kan selv små endringer i tetthet eller tykkelse påvirke målingene. InnospeXion har spesialisert seg på lavenergirøntgenavbildning og slike LER systemer gir svært god mulighet for "on-line" kvalitetskontroll.



Bilde 3-1; Røntgenmaskin HYMCIS fra InnospeXion ApS

HYMCIS røntgenmaskina er designet i tråd med EUs regelverk for industrielle systemer for inspeksjon basert på røntgenkilde. Røntgenkilden er slått av når maskina er avslått eller når maskina er påslått og den røde varsellampen *ikke* lyser. Maskina er godt skjermet og den er strålings sikker så lenge den opereres i henhold til de retningslinjene som er beskrevet i manualen. Det er ingen strålingsfare hvis man står ved maskina og både inngangen og utgangen fra transportbåndet er skjermet med gardiner.

Det er et krav at de som skal operere maskina skal ha hatt opplæring (Forskrift 2010-10-29, nr 1380). Forskere fra SINTEF Fiskeri og Havbruk som opererte HYMCIS røntgenmaskina levert av InnospeXion har tatt et strålingskurs samt fått opplæring fra InnospeXion da røntgenmaskina ble installert ved SINTEF SeaLab.



Bilde 3-2; a) riktig plassering av produkt/filet, b) og c) feil plassering.

Når det skal skannes en filet må den plasseres riktig på transportbåndet. Fileten plasseres parallelt med bevegelsesretningen til transportbåndet samt at fileten plasseres i senter av båndet. Plasseringen av fileten kan, i de fleste tilfellene, variere med 20 vinkelgrader uten å forvrengne scanningen. Større variasjon (Bilde 3-2) vil skape problemer i bildegenereringen. På de forsøkene som ble gjennomført både hos SINTEF Fiskeri og Havbruk og SalMar, ble røntgenmaskina innstilt slik at filetene plassert med halen først og skinnsiden ned ga beste gjengivelse. Filetene ble plassert sentralt i båndet og parallelt med bevegelsesretningen til båndet. Posisjoneringen av laksefiletene vil ikke være et problem i en produksjonslinje hvor filetene normalt kommer kontinuerlig i en fast posisjon på transportbåndet.

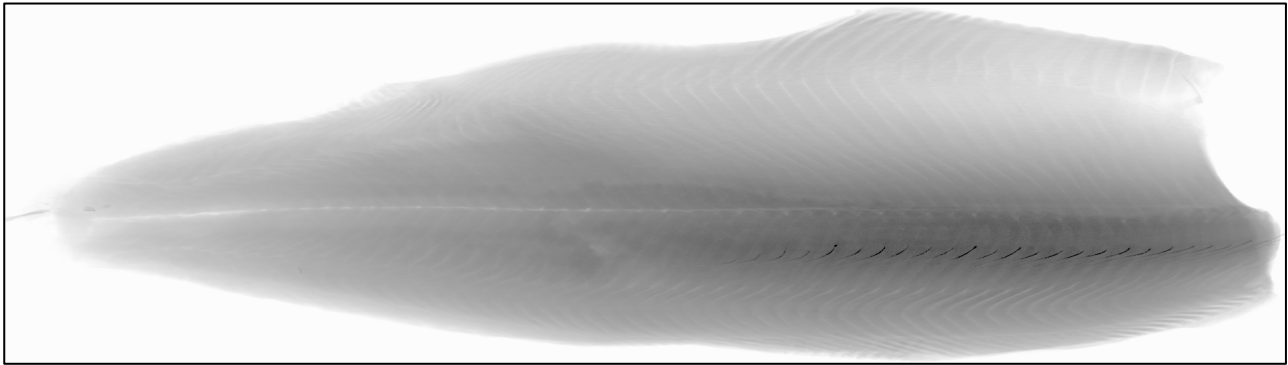


Før man initierer inspeksjon med røntgenmaskina så er det alltid lurt å bruke et dosimeter (Bilde 3-3) til å sjekke strålingen. Ved en hendelse av strålingsdeteksjon så lyser det en liten rød flashlampe samtidig som det høres en "beep"-lyd. Sensitiviteten til Monitor 4 i strålingsenergi er på 1000 CPM/mR/hr (Cs137).

Bilde 3-3; "Monitor 4" strålingsdetektor.

Bildene som genereres fra røntgenmaskina inneholder linjer av piksler. Hver linje er 2266 piksler bred. Bildet bygges slik at disse linjene tilføyes sidelangs i bevegelsesretningen av båndet. Hver linje er sammensatt av 9 blokker og hver blokk består av 250 piksler, med 2 tomme piksler mellom hver blokk. Varierende av båndets hastighet, kan systemet levere en romlig oppløsning på 0,6-0,8 mm per piksel i bevegelsesretningen og 0,2 mm normalt med bevegelsesretningen. Eksempel på et røntgenbilde av en laksefilet er vist i Bilde 3-4. Røntgenbildene som er gjengitt i denne rapporten kan i papirversjon, hvor det ikke er mulig å forstørre bildet slik det er med en elektronisk versjon, være vanskelig å tolke.



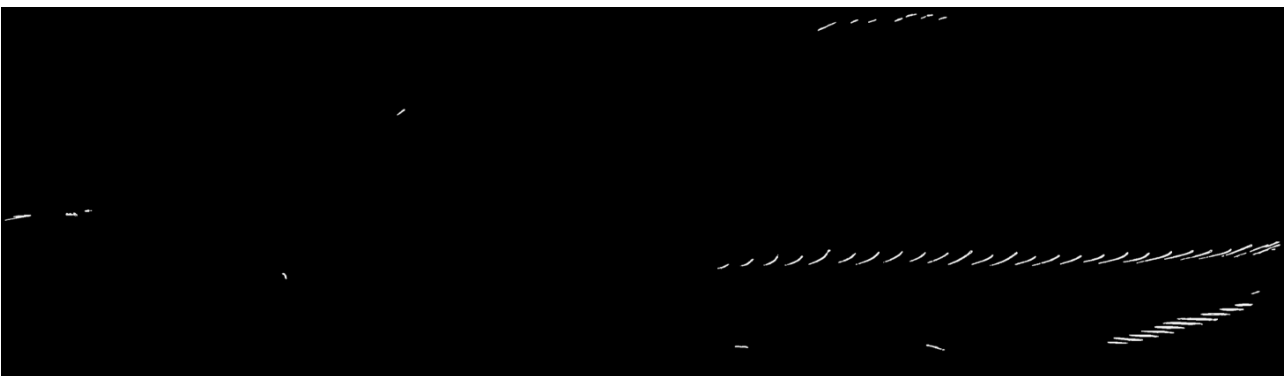


Bilde 3-4; Lavenergi røntgenbilde av laksefilet med pinnebein.

Når det gjelder algoritmene som prosesserer bildene, kan settingen av innstillingene samt parametere av algoritme være vanskelig å forstå for den som ikke har en teknisk bakgrunn, men selve prinsippene bak Software og algoritmene er enkle. Innstillingene kan konfigureres og endres ved å presse på "modules info"-knappen. Gjennom modulvinduene kan en, for eksempel, endre terskelverdien for segmentering av bein eller andre objekter som algoritmen skal detektere fra originalbilde. Viktigst er analysemodulen som man kan bruke for å endre følgende parametere: bildeparametere, bakgrunns gråskalanivåparametere, filterparametere, og beindeteksjonsparametere. Ved å finstille disse parameterne så kan man justere tersklingen for segmentering som igjen resulterer i endret sensitivitet for ulike beinstørrelser. Resultatet av denne justeringen kan man se på analysebildene som viser filetenes form og de ekstraherte beina fra fileten.



Figur 3-1; Filetenes form med utgangspunkt i røntgenbildet, se Bilde 3-4



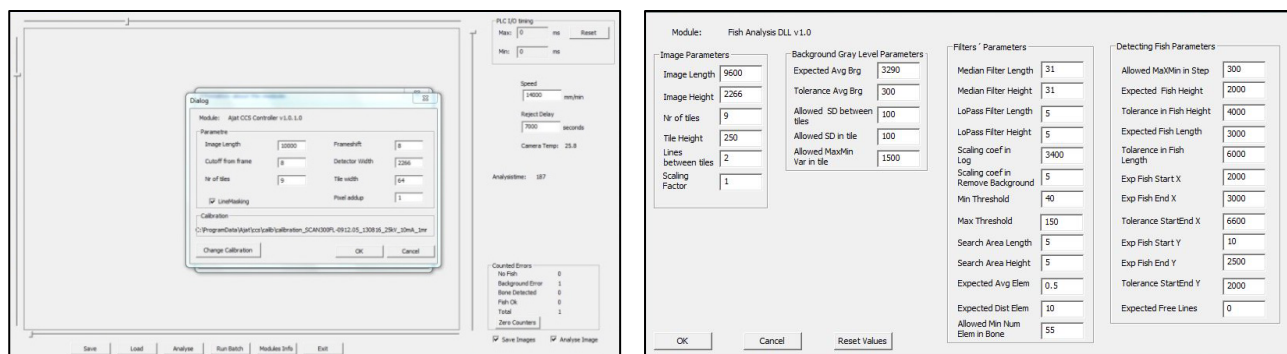
Figur 3-2; De ekstraherte beina fra røntgenbildet i Bilde 3-4



Bilde 3-5; Røntgenmaskin HYMCIS037 fra InnospeXion ApS, til bruk for utforskning av røntgenavbildning av laksefilet

Røntgenmaskina fra InnospeXion med typebetegnelsen HYMCIS037, se Bilde 3-5, er spesielt godt egnet for bruk i dette prosjektet for å analysere resultatene fra avbildningene da resultatet kommer umiddelbart opp på displayet og datafilene blir lagret til senere bruk.

Innstillingsparameterne som ble brukt for røntgenmaskina er vist i Figur 3-3, båndhastigheten er satt til 14 meter per minutt (23,3 cm per sekund).



Figur 3-3; Innstillingsverdier for røntgenmaskina.

