



SINTEF Teknologiledelse
Produkt og produksjon

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: S P Andersens veg 5
7031 Trondheim
Telefon: 73 59 05 00
Telefaks: 73 59 36 70

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Avsluttende tester av Carnitechs Pinbonemaskin, Marels deteksjonsenhet SensorX og komplett trimmelinje i regi av Pinboneprosjektet

FORFATTER(E)

Jan O. Buljo, Lars Erik Wetterwald

OPPDRAKSGIVER(E)

Marel hf. (i samarbeid med Fiskeri- og havbruksnæringens
Landsforening, Industri og Eksport)

RAPPORTNR. STF38 F03222	GRADERING Fortrolig	OPPDRAKSGIVERS REF. Kristinn Andersen, Marel hf	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN	PROSJEKTNR. 382256	ANTALL SIDER OG BILAG 69 + 1 vedlegg
ELEKTRONISK ARKIVKODE RAPPORT Pinboneprosjektet sluttrapp.doc		PROSJEKTLÉDER (NAVN, SIGN.) Jan O. Buljo	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Knut Aasland
ARKIVKODE	DATO 2003-10-01	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Mons Grøvlen, forskningssjef	

SAMMENDRAG

Pinbone-prosjektet har hatt som målsetting å utvikle en delvis automatisert prosesslinje for trimming av hvitfiskfilèt, der det er blitt rettet fokus mot fjerning og deteksjon av tykkfiskbein (pin bones). Pinbone-prosjektet er gjennomført i regi av Fiskeri- og havbruksnæringens Landsforening Industri og Eksport, og der Marel hf. (Island) som industripartner har hatt en sentral rolle. SINTEF Teknologiledelse har ivaretatt en delrolle som evaluator av testresultater og har dokumentert resultatene i 4 rapporter.

Denne rapporten beskriver resultatene av de avsluttende testene av Carnitechs Pinbone-maskin, Marels deteksjonsenhet kalt SensorX og den nyutviklede trimmelinjen fra Marel der maskinene inngår. De avsluttende testene foregikk ved en fiskeforedlingsbedrift (Samherji hf) i Dalvik på Island den 12. – 13. juni samt den 16.-17. september 2003.

Resultatene av testen viste at de ovennevnte maskiner samt trimmelinjen i hovedsak tilfredsstiller de målsettinger og forventninger som var nedfelt i Pinbone-prosjektet. Det oppnås en *andel på ca. 70% filèter helt fri for tykkfiskbein (basert på deteksjon vha SensorX) ved behandling i Pinbone-maskinen* og samtidig er *vekttapet i størrelsesorden 3-4%* for filètene. Det gjenstår noen tiltak for å stabilisere teknologiens ytelse på dette nivået.

SensorX oppnår en treffprosent på 60-77% for alle restbein i filèt (etter beinfjerningsoperasjon i Pinbone-maskinen) mens *treffprosenten er 91-100% for bein med tykkelser >0,3 mm*. Systemet genererer relevant statistikk for behandlede filèter og distribuerer nyttig røntgenbildeinformasjon til operatører på linjen. Den nye trimmelinjen vil kreve i størrelsesorden 8 + 8 = 16 operatører for å holde en kapasitet på 20-30 filèter pr min. (pr maskinløp) av hver av kategoriene høyre og venstre filèter, mao 40-60 filèter totalt pr min., tilsvarende 20-30 fisk. Vekttapet ved behandling i linjen totalt kan forventes i området 6-9%.

Metoder og teknikk som er utviklet i Pinbone-prosjektet representerer en teknologisk milepæl i fiskeforedlingsindustrien.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Næringsmiddelteknikk	Food science
GRUPPE 2	Fisk	Fish
EGENVALGTE	Evaluering av teknologi	Evaluation of technology
	Tykkfiskbein	Pin bones

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 BAKGRUNN	4
2 MÅLSETTING	5
3 BESKRIVELSE AV TESTENE	6
3.1 TEST I DALVIK I JUNI 2003	6
3.2 TEST I DALVIK I SEPTEMBER 2003	7
4 BESKRIVELSE AV PINBONE-MASKINEN	9
4.1 MASKINPROTOTYP V (JUNI 2003)	9
4.2 MASKINPROTOTYP VI (SEPTEMBER 2003)	12
5 BESKRIVELSE AV DETEKSJONSENHET SENSORX	14
6 BESKRIVELSE AV PROSESSLINJE FOR BEINFJERNING OG BEINDETEKSJON	16
7 TESTRESULTATER FOR PINBONE-MASKINEN I DALVIK I JUNI 2003	21
8 TESTRESULTATER FOR PINBONE-MASKINEN I DALVIK I SEPTEMBER 2003	28
8.1 RESULTATER FRA TEST D (ANALYSER AV RESTBEIN I 30 FILÈTER)	28
8.2 REGISTRERING AV ANDEL HELT BEINFRIE FILÈTER (TEST A, C OG E)	32
8.3 MÅLINGER AV VEKTTAP I TRIMMELINJE (TEST A, C OG E)	33
8.4 RESULTATNOTERINGER FRA SAMHERJI I UKENE 35-37/2003	34
9 TESTRESULTATER FOR DETEKSJON AV TYKKFISKBEIN I TORSKEFILÈT VHA SENSORX I DALVIK I JUNI 2003	35
9.1 RESULTATER FRA TEST A DEL 2 (JUNI 2003)	35
10 TESTRESULTATER FOR DETEKSJON AV TYKKFISKBEIN I TORSKEFILÈT VHA SENSORX I DALVIK I SEPTEMBER 2003	40
10.1 RESULTATER FRA TEST D (SEPTEMBER 2003)	40
11 EVALUERING OG KOMMENTARER AV TESTRESULTATER	44

11.1	EVALUERING AV RESULTATER FOR PINBONE-MASKINEN FOR TESTER I JUNI 2003	44
11.1.1	ANDEL HELT BEINFRIE FILÈTER OG VEKTTAP	44
11.1.2	GJENNOMSNIITTLIG ANTALL RESTBEIN I ULIKE SONER	45
11.1.3	FORDELING AV FILÈTER MED ULIKT ANTALL RESTBEIN	45
11.1.4	SAMMENHENGEN MELLOM ANTALL RESTBEIN OG FILÈTENS LENGDE	45
11.1.5	FORDELING AV BEINTYPER/-LENGDER I FILÈTEN, OGSÅ RELATERT TIL POSISJON	46
11.1.6	RESULTATER OPPNÅDD VED Å REPETERE BEINFJERNINGSOPERASJONEN	47
11.2	EVALUERING AV RESULTATER FOR PINBONE-MASKINEN FOR TESTER I SEPTEMBER 2003	49
11.2.1	ANDEL HELT BEINFRIE FILÈTER OG VEKTTAP	50
11.2.2	GJENNOMSNIITTLIG ANTALL RESTBEIN I ULIKE SONER	51
11.2.3	FORDELING AV FILÈTER MED ULIKT ANTALL RESTBEIN	51
11.2.4	FORDELING AV BEINTYPER/-LENGDER I FILÈTEN, OGSÅ RELATERT TIL POSISJON	51
11.3	EVALUERING AV RESULTATER FOR SENSORX I JUNI 2003	51
11.3.1	TREFFPROSENT OG FEILDETEKSJONER	52
11.3.2	TREFFPROSENT SOM FUNKSJON AV BEINDIAMETER	52
11.3.3	TREFFPROSENT SOM FUNKSJON AV BEINLENGDE	53
11.4	EVALUERING AV RESULTATER FOR SENSORX I SEPTEMBER 2003	53
11.4.1	TREFFPROSENT OG FEILDETEKSJONER	53
11.4.2	TREFFPROSENT SOM FUNKSJON AV BEINDIAMETER	53
11.4.3	TREFFPROSENT SOM FUNKSJON AV BEINLENGDE	54
11.5	EVALUERING AV PROSESSLINJEN FOR BEINFJERNING OG BEINDETEKSJON	55
12	KONKLUSJONER/SAMMENDRAG	61
<hr/>		
12.1	HOVEDKONKLUSJONER/SAMMENDRAG	61
12.2	TESTOMFANG I PINBONE-PROSJEKTET	62
12.3	KONKLUSJONER FOR PINBONE-MASKINEN	63
12.3.1	PRESTASJONSUTVIKLING FOR PINBONE-MASKINEN	63
12.3.2	ERFARINGER I PROSJEKTPERIODEN MED PINBONE-MASKINEN	64
12.3.3	FORBEDRINGSPOTENSIALER FOR PINBONE-MASKINEN	65
12.4	KONKLUSJONER FOR SENSORX	66
12.4.1	PRESTASJONSUTVIKLING FOR RØNTGENDETEKTOR SENSORX	66
12.4.2	ERFARINGER I PROSJEKTPERIODEN MED SENSORX	67
12.4.3	FORBEDRINGSPOTENSIALER FOR SENSORX	67
12.5	KONKLUSJONER FOR PROSESSLINJEN	68
12.5.1	ERFARINGER I PROSJEKTPERIODEN MED DEN NYE TRIMMELINJEN FRA MAREL	68
12.5.2	FORBEDRINGSPOTENSIALER FOR TRIMMELINJEN FRA MAREL	69
13	VEDLEGG	69
<hr/>		

1 Bakgrunn

Pinbone-prosjektet er etablert med bakgrunn i ønsket om økt automatisering av norsk foredlingsindustri innen hvitfisk. Hovedhensikten med prosjektet er å igangsette utviklingstiltak som kan gi vesentlige bidrag i rasjonalisering av denne industrigrenen innen en kort tidshorisont (2-3 år). Målsettingen for Pinboneprosjektet er gjengitt i kap. 2.

Carnitech AS (Danmark) er en betydelig leverandør av maskiner og utstyr til næringsmiddelindustrien, bl.a. maskiner for fjerning av tykkfiskbein i laksefisk. Bedriften har de senere år utviklet et maskinkonsept for maskinell fjerning av tykkfiskbein fra hvitfiskfilèt. Den første prototypmaskinen av dette slaget fra Carnitech ble testet av SINTEF/Fiskeriforskning på oppdrag for FHL Industri og Eksport i et prosjekt (jfr. STF38 F00251) der tre ulike maskinkonsepter fra tre maskinleverandører ble evaluert og sammenliknet med hverandre. Resultatene fra denne testingen ble betegnet som lovende for Carnitechs maskinkonsept.

Carnitech fortsatte utviklingsprogrammet for maskinkonseptet. Denne videreutviklingen er trukket inn i Pinbone-prosjektet, i regi av FHL Industri og Eksport, og der Marel på Island er tildelt en hovedrolle med spesiell fokus på deteksjon av tykkfiskbein. Fiskeriforskning i Tromsø utfører utvalgte forskningsoppgaver knyttet til utfordringene innen deteksjon. SINTEF Elektronikk og Kybernetikk deltar i disse oppgavene sammen med Fiskeriforskning. SINTEF Teknologiledelse har fått i oppgave å evaluere testresultater fra testingen av beinfjerningsmaskinen, deteksjonssystemet og prosesseringssystemet for øvrig som skal utvikles.

Carnitechs maskin (endret versjon) er blitt testet ved et fiskeforedlingsanlegg i Stamsund (J.M. Johansen) i uke 49 i 2001 i regi av Pinboneprosjektet. SINTEF-rapporten som beskriver resultatene fra denne maskintesting har nummer STF38 F01221.

I uke 26 i 2002 ble det foretatt en ny testing av Pinbonemaskinen som i mellomtiden var delvis ombygget og forbedret. Samtidig ble Marels deteksjonsenhet (Detection unit SensorX, prototype #1) også testet med de samme torskefilètene som objekter for røntgendeteksjon av tykkfiskbein. Denne testingen ble utført ved fiskeforedlingsbedriften Thorfisk i Grenå (Danmark), SINTEF rapport STF38 F02228.

I uke 4 i 2003 ble det arrangert en ny test i Stamsund ved den samme filètfabrikken som nevnt ovenfor. For denne testen var Pinbonemaskinen, SensorX og en manuell trimmestasjon koplet sammen til en produksjonslinje. SINTEF-rapporten STF38 F03204 omhandler denne testingen og inneholder også en evaluering av testresultatene.

I Pinbone-prosjektets avsluttende fase ble det utført en test i uke 24 og en ny test i uke 38 i 2003 ved en fiskeforedlingsbedrift (Samherji hf) i Dalvik på Island. Denne SINTEF-rapporten omhandler resultatene fra disse 2 testene samt kommentarer og oppsummering av testresultater og utviklingstrekk i prosjektet.

2 Målsetting

Målsetting for Pinbone-prosjektet som denne rapporten inngår i som en delaktivitet, er som følger:

Pinbonemaskinen:

- Øke andelen av beinfrie filèter fra 50% (ref. test på Island) til over 70%
- Maksimere produktverdi (dvs bl.a. å minimalisere vekttap)
- Gjøre maskinen driftssikker og stabil mht naturlige og sesongmessige variasjoner i råstoffet som f.eks. størrelse og kondisjonsfaktor
- Tilpasse teknologien til ulike arter av hvitfisk, herunder torsk, hyse og sei
- Gjøre maskinen robust og driftssikker mht industrielle krav i fiskeindustrien

Deteksjonsenhet:

- Fremskaffe teknologi som kan detektere de minste tykkfiskbein (pin bones) som skal fjernes fra filèten
- Utvikle teknologi for prosessering av røntgenbilder samt klassifiseringsteknologi som gir maksimal separasjon mellom filèter som inneholder bein og beinfrie filèter
- Gjøre maskinen robust og driftssikker med hensyn til industrielle krav i fiskeindustrien

Integrert prosesseringssystem:

- Gjøre filètproduksjon mer rasjonell gjennom automatisering av manuelle arbeidsoperasjoner i tilknytning til kutteprosessen samt øke produktverdien
- Gjøre manuell inspeksjon og beinfjerning mer effektiv ved å vise lokalisering av restbein grafisk på en operatørterminal
- Gjøre manuell prosessering enklere gjennom preprosessering av systemet samt utsortering av filèter til operatøren
- Høyere produktkvalitet pga full beininspeksjon av hver enkelt filèt.

(Målsettingene er hentet fra prosjektbeskrivelsen til Pinbone-prosjektet.)

Pinbone-prosjektet ble startet opp sommeren 2001 og avsluttet høsten 2003. SINTEFs oppgave i forbindelse med dette prosjektet har vært å delta i planleggingen av testingen av Pinbone-maskinen, deteksjonssystemet og det øvrige prosesseringssystemet. Videre har SINTEF deltatt i testingen, evaluert og rapportert testresultatene samt gitt innspill til videre utvikling av konseptene.

3 Beskrivelse av testene

3.1 Test i Dalvik i juni 2003

Testen som er beskrevet under dette punktet er den fjerde i rekken for Pinbone-maskinen og den tredje for SensorX der SINTEF har deltatt og rapportert resultater, i regi av Pinbone-prosjektet.

Testen ble utført den 12. – 13. juni 2003 ved en filètfabrikk (Samherji) for hvitfisk i Dalvik på Island. Testopplegget ble denne gangen annerledes enn ved forrige test. Opplegget for testen på Island ble drøftet på et møte i forkant av testen der Marel, Carnitech, SINTEF Teknologiledelse og Fiskeriforskning deltok. En viktig årsak til endret testopplegg var et sterkt ønske fra Marel om at et stort antall filèter skulle kjøres gjennom Pinbone-maskinen slik at resultatene ikke var heftet med vesentlig grad av usikkerhet. Dette innebar at man var tvunget til å undersøke kun et utvalg av filètene i detalj hva gjelder måling av restbein og deres plassering og tilstand i filèten. Man kan derfor ikke sammenlikne alle resultater/stolpediagrammer fra denne rapporten med diagrammer fra foregående testrapporter.

Testopplegget på Island kan deles i 3 hoveddeler:

1. **Test A del 1 (12.06.2003):** Denne testen ble utført for å avklare andelen *helt beinfrie filèter* for et større antall filèter, etter behandling av Pinbonemaskinen. Det ble foretatt stikkprøveuttak og veiing for å få en indikasjon på utbyttetap. Testen omfattet batch 1-4, alle torsk (4-5 dager gammel), totalt 972 filèter. Stikkprøve på utbyttetap ble gjort med basis i 12 filèter fra hver batch.
2. **Test A del 2 (12.06.2003):** Testen omfattet undersøkelse av et utvalg av filèter med restbein fra hver batch nevnt under punkt 1. Undersøkelsen omfattet lengdemåling av filèt, måling av tykkelse og lengde av restbein, beinets tilstand (helt eller knekt) samt posisjon for restbein i filèten. Det ble undersøkt hvorvidt SensorX hadde detektert beinet eller ikke, eventuelt om SensorX ga feilmelding om tilstedeværelse av tykkfiskbein.
3. **Test B (13.06.2003):** Ny test omfattende 100 filèter av torsk. Testens hensikt var å avklare om en behandling av filètene omfattende 2 påfølgende beinplukkeoperasjoner vha Pinbone-maskinen ville gi vesentlig bedre resultater mht andel helt beinfrie filèter, samt eventuell økning i utbyttetap (vektreduksjon).

En test med opplegg som Test B er tidligere ikke utført og rapportert. Behovet for slik test ble drøftet om kvelden den 12. juni etter at man hadde fått et overblikk over hovedtrekkene i resultatene fra dagens testkjøringer. Det var bred enighet blant partene om at gjennomføring av slik test ville gi interessante signaler til en videre utvikling av konseptet. Diskusjonen berørte behovet for å ha flere enn ett plukkeorgan i arbeid for hvert løp i maskinen, eventuelt at det var lagt opp til en prosesslinje der filèter som hadde restbein etter en første beinfjerningsoperasjon ble behandlet av SensorX og deretter sendt til en Pinbone-maskin for ny beinfjerningsprosess. SINTEF har i tidligere rapporter innstendig påpekt at det bør vurderes å innføre flere enn ett plukkeorgan for hvert løp i Pinbone-maskinen.

De praktiske oppgavene i tilknytning til testen ble utført med Kristinn Andersen fra Marel som koordinator. Flere personer fra Marel deltok under testene i tillegg til Thomas Nørgaard fra Carnitech, Karsten Heia fra Fiskeriforskning og Jan O. Buljo fra SINTEF Teknologiledelse.

Forsøksdataene ble registrert i egnede regneark på PC umiddelbart under testene av Marels representanter. Disse dataene ble overført til SINTEF kort tid etter at testene var utført.



Fig. 3.1 Bildet viser testoperatørene (i forgrunnen) som foretok undersøkelse av filètene mht restbein, måling av beintykkelse og –lengde samt tilstand og posisjon i filèten. Resultatene ble umiddelbart registrert i regneark på PC. Testene foregikk på bedriften Samherji hf i Dalvik på Island.

3.2 Test i Dalvik i september 2003

Siden Carnitech AS på basis av erfaringene fra testene i juni måned valgte å bygge om Pinbone-maskinen i sluttfasen av Pinbone-prosjektet, ble det vedtatt å gjøre en avsluttende test av maskinen og trimmelinjen i september 2003. Testene ble utført ved Samherji sin filètfabrikk i Dalvik, Island, den 16.-17.09.2003. Fra SINTEF Teknologiledelse deltok Jan O. Buljo, fra Marel deltok Kristinn Andersen, Hrafnkell Eiriksson og Vidar Erlingsson, fra Carnitech deltok Per Christensen. Operatører og tilretteleggere fra Samherji deltok med operasjoner på trimmelinjen.

Tabellen nedenfor omtaler testene som ble gjennomført. Det var kun torsk som ble testet, alder: 4 døgn etter fangst, lagret på is.

Test	Omfang	Hensikt	Beskrivelse
A	234 filèter Filèt-lengde: 40-50 cm Snittvekt: 0,63 kg/filèt	Sammenheng mellom trimmelinjens funksjonalitet og bemanning. Avklare vekttap pga trimmeoperasjoner. Registrere andel beinfrie filèter.	<p>Trimmelinjen ble bemannet slik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 operatører for fortrimming • 1 operatør for innmating i Pinbone-maskinen • 2 operatører for ettertrimming <p>Det ble kjørt med kun venstrefilèter. Filètene ble plukket ut fra transportbåndet fra filèteringsmaskinen av representant fra Marel og disse ble veiet en og en, og vekt notert av annen ansatt i Marel. Filètene ble gjort tilgjengelig for operatører på stasjon for fortrimming.</p> <p>Etter fortrimming ble hver enkelt filèt veiet av in-line vekt foran Pinbone-maskinen, likeså etter ettertrimmingen. Vektdata tilgjengelig fra MPS-system levert av Marel ble registrert.</p> <p>SensorX registrerer vha sitt styresystem antall helt beinfrie filèter i forhold til totalt registrerte filèter. Disse statistikkdata er tilgjengelige og ble registrert.</p>
B	100 filèter Filèt-lengde: 40-45 cm	Avklare maksimal kapasitet for funksjonene i Pinbone-maskinen og SensorX	100 filèter som er ferdig fortrimmet ble sendt gjennom Pinbone-maskinen og SensorX med avstand ca. 20 cm. Tidsforbruk ble målt. Eventuelle feilfunksjoner overvåket. Andel beinfrie filèter registrert.
C	100 filèter Filèt-lengde: 35-45 cm	Avklare kapasitet for 1 operatør for fortrimmeoperasjoner	1 operatør for fortrimming har tilgang til 100 filèter og utfører fortrimming på normal måte på arbeidsstasjonen. Tidsforbruk målt. Vekttap målt på et utvalg av 66 filèter. Andel beinfrie filèter registrert.
D	30 filèter Filèt-lengde: 35-45 cm	Avklare deteksjons-egenskaper for SensorX.	Manuell undersøkelse av antall, posisjon, tilstand og størrelse av restbein i filèter som har passert Pinbone-maskinen, filèter med detekterte bein. Registrering av detekterte og eventuelle ikke-detekterte bein.
E	806 filèter Filèt-lengde: 35-48 cm	Avklare funksjonsdyktighet for maskinene og linja. Måle andel helt beinfrie filèter og vekttap. Vekttap under fortrimmingen ble målt ved stikkprøve.	<p>Bemanning av trimmelinjen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2-3 operatører for fortrimming • 1 op. for mating av Pinbone-maskinen • 1 operatør for ettertrimming. <p>Løpende drift på trimmelinjen i ca. 1,5 time. Kun venstrefilèter.</p> <p>Det ble tatt 3 stikkprøver (10 fil.) av vekttap i ulike deler av linja. Det ble utført kontroll av resultat fra SensorX mht beinfrie filèter: 41 filèter som SensorX godkjente som beinfrie ble manuelt undersøkt mht restbein. Blant de 41 filètene ble det funnet 2 filèter med noen små bein (3-4 mm lengde) i tykkelse 0,15 – 0,25 mm. Andel beinfrie filèter registrert. Vektmåling.</p>

Tabell 3.1 Oversikt over tester utført under den avsluttende testrunden i Dalvik sept. 2003.

4 Beskrivelse av Pinbone-maskinen

Pinbone-maskinen har gjennomgått ulike utviklingstrinn i den tiden SINTEF har deltatt i tester av maskinen. Den første prototypen som ble testet på Island i år 2000 er vesentlig forskjellig fra de øvrige prototypmaskinene.

De ulike prototypene der SINTEF har deltatt i testingen omtales slik:

- ✓ Prototyp av Pinbone-maskin testet på Island i år 2000 (før etablering av Pinbone-prosjektet) er kalt **Maskinprototyp I**
- ✓ Prototyp av Pinbone-maskin testet i Stamsund i år 2001 er kalt **Maskinprototyp II**
- ✓ Pinbone-maskin testet i Grenå (Danmark) i år 2002 er kalt **Maskinprototyp III** og var tilkopleet en høytrykks vannpumpe
- ✓ Pinbone-maskinen testet i Stamsund i januar år 2003 er kalt **Maskinprototyp IV**. Også denne maskinen var tilkopleet høytrykks vannpumpe.
- ✓ Pinbone-maskinen som ble testet i Dalvik på Island i uke 24 i 2003 er kalt **Maskinprototyp V** (med vannpumpe).
- ✓ Pinbone-maskin som ble testet i Dalvik i uke 38 (september) i 2003 med to beinplukkerotorer i serie for hvert maskinløp er kalt for **Maskinprototyp VI** (med vannpumpe).

4.1 Maskinprototyp V (juni 2003)

De stegvise endringene av maskinen som har funnet sted før juni 2003 er beskrevet i foregående SINTEF-rapporter. Maskinprototyp V har ikke fysisk vesentlige endringer i forhold til Maskinprototyp IV, kun vedrørende mindre detaljer. Carnitech var i juni 2003 kommet til en fase i maskinutviklingen der optimalisering av de ulike funksjoner/parametere var en viktig og kritisk oppgave. Før testen i Dalvik hadde Carnitech (ifølge Thomas Nørgaard) spesielt arbeidet med følgende problemstillinger for Maskinprototyp V:

- optimalisering av antall tenner i rotor
- detaljutforming av rotorens tenner og mellomliggende hulrom
- finne optimal vinkel mellom rotor og filèt slik at bein kommer inn i rotor i gunstig retning
- optimal bevegelse (høyde og vinkel) av rotor i forhold til filètdel ved endring av styrekurve i PLS (programmerbar logisk styring), med lengdedata for filèten som input
- optimalisere bevegelsen av rotor spesielt mht å fange inn de lange beinene i frontpartiet av filèten
- valg av optimal rotasjonshastighet for rotor, også relatert til hvor mye fiskekjøtt som skal fjernes for at rotoren skal få tilgang til og inngrep med beinene
- valg av gunstig hastighet for transportbåndet gjennom maskinen relatert til råstoffet som behandles, koordinert med rotorens hastighet
- optimalisering av parametere som eventuelt kan hindre at tykkfiskbein knekker under beinplukkeoperasjonen

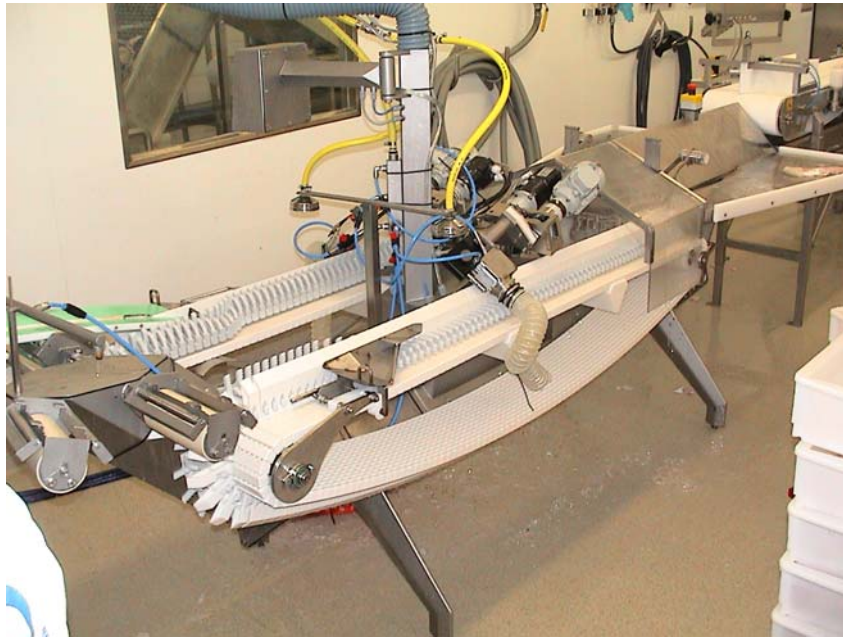


Fig. 4.1 Pinbonemaskinen er klargjort for tester i Dalvik (Samherji hf) på Island i juni 2003. Kun det ene maskinløpet (venstrefilèter) ble benyttet.



Fig. 4.2 Kommunikasjon mellom operatør for Pinbone-maskinen og maskinens PLS skjer via et display der operatøren kan velge verdier for parametere som inngår i styringen. Vha displayet startes og stoppes maskinen.