## 4 Resultater

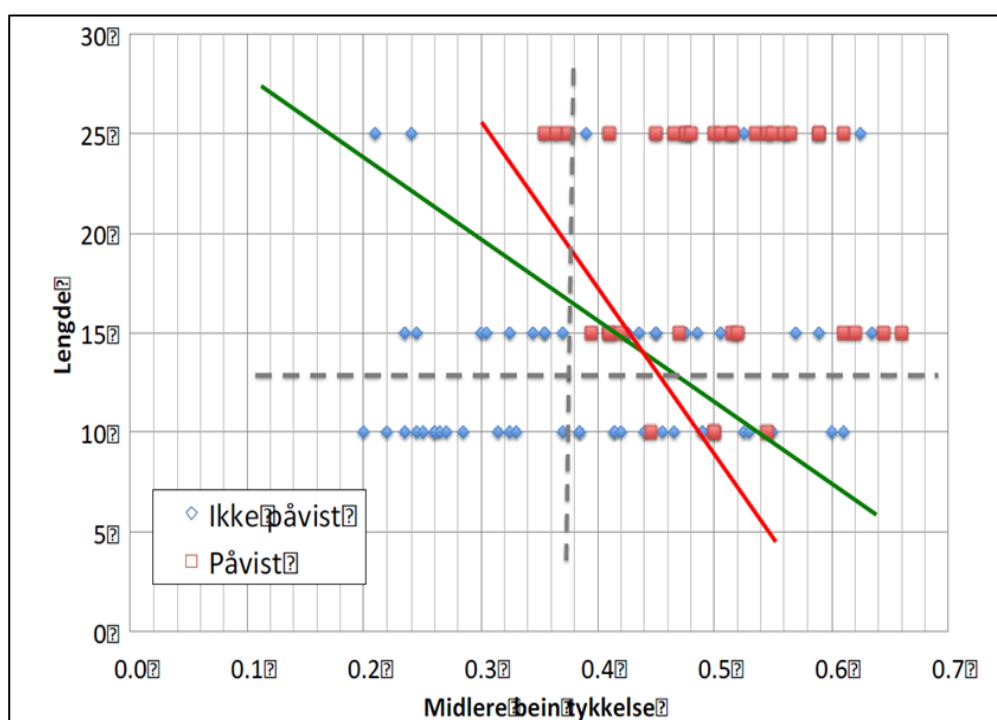
### 4.1 Avbildning ved SINTEF SeaLab

#### 4.1.1 September 27.

Et viktig spørsmål i forbindelse med etterkontroll av pinnebeinfjerning er å vite hvor sensitiv røntgenteknologien er for pinnebein i forhold til hva som er absolutt nødvendig å detektere med hensyn til kundekrav/forbrukeraksept. Nofima har gjennom markedsundersøkelser kartlagt forbrukernes evne til å detektere bein i lakseprodukter. Resultatet er vist i Figur 4-1. Denne undersøkelsen indikerer at 90 % av

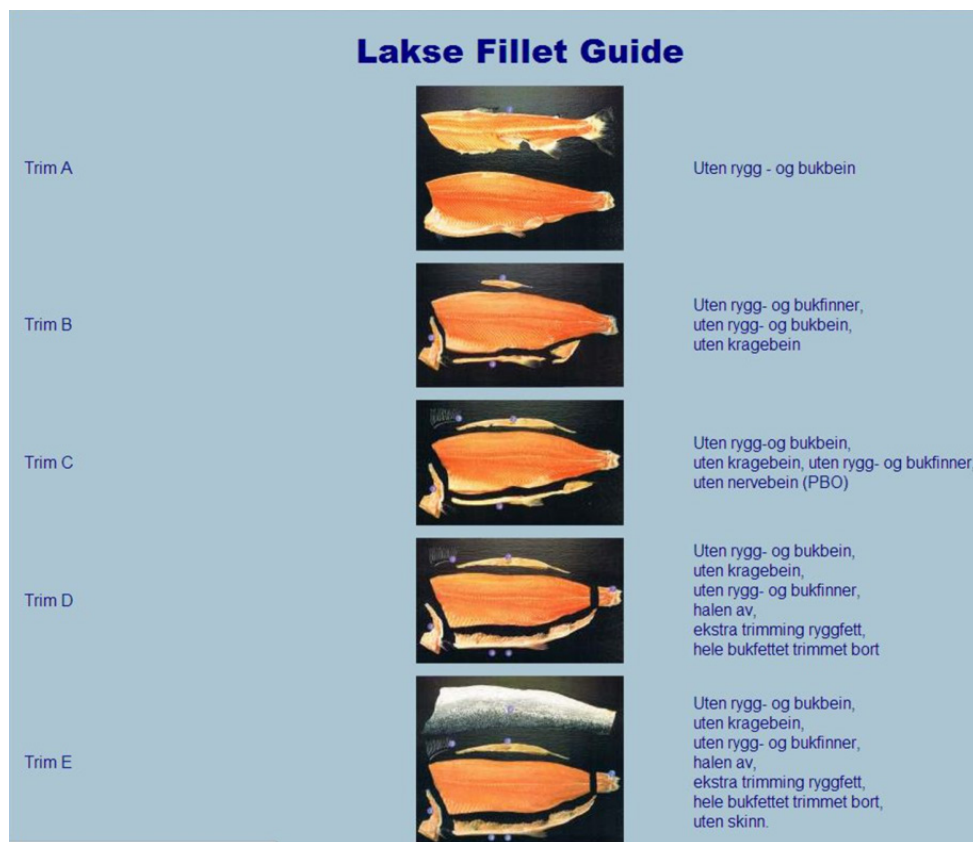
forbrukerne ikke er i stand til å registrere laksebein som ligger i størrelsesområdet mindre enn 0,30 mm tykkelse, 25 mm lengde og 0,55 mm tykkelse, 5 mm lengde (rød strek i figuren). Det betyr at et pinnebein som for eksempel er 0,36 mm tykk og 20 mm langt vil ikke bli registrert av 9 av 10 forbrukere.

Avbildningsforsøket ble lagt opp ved at laksefileter med alle pinnebeina intakt ble avbildet med InnospeXion sin røntgenmaskin. De minste pinnebeina på bildet av hver filet ble gjenfunnet, tatt ut av fileten og målt med hensyn til lengde (kun den faste delen av beina) og tykkelse (den tykkeste delen av pinnebeinet). Lengden ble målt med linjal (mm) og tykkelsen med elektronisk digital tykkelsesmåler fra Diesella type ET012001, range 0 – 12 mm. Røntgenmaskina var satt opp med innstillinger slik som beskrevet i forrige kapittel. 27 post-rigor laksefileter i A-trim levert fra SalMar ble trimmet til D-trim, se Figur 4-2, og sendt gjennom røntgenmaskina.



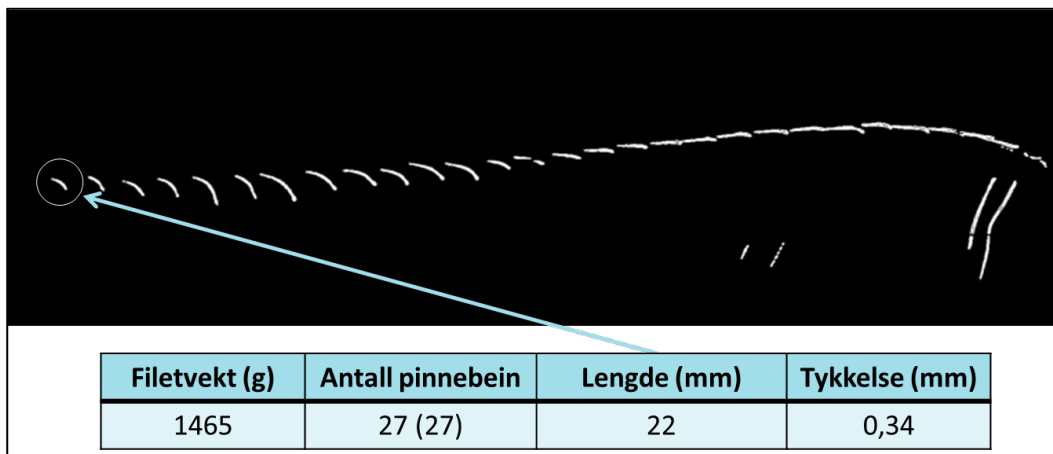
Figur 13 Plottet viser beinlengde mot midlere beintykkelses for alle bein påvist av konsument (rød firkant) og bein som ikke ble påvist (blå diamant). Stiplede gråe linjer viser separate terskler på beinlengde og bredde for 90 % av alle påviste bein. Rød linje viser separasjonslinje for 90 % av alle påviste bein. Grønn linje viser tilsvarende separasjonslinje fra tidligere arbeid på torsk.

Figur 4-1; Forbrukerundersøkelse utført av Nofima (rapport 7/2012, FHF-prosjekt #900340)



Figur 4-2; Definisjon av trimmegrader fra A til E (<http://www.smpmarine.no/norsk/filletguide.php>)

Figur 4-3 viser et eksempel på en avbildning av laksefilet med pinnebein hvor det minste beinet ble tatt ut og målt. Tabell 1 viser en oppsummering av alle beina som ble målt, deres posisjon i pinnebeinrekka er telt fra nakken og bakover. Normalt er det de minste pinnebeina som er nærmest sporden.



Figur 4-3; Eksempel på avbildning av pinnebein i laksefilet. Filet nr. 25 fra Tabell 1.

Tabell 1; Antall pinnebein i laksefilet og mål på det minste av de detekterte beina i hver filet.

Filet nr	Høyre/Venstre	Filetvekt (g)	Antall pinnebein*	Pos. nr. fra nakken	Lengde (mm)	Diameter (mm)
1	V	1375	28	23	32	0,33
2	H	1411	28	22	30	0,45
3	V	1503	26	25	28	0,41
4	H	1558	27	26	26	0,38
5	H	1582	27	24	32	0,34
6	V	1512	28	21	30	0,47
7	V	1510	26	21	30	0,48
8	V	1471	23	14	35	0,48
9	H	1422	28	27	21	0,39
10	H	1606	29	29	29	0,40
11	H	1580	30	30	23	0,42
12	V	1529	30	29	20	0,37
13	V	1551	29	26	35	0,35
14	V	1636	29	29	29	0,34
15	H	1665	30	29	25	0,40
16	H	1652	30	29	24	0,45
17	V	1613	31	30	22	0,37
18	V	1433	30	29	23	0,44
19	H	1363	30	29	24	0,35
20	H	1479	30	30	23	0,45
21	H	1344	28	28	30	0,40
22	H	1477	29	29	26	0,42
23	H	1449	27	18	34	0,36
24	V	1439	28	27	20	0,45
25	V	1465	27	27	22	0,34
26	V	1341	26	23	26	0,37
27	H	1399	28	28	21	0,40
	<b>Snitt</b>	<b>1495,0</b>	<b>28,2</b>		<b>26,7</b>	<b>0,40</b>
	<b>SD</b>	<b>93,2</b>	<b>1,7</b>		<b>4,6</b>	<b>0,05</b>

\* Eksakt antall pinnebein kan være vanskelig å telle ut fra det prosesserte bildet på grunn av noen bein blir liggende over hverandre i bildet og kan se ut som ett bein. For å skjelne mellom enkeltbein er det nødvendig å se på det originale røntgenbildet.

Gjennomsnittlig lengde og tykkelse på de målte pinnebeina var henholdsvis 26,7 og 0,40 mm. Det betyr at størrelsen i hovedsak er slik at flere enn 1 av 10 konsumenter vil være i stand til å finne disse beina i følge Nofimas markedstest. Imidlertid viser forsøket at pinnebein som er så små at færre enn 10 % av konsumentene er i stand til å finne dem også blir detektert.

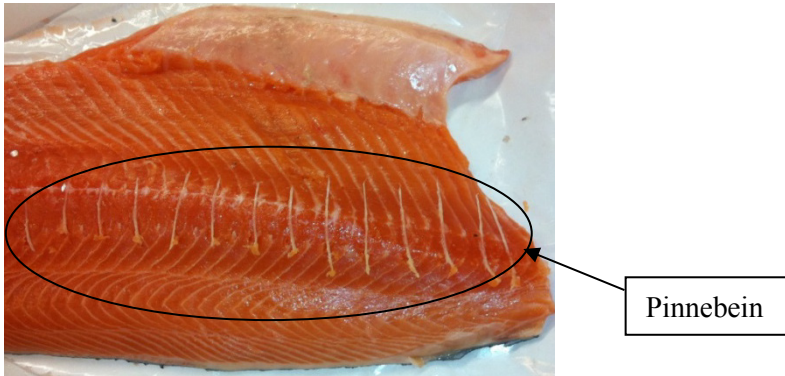
#### 4.1.2 Oktober 17. og 18.

I de laksefiletene som ble avbildet i september ble alle de identifiserte pinnebeina i filetene gjengitt på røntgenbildene, selv de minste ble synlig på bildene og identifisert av algoritmen. Imidlertid er dette *ikke* en garanti for at alle ble funnet, men med stor sannsynlighet ble alle som var *store nok* til å bli registrert av forbruker identifisert. Et eksempelbilde er vist i Figur 4-4 under.



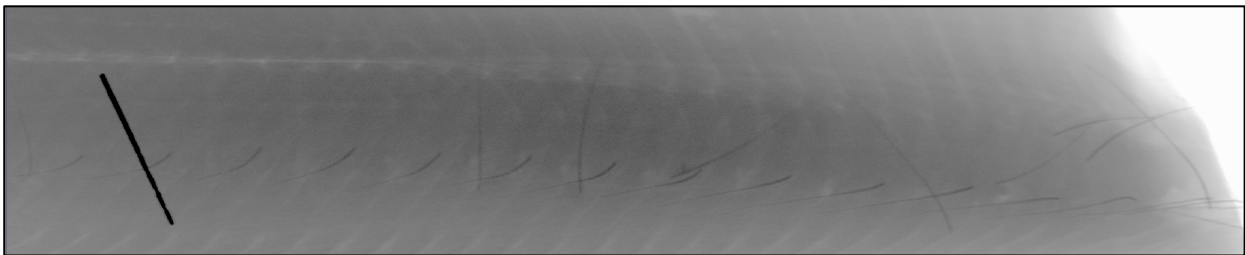
Figur 4-4; 27 pinnebein og 4 bukbeinrester, laksefiletens frempart er orientert til høyre i figuren.

Som Figur 4-4 viser, er det vanskelig å skille mellom enkeltbein av de som ligger lengst fremme mot nakken. Spørsmålet er om gjengivelsen av pinnebeina blir bedre om røntgenkilden og sensoren ligger i en mer perpendikulær retning i forhold til pinnebeinas posisjon i planet. Derfor ble det forberedt laksefileter hvor flere pinnebein var plukket ut og lagt oppå laksefiletene, slik det er vist i Bilde 4-1, før avbildning.



Bilde 4-1; Høyrefilet med pinnebein lagt oppå fileten for avbildning.

Avbildning av laksefilet med løse pinnebein lagt oppå fileten er vist i Bilde 4-2.



Bilde 4-2; Høyrefilet av post-rigor laks med pinnebein, løse pinnebein og et 3 mm stålbor lagt på overflaten.

På grunn av beskyttelsesgardinen som henger foran innløpet til røntgenmaskina ble de løse pinnebeina oppå filetet ikke liggende i ro før avbildning, se Bilde 4-2. Dette problemet kunne vært løst ved å legge en tynn plastfolie over fileten. Det vesentlige er likevel at disse beinas lengde kom tydelig frem på bildene. Dette indikerer at det kan være noe å hente på analyse av restpinnebein i filetene om røntgenkilden og sensoren kan vinkles slik at avbildningen blir mer rettvinklet i forhold til pinnebeinas posisjon.

#### 4.1.3 November 7.

De pinnebeina som ble lagt oppå laksefileten slik at de ble avbildet i 90 graders vinkel ble godt synlig på bildet. Dersom det er en mulig å vinkle sensoren i forhold til transportbåndet slik at avbildningen blir nærmere 90 grader på beina, vil dette muligens være en fordel med hensyn til å evaluere objektet mot en definert terskelverdi for innhold av pinnebein. En måte for å teste ut dette på med eksisterende utstyr uten å plukke ut pinnebeina på forhånd, er å skjære ut et stykke av fileten som inneholder hele pinnebeinrekka, slik som vist i Bilde 4-3.



Bilde 4-3; Bilde av en "slicet" laksefilet som inneholder hele pinnebeinrekka.

Deretter skråskjæres dette stykket slik at ved å legge filetstykket på transportbåndet, vil beina ligge ca. 90 grader mot sensoren, se Bilde 4-4.



Pinnebeinas posisjon

Bilde 4-4; Skråkuttet filetstykke med pinnebein.

Figur 4-5 og Figur 4-6 viser bilder av to fileter avbildet i røntgenmaskina med tilhørende pinnebein, vist under figuren av filetene.



Figur 4-5; Høyrefilet, lengde = 54 cm, vekt = 2048 g, høyde = 40 mm. 28 pinnebein



Figur 4-6; Venstrefilet, lengde = 46 cm, vekt = 942 g, høyde = 30 mm. 25 pinnebein

Som figurene viser, fremkommer pinnebeina litt i forskjellig vinkel som kan skyldes forskjellig posisjon av filetene på transportbåndet og i forhold til sensoren. Den slicede fileten vist i Bilde 4-3 og Bilde 4-4 ble avbildet og resultatet er vist i Figur 4-7.



Figur 4-7; Tilskåret filetstykke, ca. 40 mm bredde, for avbildning perpendikulært på pinnebeina.

Figuren viser at pinnebeina fremstår mer tydelig som enkeltstående bein, noe som kan være en fordel for lettere å beregne beinas tykkelse og lengde i forhold til kundekrav.

## 4.2 Avbildning ved SalMar

Det ble planlagt forsøk hos SalMar ut fra opprinnelig prosjektplan. Alle forsøkene ble på forhånd avtalt med SalMar for innpass i SalMars produksjonsplaner. Det ble også avtalt med SalMar hvor og hvordan røntgenmaskina skulle oppbevares trygt mellom forsøkene. Etterkontroll med røntgen skulle gjennomføres med Trios linje for beinfjerning av pre-rigor laksefilet. Linja er ikke i produksjon og det var nødvendig å få personell fra Trio/Baader til SalMar for å kjøre i gang linja for å få gjennomført forsøkene med etterkontroll. Det viste seg at det ikke lot seg gjøre å få kjørt i gang linja innen den planlagte prosjektiden av ressursmessige grunner hos Trio/Baader. Siden bruken av røntgenmaskina og forsøk med avbildning av laksefilet ikke er avhengig av Trios pre-rigor linje, ble forsøkene med etterkontroll gjennomført som planlagt med uttak av filet fra SalMars ordinære pre-rigor linje. Filetene ble manuelt plukket for pinnebein før avbildning.

Røntgenmaskina med transportbåndet ble stropet fast på en pall for sikker transport med lastebil fra SINTEF SeaLab til SalMar på Frøya. Ved mottak av røntgenmaskina hos SalMar ble det satt i gang arbeid med å desinfisere maskindelene, transportbåndet og beskyttelsesgardinene som kommer i direkte kontakt med fisken. Det ble anvist en gunstig plass for maskina (Bilde 4-5) rett ved produksjonslinjene slik at fisk til avbildning var lett tilgjengelig. Mekanikere sørget for strømkabel og fremføring av trykkluft til maskina og



operatører ordnet med arbeidsbord, skjærefjølere, kniver og tang for pinnebein. Alle fileter som ble tatt ut av produksjonslinja ble etter avbildning/bearbeiding lagt i beholdere for dyrefôr.

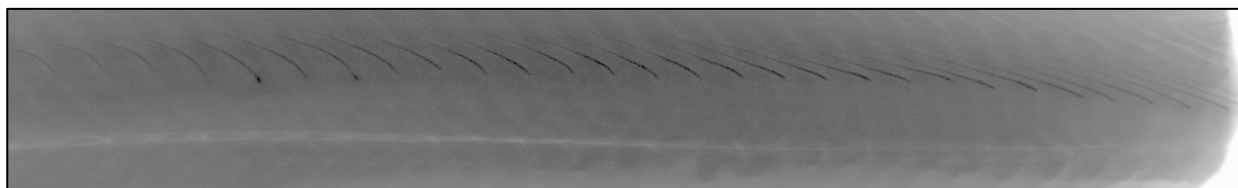


Bilde 4-5; InnospeXions røntgenmaskin satt opp og klargjort for testkjøring ved SalMars produksjonslinje.

#### 4.2.1 November 11. og 12.

Første dag ble brukt til å få satt opp røntgenmaskina i produksjonslokalet og få den justert og klargjort for billedopptak. Alle uttak av filet, med pinnebein og eventuelle restbein som bukbein, finnebein etc., ble gjort fra SalMars pre-rigorlinje, umiddelbart etter at trimming var utført. Det ble gjort en serie billedopptak av pre-rigor laksefilet med alle pinnebeina intakt, filet hvor noen av pinnebeina var manuelt fjernet og helt beinfrie fileter.

Bilde 4-6 og Figur 4-8 viser et eksempel på en venstre pre-rigor laksefilet med alle pinnebeina intakt.

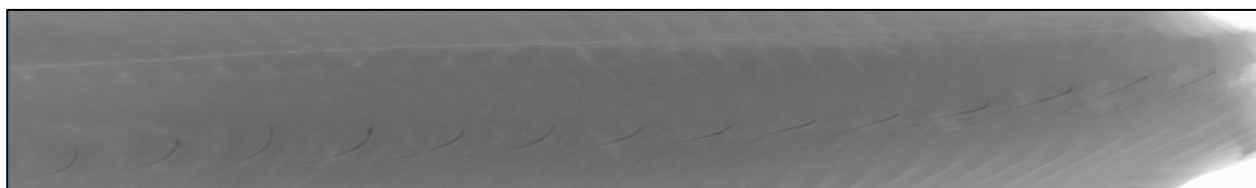


Bilde 4-6; Utsnitt av røntgenbilde, filet med alle 30 pinnebein intakt.



Figur 4-8; Prosessert bilde av røntgenbilde (Bilde 4-6), venstrefilet med lengde 53,5 cm.

Etter avbildning av fileten med alle pinnebeina intakt, ble pinnebeina plukket ut av fileten. For å unngå at beina ryker under nappingen, ble kollagenfibrene som forankrer pinnebeina til skinnet kuttet etter prinsippet i Trios patent. Bilde 4-7 og Figur 4-9 viser resultatet av at annethvert pinnebein var plukket ut.