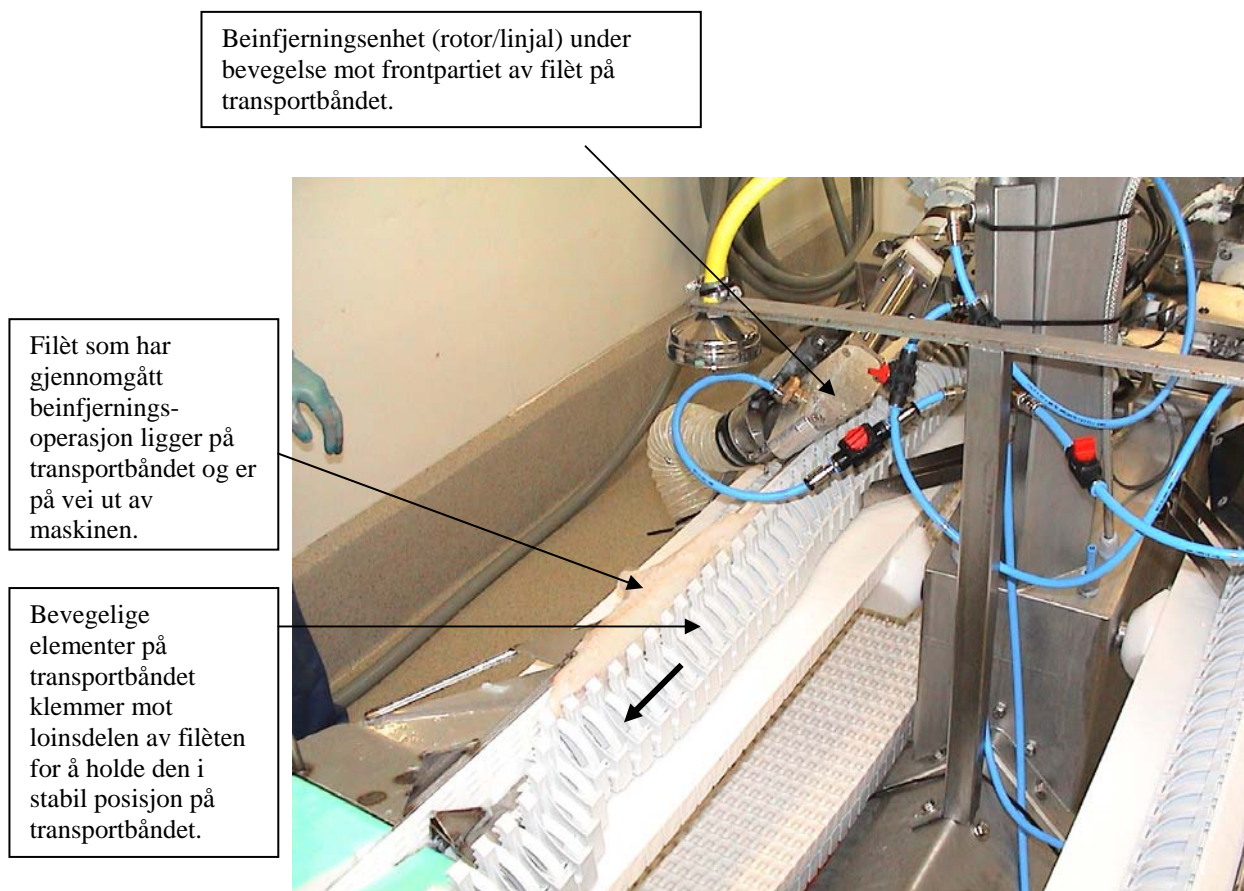


Fig. 4.3 Bilde av 2 filèter på Pinbone-maskinenes transportbånd. Den bakre filèten er nesten skjult bak maskinens beinplukkeorgan. Øverst til høyre på bildet er mot maskinens innmatingsparti. Pilen på transportbåndet angir bevegelsesretningen.

Pinbone-maskinen er gitt en enkel og kompakt design tatt i betraktning dens mange funksjoner og innretninger. Maskinen har 2 løp, et for venstre og et for høyre filèter. Disse to løpene av maskinen er speilvendt like. Maskinen har ett display for kommunikasjon mellom operatør og maskinens styring. Displayet kan svinges til hver side og dekker slik sett operatørens kommunikasjonstilgjengelighet på en god måte.

Maskinprototyp V preges fortsatt av å være en prototyp der noen detaljer er under endring og disse vil sannsynligvis i endelig utførelse få en mer fullverdig design. Maskinen kan uten for store omkostninger forlenges slik at flere (eksempelvis 2) plukkeorgan kan monteres i serie på hvert maskinløp. Denne muligheten ble drøftet under testingen i Dalvik i juni.

4.2 Maskinprototyp VI (september 2003)

Erfaringene fra testingen i juni i Dalvik gjorde at Carnitech valgte å ombygge Pinbone-maskinen slik at den fikk 2 beinplukke-enheter i serie for hvert maskinløp. Valg av denne utviklingsretningen som var sterkt ønsket fra SINTEFs side ga et markert løft i resultatene for maskinen. Ombyggingen medførte at maskinrammen og transportbåndet måtte forlenges og maskinen ble utstyrt med et ekstra sett av servomotorer med anordninger for drift og bevegelse av plukkerrotorene. PLS-en måtte også utvides slik at de ekstra rotorene kunne styres uavhengig av de opprinnelige. Videre er Pinbone-maskinen i ny utgave utstyrt med et display som viser resultater og statistikkdata fra registreringene i SensorX. Dette gir den som stiller inn styreparametrene for Pinbone-maskinen en enklere situasjon da beinfjerningsresultater under en innkjøringsfase umiddelbart vises på displayet som står ved siden av PLS-styringenes kontrollpaneler.

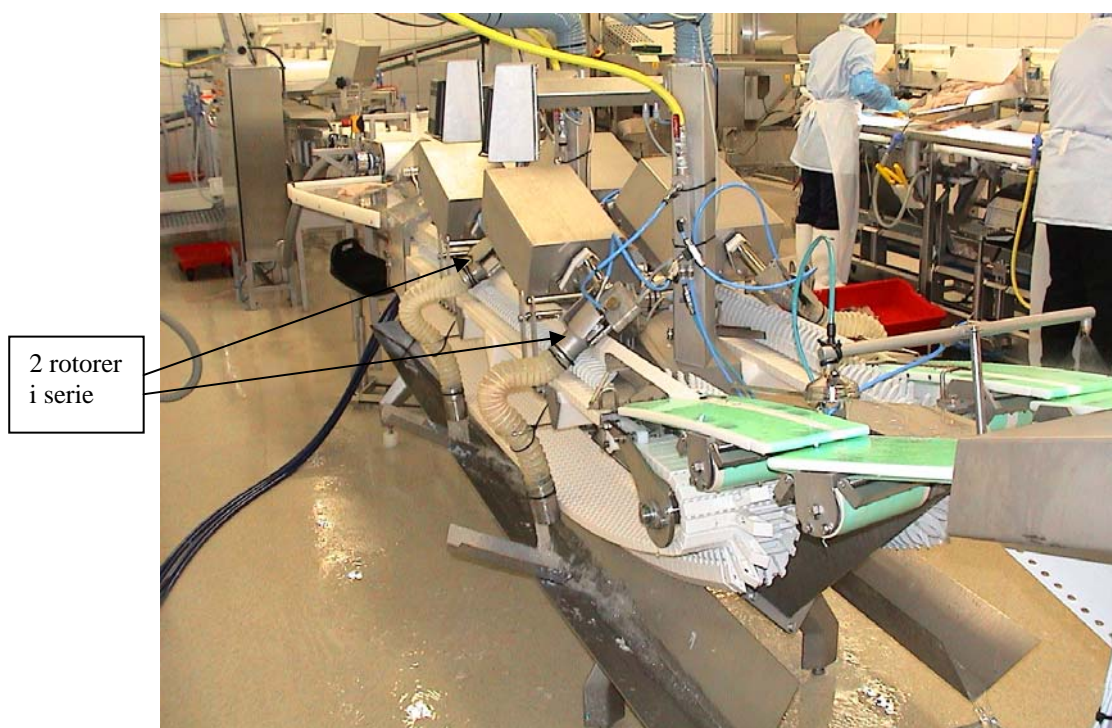


Fig. 4.4 Pinbone-maskinen i utførelse kalt Maskinprototyp VI med 2 beinplukke-enheter i serie for hvert maskinløp. Dobbelt sett av plukkerrotorer sees midt på bildet. Spylevannet (inklusive beinrester m.v.) fra rotorene ble under testene sendt i en renne på hver side av maskinen og ned i en oppsamlingskasse på gulvet.



Fig. 4.5 Pinbone-maskinen er i utførelse kalt Maskinprototyp VI utstyrt med eget display der resultater fra SensorX-registreringer vises. Dette gir rask tilbakemelding til maskinens operatør under en prøvekjøringsfase om de endringer som er gjort falt heldige ut.

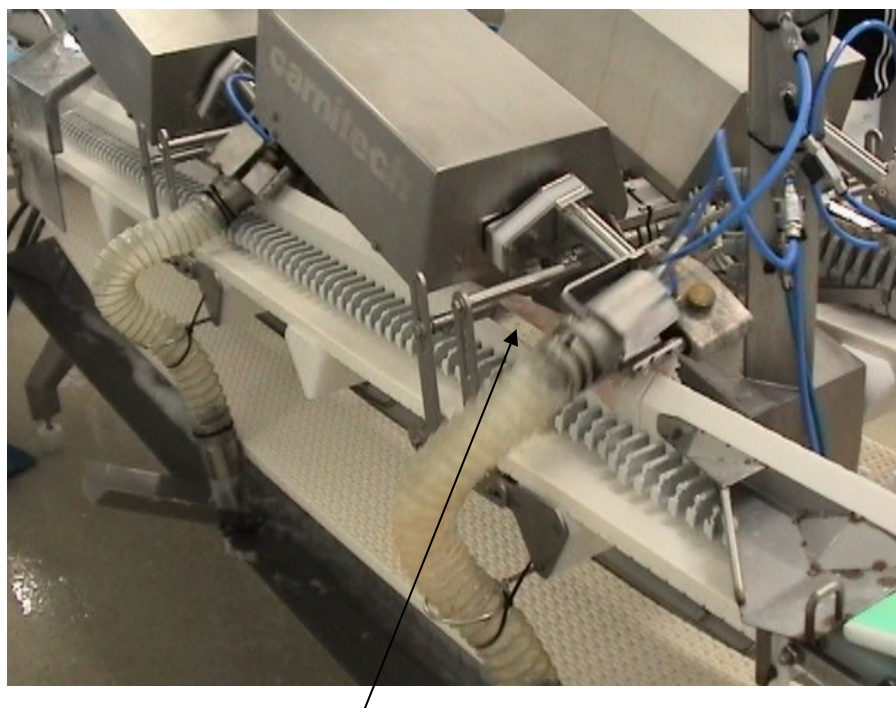


Fig. 4.6 Eksisterende løsning for transportbånd gjennom Pinbone-maskinen gir begrenset holdekraft for å fastholde filèten under beinfjerningsoperasjonen. For å kompensere for denne ulempen har Carnitech montert bånd av fjærstål (se pilen) som trykker filèten ned mot transportbåndet. Dette er muligens ikke en fullgod løsning.

5 Beskrivelse av Deteksjonsenhet SensorX

Deteksjonsenheten SensorX var ifølge Marel (juni 2003) ikke endret på noen vesentlige punkter siden forrige test som foregikk i Stamsund. Algoritmen som analyserer røntgenbildene for å påvise restbein i filètene var heller ikke endret.

Innen testen i september 2003 var det gjort noen endringer som omtales i det følgende, se dette og neste kapittel.



Fig. 5.1 SensorX montert i prosesslinjen i Dalvik. Til høyre på bildet skimtes Pinbone-maskinen. Til venstre er utløpsenden av SensorX. SensorX er utstyrt med egne små display for kommunikasjon mellom operatør og maskinens styrefunksjon, gjelder bl.a. statistikkdata. Maskinen kan koples til PC for utveksling av data om røntgenbilder og behandling av disse, samt endring av funksjoner og styringsparametere.

SensorX er beskrevet også i foregående rapporter fra SINTEF, bl.a. med opplysninger om ytre mål, kapasitet m.v.



Fig. 5.2 Display som viser resultater av røntgendeteksjonen i SensorX med tilhørende statistikkdata er blitt oppgradert for testen i september 2003. Systemet gir detekterte tykkfiskbein en rød farge og øvrige detekterte bein en gul/orange farge. Systemet skiller mellom disse to beinkategoriene. Andel filèter fri for alle beintyper beregnes, andel fri for tykkfiskbein likeså. Andel filèter fri for tykkfiskbein i de 3 sonene "front", "middel" og "tail" registreres. Sonene har tilknytning til det området av filèten der tykkfiskbein er lokalisert. Ved analyse av ny filèt blir den aktuelle stolpen i displayet rød (detektert bein) eller grønn (fri for bein), ellers sort.

6 Beskrivelse av prosesslinje for beinfjerning og beindeteksjon

Prosesslinjen som var montert ved Samherji i Dalvik var gitt en utforming som bar preg av at utviklingsarbeidet var kommet et godt stykke videre i forhold til situasjonen ved testen i Stamsund i januar. Spesielt gjaldt dette stasjonene for fortrimming og ettertrimming.

Prosesslinjen i Dalvik er omtalt nedenfor.

Sample layout*

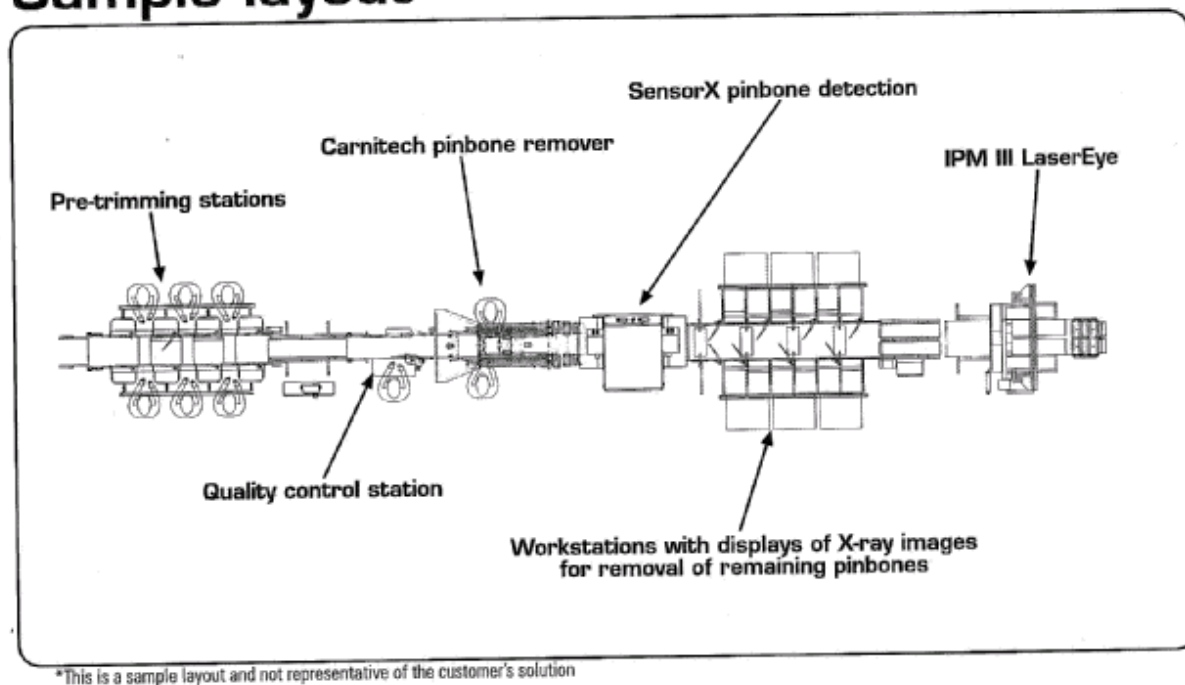


Fig. 6.1 Skissen viser de ulike stasjonene i prosesslinjen ved Samherji, Dalvik. Skissen er hentet fra en brosjyre fra Marel.

Stasjon	Antall operatører	Operasjonsbeskrivelse
Pretrimming	6 operatører; 3 for høyrefilèter og 3 for venstrefilèter	Inngående filèt fra filèteringsmaskin blir trimmet ved at blodflekker, kveis, hinnerester og rester av finnebein o.l. fjernes fra filèten.
Kvalitetskontroll/veiging	1 operatør (sporadisk)	Kvalitetskontroll av filèter basert på stikk kontroll. Alle filètene veies automatisk for beregning av råstoffutbytte.
Pinbone-maskin	2 operatører primært for innmating i maskinen.	Innmating av filèter i Pinbone-maskinen er manuell. Tykkfiskbein fjernes automatisk av maskinen.
Røntgendetektor SensorX	Ingen faste operatører.	SensorX tar røntgenbilde av hver filèt, bildene analyseres av et databehandlingssystem som ”merker” filèter med restbein. Datainput til system som sender filèter med restbein til ettertrimming.
Ettertrimming	Maks. 6 operatører; 3 for høyrefilèter og 3 for venstrefilèter	Filèter med restbein sendes automatisk til ledig operatør for ettertrimming der restbein i filèten blir fjernet vha tang. Operatøren får anvisning via display om hvor restbein befinner seg i filèten. Når operatøren er ferdig med en filèt og har forsikret seg om at filèten er helt beinfri ved bruk av fingertuppene, skyves filèten inn i en skuff og operatøren trykker på en knapp som signaliserer at operatøren kan få en ny filèt til behandling.
Porsjonskutting	1 operatør legger filètene til rette på transportbåndet. 1 operatør kutter loins fra bellyflap, etter porsjonskutteren.	Manuell tilrettelegging av filètene på transportbåndet. Automatisk porsjonskutting på tvers av filètene i porsjonskutteren. Manuell kutting av loins fra bellyflap. Filèt delene går videre til neste steg i prosessen på transportbånd.

Tabell 6.1 Tabellen beskriver stasjonene og operasjonene i prosesslinjen i Dalvik. Innholdet og bemanningen for porsjonskuttingen vil antakelig variere alt avhengig av hvilke produkter som produseres. Testene i september 2003 viste behov for endring av antall arbeidsstasjoner/operatører.



Fig. 6.2 Bildet viser 2 operatører på fortrimmestasjonen, for handtering av venstrefilèter.



Fig. 6.3 Automatisk veiing samt kontrollstasjon til høyre på bildet. En operatør mater filèter inn i Pinbone-maskinen. Bak Pinbone-maskinen står SensorX.



Fig. 6.4 Stasjon for ettertrimming, plassert etter SensorX. Filèter med restbein fordeles automatisk til ledig operatør som trekker ut restbein med tang og foretar kontroll på at filèten er helt beinfri. Operatørene bruker aktivt informasjonen på displayet om hvor restbein befinner seg i filèten. Stasjonen har forbedringspotensiale for ytterligere effektivisering og bedre ergonomi.



Fig. 6.5 Display montert på stasjon for ettertrimming. Systemet gir rød markering der SensorX har funnet tykkfiskbein i filèten. Juni 2003.



Fig. 6.6 Bilde av panelet på SensorX med visning av analysert røntgenbilde. Nede til venstre på panelet og i tabellen vises statistiske resultater.

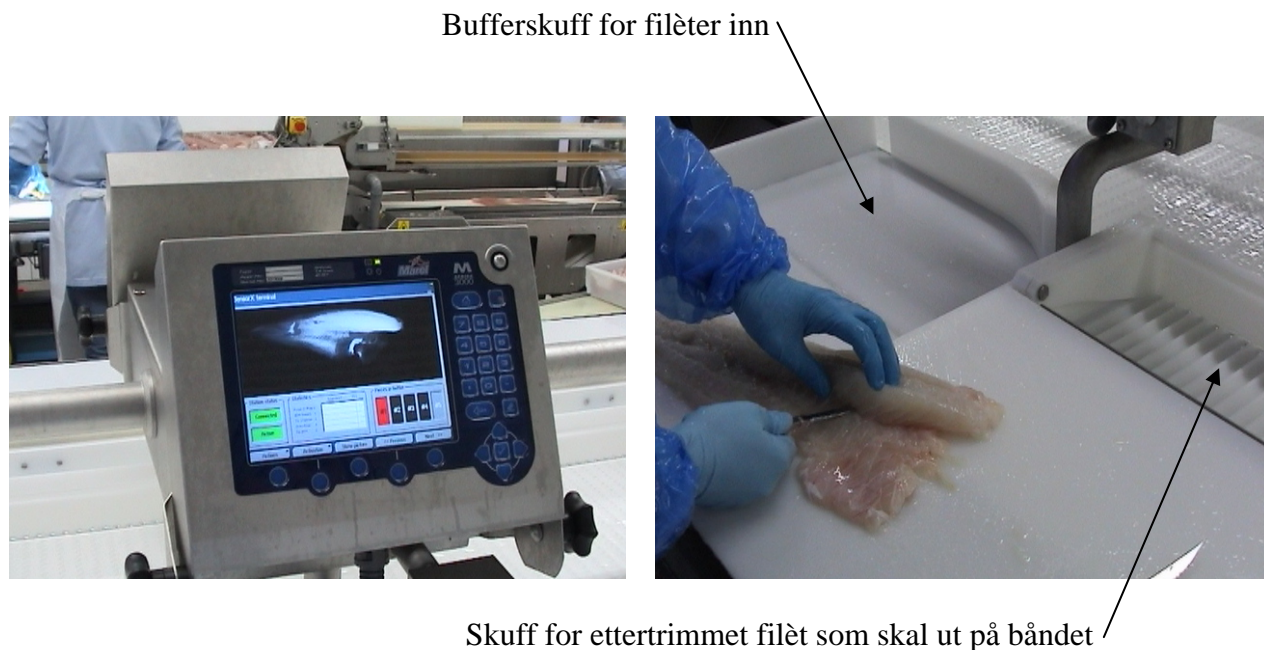
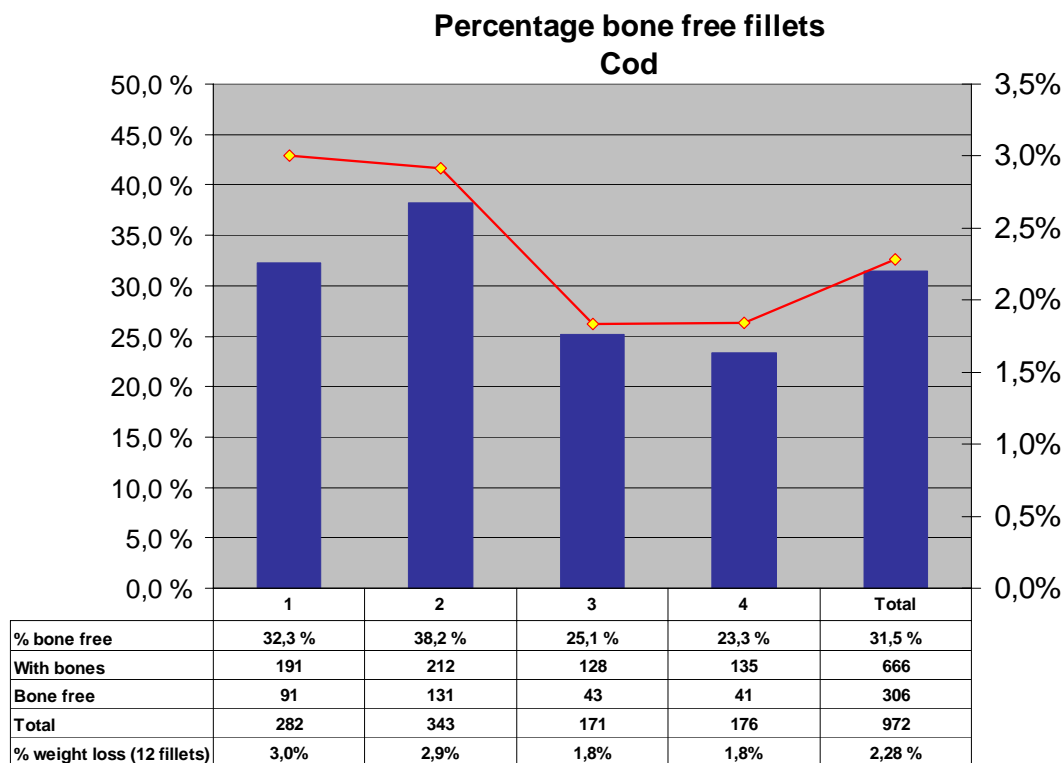


Fig. 6.7 Displayene som viser røntgenbildene for operatørene for ettertrimming er utvidet mht funksjon (sept. 2003). Stasjonene for ettertrimming er taktuavhengige og er forberedt for en inngående buffer på 5 stk. filèter. Antall filèter i bufferskuffen (se pilen øverst) markeres på displayet med rød stolpe. Operatørene kaller fram aktuelt røntgenbilde på displayet når filèten ettertrimmes. Dette systemet virker effektivt i bruk. På Island ble det benyttet enkle nebbtenger for fjerning av restbein. Disse tengene er ikke optimalisert for oppgaven.

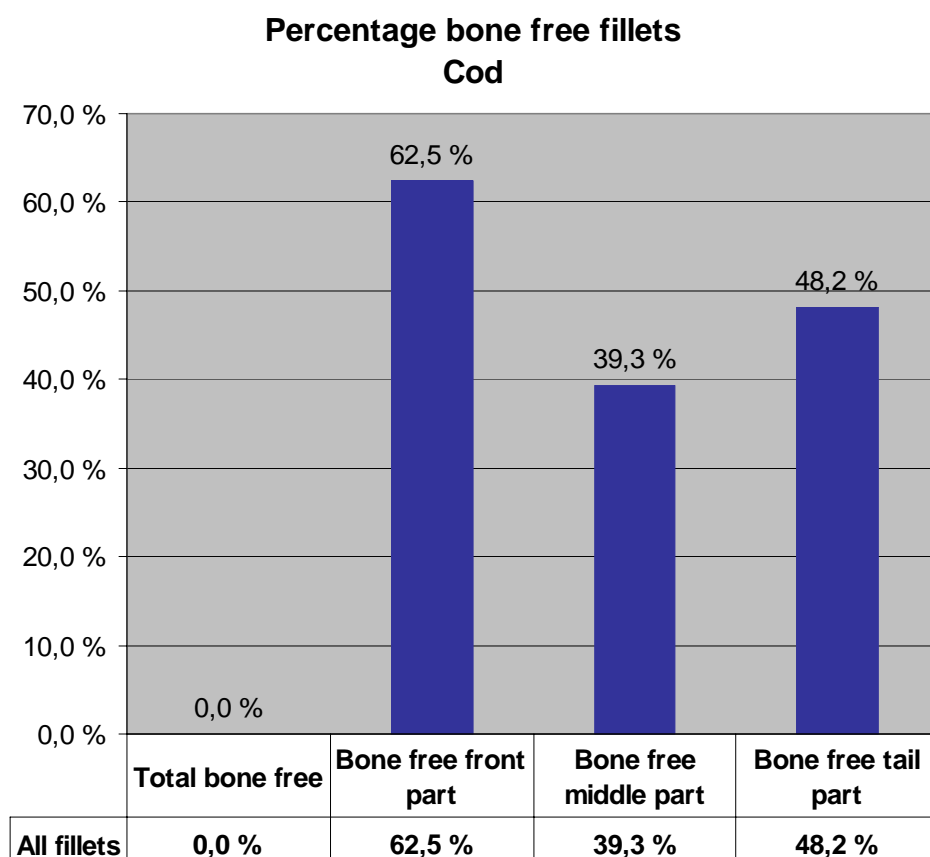


Fig. 6.8 Stasjon for ettertrimming. Operatøren nærmest gir signal til systemet om at en filèt er ferdig behandlet ved å trykke på knappen.

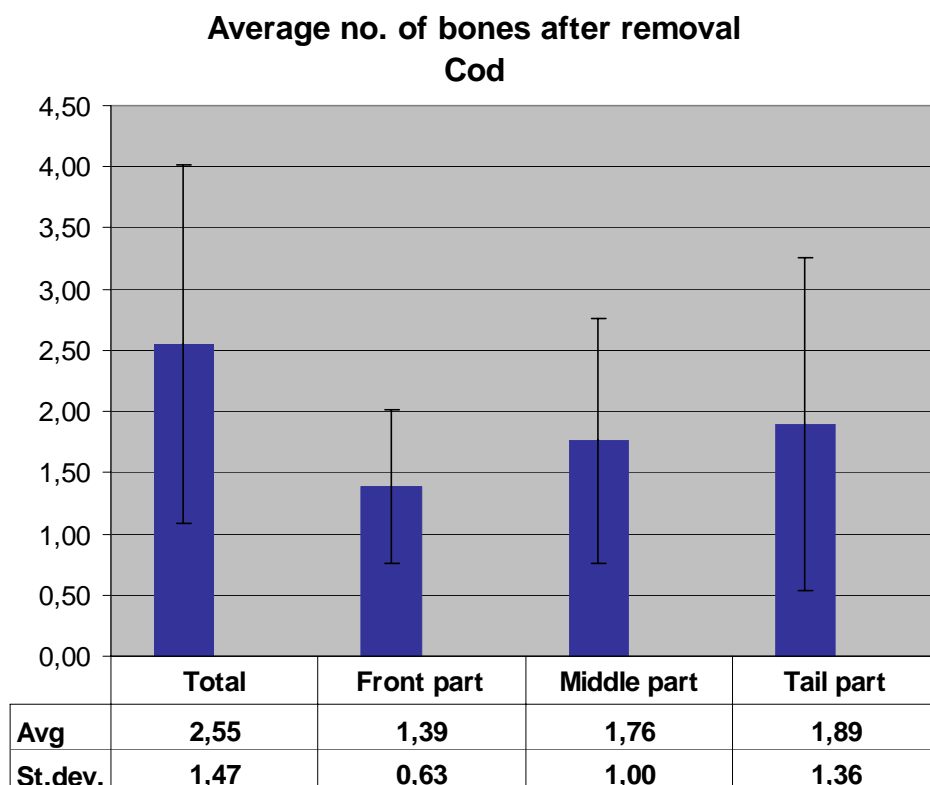
7 Testresultater for Pinbone-maskinen i Dalvik i juni 2003



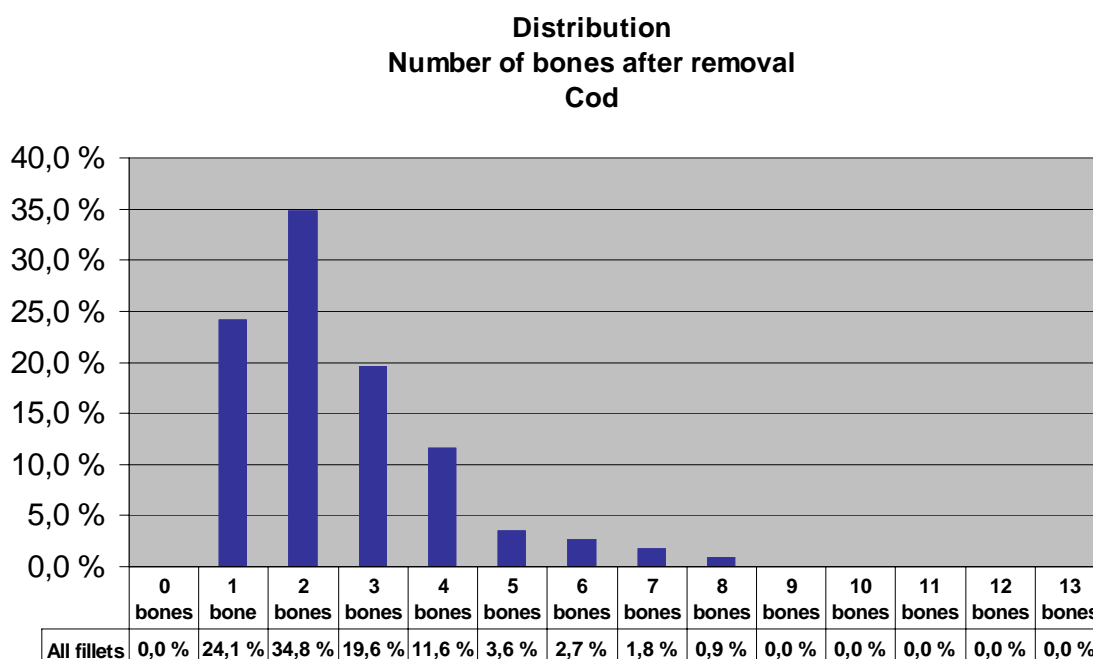
Figur 7.1 Diagrammet viser andelen helt beinfrie filletter fra Test A del 1. Testen omfattet 4 batcher. Resultatet er vist for hver batch og for testen totalt, se stolpen helt til høyre. Den røde kurven er trukket mellom måleresultatene for vekttap som er angitt i prosent, se skalaen til høyre. (Den røde kurven er ingen trendlinje, men er trukket mellom de gule punktene som representerer enkeltvis veieresultater, samt sum totalt!)



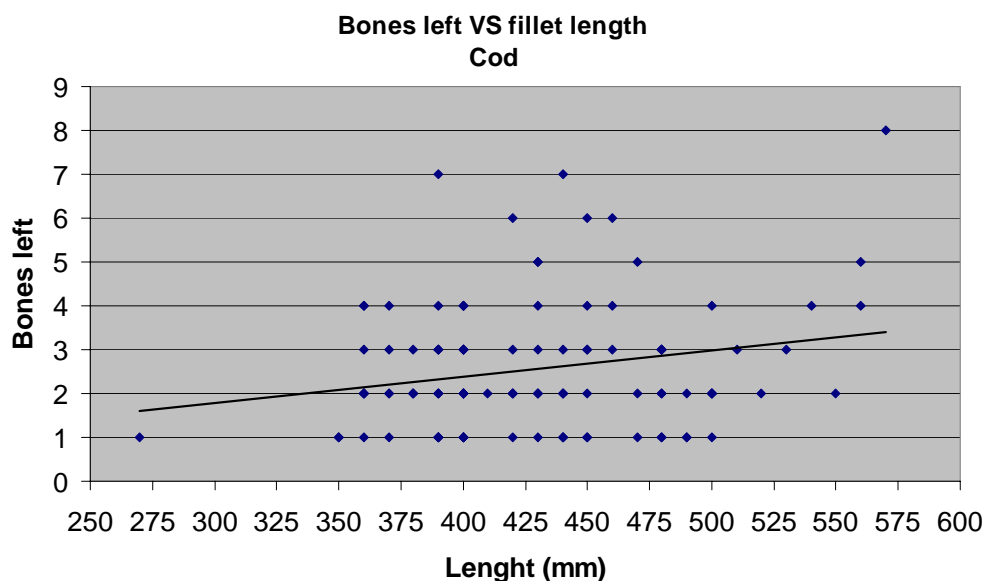
*Figur 7.2 Diagrammet viser **andelen helt beinfrie filèter** i de 3 seksjonene "front, middle og tail part" (i tykkfiskbeinregionen) fra **Test A del 2**. I denne testen inngikk ikke filèter fri for restbein. Derfor er andel "Total bone free" lik 0. Disse testresultatene kan ikke sammenliknes direkte med stolpediagram i foregående rapport.*



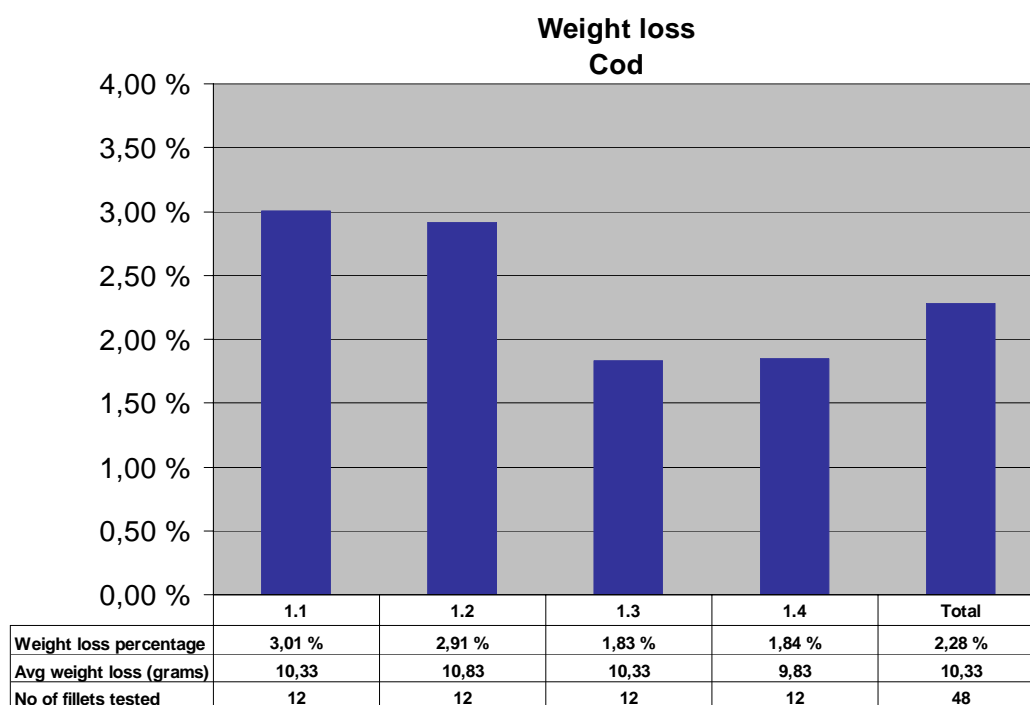
Figur 7.3 Diagrammet viser *gjennomsnittlig antall restbein* i filèter fra Test A del 2 i de 3 seksjonene "front, middle og tail part" (i tykkfiskbeinregionen). I denne testen inngikk ikke filèter fri for restbein. Disse testresultatene kan ikke sammenliknes direkte med stolpediagram i foregående rapport.



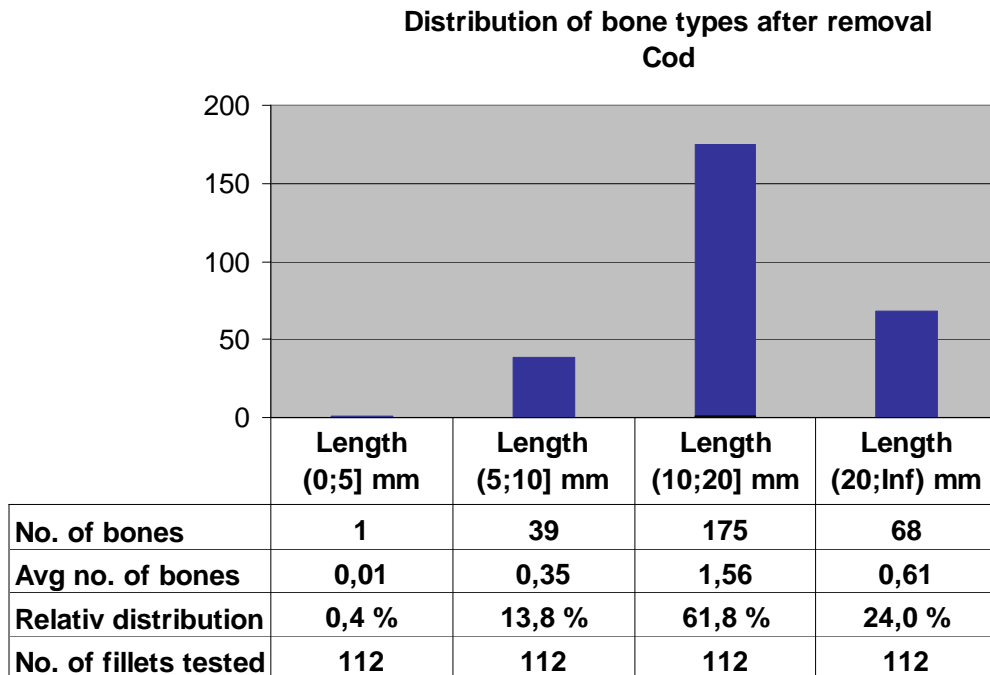
Figur 7.4 Diagrammet viser *den prosentvise fordelingen av filèter med henholdsvis 1 restbein, 2 restbein osv.* fra Test A del 2. I denne testen inngikk ikke filèter fri for restbein. Disse testresultatene kan ikke sammenliknes direkte med stolpediagram i foregående rapport.



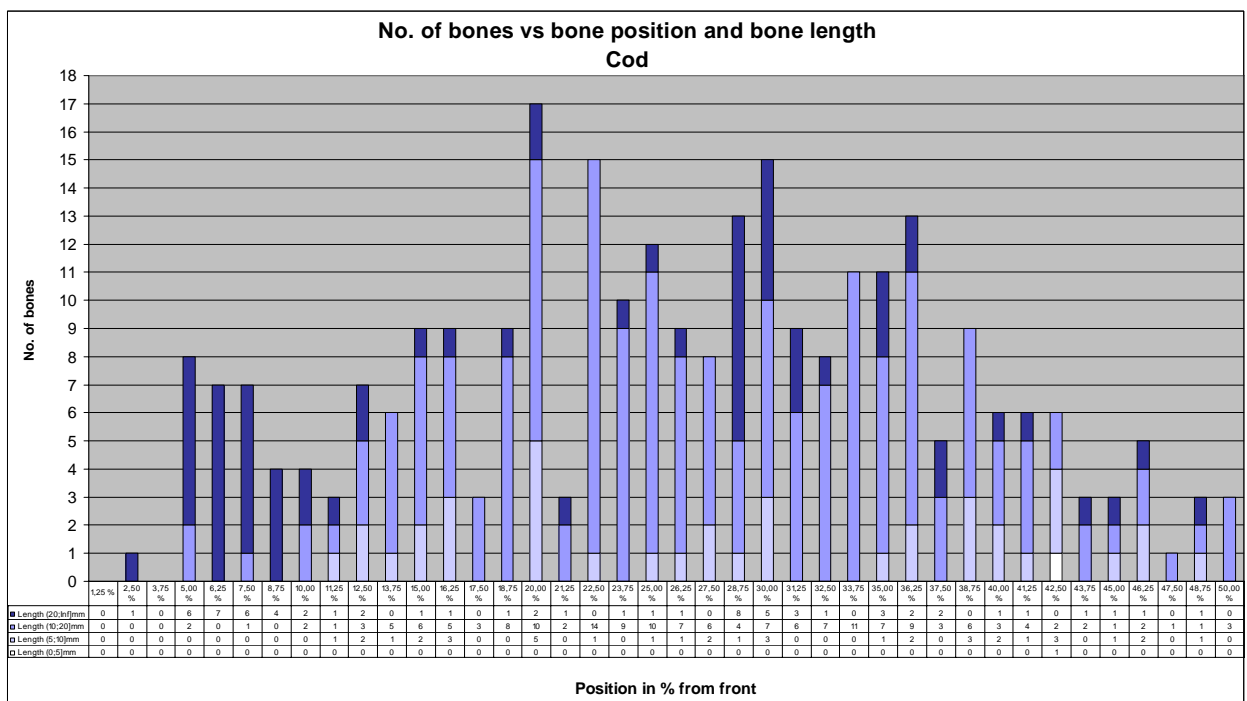
Figur 7.5 Diagrammet viser en trendlinje for antall restbein i filètene etter bearbeiding i Pinbonemaskinen, avhengig av filètens lengdemål, fra Test A del 2. Enkeltpunktene er tatt med i diagrammet. Bak hvert punkt kan det være flere enkeltmålinger. Totalt antall filèter: 112. Disse testresultatene kan ikke sammenliknes direkte med stolpediagram i foregående rapport siden helt beinfrie filèter ikke inngår i den undersøkte filètmengden.



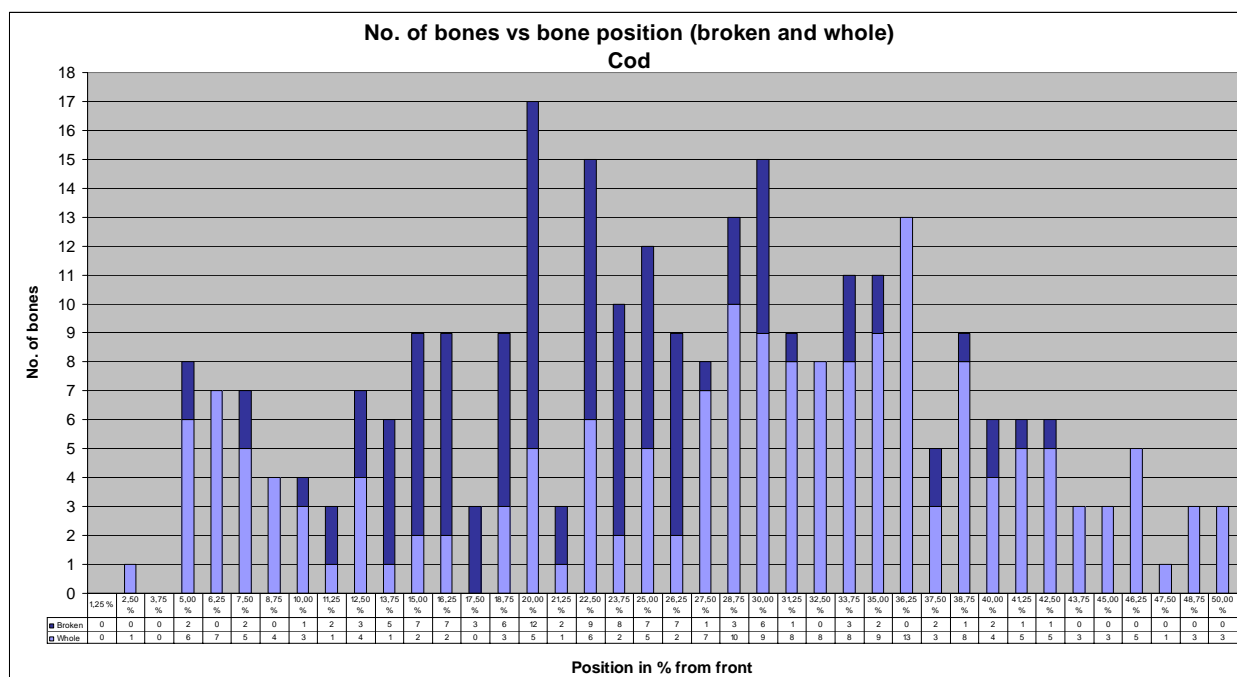
Figur 7.6 Diagrammet viser vekttap i prosent av total veid mengde for 4 x 12 filèter for de 4 batchene fra Test A del 1. Stolpen til høyre viser totalresultatet for testen.



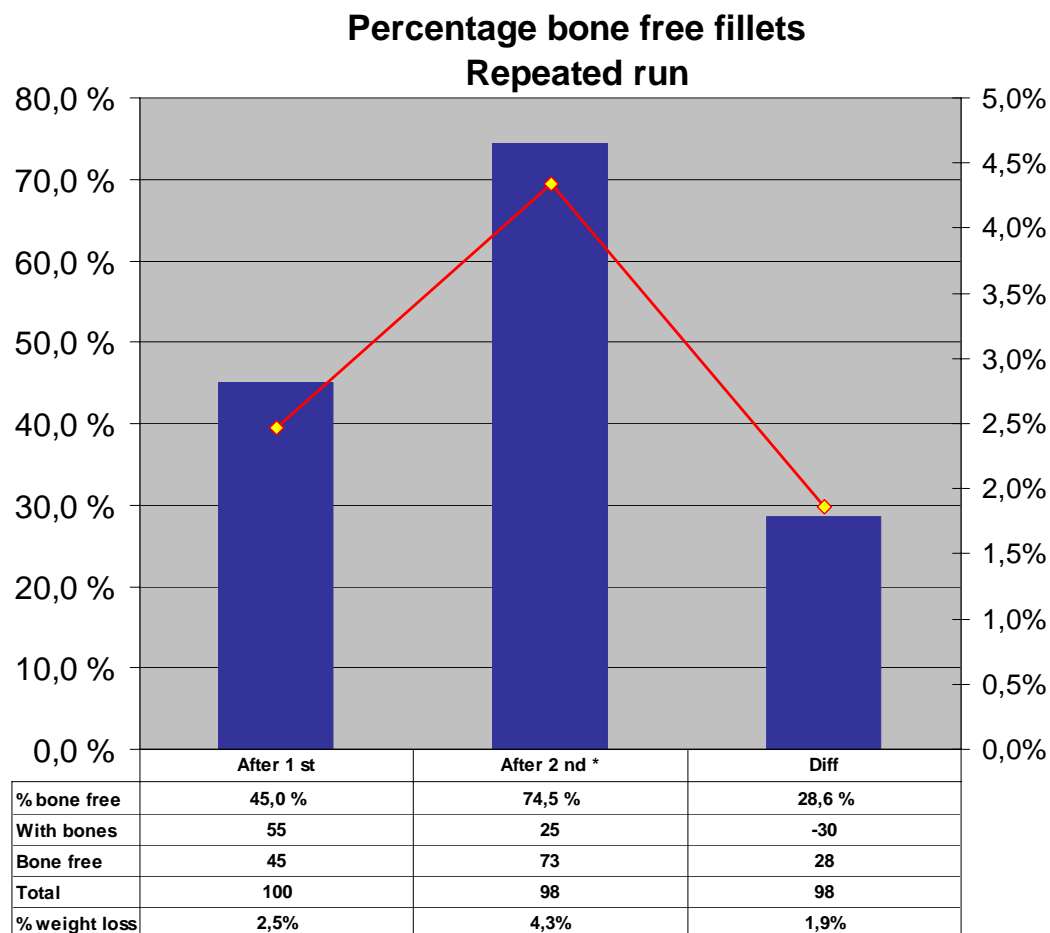
Figur 7.7 Diagrammet viser **antall bein i ulike lengdegrupper (beinlengder)** i filleter fra *Test A del 2*, etter behandling i Pinbonemaskinen. Gjennomsnitt antall bein i hver lengdegruppe pr. filèt er vist i tabellen, likeså andelen av bein i hver lengdegruppe i prosent av total beinmengde.



Figur 7.8 **Antall av ulike lengdegrupperinger (lengdegruppene er definert til venstre i tabellen, lengste bein (>20 mm) har mørk blå stolpe)** av tykkfiskbein der de er lokalisert i filètene fra *Test A del 2*. Posisjonen er angitt som en prosentandel av filètens totale målte lengde. I tabellen er angitt antall bein som ble funnet i aktuell posisjon, av ulike beinlengder.



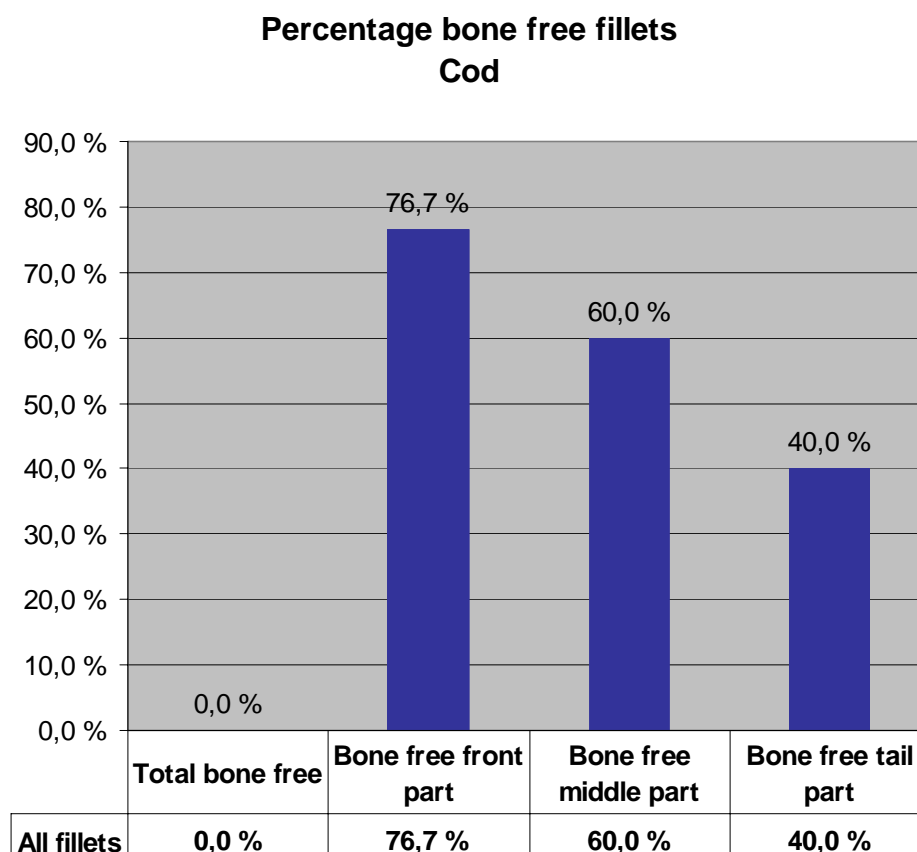
Figur 7.9 Antall av brekte og hele tykkfiskbein der de er lokalisert i filètene fra Test A del 2. Mørk blå stolpe er brekte bein, lys blå er hele bein. Posisjonen er angitt som en prosentandel av filètens totale målte lengde. I tabellen er angitt antall brekte og hele bein som ble funnet i aktuell posisjon. Totalt er det en andel knekte bein på 36% av de 281 beinene som ble undersøkt.



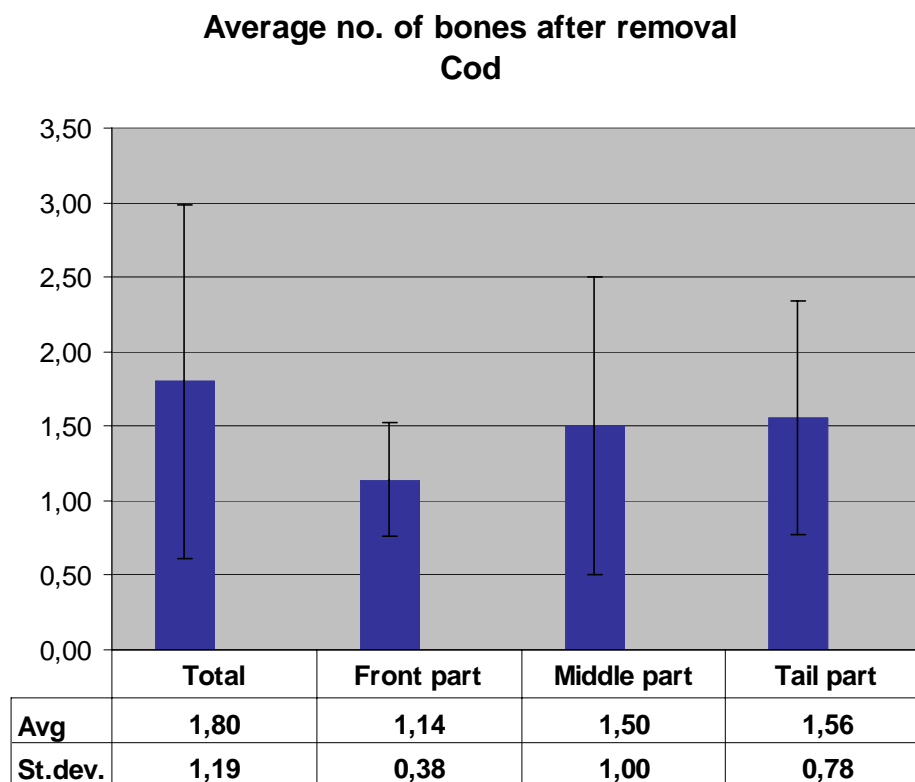
Figur 7.10 Diagrammet viser **andelen helt beinfrie filèter** fra **Test B**. I denne testen ble filètene behandlet 2 påfølgende omganger i Pinbonemaskinen. Stolpen til høyre viser differansen mellom de to stolpene til venstre og representerer derfor resultatforbedringen/-forverringen for kjøring nr. 2 gjennom Pinbonemaskinen. Tabellen viser at 45 filèter var helt beinfri etter kjøring nr. 1 og at antallet var økt til 73 filèter etter kjøring nr. 2, tilsvarende en andel på 74,5%. To filèter manglet etter kjøring nr. 2. Vektmålingene er korrigert for dette. Den røde kurven er trukket mellom de enkelte måleresultatene for **vekttap som er angitt i prosent**, samt differansen, se skalaen til høyre. (Rød kurve mellom de gule punktene skal ikke oppfattes som trendlinje!)

8 Testresultater for Pinbone-maskinen i Dalvik i september 2003

8.1 Resultater fra test D (analyser av restbein i 30 filèter)

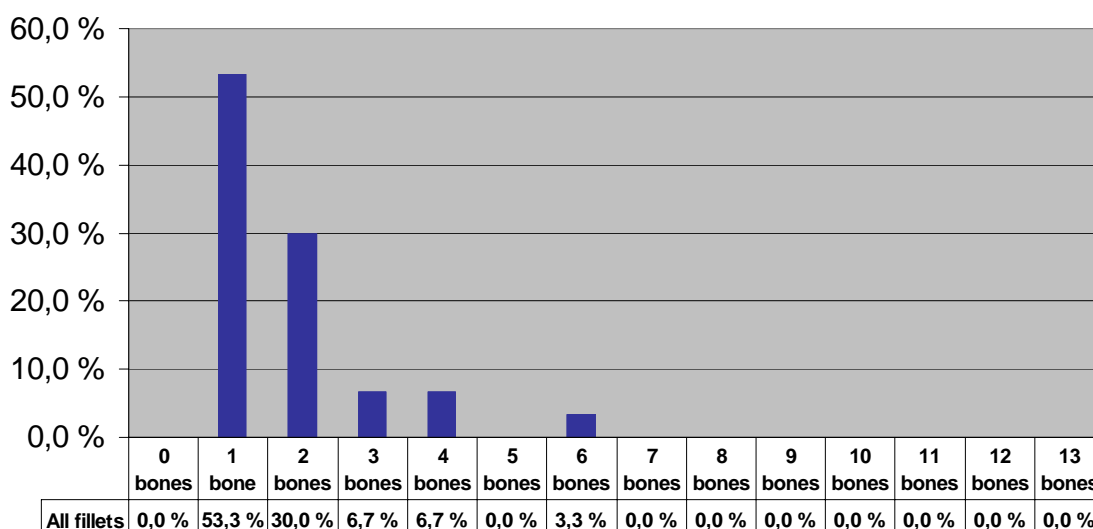


Figur 8.1 Diagrammet viser **andelen helt beinfrie filèter** i de 3 seksjonene "front, middle og tail part" (i tykkfiskbeinregionen) fra *Test D*. Testen omfattet kun 30 filèter. I denne testen inngikk ikke filèter fri for restbein. Derfor er andel "Total bone free" lik 0. Disse testresultatene kan ikke sammenliknes direkte med stolpediagram i foregående rapport.