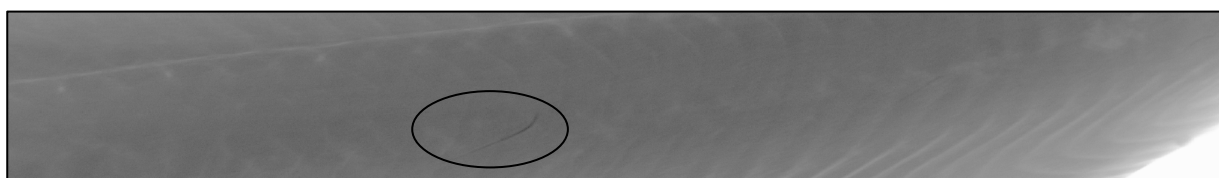


Bilde 4-7; Utsnitt av røntgenbilde, filet med annethvert pinnebein plukket ut, 14 restpinnebein.



Figur 4-9; Prosessert bilde av det forrige røntgenbilde med 14 restpinnebein.

Med bare ett pinnebein igjen i fileten ble resultatet som vist i Bilde 4-8 og Figur 4-10.

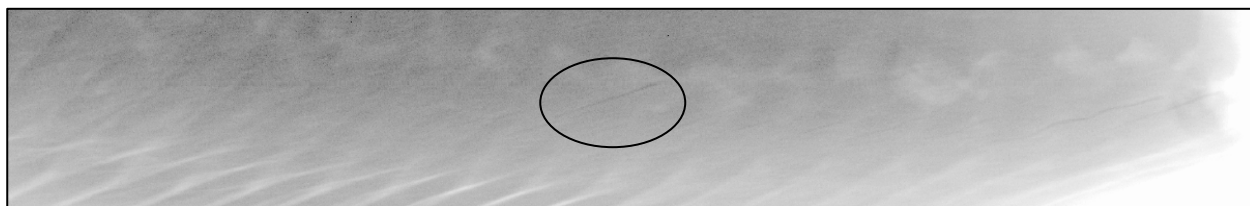


Bilde 4-8; Ett restpinnebein igjen etter beinplukking.



Figur 4-10; Ett restpinnebein igjen.

Det er uunngåelig at et bein av og til ryker når det blir trukket ut, for eksempel på grunn av at forankringen med kollagen ned til skinnet ikke er kuttet, at beinet blir trukket ut for raskt slik at det ryker (manuelt kan dette skje ved at beinet rykkes for raskt ut med beintang), at det er en svakhet i beinstrukturen som gjør at pinnebeinet blir slitt i to eller at pinnebeina har abnorm form. Røntgenbildet nedenfor viser at ett pinnebein i fileten har røket og at resten sitter igjen i fileten. Dette kommer også frem i det prosesserte bildet i Figur 4-11. På grunn av at dette beinet er svært tynt, kan det være vanskelig å se på bildet og det fremkommer også som svært lite i Figur 4-11.



Bilde 4-9; Røntgenbilde av avrevet restpinnebein

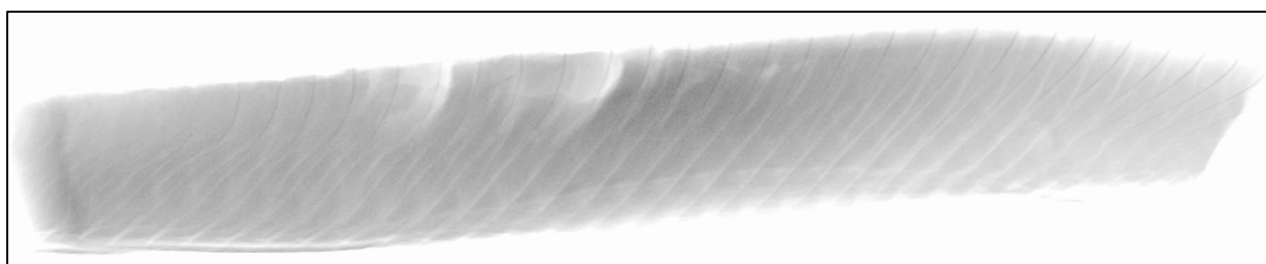


Figur 4-11; Prosessert røntgenbilde av avrevet restpinnebein.

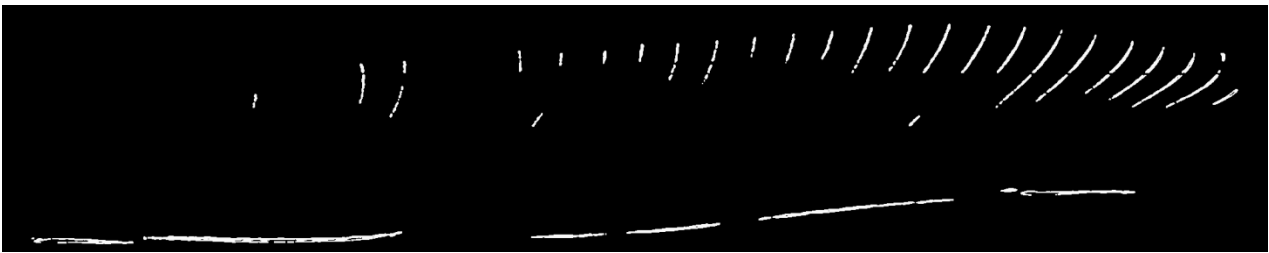
Som det prosesserte bildet viser, er det en liten del av beinet som kommer frem (3 - 4 millimeter lengde). Det resterende beinet er svært tynt og vil med liten sannsynlighet bli registrert og representerer uansett ingen fare for konsumenten.

#### 4.2.2 November 19.

Fra tidligere prosjekter for automatisk fjerning av pinnebein i pre-rigor laksefilet vet vi at antallet kan variere fra fisk til fisk, men at gjennomsnittlig antall er noe under 30. Dog er det blitt observert laks med pinnebein som har gått bakover nesten helt til sporden med et betydelig større antall enn 30. Dette viser at fileter av oppdrettslaks er et biologisk råstoff med (store) naturlige variasjoner, som betyr at teknologien må ta høyde for slike forskjeller for å gi tilfredsstillende resultater. Fokuset i prosjektet er på restpinnebein etter beinfjerning. Med riktig filetering, skal det kun være pinnebein igjen i fileten, bortsett fra spåmannsbeinet som kan stå igjen i fremre del av buken. Bukbein, finnebein og nakkebein skal i prinsippet være fjernet. Dersom rester av disse beina finnes i fileten, vil de også bli synlige på røntgenbildet om de er store nok. Imidlertid viser det seg at det er andre ting enn bein som gir respons i sensoren og som blir synlig i prosessbildet. Sammenliknet med bildene fra 7. november på SINTEF SeaLab hvor filetstykkene ble satt på høykant for å få avbildet pinnebeina 90° på sensoren, kom skinnet fram på bildene som "store bein". Det ble ikke lagt stor vekt på dette til å begynne med og responsen ble tolket som et resultat av høyt kollageninnhold i skinnet, se Bilde 4-10 og Figur 4-12.

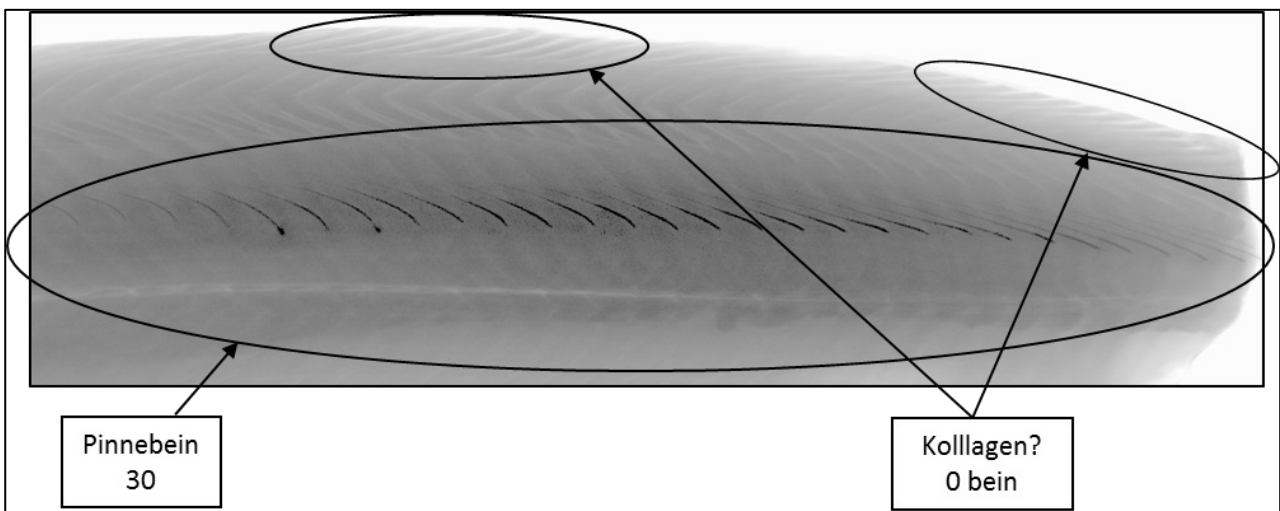


Bilde 4-10; Røntgenbilde av "slicet" lagesfilet med pinnebein og lagt på høykant for avbildning 90° på pinnebeina. Bildet ble tatt 7. november ved SINTEF SeaLab.

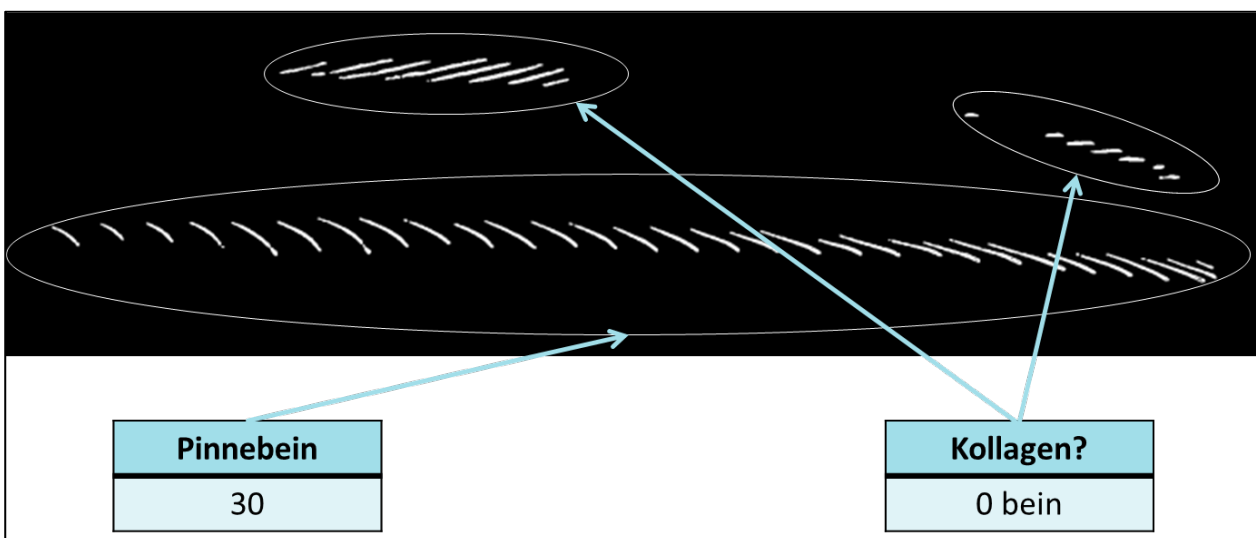


Figur 4-12; Prosessert røntgenbilde som viser respons fra skinnet.