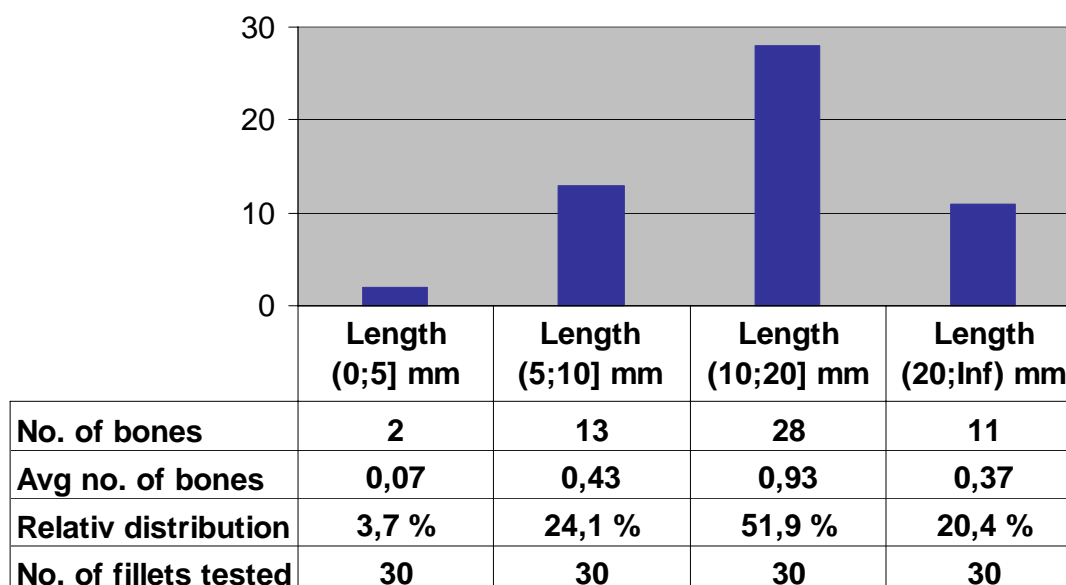
*Figur 8.2 Diagrammet viser **gjennomsnittlig antall restbein** i filèter fra **Test D** i de 3 seksjonene "front, middle og tail part" (i tykkfiskbeinregionen). Testen omfattet 30 filèter. I denne testen inngikk ikke filèter fri for restbein. Disse testresultatene kan ikke sammenliknes direkte med stolpediagram i foregående rapport.*

Distribution
Number of bones after removal
Cod

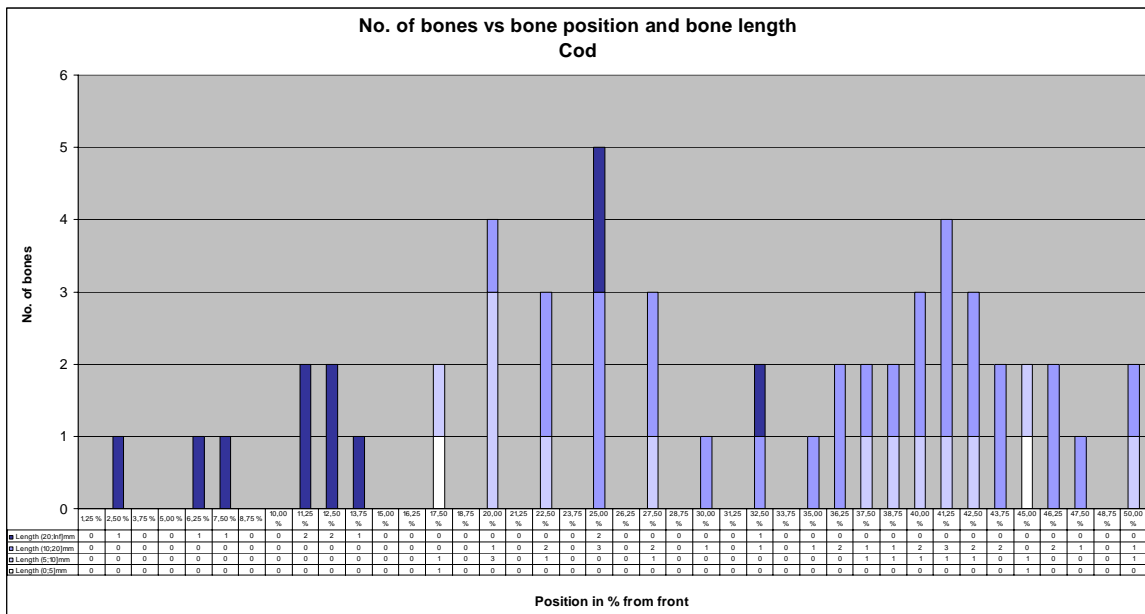


Figur 8.3 Diagrammet viser *den prosentvise fordelingen av filèter med henholdsvis 1 restbein, 2 restbein osv. fra Test D som omfattet 30 filèter. I denne testen inngikk ikke filèter fri for restbein. Disse testresultatene kan ikke sammenliknes direkte med stolpediagram i foregående rapport.*

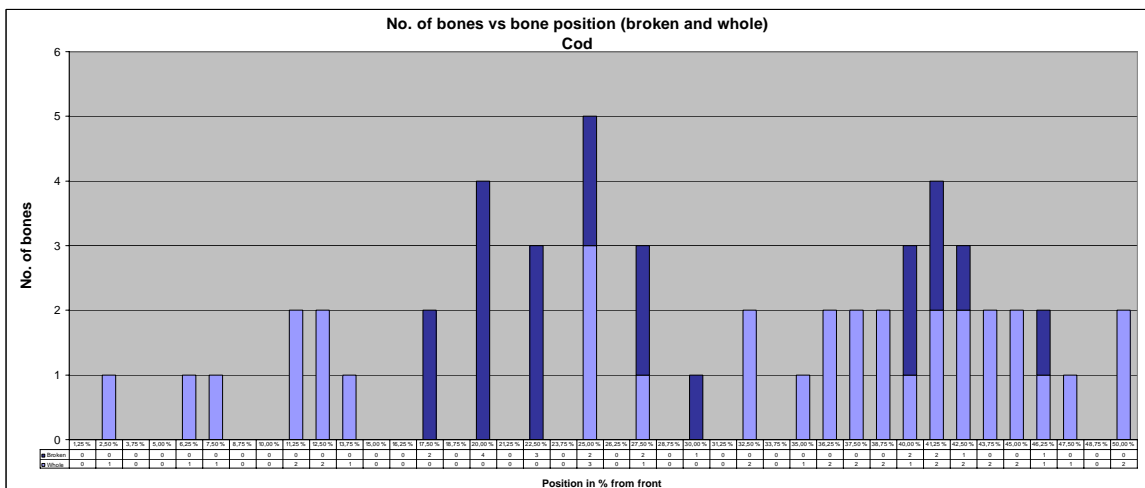
Distribution of bone types after removal
Cod



Figur 8.4 Diagrammet viser *antall bein i ulike lengdegrupper (beinlengder) i filèter fra Test D, etter behandling i Pinbonemaskinen. Gjennomsnitt antall bein i hver lengdegruppe pr. filèt er vist i tabellen, likeså andelen av bein i hver lengdegruppe i prosent av total beinmengde.*



Figur 8.5 **Antall av ulike lengdegrupperinger** (lengdegruppene er definert til venstre i tabellen, lengste bein (>20 mm) har mørk blå stolpe) av tykkfiskbein der de er lokalisert i filètene fra **Test D**. Posisjonen er angitt som en prosentandel av filètens totale målte lengde. I tabellen er angitt antall bein som ble funnet i aktuell posisjon, av ulike beinlengder.



Figur 8.6 **Antall av brekte og hele tykkfiskbein** der de er lokalisert i filètene fra **Test D**. Mørk blå stolpe er brekte bein, lys blå er hele bein. Posisjonen er angitt som en prosentandel av filètens totale målte lengde. I tabellen er angitt antall brekte og hele bein som ble funnet i aktuell posisjon. Totalt er det en andel knekte bein på 37% av de 54 beinene som ble undersøkt.

8.2 Registrering av andel helt beinfrie filèter (Test A, C og E)

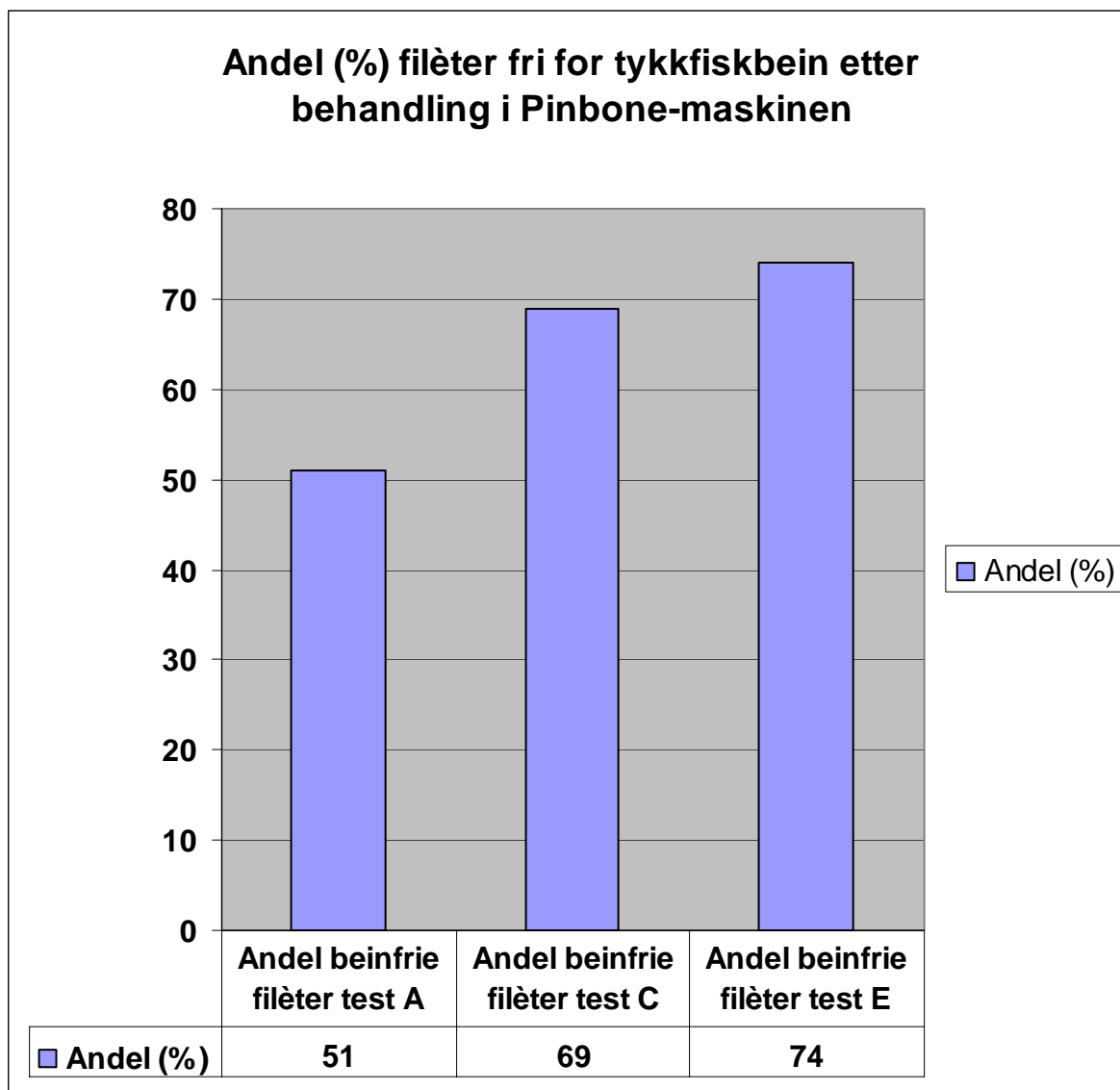


Fig. 8.7 Registreringer av andel filèter fri for tykkfiskbein under testingen i Dalvik, Island, i september 2003 vha SensorX. Test A omfattet 234 filèter, test C omfattet 100 filèter og test E omfattet 804 filèter. Før Test E ble kjørt ble det byttet ut en linjal i rotor nr. 2 i Pinbone-maskinen. Dette kan ha medvirket til at resultatene ble betydelig bedre etter at dette ble utført.

8.3 Målinger av vekttap i trimmelinje (Test A, C og E)

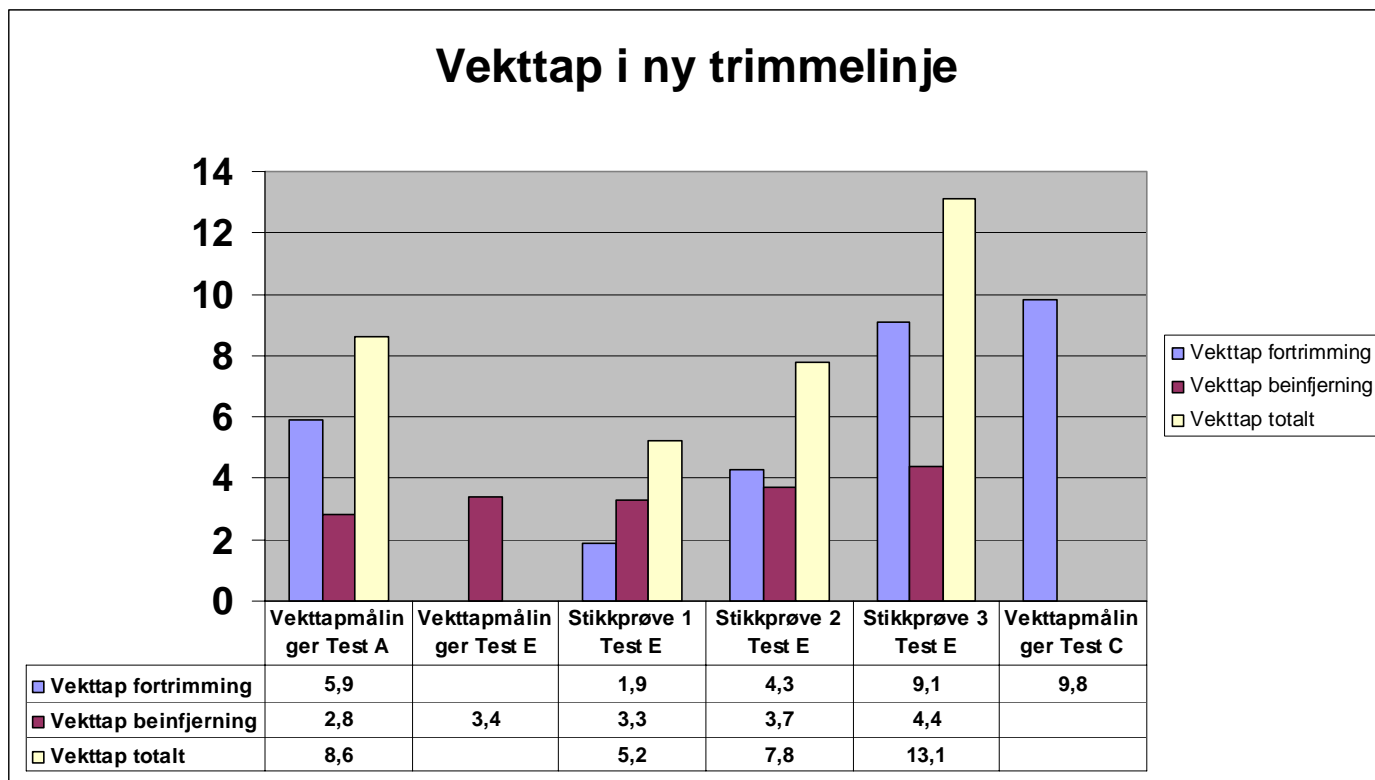


Fig. 8.8 Vektmålinger utført i Dalvik, Island, i september 2003. Vekttap fortrimming (blå stolpe) representerer vektreduksjon som følge av manuelle trimmeoperasjoner ved fjerning av restbein utenom tykkfiskbein, hinnerester, blodflekker og kveis. Vekttap beinfjerning (rød stolpe) representerer vektreduksjon som følge av behandling av filèten i Pinbone-maskinen og under manuell sluttrimming. Vekttap totalt omfatter summen av de to forannevnte kategorier. Vektmålinger i **Test A** omfattet 234 filèter. Vekttapmåling i **Test E** omfattet ca. 800 filèter veiet med in-line vekter i linja. Stikkprøvene var med 10 filèter. Vektmåling i **Test C** omfattet 100 filèter.

8.4 Resultatnoteringer fra Samherji i ukene 35-37/2003

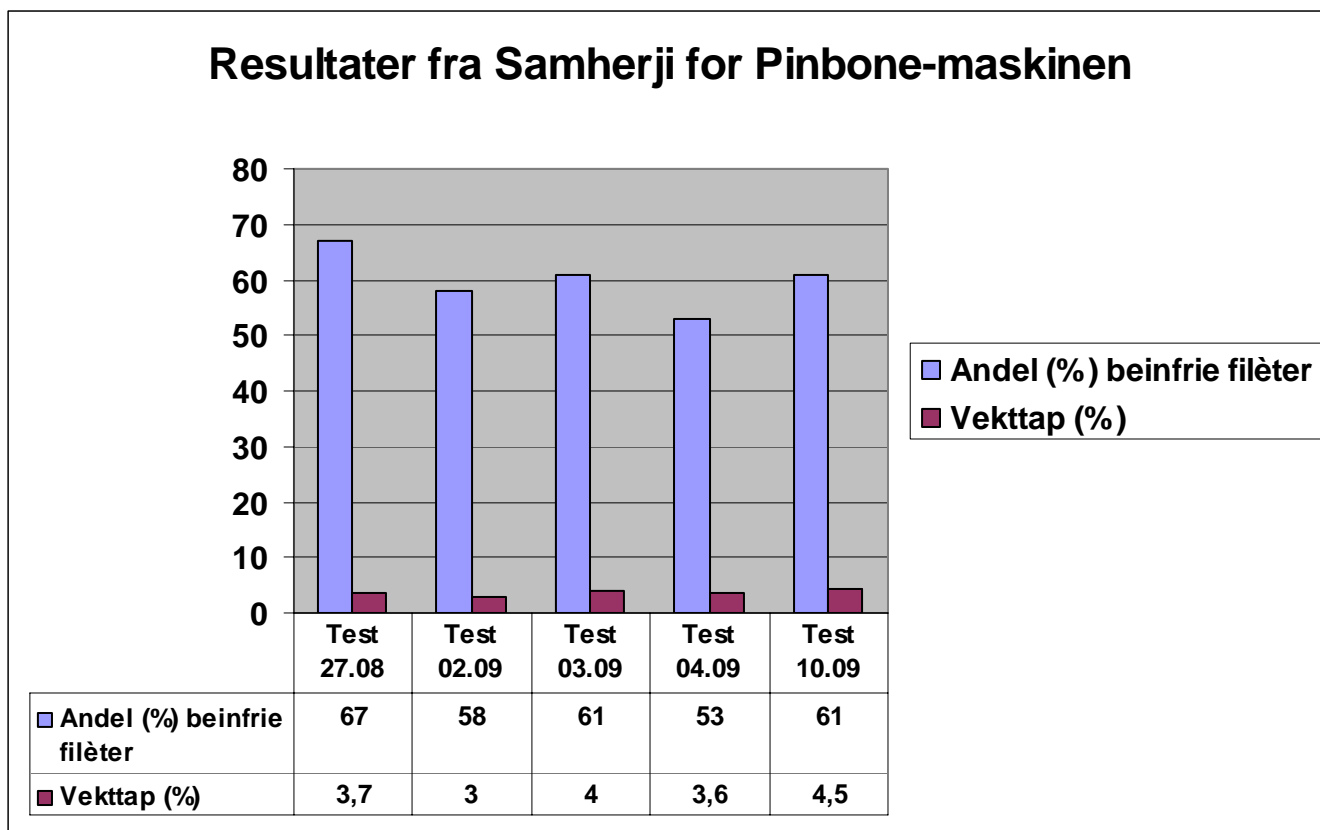


Fig. 8.9 Diagrammet viser resultatnoteringer som er gjort ved bedriften Samherji i Dalvik under bruk av den nye trimmelinjen (med Maskinprototyp VI) fra Marel/Carnitech. Andel beinfrie filèter omhandler tykkfiskbein. Vekttap er relatert til fjerning av tykkfiskbein. Noteringene er gjort i ukene 35, 36 og 37. Råstoffet er torsk. Test 27.08.: 6 døgn gml, 1278 filèter; Test 02.09.: 3-4 døgn gml, 328 filèter; Test 03.09.: 4-5 døgn gml, 66 filèter; Test 04.09.: 4-5 døgn gml, 198 filèter; Test 10.09.: 3-4 døgn gml, 1094 filèter. Vekttapsmålinger er basert på stikkprøver på ca. 10 stk. filèter.

9 Testresultater for deteksjon av tykkfiskbein i torskefilèt vha SensorX i Dalvik i juni 2003

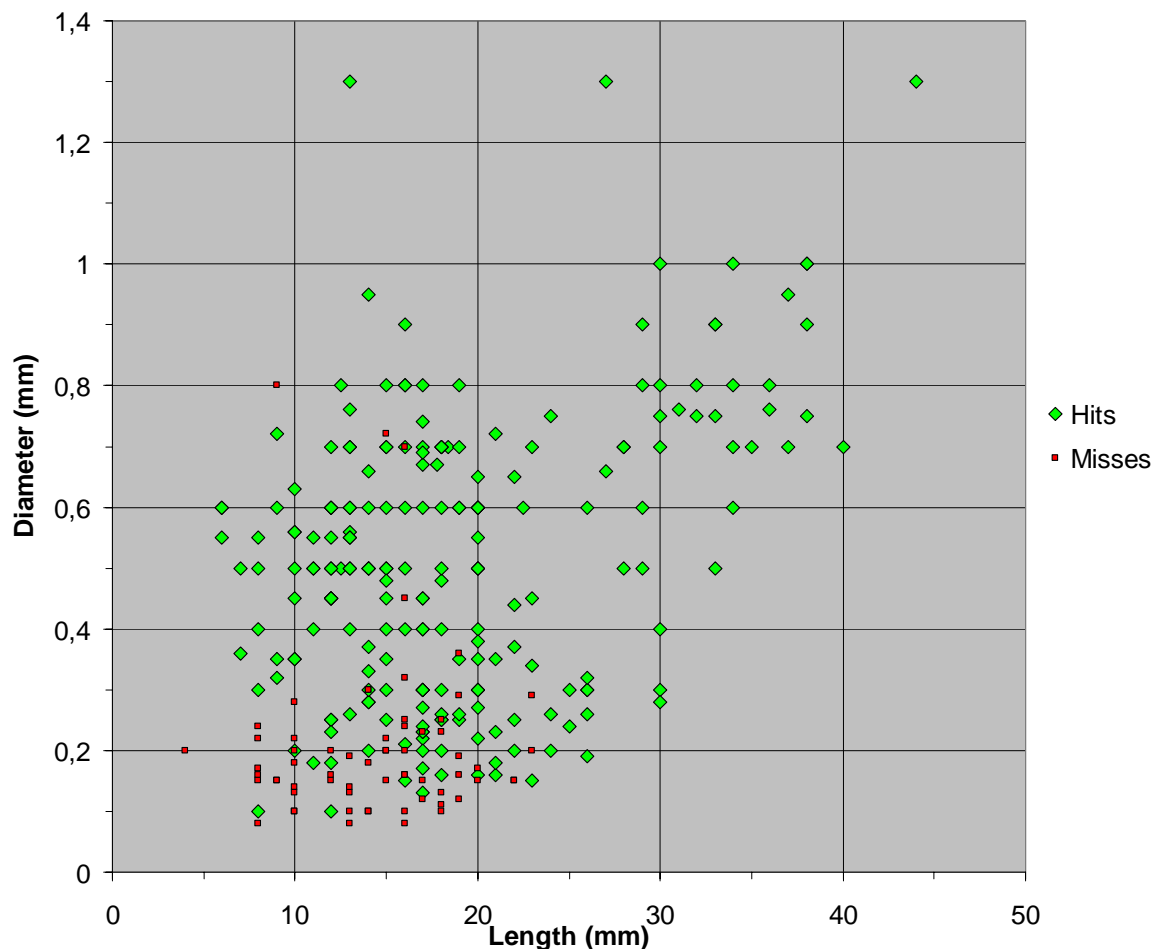
Figurene og diagrammene nedenfor oppsummerer testresultatene for deteksjon av tykkfiskbein med SensorX maskinen. Testen er gjennomført ved at filèter som har vært behandlet i beinfjerningsmaskinen sendes videre gjennom SensorX maskinen, for deretter å kontrolleres manuelt for restbein. Den manuelle kontrollen av filèten sammenholdes deretter med resultatene av deteksjonen med SensorX. De testede filètene utgjør kun et utvalg av den totale mengden filèter som ble kjørt gjennom prosessen, og det er kun filèter med bein som er undersøkt som beskrevet for Test A del 2 fra testene i juni (og Test D i september). Dette er årsaken til at kategorien "False hits on bone free fillets" ikke er med (dvs påvisning av bein i filèter som er beinfrie).

Det var ikke gjort noen vesentlige endringer på SensorX maskinen for testene i juni, siden forrige forsøk i Stamsund i januar 2003.

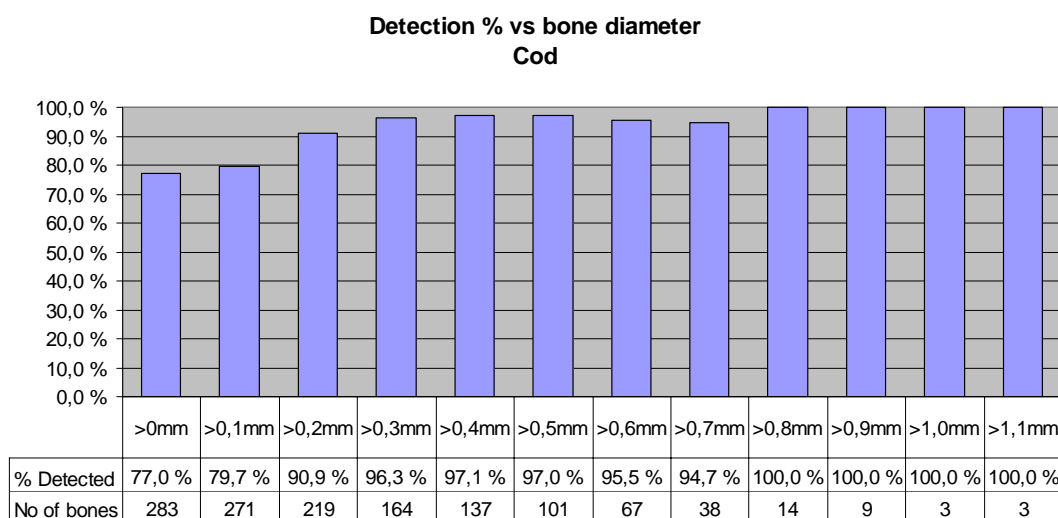
9.1 Resultater fra test A del 2 (juni 2003)

Bones present	283	
Hits	218	77,0 %
Misses	65	23,0 %
False hits	19	6,7 %

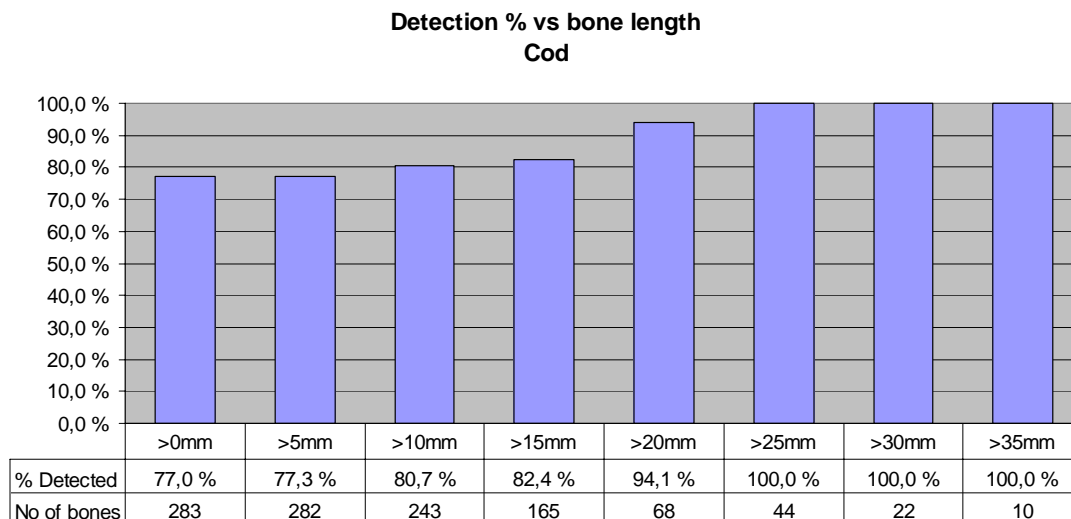
Tabell 9.1 Resultat fra Test A del 2 av Marels detekteringsmaskin (SensorX) for alle forekommende restbein i torskefilèt etter behandling i Pinbone-maskinen. Disse resultatene må sees i sammenheng med fig. 9.8 som viser fordeling av ulike beindiametere for restbein i de undersøkte filètene. Der var en hovedvekt av relativt tynne bein. Treffprosenten ble målt til 96,3% for restbein med diametere >0,3 mm, se fig. 9.3.



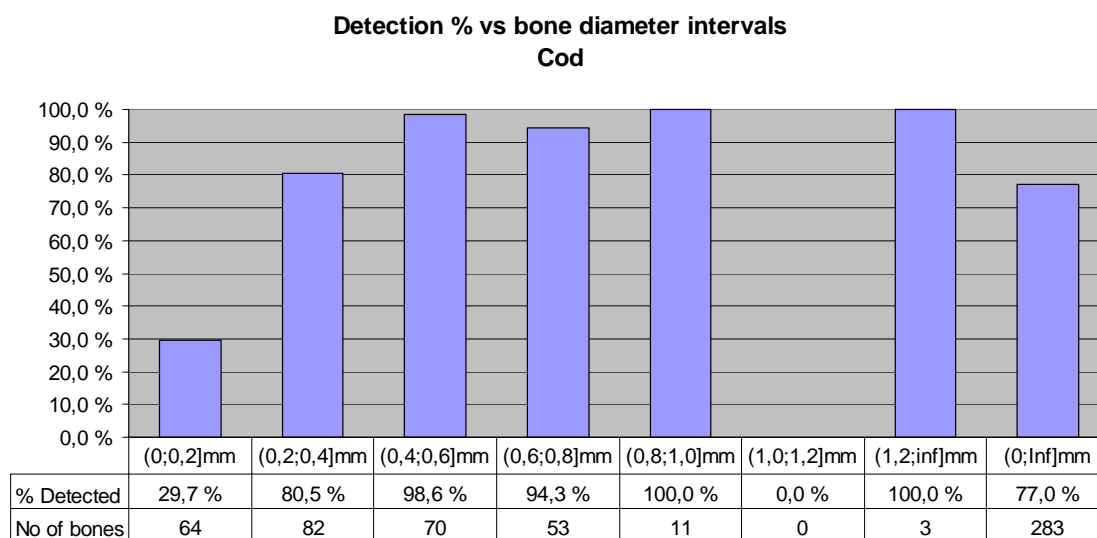
Figur 9.2 Plott av lengde og diameter for restbein i filéene, fra Test A del 2. Bein som ble detektert/påvist av SensorX er markert med grønne punkter, mens bein som ikke ble detektert er markert med røde punkter. Bak hvert punkt kan det være flere registreringer.



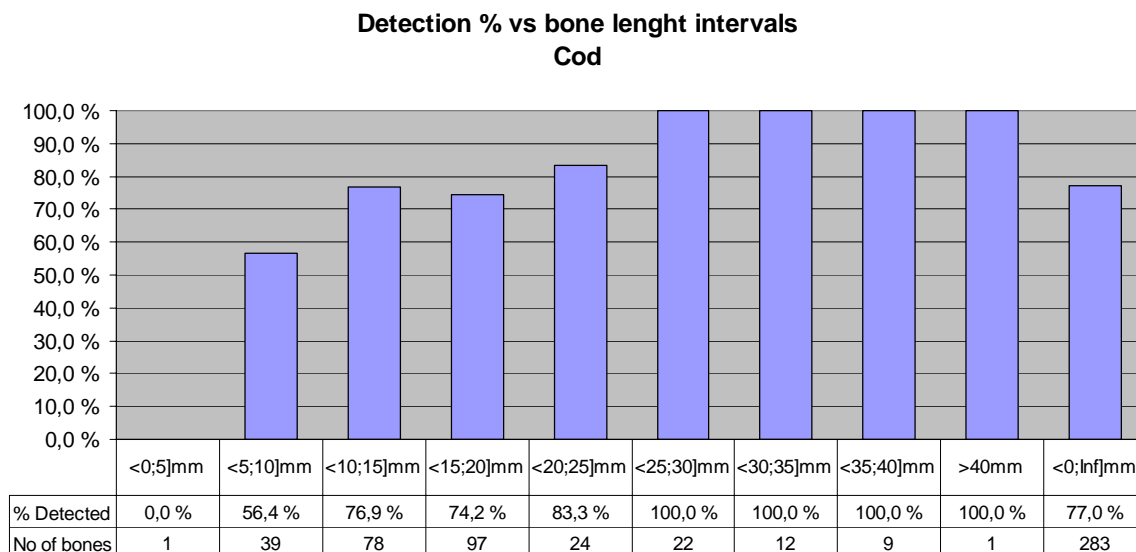
Figur 9.3 Treffprosent for deteksjon av bein, med økende beindiameter, gjelder torskefilét fra Test A del 2.



Figur 9.4 Treffprosent for deteksjon av bein, med økende beinlengde, gjelder torskefilèt fra Test A del 2.



Figur 9.5 Treffprosent for deteksjon av bein ved ulike intervaller for beindiameter, gjelder torskefilèt fra Test A del 2. (Intervallet $<0;0,2]$ mm tilsvarer diameter fra 0 mm til og med 0,2 mm ($0 < \text{diameter} \leq 0,2$)). I intervallet 1,0 mm til og med 1,2 mm ble det ikke funnet bein, derfor er det ingen stolpe i diagrammet i dette diameterområdet. Antall bein er angitt i tabellen for hvert diameterområde.



Figur 9.6 *Treffprosent for deteksjon av bein ved ulike intervaller for beinlengde, gjelder torskefilèt fra Test A del 2. (Intervallet <0;5] mm tilsvarende lengde fra 0 mm til og med 5 mm (0 < lengde ≤ 5)). Antall bein er angitt i tabellen for hvert lengdeområde*

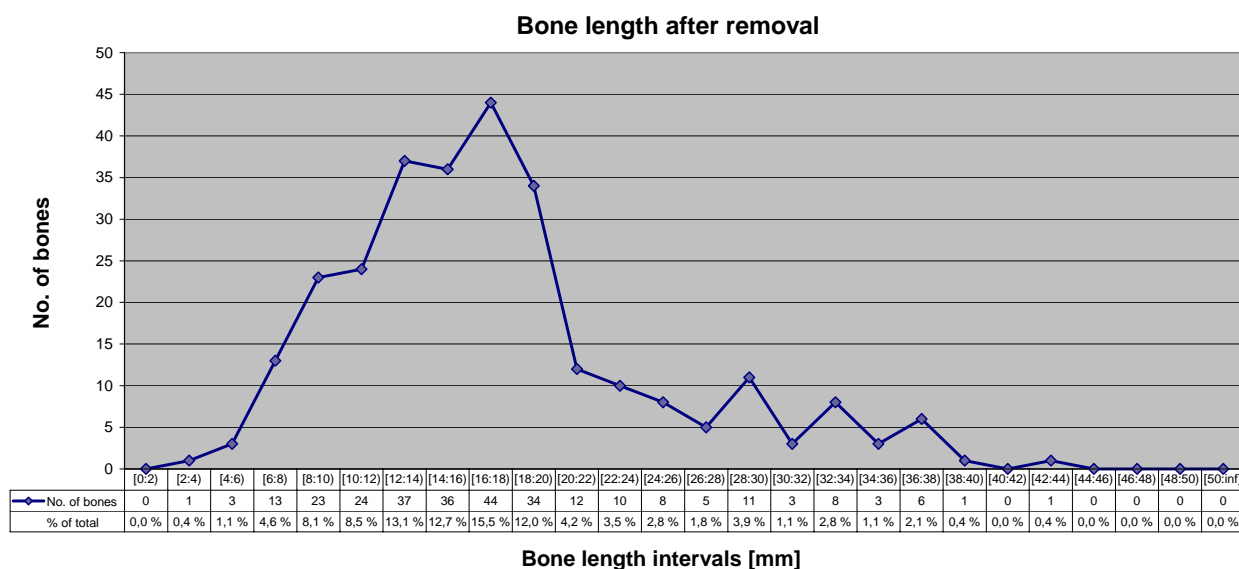


Fig. 9.7 *Fordeling av ulike beinlengder for restbein i filètene som ble manuelt undersøkt i Test A del 2.*

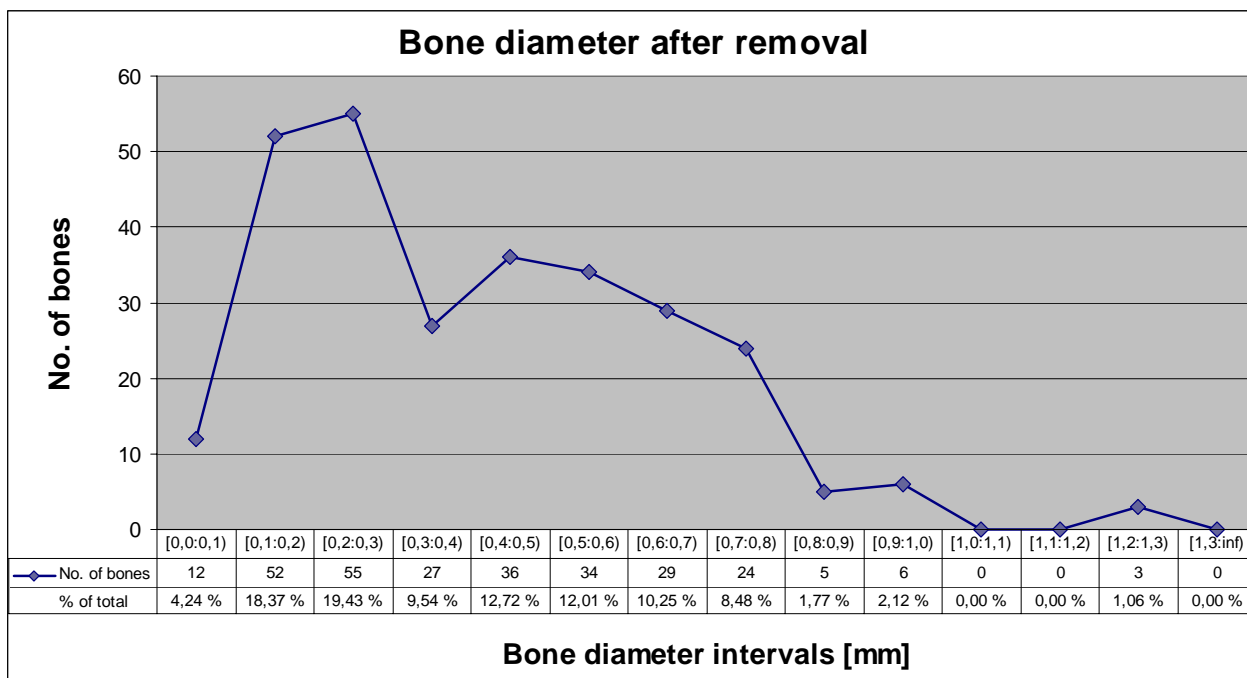


Fig. 9.8 Fordeling av ulike beindiametere for restbein i filètene som ble manuelt undersøkt i [Test A del 2](#).

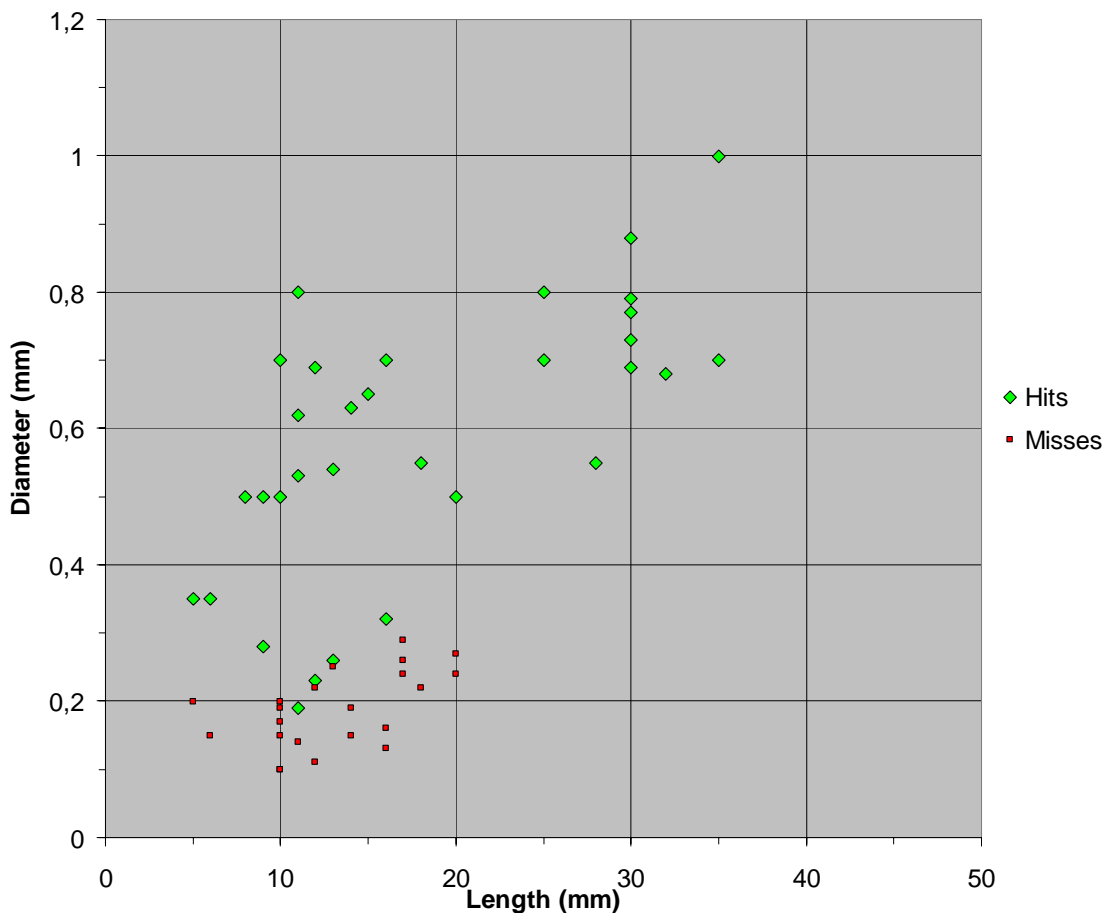
10 Testresultater for deteksjon av tykkfiskbein i torskefilèt vha SensorX i Dalvik i september 2003

10.1 Resultater fra test D (september 2003)

Detection rate Cod

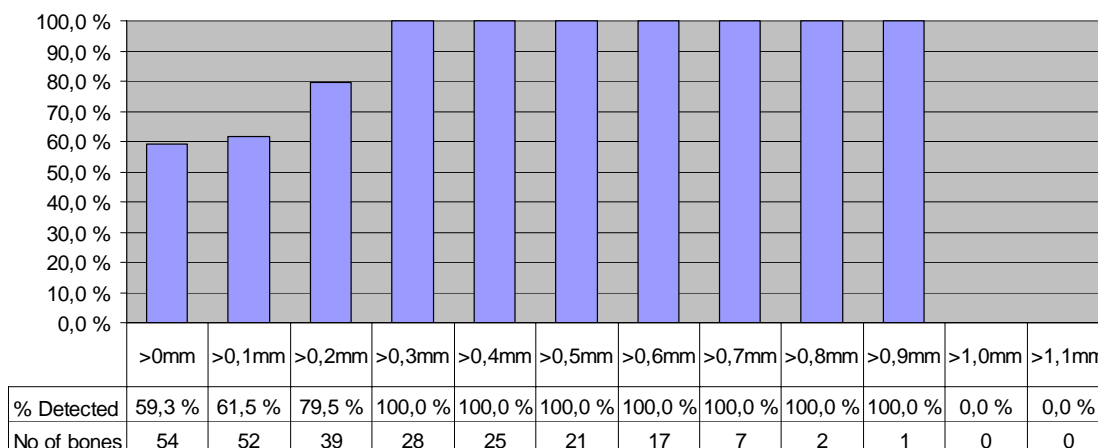
Bones present	54	
Hits	32	59,3 %
Misses	22	40,7 %
False hits	0	0,0 %

Tabell 10.1 Resultat fra Test D av Marels detekteringsmaskin (SensorX) for alle forekommende restbein i torskefilèt etter behandling i Pinbone-maskinen. Disse resultatene må sees i sammenheng med fig. 10.7 som viser fordeling av ulike beindiameterer for restbein i de undersøkte filètene. Der var en hovedvekt av relativt tynne bein. Treffprosenten ble målt til 100% for restbein med diameterer >0,3 mm, se fig. 10.3.

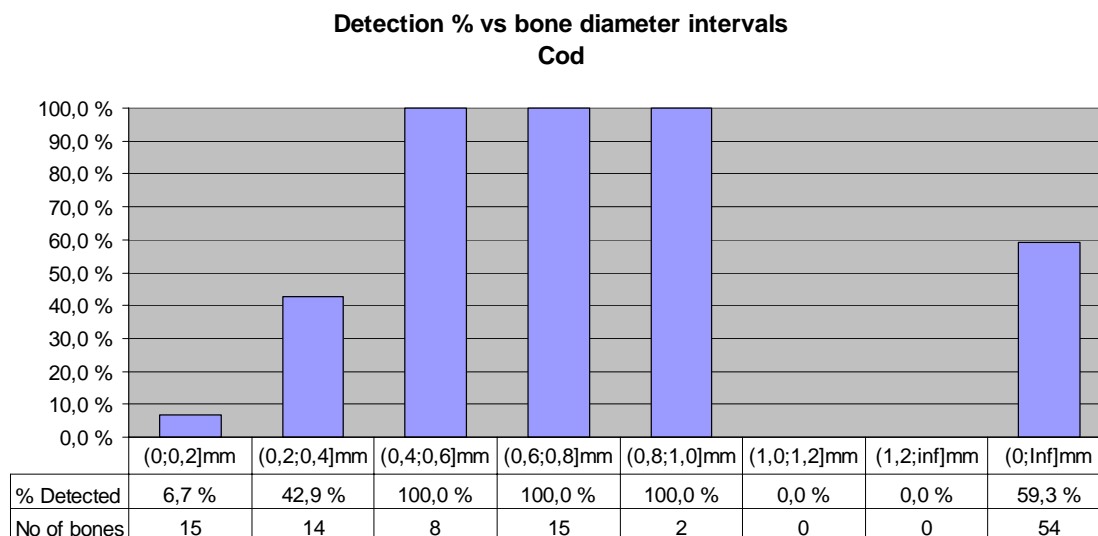


Figur 10.2 Plott av lengde og diameter for restbein i filétene, fra Test D. Bein som ble detektert/påvist av SensorX er markert med grønne punkter, mens bein som ikke ble detektert er markert med røde punkter. Bak hvert punkt kan det være flere registreringer. Kun 30 filéter.

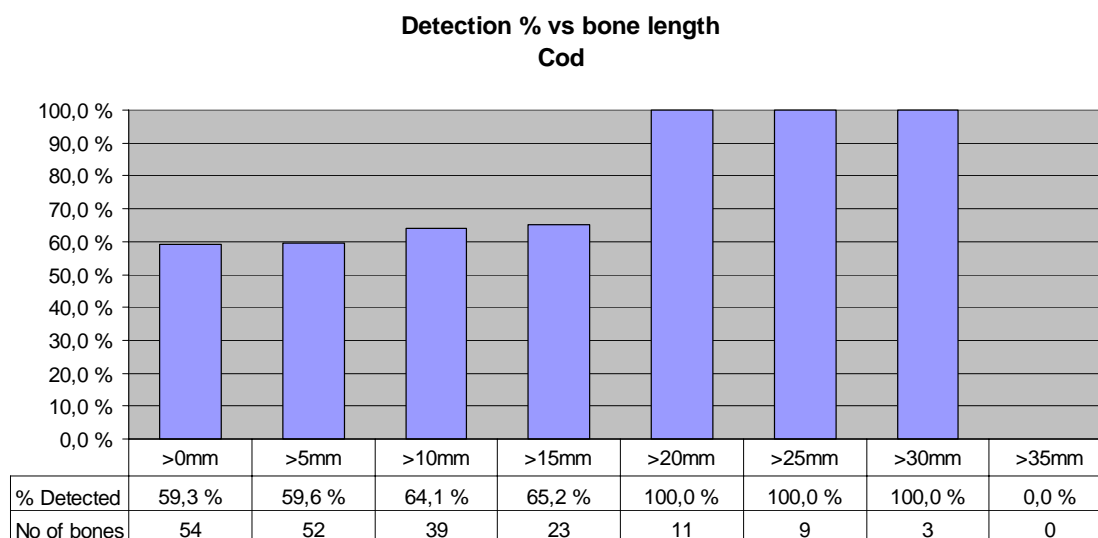
Detection % vs bone diameter
Cod



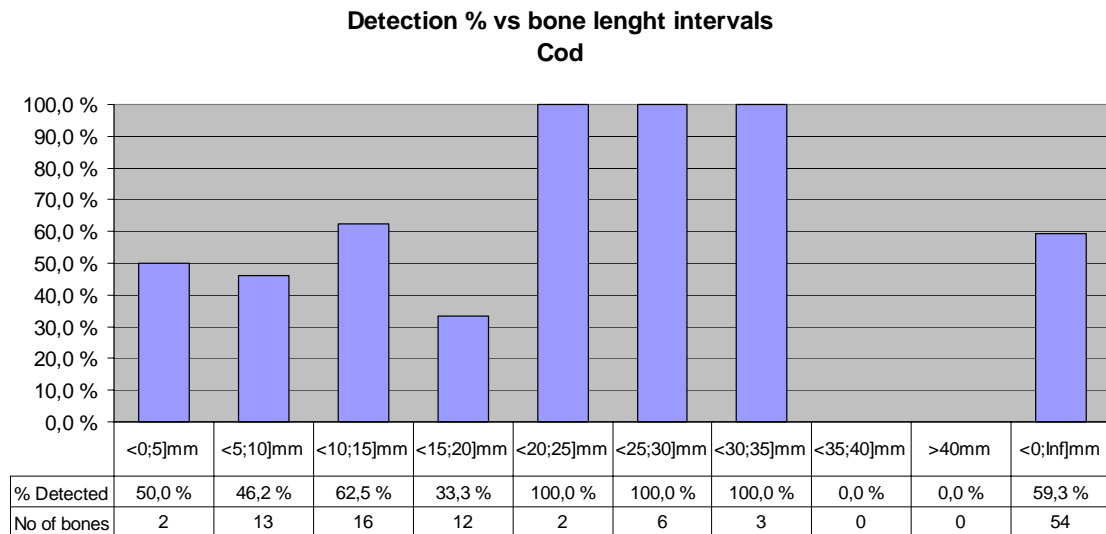
Figur 10.3 Treffprosent for deteksjon av bein, med økende beindiameter, gjelder torskefilèt fra Test D. I intervallene med beindiameter > 1,0 mm det ikke funnet bein, derfor er det ingen stolpe i diagrammet i disse diameterområdene.



Figur 10.4 Treffprosent for deteksjon av bein ved ulike intervaller for beindiameter, gjelder torskefilèt fra Test D. (Intervallet $<0;0,2]$ mm tilsvarer diameter fra 0 mm til og med 0,2 mm ($0 < \text{diameter} \leq 0,2$)). I intervallet 1,0 mm til og med 1,2 mm ble det ikke funnet bein, derfor er det ingen stolpe i diagrammet i dette diameterområdet, det samme gjelder det neste. Antall bein er angitt i tabellen for hvert diameterområde.



Figur 10.5 Treffprosent for deteksjon av bein, med økende beinlengde, gjelder torskefilèt fra Test D. I intervallet med beinlengde > 35 mm ble det ikke funnet bein, derfor er det ingen stolpe i diagrammet i dette diameterområdet.



Figur 10.6 Treffprosent for deteksjon av bein ved ulike intervaller for beinlengde, gjelder torskofilèt fra Test D. (Intervalltet <0;5] mm tilsvarer lengde fra 0 mm til og med 5 mm ($0 < \text{lengde} \leq 5$)). Antall bein er angitt i tabellen for hvert lengdeområde. I to av intervallene ble det ikke funnet bein, derfor er det ingen stolpe i diagrammet i disse diameterområdene.

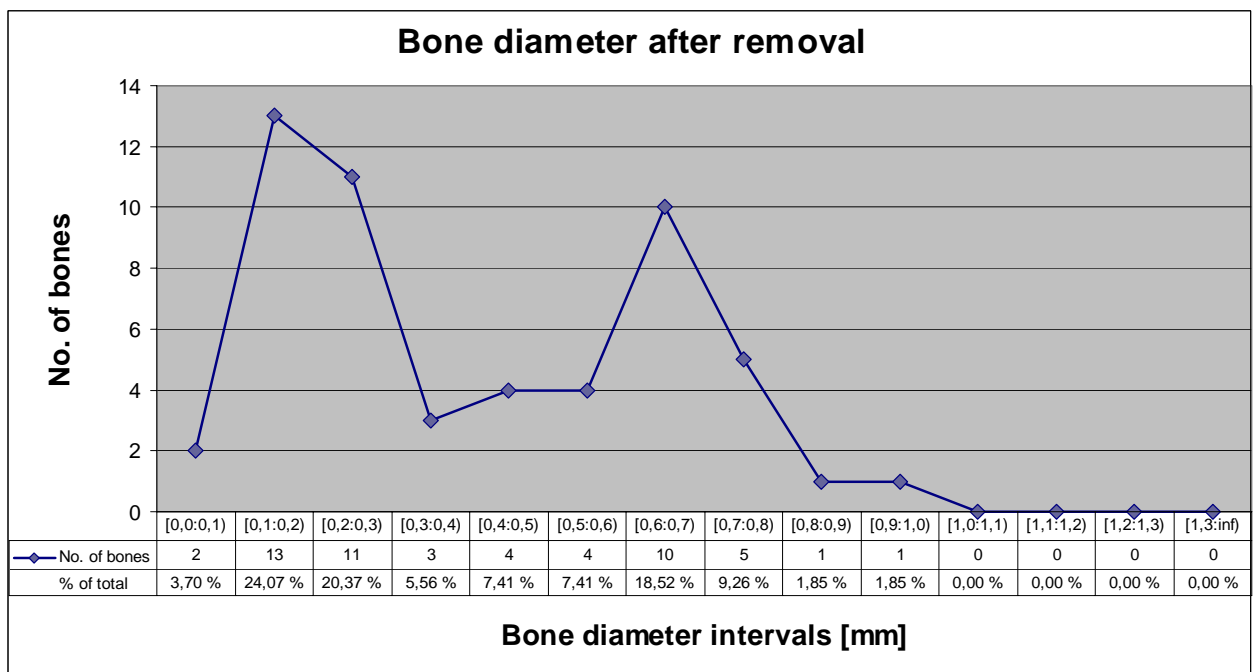


Fig. 10.7 Fordeling av ulike beindiameterer for restbein i filètene som ble manuelt undersøkt i Test D.