Flere av de prosesserte røntgenbildene hadde respons som så ut som bein, men som ved nærmere undersøkelse av både filetene og røntgenbildene viste seg ikke å bestå av bein i det heletatt, se Figur 4-13 jfr. Bilde 4-11.

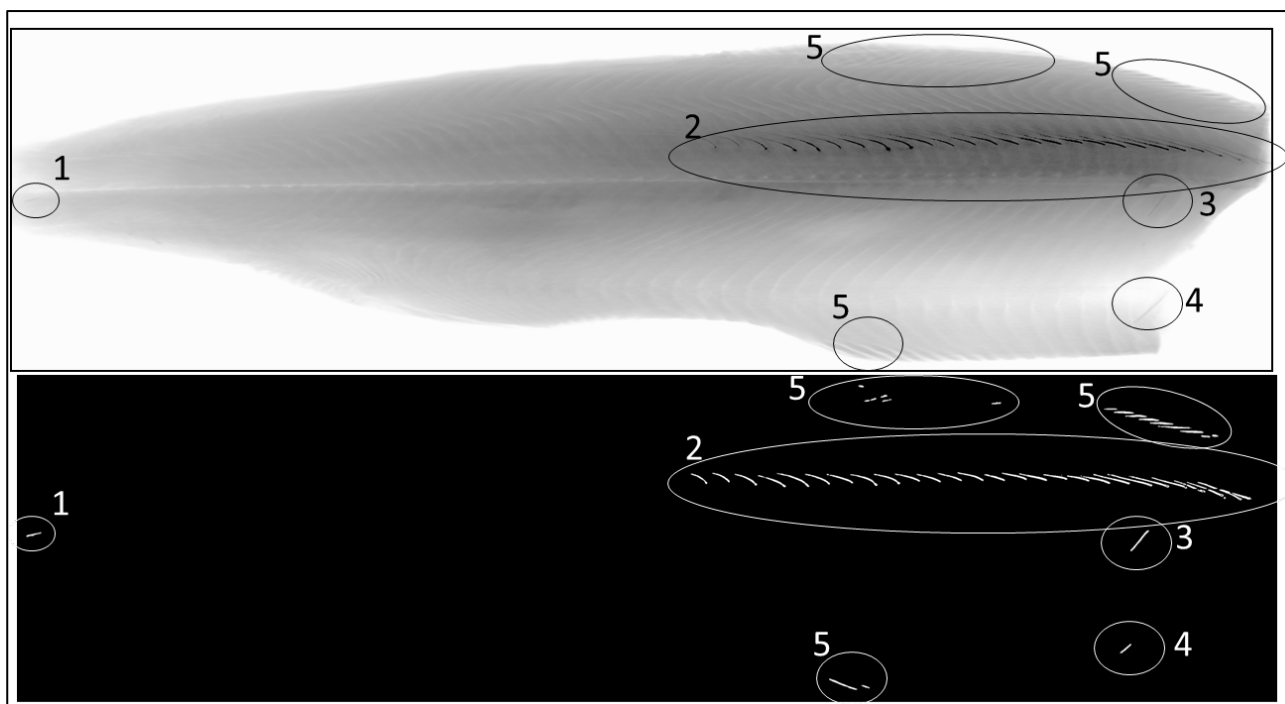


Bilde 4-11; Røntgenbilde av laksefilet med kun pinnebein.



Figur 4-13; Prosessert Bilde 4-11 som viser 30 stk. pinnebein og tilsynelatende bein i nakke og rygg.

Ved å skjære bort deler av filetene som på bildene fremkom som bein i rygg og nakkepartier, forsvant disse "falske" beina fra prosessbildene. De utskårede stykkene ble eksaminert og funnet helt beinfrie. Når filetene ble "vinklet" i forhold til sensoren forsvant også disse "falske" beina fra prosessbildene. Det ser ut til at enkelte muskelstrukturer, som muligens består av større andel kollagen og/eller gir spesiell kontrast under avbildningen, gir falske responser. Et annet trekk er at den falske responsen kommer i de aller fleste tilfeller fra filetenes ytterkanter og oftest i den fremre halvdel.



Figur 4-14; Gjennomgang av røntgenbilde og sammenliknet dette med det prosesserte bildet.

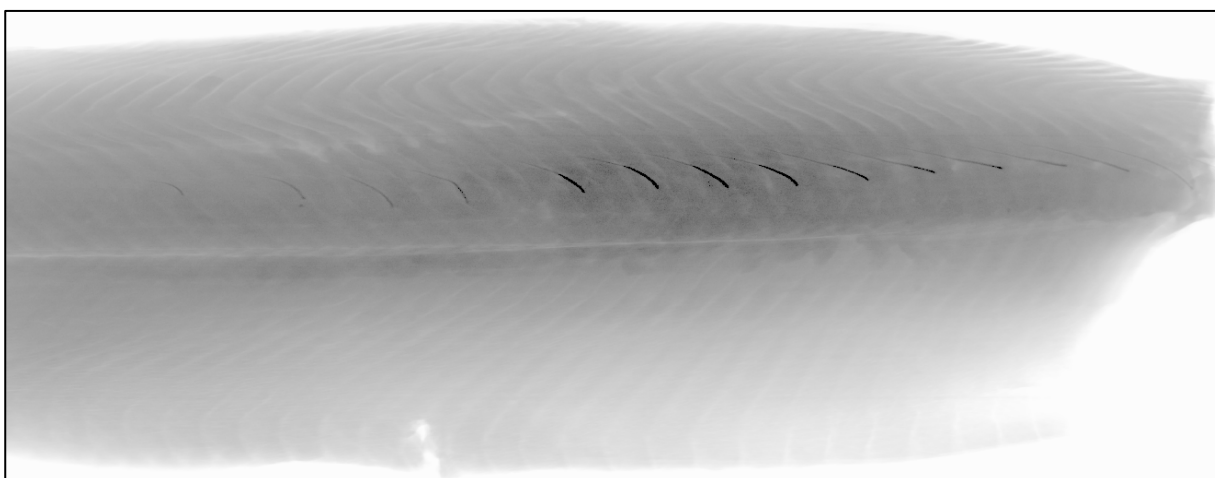
Figur 4-14 viser en gjennomgang av røntgenbilde som ble sammenliknet med responsbildet. Følgende objekter fremkom på det prosesserte røntgenbildet:

1. Bein ved spord
2. Pinnebein, 27 stk
3. Bukbein
4. Spåmannsbein
5. Respons på muskelstruktur, ikke bein.

Det er kjent at autolyseprosessen i en organisme starter i det organismen dør. For laks gir det seg utslag i for eksempel at pinnebeina blir lettere å plukke ut av filetene etter 3 – 5 dager på grunn av nedbryting av strukturer som bindevev/kollagen. Spørsmålet som ble interessant i denne sammenheng var om røntgenavbildning av laksefilet fra post-rigor linja til SalMar ga mindre "falske" bein. De laksefiletene som ble avbildet ved SINTEF SeaLab var som tidligere nevnt av post-rigor fisk, men fisken var meget fersk. For å avklare om det er forskjeller mellom pre- og post-rigor fileten, ble det avtalt med SalMar å gjennomføre avbildning med laks fra post-rigor linje.

#### 4.2.3 Desember 2.

Hovedfokus denne dagen var å avdekke om røntgenavbildning ga like mye utslag (feilrespons) på post-rigor som pre-rigor laksefilet. Fileter ble tatt ut fra både pre-rigor og post-rigor linjene. Eksempel på avbildet filet fra post-rigor laks er vist i Bilde 4-12.



Bilde 4-12; Röntgenbilde av post-rigor laksefilet med annethvert pinnebein fjernet, 15 pinnebein i rest.



Figur 4-15; Prosessbilde av post-rigor laksefilet som viser 15 restpinnebein og ca. 16 "falske" bein.

Tilsvarende bilder av pre-rigor fileter ga omtrent samme resultater som for post-rigor fileter. Det vil si at det tilsynelatende ikke er forskjell på resultatet om det er post- eller pre-rigor laksefilet som etterkontrolleres med LER.

## 5 Diskusjon

Bein i fiskeprodukter som skal være beinfrie er ikke ønskelig sett fra konsumentenes side og bein kan være direkte helsefarlig om de er store og kraftige nok. Om restbeina ikke er farlig, så oppfatter mange bein i maten som uappetittlig og dårlige erfaringer i så henseende kan medføre tap av fremtidige kunder. Derfor er etterkontroll av beinfjerningen viktig.

Imidlertid opplever filetprodusenter få beinreklamasjoner fra kundene på laksefileter som er produsert post-rigor, selv om det er kjent fra intern kvalitetskontroll at slike fileter blir sendt ut til markedet med restpinnebein. Når det nå er utviklet teknologi som kan produsere beinfrie pre-rigor laksefileter og disse blir markedsført som det, er det en viss mulighet for at det blir større fokus hos kundene på beinfrihet – også for post-rigor fileten. Det vil si at kravet til beinfrihet vil kunne øke. Derved blir 100 % etterkontroll like viktig for post- som pre-rigor fileten. En vanlig måte å finne restpinnebein er manuell kontroll av overflata av fileten med syn og hånd utført av operatørene. Bein som sitter inni fiskemuskelene, slik som pinnebeina gjør, kan være vanskelig å identifisere dersom ikke en del av disse beina stikker opp av overflaten på fileten. Röntgen som teknologi for å kontrollere at fiskeprodukter er fri for bein har vært gjort i mange tiår i hvitfiskindustrien. Det har vært mindre aktuelt i lakseindustrien på grunn av laksens bein har vært vanskeligere å detektere med eldre röntgenteknologi. Dette skyldes at beina er både tynnere og mindre kalsifisert enn hos hvitfiskarter som torsk og hyse. LER-teknologien som er testet i dette prosjektet viser at den er sensitiv nok til at laksepinnebein så små at de færreste forbrukere er i stand til å identifisere disse blir detektert.

Det er ikke ønskelig at et deteksjonssystem for restpinnebein overser farlige bein, men det er heller ikke ønskelig at systemet detekterer bein som ikke finnes slik at filetene feilaktig blir sortert ut. I rapporten er det vist at det blir detektert "falske" bein i laksefiletene. Dette er en problemstilling som må løses. InnospeXion er forelagt problemstillingen vedrørende falske positive (falske pinnebein). Årsaken til at muskelstrukturen gir en falsk positiv er at i den bildebehandlingsteknikken som InnospeXion har utviklet er det laget en prosedyre som korrigerer for relativt store tykkelsesforskjeller som identifiseres i laksefileten. Ved denne prosedyren blir strukturen i fiskemuskelens tykke deler feilaktig tildelt en omvendt kontrast og derved vil algoritmen se deler av strukturen som falske pinnebein. InnospeXion har utviklet og testet sin programvare gjennom lang tid, men basert på rød- og hvitfisk. Programmets kapabilitet og robusthet med hensyn på laks og ørret er kun i begrenset omfang blitt undersøkt.