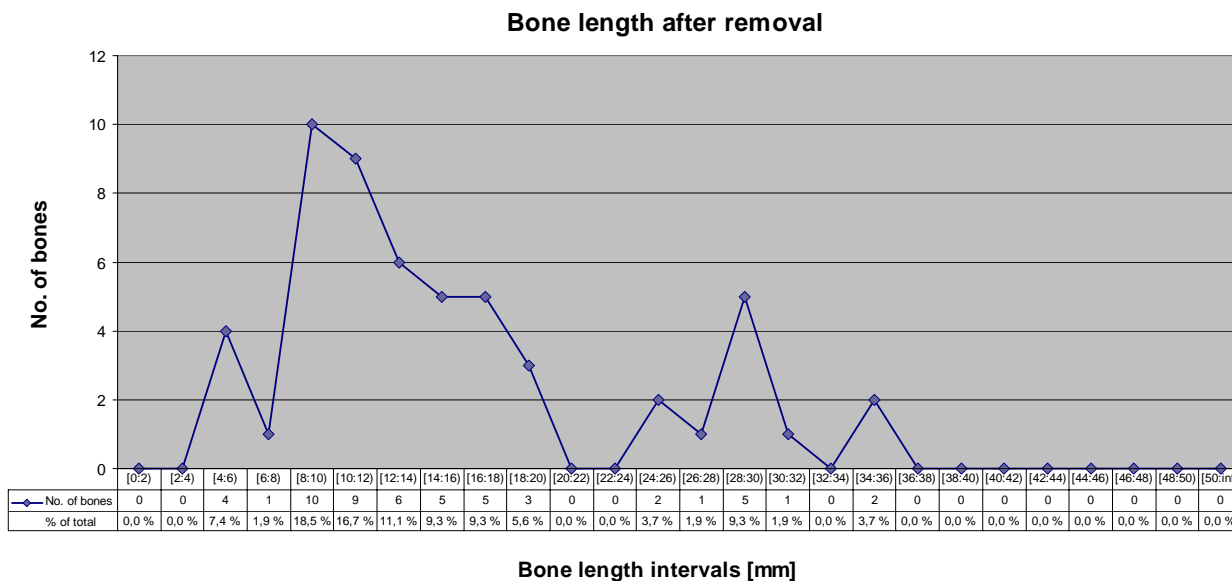


Fig. 10.8 Fordeling av ulike beinlengder for restbein i filètene som ble manuelt undersøkt i *Test D*.

11 Evaluering og kommentarer av testresultater

11.1 Evaluering av resultater for Pinbone-maskinen for tester i juni 2003

11.1.1 Andel helt beinfrie filèter og vekttap

Resultatene av testingen av Pinbone-maskinen (Maskinprototyp V) i Dalvik på Island i juni 2003 viste en viss framgang i forhold til resultatene fra testingen i Stamsund i januar. Testene i Dalvik tok sikte på å teste et større antall filèter slik at usikkerheten for testresultatene ble redusert, oppnådd ved at datagrunnlaget ble utvidet. I Test A del 1 ble hele 972 filèter behandlet av Pinbone-maskinen, mens antallet torskefilèter som ble testet i Stamsund var 153 stk. Av de 972 filètene behandlet i Dalvik ble et mindre antall (jfr. Test A del 2, 112 filèter) undersøkt mht lengde og tykkelse av restbein, målt posisjon i filèten m.v.

Fig. 7.1 viser at for de 972 filètene var andelen helt beinfrie filèter 31,5% (resultatet i Stamsund var til sammenlikning 18,3%). For de ulike batchene varierte resultatet fra 23,3% til 38,2%.

Påliteligheten for vektmålingene som ble utført under testen er lavere enn hva gjelder faktoren *andel totalt beinfrie filèter* fordi vektmålingene baserte seg på et mer spinkelt datagrunnlag, kun 12 filèter i hver av de 4 batchene, totalt 48 filèter. Målingene gir dog en brukbar pekepinn på hvilket vekttap beinfjerningen resulterte i. Gjennomsnittlig vekttap for de 48 filètene ble målt til 2,3%, med variasjoner i resultat fra 1,8% til 3,0% for batchene. Testene i Stamsund resulterte i vekttap på 4%. Resultatene fra Dalvik var derfor bedre enn i Stamsund både mht vekttap og andel helt beinfrie filèter. Men avstanden til Pinboneprosjektets målsetting var likevel meget stor.

Sammenstillingen av data i fig. 7.1 antyder også en sammenheng mellom beinfjerningseffektivitet og vekttap. Batcher med beste resultat mht andel helt beinfrie filèter har også det høyeste vekttapet. Tilsvarende har batcher med liten andel helt beinfrie filèter oppnådd det laveste vekttapet. Denne klare sammenhengen er også bekreftet av tidligere testresultater. Kort sagt: Dess dypere plukkeorganet tvinges ned i filèten, dess bedre resultat oppnås mht beinfjernings-effektivitet. Men da går også vekttapet opp.

Filètene som ble behandlet i Test A del 2 oppnådde et meget godt resultat for frontpartiet av filètene mht andel helt beinfrie sone, se fig. 7.2. Hele 62,5% av frontseksjonene var helt beinfrie (resultatet i testdiagrammene for Stamsund kan ikke sammenliknes direkte). For midtre seksjon ble resultatet 39,3% og for bakre seksjon 48,2%. I tidligere tester har man oppnådd best resultat for bakre sone, noe dårligere for midtre sone og dårligst for fremste sone. Dette tyder på at de endringer som var gjort med Pinbone-maskinen før testingen i Dalvik i juni, for å bedre beinplukkingen i frontsonen, var meget vellykkede. Dog ble resultatene betydelig dårligere for midtre og bakre sone. Dette kan muligens indikere at en beinplukkerotor som lykkes godt med tykke bein i frontsonen ikke har samme gode evne til å fjerne tynnere bein lenger bak i filèten. Resultatene antyder at det er behov for eksempelvis 2 beinplukkerotorer i serie for hvert løp i maskinen. De to rotorene kan da tilpasses forhold hhv i fronten og midtre/bakre sone av filèten. Tykkfiskbeinene i frontsonen er vesentlig tykkere og lengre enn i midtre/bakre sone og noen av disse beinene har en annen orientering/posisjon enn lenger bak i filèten.

11.1.2 Gjennomsnittlig antall restbein i ulike soner

For filètene fra Test A del 2 viser fig. 7.3 at gjennomsnittlig antall restbein i de tre seksjonene front, midtre og bakre viser en annen fordeling enn hva vi har erfart ved tidligere tester. Tidligere har frontsonen hatt det høyeste tallet og bakre sone det laveste. I testene fra Dalvik var det motsatt, frontsonen fikk det laveste tallet for restbein. Dette bekrefter tendensene som er omtalt under foregående punkt.

Tallene fra testen i Dalvik kan ikke sammenliknes direkte med tilsvarende stolpediagram fra tidligere tester fordi testprosedyren var annerledes (utvalget av filèter i Test A del 2 omfattet kun filèter med restbein, ikke filèter fri for restbein).

11.1.3 Fordeling av filèter med ulikt antall restbein

Fig. 7.4 viser den prosentvise fordelingen av filèter med hhv 1 restbein, 2 restbein osv. Diagrammet viser at 24,1% av filètene i Test A del 2 hadde kun ett restbein, og 34,8% hadde 2 restbein. Andelen med filèter med 3 restbein eller flere lå på et lavere nivå (< 20%). Dette er et godt resultat med konsentrasjon i området 1-4 bein og viser at tilpasningene som har blitt gjort med Pinbone-maskinen før testen i Dalvik i juni har vært vellykkede. Det er meget viktig at antall restbein i filètene reduseres til et minimum slik at den manuelle sluttrimmingen blir beskjeden i omfang og dermed lite arbeidskrevende.

11.1.4 Sammenhengen mellom antall restbein og filètens lengde

Fig. 7.5 viser en liknende trend for sammenhengen mellom antall restbein og filètens lengde som ved testen i Stamsund i januar. De lengste filètene har som gjennomsnitt flest restbein.

Anvendt metode for beinfjerning krever at en viss mengde fiskekjøtt må fjernes for å få tak i tykkfiskbeinene. For store filèter vil mengden fiskekjøtt som skal fjernes være større enn for små filèter. Siden samme rotor/linjal ble benyttet til både små og store filèter, kan dette muligens ha en sammenheng med resultatet. Ved å benytte 2 plukkeorganer i serie med noe ulike egenskaper kan man forvente bedre resultater mht restbein, spesielt for store filèter.

11.1.5 Fordeling av beintyper/-lengder i filèten, også relatert til posisjon

En analyse av testresultater av denne karakter kan gi viktige signaler til de personer som har ansvaret for videreutvikling av Pinbone-maskinens ulike funksjoner.

Fig. 7.7 viser resultatet av målingene av beinlengde og –tykkelse for de 112 filètene som ble underkastet en manuell undersøkelse. Figuren viser at det kun ble funnet 1 bein av den korte typen opp til 5 mm lengde. For bein med lengde i intervallet $5 < \text{lengde} \leq 10$ mm var den prosentvise andelen 13,8%. Flest bein var i området $10 < \text{lengde} \leq 20$ mm, nær 62%. 24% var lange bein over 20 mm. Disse målingene samsvarer godt med resultatene/diagrammene omtalt i pkt. 11.1.1 og 11.1.2. Bein av lengde $10 < \text{lengde} \leq 20$ mm finner man oftest i midtre og bakre sone der beinfjerningseffektiviteten under testingen i Dalvik i juni ikke ga de mest positive resultater, se også fig. 7.8. Det positive trekk i dette bildet er at den relative andelen av lange bein (>20 mm) er redusert i forhold til tidligere tester, fra 34% i Stamsund i januar til 24% i Dalvik i juni 2003. Man har imidlertid ikke fått til en tilsvarende positiv trend i beinfjerningseffektivitet for middels lange bein som for de lange (>20 mm).

Fig. 7.8 viser posisjonen i filètene for de ulike lengdegruppene av tykkfiskbein. Et generelt og viktig aspekt som bør omtales ved granskning av figuren er at hovedtyngden av restbein er forskjøvet fra frontpartiet, slik fordelingen var fra testen i Stamsund, til midtre/bakre parti under testen i Dalvik i juni. Fortsatt fins en del lange bein (>20 mm) i frontpartiet, men den relative andelen er redusert i forhold til tidligere testresultater. Lange bein lenger utover i filèten fins i liten grad. Derimot har andelen bein med middels lengde (10,1-20 mm) blitt dominerende i bildet, spesielt i midtre og bakre sone. Her fins også korte bein av lengde $5 < \text{lengde} \leq 10$ mm, men i begrenset mengde.

Av ovenstående kan vi trekke den lærdom at Pinbone-maskinen har potensiale til å fjerne hovedtyngden av lange bein i frontpartiet for torskefilèt av kvalitet som ble testet på Island. Fjerning av lange bein i frontpartiet har vært et stort problemområde for maskinen tidligere. De justeringer av styringsparametre og mindre mekaniske endringer som er gjort i forkant av testen på Island har gitt positive resultater.

Fig. 7.9 gir informasjon om problematikken rundt *knekte bein*. Carnitech er kjent med at Pinbone-maskinen brykker en del av de bein som kommer i inngrep med beinplukkeheten (rotor/linjal). Erfaringer tyder på at råstoffet har ulike egenskaper mht hvor lett et bein brykker eller ikke. Fra enkelte fangster av torsk er beinstrukturen slik at beinene brykker i stor grad, ifølge Carnitechs erfaringer. Fra andre fangster er dette tilfelle i langt mindre grad. Årsakssammenhenger knyttet til dette synes ikke kjent for partene i prosjektet. Ved å bøye tykkfiskbein fra ulike fangster erfarer man at beinene har ulik bruddstyrke. Som leverandør av maskiner for beinfjerning må Carnitech imidlertid forholde seg til nevnte fakta at det kan forekomme fisk der tykkfiskbeinene lett knekker under beinfjerningsoperasjonen i Pinbone-maskinen. Å hindre at bein brykker er et krav som stilles til utstyret i tillegg til alle øvrige krav om lavt utbyttetap og høy beinfjerningseffektivitet.

Knekte bein er uønsket av mange årsaker. Et knekket bein over en viss tykkelse er et restbein som bør fjernes fra filèten. Den manuelle operasjonen med fjerning av restbein blir mer krevende når beinet er brukket og det kun finnes en liten beinrest langt nede i fiskemuskelen.

De mørk blå stolpene i fig. 7.9 viser omfanget av knekte bein i ulike posisjoner utover i filèten. Av en total beinmengde på 281 bein er det en andel på 36% som er knekte bein. Figuren viser at hele bein (lys blå stolper) dominerer i frontpartiet mens knekte bein er i flertall i store deler av midtre parti. I det bakerste partiet av der tykkfiskbein fins i filèten er det i liten grad knekte bein. Dette kan ha sammenheng med at de tynneste tykkfiskbeinene normalt er svært bøyelige/fleksible og ikke så lett knekker ved mekanisk påkjenning.

Den relative andelen av knekte bein er redusert for testen i Dalvik sammenliknet med testen i Stamsund. Men fortsatt er mengden av knekte bein for stor og må reduseres. Dette er Carnitech innforstått med. Denne utfordringen må finne sin løsning på linje med øvrige utfordringer for Pinbone-maskinen. *Geometri for rotor og linjal ser ut til å være uheldig valgt mht å unngå at bein bryter. Knekte bein er et problem som bør vies oppmerksomhet i den videre utviklingen av maskinen.*

11.1.6 Resultater oppnådd ved å repetere beinfjerningsoperasjonen

Vi retter her søkelyset mot den sentrale enheten i Pinbone-maskinen, beinplukkeorganet. Spørsmålet som stilles i denne forbindelse er om den samme beinfjerningsenheten (rotor/linjal) som nå viste gode egenskaper med å takle lange bein, samtidig kan lykkes like godt med kortere og tynne bein. Og dette skal skje for ulike typer råstoff og med ulik størrelse på filètene samtidig som knekking av bein unngås og utbytte for filèten holdes på et høyt nivå. Å finne fram til og utvikle en beinfjerningsenhet som har alle slike gode egenskaper integrert i sin konstruksjon og som alltid vil lykkes 100%, *med kun en eneste sjanse til å vise sin fortreffelige ytelse*, synes å være en svært vanskelig oppgave å innfri. Lettere vil det være å "skreddersy" beinfjerningsenheten til *et utvalg av krav som stilles* med det utgangspunkt at det finnes en beinfjerningsenhet til i serie på samme maskin, og at denne enheten kompletterer den første enhetens beinfjernings-egenskaper.

Betraktninger rundt dette tema var bakgrunnen for Test B som ble kjørt den 13. juni.

Fig. 7.10 viser resultatene fra Test B. I denne testen ble filètene behandlet 2 påfølgende omganger i Pinbone-maskinen for å etterlikne en situasjon med 2 beinfjerningsorgan plassert i serie på samme maskin, jfr. fig. 11.1. Test B ga interessante resultater. Etter den første gjennomkjøringen ble det oppnådd en andel på 45% helt beinfrie filèter og denne andelen steg til 74,5% etter den andre behandlingsomgangen. Den andre gjennomkjøringen løftet resultatet med 28,6 prosentpoeng. Vi merker oss at 74,5% ligger over målsettingen (nedre grense) i Pinbone-prosjektet.

Vekttapet ble målt og beregnet til 2,5% etter første gjennomkjøring, og etter den andre kjøringen gjennom Pinbone-maskinen var vekttapet økt til 4,3%. To filèter manglet etter den andre gjennomkjøringen. Tallene for vekttap er derfor beheftet med noe usikkerhet selv om det i beregningene ble kompensert med gjennomsnittstall for de to manglende filètene.

I det videre er det gjort noen utfyllende betraktninger knyttet til beinplukkeenheter (rotor/linjal eller andre anordninger/metoder) og hvordan slike enheter i serie på samme maskin kan gi en bedre total løsning enn ved bruk av kun en beinplukkeenhet.

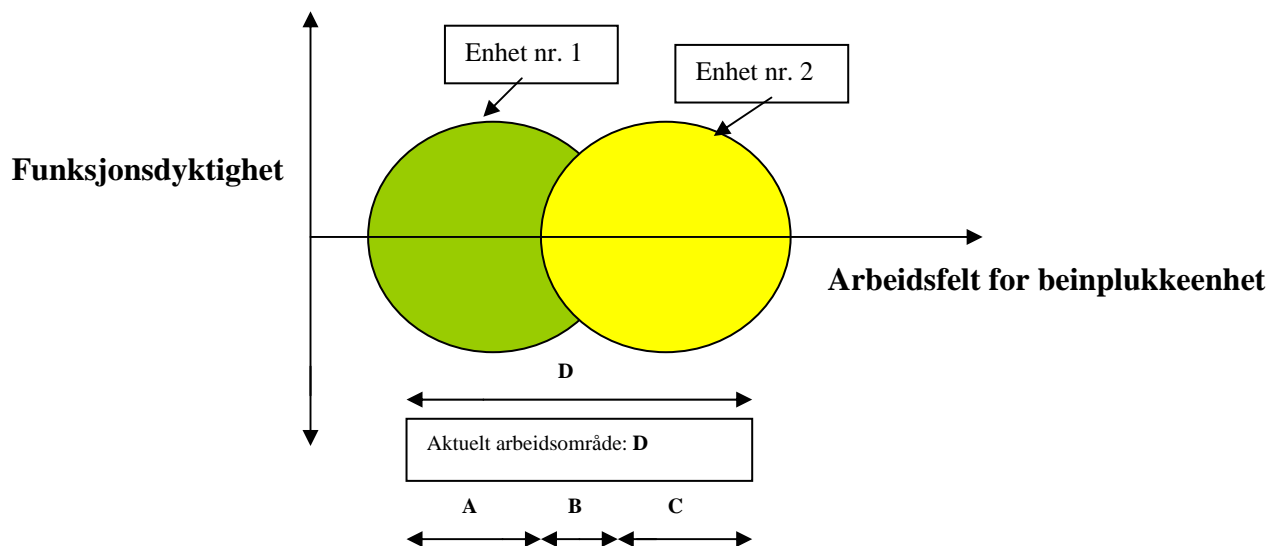


Fig. 11.1 Skisse som på en forenklet måte viser to **beinfjerningsenheter som kompletterer hverandre, fremstilt ved sammenheng mellom funksjonsdyktighet og arbeidsområde**. De har begge sitt primære arbeidsområde (fiskeslag, råstoffkondisjon, tynne/tykke bein, filøstørrelser etc.) der de er gode, med en viss overlapp. Ved å benytte begge enhetene i serie på samme maskin, oppnås et betydelig utvidet arbeidsområde der de samlet lykkes godt, sammenliknet med å benytte kun en enhet. Med kun en beinplukkeenhet blir arbeidsområdet snevert og dermed sårbart.

Arbeidsområdet D (se figuren ovenfor) består av følgende delområder:

$$D = A + B + C$$

der:

A = område der plukkeenhet 1 er dyktig og der det ikke er overlapp med plukkeenhet 2

B = område der både plukkeenhet 1 og plukkeenhet 2 er dyktige (mao overlappsområde)

C = område der plukkeenhet 2 er dyktig og der det ikke er overlapp med plukkeenhet 1

Denne betraktningmåten forutsetter at de 2 plukkeenhetene har en ulik ytelseskurve over et gitt arbeidsfelt. Eksempelvis kan tenkes at en plukkeenhet har stor dyktighet mht å fjerne lange/tykke bein i frontparti av filøet, mens en annen plukkeenhet har sin primære dyktighet knyttet til fjerning av tynne bein som fins i midtre/bakre sone. Andre egenskaper som skiller to enheter kan eksempelvis være knyttet til evne til å fjerne fiskemuskel for å få grep på beinenden, ulik kraft til å klemme om beinet (jfr. fare for knekking), ulik distanse der drakraften virker osv.

Arbeidsområdene A, B og C bestemmes av:

- utformingen/utførelsen av plukkeenheter (for Carnitechs Pinbone-maskin: rotorens og linjalens utforming og deres innbyrdes plassering samt eventuelle fjærkrefter)
- de ulike parametersettinger som fastlegges for plukkeenheter; eksempelvis rotasjons-hastighet (relatert til filètens hastighet), bevegelsesmønster i forhold til filèten og andre parametere knyttet til enheten og styring av denne
- samspillet mellom plukkeenheter og maskinens øvrige funksjoner som holdekraft for å fikse filèten til transportbånd, transportbåndets hastighet, hvordan filèten er plassert på transportbåndet, grad av effektiv spyling av plukkeenheter m.v.

For filèter av ulike fiskeslag, alder, konsistens og størrelse vil fastleggelse av plukkeenheters parametere og utførelser nevnt ovenfor gi et arbeidsområde som i utgangspunktet ønskes å være kjent for industribedriften som bruker av systemet. Det kan tenkes at plukkeenheter 1 og 2 fins i et gitt antall varianter med noen særtrekk knyttet til dyktighet for vedkommendes arbeidsområde. I en tabell i brukermanualen er deres egenskaper definert og knytning til styreparametere fastlagt. Ut fra bedriftens kjennskap til råstoffets beskaffenhet den aktuelle produksjonsdagen, kan bedriften gjøre et gunstig valg mht plukkeenheter og deres styreparametere og sette sammen enhet 1 og enhet 2 på en måte som gir gode resultater og en viss fleksibilitet når Pinbone-maskinen benyttes.

Resultatene fra Test B antyder at det er mulig å tilpasse Pinbone-maskinen slik at den vha 2 beinfjerningsenheter i serie for hvert maskinløp oppnår innfrielse av Pinbone-prosjektets hovedmålsetting med over 70% helt beinfrie filèter. Ved å innføre 2 plukkeorgan i serie, vil maskinen kunne gis en mye større fleksibilitet mht å takle ulikt råstoff på en tilfredsstillende måte. Kunsten er å utforme/tilpasse plukkeorgan og styringen av disse på en måte som gir et arbeidsområde (råstoffgrunnlag som dekkes av maskinen med gode resultater) med større bredde enn tilfellet er i dag. *Dette vil også kunne utvide maskinens robusthet og driftssikkerhet under en variert driftssituasjon med variabelt råstoffgrunnlag.* Ulempen med å innføre 2 plukkeorgan (rotor/linjal) i serie er at vekttapet sannsynligvis øker. Det antas at plukkeenheter nr. 2 kan gis en utforming og styring som minimaliserer økningen i vekttap. Dersom man for enkelte kjøring oppnår tilstrekkelig gode resultater ved kun å benytte plukkeenheter nr. 1, kan man velge å la plukkeenheter nr. 2 være inaktiv.

Det antas at robusthet knyttet til Pinbone-maskinens funksjonsdyktighet vil øke betraktelig ved å benytte flere enn en plukkeenheter for hvert maskinløp og ved å følge betraktninger som gjengitt ovenfor. Det antas videre at et meget viktig kriterium for aksept i fiskeforedlingsindustrien for den totale trimmelinjen for tykkfiskbein, vil i meget vesentlig grad avhenge av Pinbone-maskinens egenskaper og robusthet i en driftssituasjon.

Betraktninger under dette punktet i rapporten ble skrevet like etter at testene i juni var sluttført. I tiden som fulgte ble det besluttet at Pinbone-maskinen skulle utstyres med 2 plukkeorgan i serie og at maskinen skulle testes i september måned, se kap. 8 og pkt. 11.2. Resultatene fra testingen i september 2003 peker i retning av at det vil være nyttig for Carnitech å tenke i baner som beskrevet ovenfor.

11.2 Evaluering av resultater for Pinbone-maskinen for tester i september 2003

11.2.1 Andel helt beinfrie filèter og vekttap

Andel filèter helt frie for tykkfiskbein har vært et av Pinbone-prosjektets hovedkriterier. Ifølge målsettingen for prosjektet måtte andelen løftes til et nivå over 70% og Pinbone-maskinen var redskapen som skulle utføre dette "miraklet". Under testingen i Dalvik i september 2003 ble det kjørt flere tester der andelen beinfrie filèter ble registrert.

Fig. 8.7 viser målinger med resultat på 51%, 69% og 74%. Den mest omfattende testen var test E med hele 804 filèter. Før test E ble kjørt ble linjalen i rotor nr. 2 i Pinbone-maskinen byttet ut av Carnitechs representant. Dette kan forklare noe av den klare fremgangen vi registrerte i test E i forhold til testene som kjørt dagen før.



Statistics		
	%	Count
Number of fillets:	100	806
Bone free fillets:	54	442
Pinbone free fillets:	74	601
Bone free in R1:	93	751
Bone free in R2:	79	642
Bone free in R3:	94	765
B.free outside of R1-R3:	54	442

Fig. 11.2 Statistikkdata fra SensorX etter avslutning av Test E med hele 806 filèter og 74% filèter helt fri for tykkfiskbein. 54% av filètene var fri for andre typer bein. Dette tyder på at fortrimmingen ikke var helt tilfredsstillende.

Det solide resultatet på 74% i test E viser at Pinbone-maskinen kan innfri et av hovedkravene i Pinbone-prosjektet, en andel over 70% beinfrie filèter. Fig. 8.1 som er resultater fra Test D på 34 filèter viser at frontsonen har en andel på 77% fri for tykkfiskbein, midtre sone 60% og bakre sone 40%. Frontsonen kom også godt ut i testene i juni 2003.

Det andre viktige hovedmomentet omfatter *vekttap*. Utbyttetap betyr meget for en fiskeforedlingsbedrift, ofte er det snakk om flere mill. NOK pr år pr prosentuell endring av utbyttet. I en trimmelinje som Marel nå har utviklet i Pinbone-prosjektet oppstår vekttap:

- under fortrimmingen
- i behandlingen i Pinbone-maskinen
- under ettertrimmingen.

Under testene i Dalvik i september ble det gjort vektmålinger før og etter fortrimmingen og før og etter beinfjerningen (Pinbone-maskin + ettertrimming). Fig. 8.8 viser resultatene av målingene.

Vekttap under fortrimming varierer mellom 1,9% og 9,8%. Råstoffets beskaffenhet (eksempelvis innhold av kveis og blodflekker) og filèteringsmaskinens og skinnfjerningsmaskinens funksjonsdyktighet vil påvirke dette i stor grad. Likeså hvordan operatøren utfører arbeidet under fortrimmingen. Noen operatører skjærer bort mer fiskeråstoff enn andre under trimme-

operasjonene. Det ble gjort vektmålinger for dette området for å skaffe seg et grovt bilde av vekttapet knyttet til fortrimmingen. Målingene viser at det er stor spredning i måleresultatet fra test til test. Det ble benyttet ulike operatører under fortrimmingen for å få fram eventuelle variasjoner knyttet til operatørens egenskaper.

Vekttapet under beinfjerningen varierer mellom verdier på 2,8% og 4,4% under denne testingen. Det er tidligere ikke utført målinger med SINTEF til stede med Pinbone-maskin med 2 plukkeorganer i serie, denne testingen var den første i så måte. Under Test E som omfattet 806 filèter viste in-line vektene et vekttap under beinfjerningen på 3,4%. Stikkprøvene på 10 filèter viste 3,3% - 3,7% - 4,4%. En typisk verdi for vekttap under beinfjerning synes derfor å ligge i området 3 – 4% slik Pinbone-maskinen nå er utrustet, gjeldende for torsk av den kvalitet som ble testet i Dalvik.

11.2.2 Gjennomsnittlig antall restbein i ulike soner

Fig. 8.2 fra Test D viser gjennomsnittsmengden av restbein i de tre sonene som inneholder tykkfiskbein. Resultatene viser som i juni at frontsonen har det laveste antall restbein. Snittverdien totalt er 1,8 restbein.

11.2.3 Fordeling av filèter med ulikt antall restbein

Fig. 8.3 viser at 53% av filètene har 1 restbein, 30% har 2 restbein, 7% har 3 og 7% har 4 restbein. For testen i juni 2003 utgjorde filèter med 1 eller 2 bein 59%, nå er denne verdien 83% og andelen med 1 restbein er klart dominerende. Dette er et gunstig resultat, men vi bør påpeke at datamengden er liten (kun 30 filèter). Vi minner på nytt om at Test D kun omfattet filèter med restbein, filèter uten restbein er ikke med i Test D. Filètene i Test D representerer derfor de filètene som må til ettertrimming.

11.2.4 Fordeling av beintyper/-lengder i filèten, også relatert til posisjon

Fordelingen av korte og lange bein i definerte grupper er for denne testen (se fig. 8.4) noe liknende som for testen i juni. Bein med lengde 10-20 mm utgjør hovedtyngden med en andel på 52% (62% i juni). Bein med lengde >20 mm utgjør 20% (i juni 24%). Viser derfor til kommentarene for junitesten.

Fig. 8.5 viser at lange bein (>20 mm) oftest forekommer i front og midtre sone og middel lange bein i midtre og bakre sone. Figuren viser også en konsentrasjon av middels lange bein midt i bakre sone.

Fig. 8.6 viser at brekte bein primært fins i midtre sone og en mindre del i bakre sone. Dette er ikke ulikt fra testen i juni. Andelen brekte bein i denne testen utgjør 37% (20 av 54 stk.). Under testen i juni var andelen brekte bein 36%. Dette tyder på at problematikken knyttet til hvordan man skal unngå at tykkfiskbein knekker under prosesseringen er like aktuell som tidligere, jfr. utførte tester. Dette problemområdet må vies oppmerksomhet videre.

11.3 Evaluering av resultater for SensorX i juni 2003

11.3.1 Treffprosent og feildeteksjoner

Tabell 9.1 viser at treffprosenten ble målt til 77,0% hvilket er temmelig likt med resultatet fra testen i Stamsund i januar 2003 da resultatet ble 77,3%. Feildeteksjoner ble målt til 6,7% mens resultatet i Stamsund var 2,4%. Årsaken til økningen i feildeteksjoner kan skyldes en feil i sensoren for røntgenstråler og/eller justeringer av følsomheten i systemet. Ved å justere opp følsomheten kan tynne bein detekteres bedre, men da vil også antall feildeteksjoner øke. Dette er en avveining Marel må foreta og fastlegge.