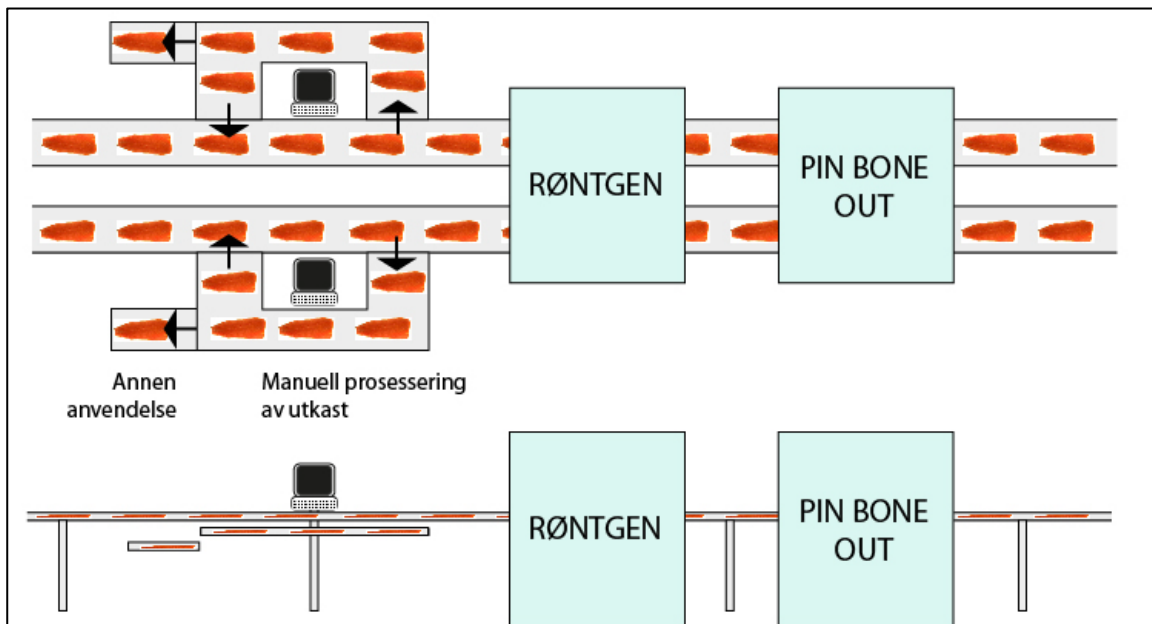
Det er flere mulige metoder som kan brukes for å sikre riktig deteksjon av pinnebein (metodene er ikke listet opp i prioritert rekkefølge);

1. Sammenkoble korreksjonen for tykkelsesforskjell med en algoritme som kontrollerer at en pinnebeinindikasjon også kan ledsages av en lavere gråtoneverdi for det aktuelle stedet i fisken.
2. Å justere og optimalisere parameterverdiene i røntgenmaskina slik at kun beina blir detektert.
3. Endre vinklingen på avbildningen av filetene for å fjerne uønsket respons fra muskelstrukturer.
4. Avgrense avbildningsområdet til området rundt og nær pinnebeinas posisjon i filetene slik at det er kun pinnebeina som kommer frem på røntgenbildene. Som en ekstra effekt vil dette gi bilder med bedre oppløsning.
5. Bruke ROI (Region of Interest) i algoritmen for prosessering av røntgenbildene. Det vil si at algoritmen leter kun etter bein der det forventes at pinnebeina sitter.

Siden pinnebeina befinner seg inne i fileten, kan de to siste metodene kombineres med bruk av annen type maskinsynteknologi som er i stand til å detektere restbein som ligger på overflaten, slik som rester av bukbein, finnebein og halefinnebein. Det må også tas hensyn til spåmannsbeinet som sitter inne i fremre del av bukstykket og må detekteres dersom det ikke blir automatisk fjernet under skinneoperasjonen.

Ved muligheten for å identifisere restpinnebein og automatisk å sortere ut de fileter som har et innhold som ikke tilfredsstillende kundekrav med hensyn til antallet på og størrelsen av bein, er det mulig å tenke seg en praktisk løsning for dette i en produksjonslinje. Figur 6.1 viser et konseptforslag til linjeoppsett med en røntgenmaskin satt opp for to linjer, høyre og venstrefilet, etter pinnebeinfjerning. Systemet fungerer slik at fileter med for høye restverdier av (pinne)bein blir sjaltet ut til en parallell linje og ligger klar for at operatøren, med en skjerm som viser posisjonen på restbeina i et høykvalitetsbilde, kan bearbeide fileten ved å fjerne uønskede bein. Når operatøren aksepterer fileten etter behandling sendes den tilbake til hovedstrømmen direkte eller gjennom en ny røntgenkontroll, alternativt kan fileten gå til annen anvendelse. Utsjekk skjer ved å kvittere bildet og eventuelt neste utsortert filet kan bearbeides. På denne måten blir kun de utsorterte filetene håndtert mens fileter som tilfredsstillende kravet til mengde restbein går rett gjennom og fortsetter videre i linja. Fileter med bein blir avbildet i røntgenmaskinen og bildene blir gitt en automatisk kode med dato og klokkeslett slik at disse kan lagres for senere dokumentasjon om det er behov og det eksisterer et godt nok sporbarhetssystem.

Røntgenbildene angir nøyaktig posisjon på pinnebeina i laksefileten i et 2D-bilde. Ved bruk av avbildningsteknologi og algoritme som kan gi et 3D-bilde av fileten form og volum, er det mulig å konstruere et 3D-bilde som innehar tilnærmet eksakt informasjon om pinnebeinas posisjon i fileten. Denne informasjonen kan benyttes til for eksempel utskjæring av bein i pre-rigor fileter til ulike anvendelser.



Figur 5-1; Konseptskisse av linje med lavenergirøntgen for å sortere ut laksefilet med for høyt innhold av restbein. Dette krever at bildet fra røntgenmaskina kan tas ut på skjermer ved linja og kobles til riktig filet.

## 6 Konklusjon

Dette prosjektet viser at røntgenteknologien for deteksjon av laksebein er en industriell mulighet, både med hensyn til god nok deteksjonshastighet og nødvendig deteksjonsnivå i forhold til kundekrav. Det vil si at lavenergirøntgen (LER) er i stand til å finne restbein i pre-rigor laksefilet som skal selges som beinfrie og således hindre at partier med for mye og farlige bein blir sendt ut til markedet.

Prosjektets utgangspunkt var pre-rigor laksefilet, men det er vist at LER fungerer like godt også på post-rigor fisk som gjør teknologien anvendelig til alle produksjonslinjer for beinfrie laksefiletprodukter. Med en båndhastighet på 14 – 22 meter per minutt og en sensitivitet ned til størrelser de fleste konsumenter i en normal spisesituasjon ikke er i stand til å registrere, er dette en løsning som eksisterer og kan tas i bruk i dag for laksefiletproduksjon. Algoritmen analyserer røntgenbildet av laksefileten og beregner antallet og størrelsen på beina og ved å definere en terskelverdi i henhold til et kundekrav, vil alle fileter som ikke tilfredsstillers produktstandarden bli automatisk sortert ut fra produksjonslinjen.

Dersom det settes opp en skjerm med et digitalt bilde av laksefileten som er sortert ut, kan operatøren bruke bildet for å identifisere posisjonen på restbeina og fjerne disse manuelt med kniv og/eller beintang og sende den rensede fileten tilbake til linjen. For enda bedre sikkerhet kan fileten sendes på nytt gjennom røntgenmaskina. Med informasjonen fra røntgenbildene, gir dette operatøren et uvurderlig verktøy for umiddelbart å korrigere og justere prosessen dersom det skulle oppstå en feil i produksjonslinja som fører til store mengder bein i filetene.

Når det i tillegg er slik at røntgenteknologien begynner å bli betydelig billigere og LER gir mindre stråling til omgivelsene, noe som er en sentral sikkerhetsfaktor, kan det forventes at automatisk etterkontroll for restpinnebein i laksefilet blir en realitet i forholdsvis nær fremtid.



## Litteratur

Domingo Mery, Iván Lillo, Hans Loebel, Vladimir Riffo, Alvaro Soto, Aldo Cipriano, José Miguel Aguilera 2010 *Automated Detection of Fish Bones in Salmon Fillets Using X-ray Testing*, Image and Video Technology (PSIVT), Singapore, 46 – 51.

Domingo Mery, Iván Lillo, Hans Loebel, Vladimir Riffo, Alvaro Soto, Aldo Cipriano, José Miguel Aguilera 2011 *Automated fish bone detection using X-ray imaging*, Journal of Food Engineering 105(3): 485-492.

## Vedlegg

Vedlegg 1; Prosjektnotat SOTA – røntgen



Teknologi for et bedre samfunn

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

**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**Postadresse:  
Postboks 4762 Sluppen  
7465 TrondheimSentralbord: 4005350  
Telefaks: 93270701fish@sintef.no  
www.sintef.no/fisk  
Foretaksregister:  
NO 980 478 270 MVA

# Prosjektnotat

## State of the Art - Røntgen

Bruk av røntgen for deteksjon av pinnebein i laks

**VERSJON**

1

**DATO**

2013-03-06

**FORFATTER(E)**Harry Westavik  
Ekrem Misimi  
John Reidar Mathiassen**OPPDRAGSGIVER(E)**

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond

**OPPDRAGSGIVERS REF.**

Kristian Prytz

**PROSJEKTNR**

FHF: 900832/ SINTEF: 6020556

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

10

**SAMMENDRAG**

Det er gjennom litteratursøk funnet publikasjoner som synliggjør at det er mulig å detektere pinnebein i laksefilet ved hjelp av røntgen. Det eksisterer ikke kommersielle løsninger for dette i dag.

6 leverandører av røntgenteknologi er kontaktet med forespørsel om de er interessert i å delta i prosjektet. Kun to har svart, den ene avventer tilbakemelding fra hovedkontor mens den andre har vi hatt samtaler med i etterkant av vår henvendelse.

Alle leverandørene er internasjonale/utenlandske og det er derfor nødvendig med en avklaring med hensyn til finansiering av deres aktivitet inn mot prosjektet og hva som kan publiseres og hvordan rettighetene til teknologien skal håndteres.

**UTARBEIDET AV**

Harry Westavik

**SIGNATUR****GODKJENT AV**

Marit Aursand

**SIGNATUR****PROSJEKTNOTAT NR**

Prosjektnotat 1

**GRADERING**

Åpen

# Historikk

---

<b>VERSJON</b>	<b>DATO</b>	<b>VERSJONSBEKRIVELSE</b>
1	2013-03-06	Første versjon lagt frem for styringsgruppen til diskusjon

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Bakgrunn.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Materialer og metoder .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>4</b>
3.1	Utvalgte bedrifter som leverer røntgenutstyr til fisk/næringsmidler.....	4
3.1.1	Marel.....	5
3.1.2	InnospeXion .....	6
3.1.3	Multicheck AS .....	7
3.1.4	Anritsu .....	7
3.1.5	Ishida Europe .....	8
3.1.6	Mettler Toledo.....	8
3.2	Relevante publikasjoner .....	9
<b>4</b>	<b>Diskusjon og konklusjon .....</b>	<b>10</b>
	<b>Referanser .....</b>	<b>10</b>

## BILAG/VEDLEGG

---

[Skriv inn ønsket bilag/vedlegg]

---

## 1 Bakgrunn

Trio Food Processing Machinery AS (Trio FPM) har utviklet en prosesslinje for fjerning av pinnebein i pre-rigor laksefilet. Teknologien er basert på et patent som Trio har og som i hovedsak består i å kutte forankringen av pinnebein inne i fileten med et knivstikk. Dermed reduseres kraftbehovet for å plukke pinnebein med om lag 50 %. Det vil føre til at hele bein kan bli plukket ut uten å bli revet av inne i filetene.

Problemstillingen er at det med dagens prosesslinje ikke er mulig å kontrollere om en filet inneholder restbein uten å skjære i fileten, det vil si en destruktiv kontroll som kun vil være aktuell på stikkprøvebasis. Med stort produksjonsvolum vil det kreve en vesentlig innsats i form av operatørtimer og tapt råstoff for å sikre at produktet tilfredsstillter kundenes krav til beinfrie fileter. Derfor er det et sterkt ønske om å etablere en "ikke-destruktiv etterkontroll" som kan identifisere restpinnebein i filetene umiddelbart etter prosessen.

Gjennom tidligere prosjekter som "Fjerning av pinnebein i pre-rigor oppdrettsfisk" og "Forprosjekt - Utvikling av helautomatisk linje for fjerning av tykkfiskbein i torsk og andre hvitfiskarter" finansiert gjennom Forskningsrådets IPN'er med Trio FPM, er røntgen identifisert som den mest lovende teknikken per dato for å detektere bein inne i fiskemuskel.

Problemstillingen med å detektere restbein i fiskefilet er generell og en løsning som blir utviklet for å finne restpinnebein i pre-rigor laksefilet etter prosessering med Trio sin maskin vil også kunne bli anvendt på post-rigor laksefilet og hvitfiskefilet hvor målet er å produsere beinfrie fileter. Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond har derfor finansiert et forskningsprosjekt hvor SINTEF sammen med SalMar, Trio FMP og en røntgenutstyrsløseleverandør skal utvikle en løsning for ikke destruktiv on-line etterkontroll av pinnebein i pre-rigor laksefilet.

Det skal kartlegges hvilke løsninger som finnes nasjonalt/internasjonalt (State of the Art) for deteksjon av bein i fiskefileter og hvilke leverandører av røntgenutstyr som kan være aktuelle som deltaker i prosjektet. Basert på kartlegging av ulike leverandører, skal aktuelle leverandører kontaktes for å finne den leverandøren som har ønske, størst vilje og ambisjon om å delta i prosjektet.

## 2 Materialer og metoder

Det ble gjennomført ulike søk og kartlegging for å identifisere mulige leverandører av røntgenutstyr. Fokuset er på å søke opp leverandører som allerede har løsninger som brukes mot fiskerinæringen. I tillegg har det blitt gjort et overordnet søk i diverse publikasjonsdatabaser for å finne dokumentasjon på det som er gjort på deteksjon av pinnebein i fisk. Materialet vil bli gjennomgått og presentert i dette prosjektnotatet.

## 3 Resultater

### 3.1 Utvalgte bedrifter som leverer røntgenutstyr til fisk/næringsmidler

De bedriftene som ble kontaktet med forespørsel om deltakelse fikk følgende tekst oversendt per e-post;

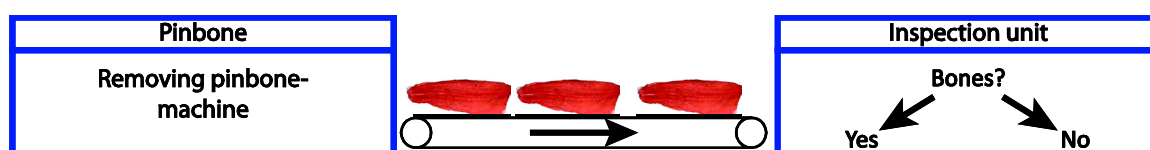


Figure 1: Schematic illustration of post-process inspection of pin-bones in salmon fillets.

### Detection of pin-bone remnants in Atlantic salmon fillets

Existing pin-bone removal machines do not currently have the capability of post-process inspection of the salmon fillets with respect to presence of pin bone remnants. For this reason, we are looking for relevant X-ray inspection equipment that is suitable for detection of remnant pin bones in salmon fillets.

In this project, we have the following activities and time frames:

1. Laboratory tests of the ability of the inspection system to detect pin bone remnants, with calibration and adjustments. Timeframe: **April-June 2013**.
2. Test installation at the end-user: Timeframe: **August-November 2013**.

The salmon fillets are transported on two conveyor belts of width 300 mm at a speed of 250 mm/s. The X-ray inspection system must be capable of detecting bone remnants down to a specific size to be determined by laboratory tests (e.g. 10 mm length, 1 mm diameter). It is preferable to have a turn-key solution that provides an alert when bone remnants have been detected, and store the images with bone remnants so that the cause of the bone remnants may be determined.

#### 3.1.1 Marel

Marel er et globalt selskap som leverer systemer, produkter og service til fisk-, kjøtt- fjærkre- og øvrig næringsmiddelindustri. I begynnelsen av 2000-tallet utviklet Marel SensorX, et system for automatisk deteksjon av bein i hvitfiskfileter. Dette fungerer slik at røntgen og sensor detekterer restbein i filetene som blir dirigert ut til operatører som fjerner beina manuelt basert på beinas posisjon vist i et 2D-bilde på en skjerm. Beinfrie fileter får passere uten stopp. De har også et system for deteksjon av restbein i kyllingfileter basert på det samme prinsippet som for fisk.



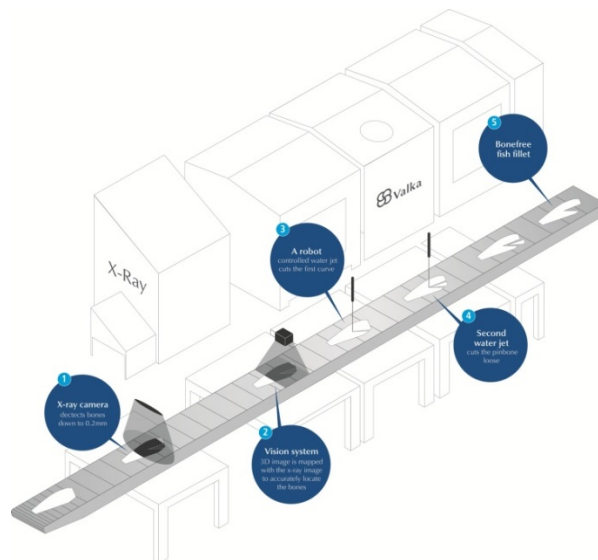
**Figur 3-1: Marel Sensor X. (Bilder fra [www.marel.com](http://www.marel.com))**

Det ble vurdert ikke å kontakte Marel om et mulig samarbeid på grunn av konkurranseforholdet til Baader FMP som nå er eier av Trio FMP. Selv om det som skal utvikles system for etterkontroll av pinnebein med universell anvendelse, vil det sannsynligvis bli et vanskelig samarbeidsforhold i prosjektet med Marel og Trio som deltakere.

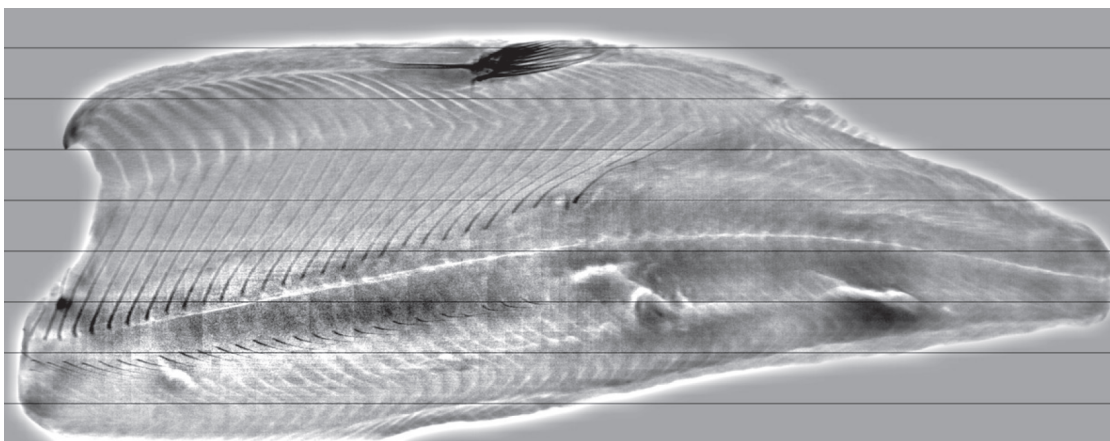
*Grunnet potensielle konkurranseforhold, ble Marel ikke kontaktet.*

### 3.1.2 InnospeXion

InnospeXion er et dansk firma som utvikler røntgenutstyr med en unik lavenergi røntgenteknologi som egner seg spesielt godt til bruk ved avbildning i biologisk materiale. Teknologien til InnospeXion har allerede blitt integrert i en industriell maskin for fjerning av pinnebein i RapidPinBone systemet til Valka.



**Figur 3-2:** Prinsipiell skisse over RapidPinBone utviklet av Valka, med røntgenteknologi fra InnospeXion. (Bilde fra [www.valka.is](http://www.valka.is))



**Figur 3-3:** Illustrasjon av deteksjon av pinnebein i filet med røntgenteknologien til InnospeXion. (Bilde fra [www.innospeXion.dk](http://www.innospeXion.dk))

På grunn av potensielt konkurranseforhold mellom Valka og Trio/Baader, ble det besluttet å kontakte InnospeXion direkte istedenfor å gå til Valka. På bakgrunn av de tidligere erfaringer som InnospeXion har med pinnebeinfjerning, ser vi teknologien til InnospeXion som svært lovende for bruk i etterkontroll av pinnebein i laks. InnospeXion har blitt kontaktet, og har sagt seg interessert i å samarbeide som partner i dette prosjektet, under forutsetning av at det ikke er i konflikt med avtaler som InnospeXion har inngått med Valka.

*SINTEF har hatt telefonmøte med InnospeXion og de er positive til et samarbeid i dette prosjektet.*



### 3.1.3 Multicheck AS

Multicheck AS er en dansk leverandør av produkter for industriell kvalitetskontroll av matprodukter, inkludert kjøtt og fisk. De har et bredt spekter med røntgeninspeksjonsutstyr, inkludert produktet SC3000-CF som har spesielt hygienisk design og tallrike muligheter for utsortering.