Fig. 9.2 viser at *et fåtall bein* med diameter i området 0,7-0,8 mm (lengde 8-16 mm) ikke ble detektert av SensorX. Øvrige bein som ikke ble detektert har diameter $<0,45$ mm, derav ligger hovedtyngden med diameter $<0,3$ mm. At noen bein med diameter 0,7-0,8 mm ikke ble detektert, viser at *det fortsatt er behov for å arbeide videre med algoritmene som analyserer røntgenbildene* slik at alle bein med så stor tykkelse detekteres.

11.3.2 Treffprosent som funksjon av beindiameter

Fig. 9.3 viser at treffprosenten for bein med diameter $>0,1$ mm er på ca. 80% og at prosenten har steget til 91% for beindiameter $>0,2$ mm.

Treffprosenten er 96,3% for bein med diametere $>0,3$ mm. Dette resultatet er ca. 5 prosentpoeng bedre enn resultatet i Stamsund i januar 2003.

Treffprosent på 100% er oppnådd for tykkelser $>0,8$ mm (i Stamsund $>0,9$ mm).

Disse resultatene må også sees i sammenheng med fordelingskurven som viser den relative mengden av tynne og tykke bein av de bein som ble undersøkt, se fig. 9.8.

Fig. 9.5 viser at treffprosenten for bein med diametere i intervallet $0 < \text{diameter} \leq 0,2$ mm er på 29,7%. Treffprosenten har steget til 80,5% for intervallet $0,2 < \text{diameter} \leq 0,4$ mm. For øvrige intervall ligger treffprosenten over 94%. Med unntak av det laveste intervallet er resultatene jevnt over bedre enn i Stamsund i 2003.

Erfaringene med bruk av røntgen til detektering av bein i hvitfiskfilèt viser at metoden har begrensninger når det gjelder svært tynne bein fordi kontrasten i røntgenbildet mellom tynne bein og fiskemuskel blir for svak. I Stamsund var det et markert sprang i treffsikkerhet (sprang på 7,1 prosentpoeng) mellom de to områdene: beindiameter $> 0,2$ mm og beindiameter $> 0,3$ mm. Tilsvarende er spranget i Dalvik på 5,4 prosentpoeng samtidig som nivået for treffsikkerheten er økt med ca. 5-7 prosentpoeng. Dette viser på at treffsikkerheten i Dalvik i juni var bedre enn i Stamsund hva gjelder tynne bein av ovennevnte tykkelser. En mulig årsak til slike variasjoner i resultat kan være at en større andel av filètene som ble testet i Dalvik hadde en mindre tykkelse enn i Stamsund. *Ved røntgenfotografering av tykke filèter kan man forvente at det blir vanskeligere å oppnå tilstrekkelig kontrast til å detektere de tynneste tykkfiskbeinene. For tynne filèter antas dette å være noe enklere å oppnå, og dermed får man bedre treffsikkerhet for tynne bein. Innstilt følsomhet for røntgensystemet antas også å ha stor betydning for treffsikkerheten.*

11.3.3 Treffprosent som funksjon av beinlengde

Fig. 9.4 viser at treffprosenten for beinlengder > 5 mm ble målt til 77,3% (78,2% i Stamsund 2003). Figuren viser at treffprosenten øker med økende beinlengde og når 100% for beinlengder > 25 mm. Resultatene har ikke store avvik i forhold til resultatene fra Stamsund.

Fig. 9.6 viser at SensorX har visse problemer med å detektere korte beinstumper. I intervallet $5 < \text{lengde} \leq 10$ mm er treffprosenten kun 56,4% (i Stamsund var resultatet 60,7%). Dog må sies at hovedtyngden av målingene i dette intervallet omfatter tynne bein med diameter $\leq 0,3$ mm. For intervallet $20 < \text{lengde} \leq 25$ mm er treffprosenten økt til 83,3%, samme som i Stamsund. For intervallene over 25 mm beinlengde er treffprosenten 100%.

11.4 Evaluering av resultater for SensorX i september 2003

11.4.1 Treffprosent og feildeteksjoner

Tabell 10.1 viser en treffprosent på 59,3% hvilket er betydelig lavere enn de siste resultatene som har ligget nær 77% for torsk. Feildeteksjoner (false hits) ble målt til 0%, mens resultatet i Stamsund var 2,4% og i juni i Dalvik 6,7%. Noe av årsaken til en lavere treffprosent denne gangen kan finnes ved å studere fig. 10.7 som viser at en stor del (48%, testen i juni hadde 42%) av eksisterende restbein denne gang hadde mindre diameter enn 0,3 mm. Som kjent har SensorX ikke egenskaper til å detektere slike tynne bein med stor sikkerhet. Slik sett bekrefter denne undersøkelsen resultatene fra de to foregående testene av SensorX.

Fig. 10.2 viser at ingen bein med diameter $> 0,3$ mm ikke ble detektert av SensorX. De lengste beinene som ikke ble detektert var av lengde 20 mm, men disse hadde tykkelse $< 0,3$ mm. Det tynneste beinet som ble detektert hadde tykkelse 0,19 mm og lengde på 11 mm.

11.4.2 Treffprosent som funksjon av beindiameter

Fig. 10.3 viser at treffprosenten for bein med diameter $> 0,1$ mm er på ca. 62% og at prosenten har steget til 80% for beindiameterer $> 0,2$ mm. **For diametere $> 0,3$ mm er treffprosenten 100%.**

Fig. 10.4 viser at treffprosenten for bein med diametere i intervallet $0 < \text{diameter} \leq 0,2$ mm er på 6,7% hvilket er betydelig lavere enn for testen i juni (29,7%). Treffprosenten har økt til 43% for intervallet $0,2 < \text{diameter} \leq 0,4$ mm. For øvrige intervall ligger treffprosenten på 100%. Disse tallene må sees i sammenheng med fordelingen av ulike beindiameterer i det materialet som ble undersøkt, jfr. fig. 10.7.

11.4.3 Treffprosent som funksjon av beinlengde

Fig. 10.5 viser at treffprosenten for beinlengder > 5 mm ble målt til 60% (77-78% i de to foregående testene). Også denne gang viser måleresultatene at treffprosenten øker med økende beinlengde og når 100% for beinlengder > 20 mm.

Fig. 10.6 bekrefter tidligere erfaringer at SensorX har visse problemer med å detektere korte beinstumper, riktignok er tynne bein klart dominerende. I intervallene < 20 mm er treffprosenten mellom 33 og 63%. For intervallene over 20 mm beinlengde er treffprosenten 100%.

Testene i september må vurderes ut fra at kun 30 filèter ble testet og manuelt undersøkt mht restbein, kun 54 bein danner grunnlaget for analysene, se fig. 10.7 og 10.8.

11.5 Evaluering av prosesslinjen for beinfjerning og beindeteksjon

Prosesslinjen fra Marel som er omtalt under kapittel 6 er en nyskaping innen fiskeforedlingsindustrien. Riktignok er ikke linjen fullautomatisert, men det er tatt viktige skritt i retning av å automatisere trimmeoperasjonene med å fjerne tykkfiskbein i filètene maskinelt, samtidig som filètene blir gjennomlyst av røntgenstråler for å påvise restbein.

Noen inntrykk fra testene

Under testen den 13. juni benyttet bedriften Samherji denne trimmelinjen i sin produksjon av filètstykker og vi fikk besiktige linjens funksjonalitet under en normal produksjonsdag ved bedriften. Bedriften valgte å benytte 2 operatører på stasjonen for fortrimming. Det ble kun kjørt venstrefilèter av torsk. Med 2 operatører for fortrimming ble kapasiteten målt til ca. 5 filèter/min. denne dagen. Denne stasjonen representerte på dette tidspunkt en klar flaskehals for linjen.

For den manuelle ettertrimmestasjonen var bemanningen 3 operatører som vha små håndholdte tenger dro ut de restbein som SensorX hadde påvist, eventuelt om det var flere bein til stede. Alle 3 operatørene benyttet informasjonen som ble vist på displayet om beinenes plassering i filèten aktivt og uten for store bevegelser av hodet. Displayet var nå plassert slik at operatørene ikke behøvde å bikke hodet opp og ned under arbeidet.

De håndholdte tengerne var ikke optimalt utformet for å trekke ut restbein av filèt. På dette punkt trengs en utvikling mot mer hensiktsmessige tenger. Bl.a. var rillene i spissen på tengerne ikke plassert gunstig i forhold til håndens naturlige bevegelse ved uttrekk av beinet. Et annet moment var at det ikke var tilrettelagt for raskt å kunne rense tengerne for løse bein og muskelfibrer som satt seg fast.

Betydelige trimmekutt reduserer loinsstørrelsen (fra ordinær trimmelinje).



Fig. 11.3 Loins av filèt fra den nye trimmelinjen, de 4 til venstre. Disse loinsene er mindre beskåret enn de som er på bildet til høyre (fra ordinær trimmelinje ved Samherji).

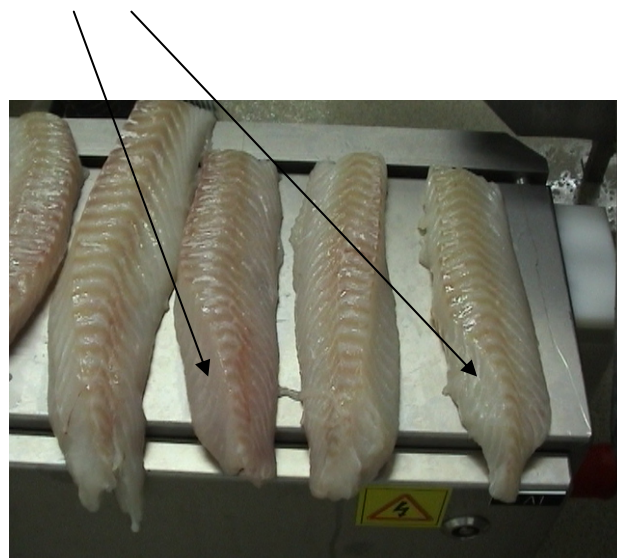


Fig. 11.4 4 stk. loins av filèter fra ordinær trimmelinje ved Samherji, Dalvik. Loins av filèt fra ordinær trimmelinje er beskåret i større grad enn fra ny trimmelinje.

Kapasitet for maskinene

Under testingen i september ble det lagt vekt på å klarlegge kapasiteter for trimmelinjens arbeidsstasjoner. Dessverre var det mangel på arbeidskraft hos Samherji i uke 38 og dette gjorde at de tester som ble kjørt på trimmelinjen var av begrenset varighet. Fortsatt var det bare aktuelt å kjøre venstrefilèter. Test A viste at hele linjen fungerte etter hensikten.

I test B ble det fokusert på kapasitet og Pinbone-maskinen og tilkopleet SensorX ble matet med 100 fortrimmede filèter i løpet av 175 sek. Filètenes lengde varierte mellom 40 og 45 cm. Begge maskinene fungerte med dette høye tempoet. Dette ga som resultat en målt kapasitet på 34,3 filèter/min. (kun det ene maskinløpet ble benyttet, kun venstrefilèter). Ifølge Carnitech krever Pinbone-maskinen ca. 50 mm i avstand mellom hver filèt for å ha tid til lengdemåling og dataprosessering for styring av rotorene. Her ligger en begrensning i tillegg til hastighetene for transportbåndene gjennom maskinene.

Test B ga som resultat en andel beinfrie filèter på kun 39%. Dette tyder på at Pinbone-maskinen har funksjonproblemer med så høyt tempo (34,3 fil./min. pr maskinløp) dersom andelen helt beinfrie filèter ønskes i området rundt 70%. En mulig årsak kan være operatørens manglende trening i så hurtig innmating av maskinen slik at filètene ikke oppnår korrekt plassering på transportbåndet, men det antas å eksistere flere årsakssammenhenger. En optimal maskinhastighet for Pinbone-maskinen antas derfor å ligge under den målte kapasiteten på 34 filèter/min. pr maskinløp slik maskinen nå er utrustet. En antatt realistisk kapasitet for filèter med lengde 40-45 cm kan muligens være et sted mellom 25 og 30 filèter/min. pr maskinløp da man ønsker en høy andel beinfrie filèter. I figuren som følger (fig. 11.5) er denne kapasiteten anslagsvis satt til 27 filèter/min. SensorX har ikke funksjonsproblemer med en hastighet på 34 filèter/min. pr maskinløp, som ovenfor beskrevet, basert på registreringer under testen.

Kapasitet for manuelle operasjoner

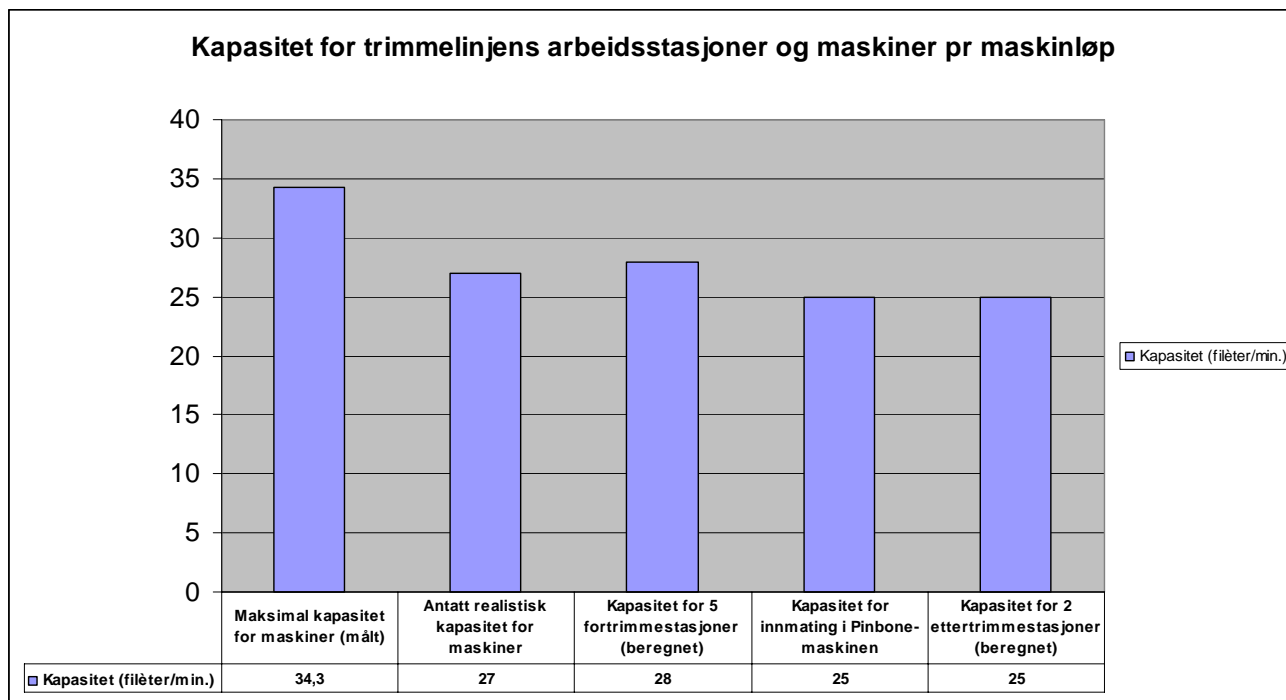
Ovenfor er de to maskinenes kapasiteter omtalt. Hva vil være realistisk kapasitet for de manuelle operasjonene? Dette er et avgjørende spørsmål pga kostnadene for arbeidskraften. Det antas at en godt trent operatør makter å mate inn ca. 25 filèter/min. i Pinbone-maskinen, kanskje noe mer, og holde denne kapasiteten over hele arbeidsdagen. Det gir et tidsforbruk på 2,4 sek./filèt. Oppgaven er å legge filèten til rette i mateinnretningen for maskinen. Oppgaven er svært monoton.

Fortrimmingen er vanskelig å bestemme mht kapasitet pr operatør fordi dette vil avhenge av råstoffets beskaffenhet og bl.a. operatørenes fingerferdighet og dyktighet for oppgaven. Filèter fra filèteringsmaskin og skinnfjerningsmaskin kan inneholde mange skinnrester, beinrester, kveis, hinner og blodflekker. Alt utenom tykkfiskbein skal trimmes bort ved stasjonene for fortrimming. Representant fra bedriften Samherji mente at de dyktigste operatørene kunne yte en kapasitet på inntil 10 filèter/min. når råstoffet var godt. Under test C ble kapasiteten for 1 operatør målt til 5,5 filèter/min. i løpet av 18,3 min. Denne torsken inneholdt en del kveis og blodflekker. Lengden på filètene var rundt 40 cm. Under test E ble kapasiteten for 2 operatører målt til 5,6 filèter/min. pr operatør. Filètlengde var 35-48 cm, også disse med noe kveis og blod. For kapasitetsbetraktningene for linjen totalt har vi derfor antatt at operatør for fortrimming kan holde en kapasitet på ca. 5,5 filèter/min. over et helt skift.

Omfanget av ettertrimming avhenger i svært stor grad av *andelen filèter fri for bein*, enten det er tykkfiskbein eller andre beintyper. Under test E var det 2-3 operatører på fortrimming og bare 1 operatør på ettertrimming. Andelen beinfrie filèter var: andre typer bein: 54%, fri for tykkfiskbein: 74%. Vanligvis er det 1 - 2 tykkfiskbein som må fjernes ved ettertrimming i tillegg

til andre typer bein. Som et estimat kan det derfor antas, på bakgrunn av nåværende erfaringsbakgrunn, at 1 operatør for ettertrimming holder unna for 2,5 operatører på fortrimming. Dette forutsetter en høy andel beinfrie filèter. Ved en linjekapasitet på 25 filèter/min. og andel på eksempelvis 54% helt beinfrie filèter (gjelder alle beintyper) må 11,5 filèter ettertrimmes pr minutt. Fordelt på 2 operatører blir det 5,75 fil./min. pr operatør eller 10,4 sek./filèt. I løpet av de 10 sek. skal operatøren levere ferdig trimmet filèt i utskuffen, trykke på knappen for kvittering til styresystemet, hente ny filèt i bufferskuffen, se på displayet hvor beinene finnes i filèten, fjerne beinene med tang og kontrollere filèten med fingertuppene at alt er OK. De 10 sek. kan for noen filèter være god tid, for andre filèter noe knapp tid. Men tidvis kommer det mange filèter med restbein etter hverandre på transportbåndet. Da vil det ikke være riktig å ha for liten kapasitet for ettertrimming. Hvis alle operatørene på ettertrimmingen har fulle bufferskuffer for *filèter inn*, vil de filètene som da kommer på transportbåndet og som krever ettertrimming bli sortert ut til siden i en oppsamlingskasse eller på et bånd til videre manuell behandling. Når disse filètene skal ettertrimmes, vil operatørene ikke ha røntgenbilder å støtte seg til i arbeidet.

I figuren som følger er betraktningene rundt testresultatene forsøkt synliggjort i et stolpediagram. Trimmelinjen totalt sett bør balanseres slik at alle stasjonene har en kapasitet som harmonerer med de øvrige stasjonene. *Linjens kapasitet* kan ikke bli høyere enn kapasiteten for *den stasjon i linjen som har lavest kapasitet (flaskehalsen)*. Videre er det en oppgave å bemanne trimmelinjen optimalt for å redusere produksjonskostnadene pr filèt.



*Fig. 11.5 Målt og antatt kapasitet for trimmelinjens ulike stasjoner og maskiner (Pinbone-maskinen og SensorX). **Her betraktes kun ett maskinløp.** De ikke målte verdiene kan betraktes som estimater for en økonomisk beregning av linjen som alternativ til andre løsninger, og inntil mer sikre måleresultater og erfaringstall foreligger. Tallverdiene forutsetter torskefilèter av lengde ca. 40 cm av rimelig god kvalitet inn til fortrimmestasjonen.*

På bakgrunn av ovenstående figur og betraktninger på foregående sider kan det lages en oversikt (se tabellen som følger) over viktige hovedparametere for trimmelinjen totalt sett, dette for å ha forutsetninger for å gjøre økonomiske kalkulasjoner. Dette vil være aktuelt for bedrifter som vurderer anskaffelse av slik ny trimmelinje fra Marel. Kostnadselementer og priser for råvarer og sluttprodukter vil variere fra bedrift til bedrift. Økonomi for eksisterende trimmelinje i bedriftene vil variere, også som følge av forekommende variasjoner i råstoffkvalitet. Vi har derfor ikke tatt høyde for å utarbeide økonomiske beregninger i denne sammenheng, men overlater dette til den enkelte bedrift.

Parameter	Tallverdi/enhet	Kommentar
Antall operatører for fortrimming	5 + 5 = 10	Det kreves operatører som er godt trente for trimming av fiskefilèt.
Antall operatører for innmating i Pinbone-maskinen	1 + 1 = 2	Oppgaven med innmating er kritisk i forhold til beinfjerningseffektivitet for maskinen.
Antall operatører for ettertrimming	2 + 2 = 4	Belastningen for operatørene vil normalt variere, til tider travelt.
Trimmelinjens totale kapasitet	ca. 25 venstre og 25 høyre filèter pr min. = totalt 50 fil./min.	Forutsetter godt trente operatører og råstoff (torskefilèt ca. 40 cm lengde) av middels god kvalitet. Vurdert ut fra nåværende utførelse, men korrekt dimensjonert mht antall arb.stasjoner.
Vekttap i trimmelinjen som følge av beinfjerningsoperasjoner (tykkfiskbein)	3-4%	Vekttapet vil avhenge av ulike faktorer som råstoffets beskaffenhet, valg av beinfjerningsrotorer i Pinbone-maskinen, valg av styreparametre m.v.
Totalt vekttap i trimmelinjen som følge av trimmeoperasjoner	6-9%	Vekttap under fortrimming vil kunne variere betydelig av ulike årsaker. Vekttap under beinfjerning i Pinbone-maskinen må forventes å ligge i området 3-4%. For ettertrimmingen er vekttapet svært lite.

Tabell 11.1 Tabellen gir tallestimater for noen nøkkelfaktorer for trimmelinjen fra Marel basert på utførte tester, ment for de bedrifter som vil vurdere lønnsomheten i den nye trimmelinjen. Estimaten forutsetter råstoff (torsk) av rimelig god kvalitet med filètlengde ca. 40 cm og videre at Pinbone-maskinen er utstyrt og innstilt slik at det oppnås en andel på >70% filèter fri for tykkfiskbein. Muligheten for økt størrelse av loins bør tas med i den økonomiske betraktningen. Trimmelinjen vil normalt gi filèter med større loinsdel enn ved ordinære trimmelinjer. Økningen i loinsstørrelsen er ikke målt i prosjektet. Ovennevnte tallmateriale kan benyttes inntil mer sikre måleresultater og erfaringstall foreligger.

Oppsummerende erfaringer og synspunkter

Den nye trimmelinjen fra Marel (Pinbone removal and detection line) som ble testet i Dalvik ga inntrykk av at den har kommet til et stadium der nytteverdien for fiskeforedlingsindustrien klart burde være til stede. Bedriften Samherji benyttet linjen etter sigende jevnlig i sin produksjon. De erfarte at utbyttet for råstoff som ble kjørt gjennom linjen var betydelig høyere enn gjennom den tradisjonelle trimmelinjen samtidig som loinsdelen av filèten ble beskåret i mindre grad. Også antall restbein i sluttproduktene var lavere enn for den ordinære linjen, var erfaringene. Totalt mente Samherji at dette ville gi bedriften økonomiske gevinster av betydelig størrelse.

Dette er den første prosesslinjen med stor automatiseringsgrad knyttet til trimmeprosesser for hvitfisk der også røntgenbasert deteksjon er integrert, og slik sett representerer den en teknologisk milepæl for fiskeforedlingsindustrien. Viktige steg i utviklingen av en fullautomatisert total trimmelinje er i ferd med å bli tilbakelagt, men mye gjenstår fortsatt for å innfri dette langsiktige målet. Denne nye prosesslinjen fra Marel konsentrerer seg om fjerning av tykkfiskbein, en total linje vil også måtte dekke andre objekter som skal fjernes fra filèten.

Det vil kunne hevdes fra industrihold at den nye trimmelinjen fra Marel bør ha en kapasitet som samsvarer med kapasiteten for filèteringsmaskiner, mao i størrelsesorden 35 fisk/min. eller 35 høyre- + 35 venstrefilèter/min. = totalt 70 filèter/min. Etter våre vurderinger ligger en realistisk kapasitet for trimmelinjen på nåværende tidspunkt et sted i området 20-30 høyre- + venstrefilèter/min. = totalt 40-60 fil./min. Dette er en kapasitet som er lavere enn for filèteringsmaskiner som kjøres i et oppdrevet tempo. Det antas at Marel/Carnitech etter hvert vil søke å øke kapasiteten for den nyutviklede trimmelinja gjennom videre utviklingsarbeid for å nærme seg filèteringmaskinenes maksimale kapasitet.



Fig. 11.6 Deler av trimmelinjen for tykkfiskbein, SensorX i forgrunnen og stasjon for manuell beinnapping (ettertrimming) i bakgrunnen.

12 Konklusjoner/sammendrag

Under punktet 12.1 er det trukket noen hovedkonklusjoner basert på erfaringer og testresultater i oppdraget som SINTEF har utført i Pinbone-prosjektet. Disse konklusjonene ser kun på de store linjene mht målsettinger og føringer i prosjektet. Under punktene 12.2 – 12.5 er det samlet mer utdypende konklusjoner og sammendrag for testomfang/råstoff, Pinbone-maskin, deteksjonsenheten SensorX og den nye trimmelinjen fra Marel.

12.1 Hovedkonklusjoner/sammendrag

1. **Det er rimelig å hevde at metoder og teknikk som er utviklet i Pinbone-prosjektet representerer en teknologisk milepæl i fiskeforedlingsindustrien.**
2. Det er utført 5 testrunder i Pinbone-prosjektet der SINTEF Teknologiledelse har deltatt og rapportert resultater. Den første testen var i Stamsund i desember 2001 og den avsluttende testen var i Dalvik, Island, i september 2003. Hovedsakelig har filèter av torsk (4-7 døgn etter fangst) som er lagret i is vært råstoffgrunnlaget under testingen. Beinfjerningsmaskinen (Pinbone-maskinen) som er utviklet av Carnitech og deteksjonsenheten SensorX utviklet av Marel har vært objekt for alle testene. En komplett trimmelinje utviklet av Marel har blitt vurdert og i noe omfang testet i de 3 siste testrundene.
3. **Pinbone-maskinen** i utførelse som testet i Dalvik i september 2003 er i stand til å innfri målsettingen i Pinbone-prosjektet vedrørende fjerning av tykkfiskbein i hvitfisk filèt (torsk) slik at **en andel på >70% av filètene er helt fri for tykkfiskbein** (basert på beindeteksjon vha SensorX). Maskinen er fortsatt i en prototyp-utførelse og det gjenstår tiltak som stabiliserer ovennevnte resultat på nivået >70%. Samtidig er **vekttapet under behandling av filètene i maskinen målt til 3-4%** hvilket ansees som akseptabelt i denne fasen av teknologiutviklingen. Maskinens sentrale enhet, beinplukkerrotoren, har slik geometrisk utforming at den knekker en andel av de bein den behandler (andel knekte restbein typisk ca. 36%) og bør derfor videreutvikles eller erstattes av annen teknologi. Pinbone-maskinens kapasitet ansees å ligge i området 20-30 filèter pr min. av hver av kategoriene venstre og høyre filèter. Maskinen krever 2 operatører for innmating. Ulike funksjoner ved maskinen har fortsatt forbedringspotensiale, bl.a. hoved transportbånd som holder filèten fast under beinfjerningsoperasjonen samt beinplukke-enhetene (rotorene).
4. **Deteksjonsenheten SensorX** med tilhørende databehandlingssystemer er vha røntgen-teknologi i stand til å **detektere 60-77% (treffprosent) av alle forekommende restbein i filètene** etter at beinfjerningsoperasjonen er utført i Pinbone-maskinen. **Treffprosenten for restbein med tykkelse >0,3 mm ligger rundt 91-100%**. Databehandlingssystemet genererer et røntgenbilde av filèten på tilgjengelige display med ulik fargemarkering av tykkfiskbein og øvrige detekterte bein, dette til stor nytte for operatørene for ettertrimmingen. Systemet genererer også relevante oversikter/statistikk for behandlede filèter. Teknologien har fortsatt noe forbedringspotensiale, men ansees allerede å ha nådd et stabilt og godt ytelsesnivå som burde være interessant for fiskeforedlingsindustrien. SensorX krever ikke operatør for innmating.
5. **Den totale trimmelinjen utviklet av Marel** består av stasjon for manuell fortrimming av filèt, veie- og kontrollstasjon, Pinbone-maskinen, SensorX, sorteringssystem, stasjon for ettertrimming og veiestasjon for utgående filèter, omfattende både venstre og høyre filèter. Linjen slik den ble besiktiget i Dalvik i september 2003 har fortsatt forbedringspotensiale. Ved annen dimensjonering enn vist i Dalvik vil **kapasiteten for linjen kunne ligge i området 20 – 30 filèter pr min. av hver av kategoriene venstre og høyre filèter**. Linjen krever totalt anslagsvis 8 + 8 = 16 operatører for ovennevnte kapasitet. Ved økt automatisering kan dette

antallet reduseres. Vekttapet for filèt behandlet i linjen antas å vil ligge i området 6-9%. Det kan forventes en større loinsdel av filètene fra denne linjen enn fra ordinære manuelle trimmelinjer hvilket normalt representerer en økonomisk gevinst.