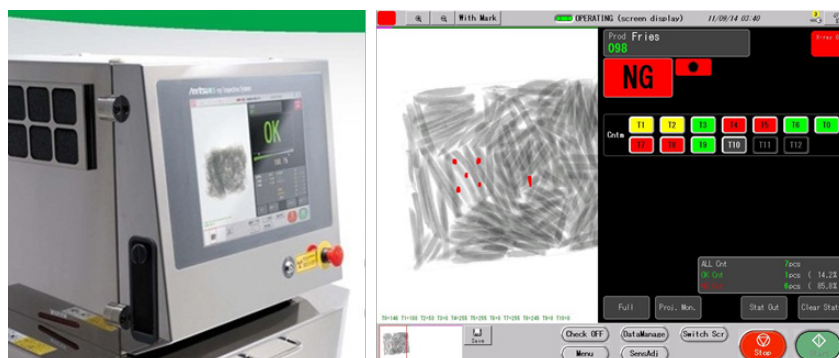


**Figur 3-4: Multicheck SC3000-CF. (Bilde fra [www.multicheck.dk](http://www.multicheck.dk))**

*Multicheck ble kontaktet, og er i utgangspunktet positive. Vår henvendelse har blitt sendt til hovedkontoret i Tyskland og vi avventer svar.*

### 3.1.4 Anritsu

Anritsu er et japansk firma som leverer flowvektsystemer og røntgeninspeksjonssystemer til blant annet matindustrien. De har flere typer røntgenmaskiner, inkludert en serie med "dual-band" røntgen. Dual-band betyr at inspeksjonen skjer ved to røntgenenergi samtidig, og dette gir større følsomhet med tanke på å detektere uønskede objekter.



**Figur 3-5: Anritsu DualX KD7416DRWZ.**

Anritsu benytter dual-band teknologi blant annet for forbedret deteksjon av beinrester i kyllingfilet, og produktet DualX KD7416DRWZ er velegnet til dette formålet.

*Anritsu har blitt kontaktet, men vi har ikke fått svar på henvendelsen.*

### 3.1.5 Ishida Europe

Ishida Europe er en europeisk avdeling av det japanske konsernet Ishida. Ishida Europe leverer delsystemer og helhetlige systemer for veiing, pakking og inspeksjon.



**Figur 3-6: Ishida IX-GA.**

Ishida Europe har en serie med røntgenmaskiner kalt IX-GA for bruk i matindustrien.

*Ishida Europe har blitt kontaktet, men vi har ikke fått svar på henvendelsen.*

### 3.1.6 Mettler Toledo

Mettler Toledo er et amerikansk firma som leverer produkter for veiing og inspeksjon i mange industrier – deriblant matindustrien.

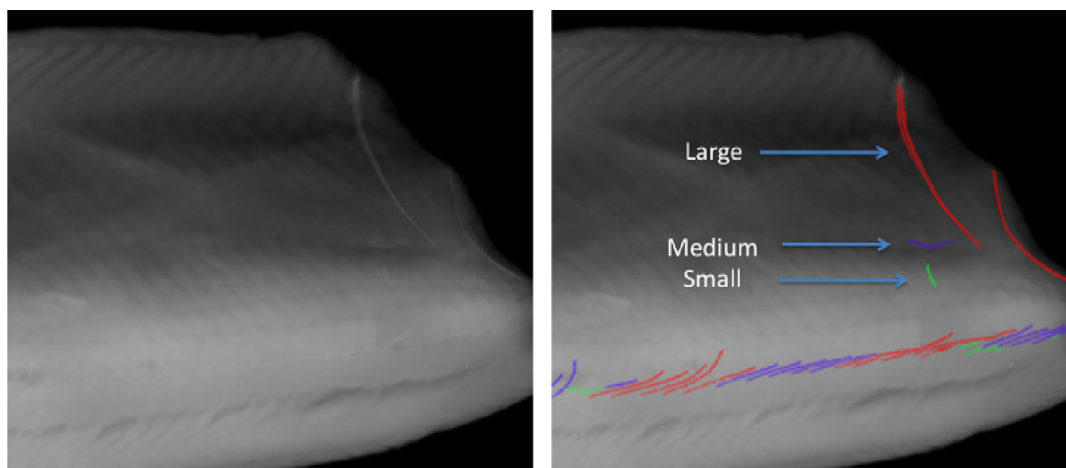


**Figur 3-7: Mettler Toledo PowerChek Plus 800 X-ray Inspection System.**

*Mettler Toledo har blitt kontaktet, men vi har ikke fått svar på henvendelsen.*

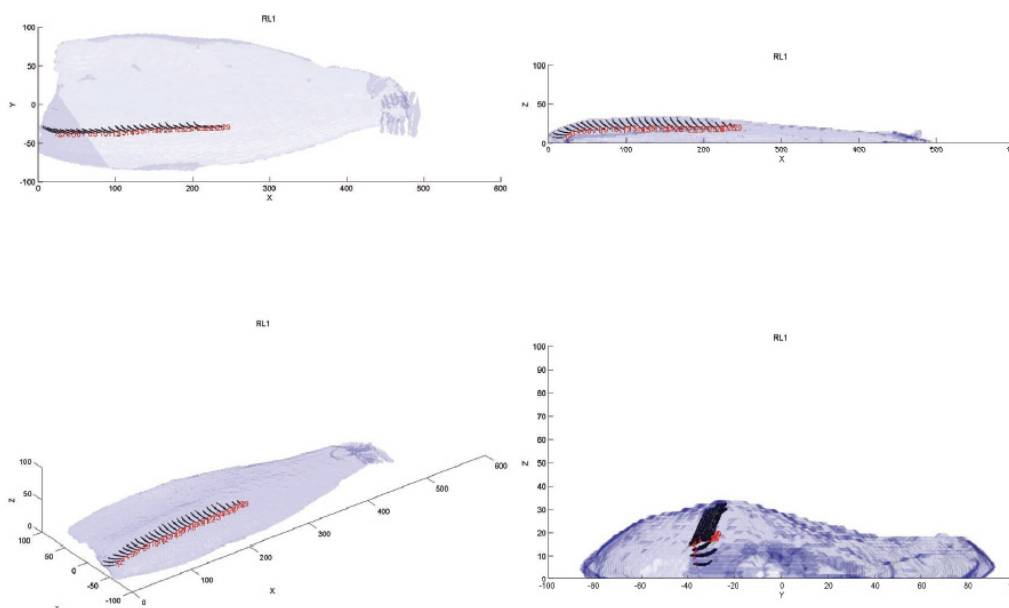
### 3.2 Relevante publikasjoner

Nyere forskning har vist at det er mulig å detektere pinnebein i laks både ved bruk av vanlig røntgen (Mery et al, 2011) og ved bruk av lavenergirøntgen i CT<sup>1</sup>-modus (Bakken et al, 2012).



Fishbone	Sensibility	1-Specificity	Size
Large	100%	0%	>0.64mmx12mm
Medium	100%	3%	between
Small	93%	6%	<0.48mmx8.5mm

Figur 3-8: Deteksjon av bein (inkludert pinnebein) i laksefilet ved bruk av vanlig røntgen (Mery et al, 2011).



Figur 3-9: Deteksjon av pinnebein i laksefilet ved bruk av lavenergirøntgen i CT-modus (Bakken et al, 2012).

<sup>1</sup> Computed Tomography: 3D avbildning

Med bakgrunn i eksisterende forskning, ser vi at det er potensiale for å få til etterkontroll av laksefilet med tanke på deteksjon av pinnebein.

#### 4 Diskusjon og konklusjon

Det skal i prosjektet utarbeides klare spesifikasjoner til en mulig løsning. Teknologien skal være anvendelig for flest mulig produsenter med produksjonslinjer for beinfrie lakseprodukter. Løsningen skal gi trygghet hos produsenten for at produktene er sikre og trygge uten fare for helsefare eller ubehag for konsumentene. Det betyr at teknologien skal bidra til at produktene tilfredsstillende dokumenterte kundekrav mht. til beinfrihet. En kjent utfordring ved bruk av røntgen til deteksjon av bein i laks er at de er vanskeligere å påvise i forhold til hvitfisk som torsk og hyse. Imidlertid er pinnebein fra laks mykere som gjør at små og tynne bein ikke utgjør noen helsefare eller til og med ubehag.

Av 6 leverandører som er blitt kontaktet har vi per dato fått svar fra kun to. Det er mulig vi bør gi de andre som ikke har svart litt mer tid. På den andre side er det ønske om å ha med en bedrift som umiddelbart ser muligheten i et marked for on-line etterkontroll og har et internt driv for å søke å komme frem til løsninger som fungerer. Gjennom de søk som er gjort er det ikke identifisert noen kommersielle løsninger for deteksjon av pinnebein i laks med røntgen. Etter samtale med den ene bedriften vi har diskutert oppgaven med, InnospeXion, er troen på at dette prosjektet vil utvikle en god løsning fortsatt tilstede. Imidlertid er en avklaring om rollefordeling, bidrag til prosjektet og samkjørt fremdrift nødvendig. I InnospeXion sitt tilfelle så er det også nødvendig med en avklaring i forhold til bedriftens avtaler med Valka. Denne avklaringen skal komme innen kort tid. Det antas at lignende avtaler vil måtte gjøres også for andre røntgenleverandører som skal delta i dette prosjektet.

Et opplagt spørsmål er hvordan utstørsleverandørens innsats skal finansieres. Spesielt gjelder dette for utenlandske aktører som ikke er kjent med hvordan norske forskningsprosjekter blir organisert, finansiert og gjennomført. Dersom bedriften skal være med og bidra med egeninnsats, uten annen finansiering, er det forståelig at bedriften vil kreve eksklusive rettigheter til løsningen. I dette prosjektet skal løsningen være almen tilgjengelig og åpen for norsk foredlingsindustri innen laks. Hva kan holdes konfidensielt og hva må være offentlig tilgjengelig? Grenseoppgangen må derfor trekkes i prosjektet, før samarbeidet starter.

InnospeXion sa i møtet med SINTEF at de vil komme med et forslag til hvordan deres bidrag inn i prosjektet kan finansieres. Dersom dette forslaget er rimelig, og prosjektet ikke kommer i konflikt med avtaler som InnospeXion har med Valka, er SINTEFs anbefaling å inkludere InnospeXion som underleverandør av røntgenutstyr i dette prosjektet.

#### Referanser

Domingo Mery, Iván Lillo, Hans Loebel, Vladimir Riffó, Alvaro Soto, Aldo Cipriano, José Miguel Aguilera-Automated fish bone detection using X-ray imaging, Journal of Food Engineering 105 (2011) 485–492.

Marianne Bakken, Helene Schulerud, Jens Thielemann. Apricot anatomy - Measures of pinbones in fish fillets using CT. SINTEF Report for FHF project 90J40201, 2012.



Teknologi for et bedre samfunn

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