12.2 Testomfang i Pinbone-prosjektet

Under dette punktet gis en oversikt over hvilket råstoff som er testet i regi av Pinbone-prosjektet der SINTEF har deltatt og rapportert resultater, se tabellen nedenfor. Torsk som er ferskere enn 4 døgn etter fangsdato er ikke testet. Sei er testet i et meget begrenset omfang og hyse er ikke testet. Dette har hatt sammenheng med hva som har vært tilgjengelig av råstoff på de tidspunkt og steder/anlegg der testene har blitt kjørt.

Fiske- slag	Alder (døgn etter fangst), antall filèter	Filèt- størrelser, lengde i cm	Sted og tid for test	Kommentar om råstoffets behandling før testing m.v.
Torsk:				
	6 (100 filèter) 7 (235 filèter) 8 (60 filèter)	35 – 58 cm	Stamsund des. 2001	Frosset/tint; med skinn (201 filèter) og uten skinn (194 filèter), totalt 395 filèter
	Ukjent, men antatt flere døgn gammel	37 – 55 cm	Grenå juni 2002	Fersk råstoff (ikke frosset), filèter med skinn (18 filèter) og uten skinn (41 filèter), totalt 59 filèter
	4 (54 filèter)	35 – 53 cm	Stamsund jan. 2003	Fersk/iset; alle filèter uten skinn
	7 (99 filèter)	30 – 50 cm		Frosset/tint; alle filèter uten skinn
	4-5 (1072 filèter)	28 – 58 cm	Dalvik, Island, juni 2003	Fersk/iset; alle 972 + 100 filèter uten skinn
	4 (234 filèter) 4 (100 filèter) 4 (100 filèter) 4 (806 filèter)	40 – 50 cm 40 – 45 cm 35 – 45 cm 35 – 48 cm	Dalvik, Island, sept. 2003	Fersk/iset; alle filèter uten skinn
Sei:				
	1 (59 filèter)	36 – 52 cm	Stamsund jan. 2003	Fersk/iset; alle filèter uten skinn
Hyse:				
	Ingen filèter testet			Ingen tester utført der SINTEF har deltatt.

Tabell 12.1 *Oversikt over tester som er utført i regi av Pinbone-prosjektet der SINTEF har deltatt og rapportert resultater.*

12.3 Konklusjoner for Pinbone-maskinen

12.3.1 Prestasjonsutvikling for Pinbone-maskinen

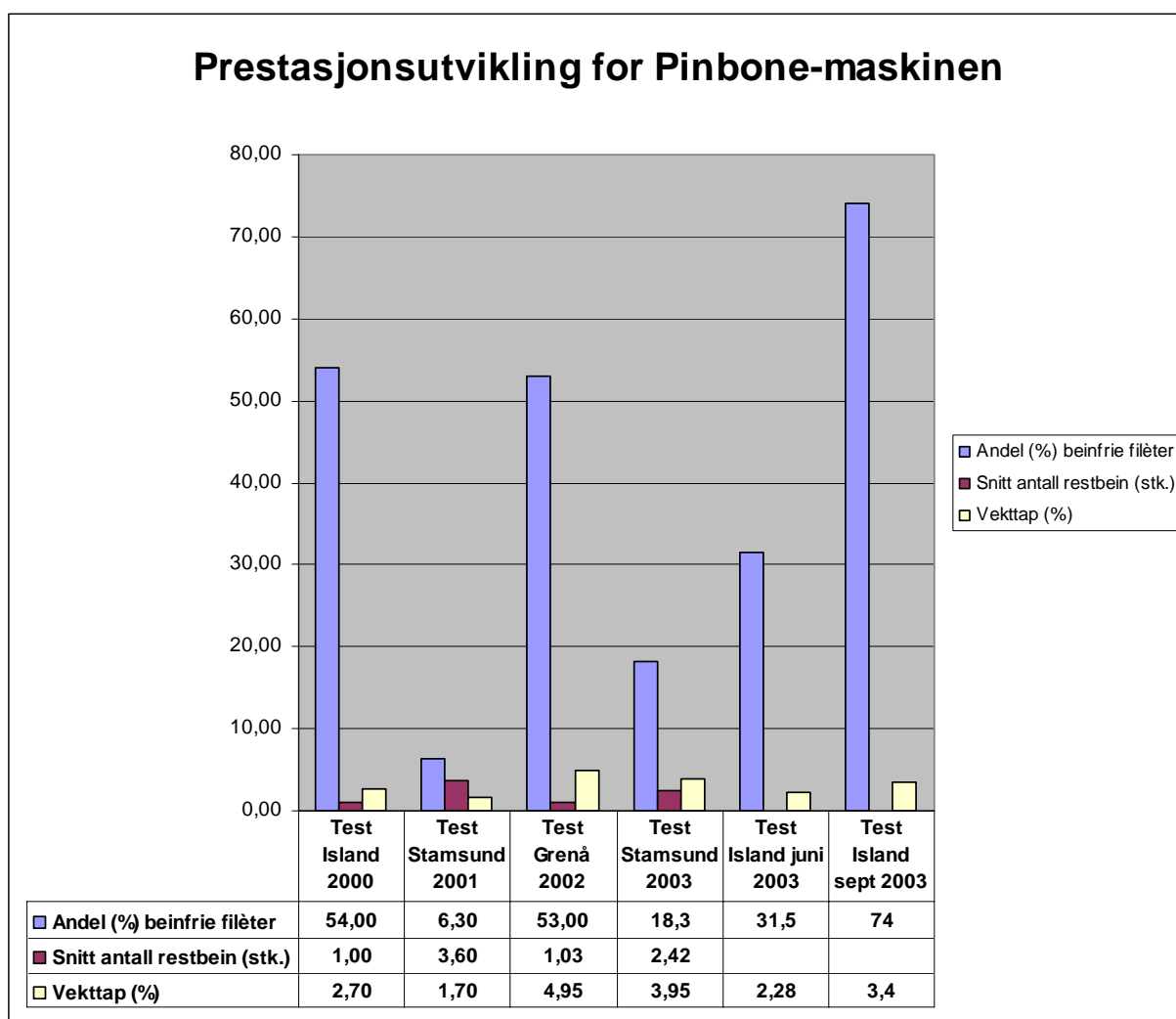


Fig. 12.1 Figuren viser **prestasjonsutviklingen for Pinbone-maskinen** representert ved 2-3 hovedparametere ved ulike tester som SINTEF har deltatt i. Testen på Island i år 2000 gjaldt en maskinprototyp (Maskinprototyp I) med 2 ulike beinfjerningsmetoder (rotor/linjal + remmer i V-form) integrert i samme maskin. Denne maskinen er vesentlig forskjellig fra øvrige maskinprototyper inkl. dagens Maskinprototyp VI (se test Island sept. 2003). De 4 midterste testene viser resultater som varierer sterkt fra test til test hvilket viser sårbarheten ved å benytte kun ett plukkeorgan for hvert løp i maskinen. I den siste testen (Island sept. 2003) er det benyttet 2 plukkeorgan pr maskinløp. Da fikk andelen beinfrie filèter et stort løft resultatmessig. Alle tester gjelder torsk som råstoff. Testene på Island i 2003 har et større datagrunnlag enn øvrige tester, hhv 972 filèter i juni og 804 filèter i septembertesten.

12.3.2 Erfaringer i prosjektperioden med Pinbone-maskinen

1. Pinbone-maskinen har vært gjennom en omfattende endringsprosess i prosjektperioden. Dagens prototypmaskin (Maskinprototyp VI) er totalt forskjellig fra prototypen som ble evaluert på Island i år 2000, i tiden før Pinbone-prosjektet ble startet. Siden dette stadiet er maskinen forenklet på vesentlige områder samtidig som nye funksjonsdetaljer er utviklet.
2. Ulike versjoner av maskinen er testet i prosjektperioden, hovedsakelig med torsk som råstoff, og resultatene har variert betydelig fra test til test. Erfaringene viser at det er et betydelig sett av problemstillinger som skal innfris dersom maskinen skal tilfredsstillende Pinbone-prosjektets forventninger og målsettinger. Problemstillingene er primært knyttet til variasjoner i fiskeråstoffets egenskaper kombinert med krav til funksjon og effektivitet fra industriens side.
3. Carnitech som har hatt hovedansvaret for utviklingen av Pinbone-maskinen har valgt å satse på en videreutvikling av beinplukketeknologien som benyttes for laks/ørret. Bedriften har valgt en strategi helt fram til slutfasen av prosjektet om at maskinen utrustes med kun ett beinplukkeorgan pr maskinløp. Denne strategien har bedriften ikke lyktes med til fulle da testresultatene lå på et for lavt nivå samtidig som de varierte fra test til test. Carnitech besluttet derfor sommeren 2003 å benytte 2 beinplukkeorgan pr maskinløp i en fremtidig maskinprototyp. Dette ga umiddelbart bedre og mer stabile resultater. Maskinen er lite plasskrevende.
4. Pinbone-maskinen er utstyrt med PLS (programmerbar logisk styring) og et hensiktsmessig display for kommunikasjon mellom maskinoperatør og styresystemet. En automatisert lengdemåling av filètene skjer ved maskinens innløpsende. Lengdemåling for hver enkelt filèt er viktig parameter for styring av plukkeorganets bevegelse i forhold til filèten.
5. Maskinen mates manuelt med en operatør på hver side (høyre og venstre filèt). Filètene blir automatisk lagt til rette og fastholdt på maskinens transportbånd for god adkomst for beinplukkeorganet til området med tykkfiskbein. Funksjonen med å holde filèten fast til et definert underlag under beinfjerningsoperasjonen er muligens ikke god nok på eksisterende maskinløsning.
6. Pinbone-maskinen er testet med en kapasitet på 34 filèter/min. pr maskinløp (høyre og venstre), men beinfjerningseffektiviteten ble da for lav. Det antas at realistisk kapasitet ligger i området 20-30 fil./min. av hhv høyre og venstre filèter = totalt 40-60 fil./min.
7. Avsluttende test i Dalvik på Island i september viste at maskinens ytelse kan gi en andel på opptil 74% helt beinfrie filèter med torsk som råstoff. Vekttapet ble målt til 3-4% under testene.
8. I tidligere tester har Pinbone-maskinen spesielt hatt problemer med å fjerne lange (>20 mm) tykkfiskbein i fronten av filèten. Denne manglende egenskapen er i slutfasen av prosjektet betydelig forbedret, hvilket testene i Dalvik viste, samtidig som evnen til å fjerne øvrige tykkfiskbein er noe forverret. Den største andelen restbein har beinlengde 10-20 mm, typisk 50-60%, gjelder torsk. En andel tykkfiskbein (ca. 36%) knekkes under behandlingen i Pinbone-maskinen, men dette er avhengig av råstoffets beskaffenhet og type beinplukkeorgan (flere varianter fins og er benyttet i testene) som benyttes.
9. Maskinen er hovedsakelig testet med torsk som råstoff, se tabell 12.1. Test med seifilèt i Stamsund i jan. 2003 ga en andel på 25% helt beinfrie filèter, gjennomsnittlig 1,6 restbein pr filèt og et vekttap på 2,2%. 77% av restbeinene hadde lengde >20 mm og befant seg i frontpartiet. Maskinen var da utstyrt med 1 plukkeorgan pr maskinløp. Betydelig bedre resultater kan forventes med nåværende prototypmaskin.
10. Maskinen krever at det foretas fortrimming av filètene slik at skinnfliker i frontpartiet fjernes, ellers dras filèten inn i plukkeorganet og ødelegges. Samtidig settes plukkeorganet ut av funksjon inntil filèt-/skinnrestene blir fjernet manuelt.

11. Maskinen benytter vanddyser med høyt trykk og dette sammen med høytrykksaggregatet gir en betydelig sjenerende støy i produksjonslokalet, hvilket er negativt for arbeidsmiljøet.

12.3.3 Forbedringspotensialer for Pinbone-maskinen

Maskinen ansees å ha forbedringspotensialer innen følgende områder:

1. En videre utvikling av plukkeorganet slik at man ytterligere øker prestasjonen og kapasiteten for maskinen samtidig som man unngår omfattende knekking av tykkfiskbein
2. Forbedret holdefunksjon under beinfjerningsoperasjonen for å stabilisere ytelsen, øke kapasiteten og øke robustheten under drift
3. Automatisert innmatingsfunksjon for å redusere produksjonskostnader pr produsert enhet
4. Sikrere utmatingsfunksjon som i dag er noe ustabil
5. Hygieniske detaljer kan forbedres for sikrere renhold
6. Støyreduksjon (jfr. høytrykkssystem inkl. dyser) for bedre arbeidsmiljø

12.4 Konklusjoner for SensorX

12.4.1 Prestasjonsutvikling for røntgendetektor SensorX

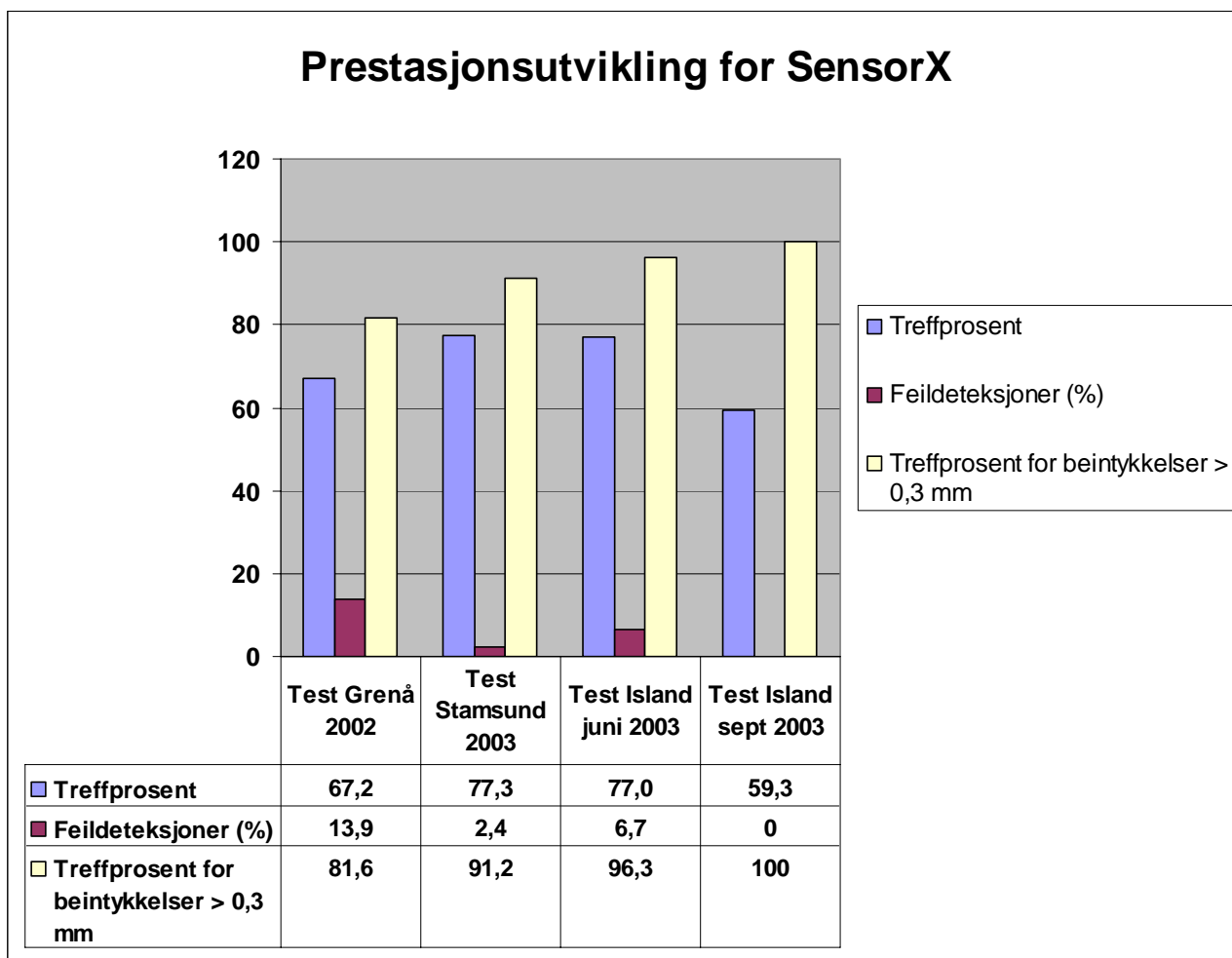


Fig. 12.2 Figuren viser **prestasjonsutviklingen for røntgendetektor SensorX** representert ved 3 parametere. Treffprosent (blå stolpe) gjelder alle beintykkelser for restbein, etter beinfjerning i Pinbone-maskinen. Det bemerkes at ved stor andel tynne bein i analyse materialet under testene vil treffprosenten reduseres fordi SensorX detekterer de tykkere beinene best. Dette var tilfellet under testene i 2003 på Island. I tilfelle høyere andel tykke bein i analyse materialet ville treffprosenten blitt høyere. Gjør også oppmerksom på at algoritmen som ble benyttet i SensorX-systemet for analyser av røntgenbildene under testingen i Grenå er ulik algoritmen som er benyttet i senere tester. Endring av algoritmen ga en markert resultatforbedring, dog varierer andelen feildeteksjoner (rød stolpe) fra test til test. I den siste testen var resultatet for denne parameteren meget godt. For øvrig bemerkes at for SensorX systemet har treffprosenten for beintykkelser > 0,3 mm (gul stolpe) hatt en meget positiv utvikling gjennom prosjektperioden.

12.4.2 Erfaringer i prosjektperioden med SensorX

1. SensorX kan på nåværende utviklingsstadium ansees som en relevant maskin for deteksjon av tykkfiskbein (og andre beintyper) i hvitfisk filèt. Siden slik teknologi ikke har vært benyttet i fiskeforedlings-industrien i nevneverdig utstrekning tidligere, representerer SensorX en teknologisk nyvinning av betydelig interesse.
2. Maskinen anvender røntgen som deteksjonsmetode og er utstyrt med programvare og algoritmer som analyserer røntgenbilder fortløpende for påvisning av eventuelle bein eller andre liknende elementer som gir nødvendig kontrastforskjell i et røntgenbilde.
3. SensorX påviser tykkfiskbein i torskefilèter av lengde 35-50 cm (som er behandlet i Pinbone-maskinen) med en treffsikkerhet på 60-77%, noe avhengig av filètens tykkelse. Bein med diameter/tykkelse $>0,3$ mm har blitt påvist av SensorX med en treffprosent på 91-100%.
4. Maskinen har to løp (venstre og høyre) og for hvert løp er hastigheten for transportbåndet oppgitt av leverandøren Marel til 370 mm/sek. For filèter med 60 cm lengde og avstand 50 mm blir kapasiteten tilnærmet 34 filèter/min. for hvert løp. For filètlengde 45 cm blir kapasiteten 44 filèter/min. for hvert løp i maskinen.
5. Maskinen er utstyrt med display som viser røntgenbilde av filèten med røde markeringer der tykkfiskbein er påvist og gul/orange markeringer der andre typer bein er detektert. Denne informasjonen distribueres til operatørene på trimmelinja og er spesielt nyttig for de som utfører påfølgende ettertrimming av filètene.
6. Systemet tilknyttet SensorX genererer relevante oversikter/statistikk for behandlede filèter (se fig. 11.2).
7. Maskinen har relativt store ytre mål hvilket er et negativt moment i fiskeforedlingsindustrien. Noen detaljer mht hygienisk utførelse for maskinen er ikke tilfredsstillende. Bortsett fra disse momentene bærer maskinen preg av solid utførelse og nyttige funksjoner.

12.4.3 Forbedringspotensialer for SensorX

1. Andelen feildeteksjoner varierer fra test til test og bør kunne forbedres/stabiliseres
2. Det antas at det fortsatt er mulig å øke SensorXs prestasjoner ved marginale forbedringer av røntgensystem, elektronikkdel, analysealgoritmer, styrefunksjoner m.v. Dette bør vurderes.
3. Maskinen er noe plasskrevende og kan gjerne gis en mer kompakt utførelse
4. Noen konstruksjonsmessige detaljer bør forbedres mht hygienisk utførelse, se foregående rapport
5. Maskinen har hatt noen barnesykdommer i databehandlingsrutinene, eksempelvis har det hendt at bildet av filèten som vises på displayet har blitt stykket opp. Etter den siste testen bekrefter Marel at dette er rettet opp.

12.5 Konklusjoner for prosesslinjen

12.5.1 Erfaringer i prosjektperioden med den nye trimmelinjen fra Marel

1. Med referanse til prosesslinjen som ble besiktiget ved Samherji hf i Dalvik (Island) den 12.-13. juni og 16.-17. september 2003 har Marel med øvrige samarbeidspartnere i Pinbone-prosjektet utviklet og demonstrert *en prosesslinje for fjerning av tykkfiskbein i hvitfiskfilèt* som representerer et stort fremskritt i retning av en fullautomatisert trimmelinje. I regi av Pinbone-prosjektet har dette utviklingsarbeidet nådd et solid nivå som basis for videre utvikling av konseptet.
2. Den viste trimmelinjen i Dalvik innbefatter manuell fortrimming av hvitfiskfilèt, automatisert fjerning av tykkfiskbein, deteksjon av tykkfiskbein i filèt vha røntgen og manuell fjerning av restbein med informasjonsstøtte fra røntgendetektor om hvor restbein er lokalisert i filèten. Trimmelinjen innbefatter også 2 in-line vekter samt funksjoner for sortering. Prosesslinjen innbefatter et styresystem som kalkulerer vekt for filètene og automatisk sorterer ut filèter med restbein til ledig operatør på stasjonen for ettertrimming av beinrester. Operatørene ved ettertrimmestasjonen har tilgang til display som viser et røntgenbilde av den aktuelle filèten som skal trimmes med fargede markeringer der restbein befinner seg.
3. Nøkkeltall for trimmelinjen er gjengitt i tabell 11.1 og fig. 11.5 ut fra de erfaringer som er gjort under utførte tester. Etter vår mening er trimmelinjen i Dalvik utstyrt med for få arbeidsplasser for fortrimming dersom man ønsker å utnytte linjens maksimale kapasitet. Det har ikke vært anledning i prosjektet til omfattende driftstester med korrekt dimensjonert linje over flere arbeidsdager slik at trimmelinjens nøkkeltall kunne fastlegges med større sikkerhet.
4. Filèter som går ut av trimmelinjen er enten undersøkt av SensorX og funnet fri for bein eller det er foretatt manuell etternapping av restbein og manuell kontroll mht forekomst av bein generelt. I begge tilfeller kan det forekomme feil, dvs at det fins en liten restmengde av bein i filètene som forlater trimmelinjen. Med dyktige operatører på trimmelinjen er erfaringene fra bedriften Samherji i Dalvik at filètene som forlater den nye trimmelinjen har en mindre andel restbein enn hva som er normalt for ordinære trimmelinjer.
5. Operatørene på stasjonen for ettertrimming har en taktuavhengig arbeidsplass med god informasjon om produktet som skal behandles (fjerne restbein). I Dalvik var operatørene utstyrt med tenger som bør kunne forbedres betydelig i forhold til arbeidsoppgaven som skal gjøres. Likeledes bør det legges opp til mer effektiv rengjøring av tengene mellom hver operasjon. Det vil også være riktig å stille spørsmålet om en enkel tang er det riktige redskap for etternapping av bein, om ikke et mer effektivt redskap bør utvikles.
6. På stasjonen for fortrimming hender det at filètene kiler som fast mellom bevegelige elementer når filèten sendes ut på transportbåndet av operatøren etter at filèten er trimmet. Dermed oppstår en driftsstopp for operatøren, filèten må rives løs. I tillegg blir det forstyrrelser i veiingen av filètene som forlater fortrimmingen.
7. Relatert til Pinbone-prosjektets målsetting punkt 3 i. "Gjøre filètproduksjon mer rasjonell gjennom automatisering av manuelle arbeidsoperasjoner i tilknytning til kutteprosessen samt øke produktverdien", er behovet for operatører (ca. 16 personer) på trimmelinjen relativt stort.

12.5.2 Forbedringspotensialer for trimmelinjen fra Marel

Det vises til punktene for Pinbone-maskinen (12.3.3) og for SensorX (12.4.3). Utover dette kan det nevnes:

1. Konstruktiv endring er påkrevet for detaljer der filètene sendes ut av fortrimmestasjonene, jfr. punkt 6 ovenfor.
2. Det bør utarbeides en kravliste for operasjonene under fortrimming, bl.a. må eventuelle skinnfliker i filètens frontparti fjernes
3. Tengene som benyttes for etternapping av bein på stasjon for ettertrimming bør forbedres eller erstattes med mer egnet verktøy. Hvis tenger bibeholdes, bør det utvikles mer effektive metoder for rensing av tenger for bein- og muskelrester.
4. Med utgangspunkt i Pinbone-prosjektets målsettinger bør det arbeides videre med å automatisere manuelle trimmeoperasjoner og manuell innmating for derved å redusere antall operatører på linjen. Hensikten med reduksjon i antall operatører er redusert produksjonskostnad pr produsert enhet (filèt).

13 Vedlegg

Vedlegg A: Forslag til kravspesifikasjon for Pinbone-maskinen utarbeidet ved Pinbone-prosjektets start ut fra formuleringer i prosjektbeskrivelsen.

Vedlegg A

Forslag til kravspesifikasjon for Pinbone-maskinen utarbeidet ved prosjektets start med basis i prosjektbeskrivelsen:

Krav tema	Pkt.	Kravbeskrivelse	Krav tallfestet
Effektivitet mht beinfjerner	1.1	Filèter av torsk fullstendig beinfrie, normal størrelse og kvalitet	Andel beinfrie filèter > 70%
	1.2	Filèter av hyse fullstendig beinfrie, normal størrelse og kvalitet	Andel beinfrie filèter > 70%
	1.3	Filèter av sei fullstendig beinfrie, normal størrelse og kvalitet	Andel beinfrie filèter > 70%
Stabil maskinfunksjon mht beinfjerner avhengig av råstoffkvalitet og størrelse	2.1	Vanskelig råstoff (konsistens og størrelse) av torsk fullstendig beinfri	Andel beinfrie filèter > 70%
	2.2	Vanskelig råstoff av hyse fullstendig beinfri	Andel beinfrie filèter > 70%
	2.3	Vanskelig råstoff av sei fullstendig beinfri	Andel beinfrie filèter > 70%
Produktutbytte	3.1	Maksimere utbyttet for torskefilèter	Ikke tallfestet i prosjektbeskrivelsen
	3.2	Maksimere utbyttet for hysefilèter	Ikke tallfestet
	3.3	Maksimere utbyttet for seifilèter	Ikke tallfestet
Påvirkning av råvarens kvalitet	4.1	Negativ påvirkning av råvarens opprinnelige kvalitet	Vesentlig negativ påvirkning må unngås, ikke tallfestet eller spesifisert
Kapasitet	5.1	Uavhengig av råstoffkvalitet og fiskeslag på generelt grunnlag	> 35 filèter/min. pr løp
Bestandighet for materialer	6.1	Må oppfylle krav i Rådskonklusjon 89/109/EØF	Tillatte avvik ikke avklart i prosjektbeskrivelsen
Maskinens robusthet	7.1	Må tåle forventede driftsbelastninger uten at funksjon påvirkes negativt	Tillatte avvik ikke avklart
Maskinens betjeningsvennlighet	8.1	Må være betjeningsvennlig med logiske sammenhenger, jfr. krav i "Forskrift om maskiner" (Maskindirektivet)	Tillatte avvik ikke avklart
HMS-forhold	9.1	Må oppfylle krav i "Forskrift om maskiner"	Tillatte avvik ikke avklart
Hygieneforhold	10.1	Må oppfylle krav i "Forskrift om maskiner"	Tillatte avvik ikke avklart