

# **Automatisk inspektion og sortering af sildefileter**

af

Stella Jónsdóttir  
Magnús Thor Ásmundsson  
Leif Kraus

Danmarks Fiskeriundersøgelser  
Afd. for Fiskeindustriel Forskning  
DTU, Bygning 221  
2800 Lyngby

DFU-rapport nr. 19-96

ISBN: 87-88047-37-7

**DFU-rapport** udgives af Danmarks Fiskeriundersøgelser og indeholder resultater fra en del af DFU's forskningsprojekter, studentspecialer, udredninger m.v. Resultaterne vil ofte være af foreløbig art, ligesom fremsatte synspunkter og konklusioner ikke nødvendigvis er institutionens.

Rapportserien findes komplet på institutionens biblioteker i Charlottenlund, Lyngby og Hirtshals, hvorfra de kan lånes:

Danmarks Fiskerundersøgelser  
Biblioteket  
Charlottenlund Slot  
DK-2920 Charlottenlund  
Tlf.: 33 96 33 15

Danmarks Fiskeriundersøgelser  
Biblioteket  
Afd. for Fiskeindustriell Forskning  
DTU, Bygning 221  
2800 Lyngby  
Tlf.: 45 25 25 84

Danmarks Fiskeriundersøgelser  
Biblioteket  
Nordsøcentret, Postboks 101  
9850 Hirtshals  
Tlf.: 98 94 26 01

**DFU-rapport** is published by the Danish Institute for Fisheries Research and contains results from a part of the research projects etc. The results will often be of an interim nature and the views and conclusions put forward are not necessarily those of the institute.

The reports are located at the institute's libraries in Charlottenlund, Lyngby and Hirtshals, from where they may be loaned.

*Redaktion:*

*Danmarks Fiskeriundersøgelser*

*Distribution:*

*Forfatteren*

*Tryk: DSR Tryk, Frederiksberg*

*Omslag: Contrast*

*Copyright DFU*

Serien er trykt på miljørigtigt papir

**ISSN 1395-8216**

## Forord

I perioden april '93 til juni '96 har Abba Seafood A/S, Nielsens Fiskeeksport A/S, Marel HF (fra ISLAND) og Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afd. for Fiskeindustriell Forskning (FF) samarbejdet om udvikling af udstyr til automatisk inspektion og sortering af ferske og/eller syremarinerede sildefileter. Projektet er finansieret med FØTEK midler og er baseret på nogle af de resultater, der er opnået i et andet FØTEK støttet samarbejdsprojekt, "Udvikling af kvalitetskæder i sildehalvkonserves industrien".

Lyngby, 13. september 1996

Stella Jónsdóttir

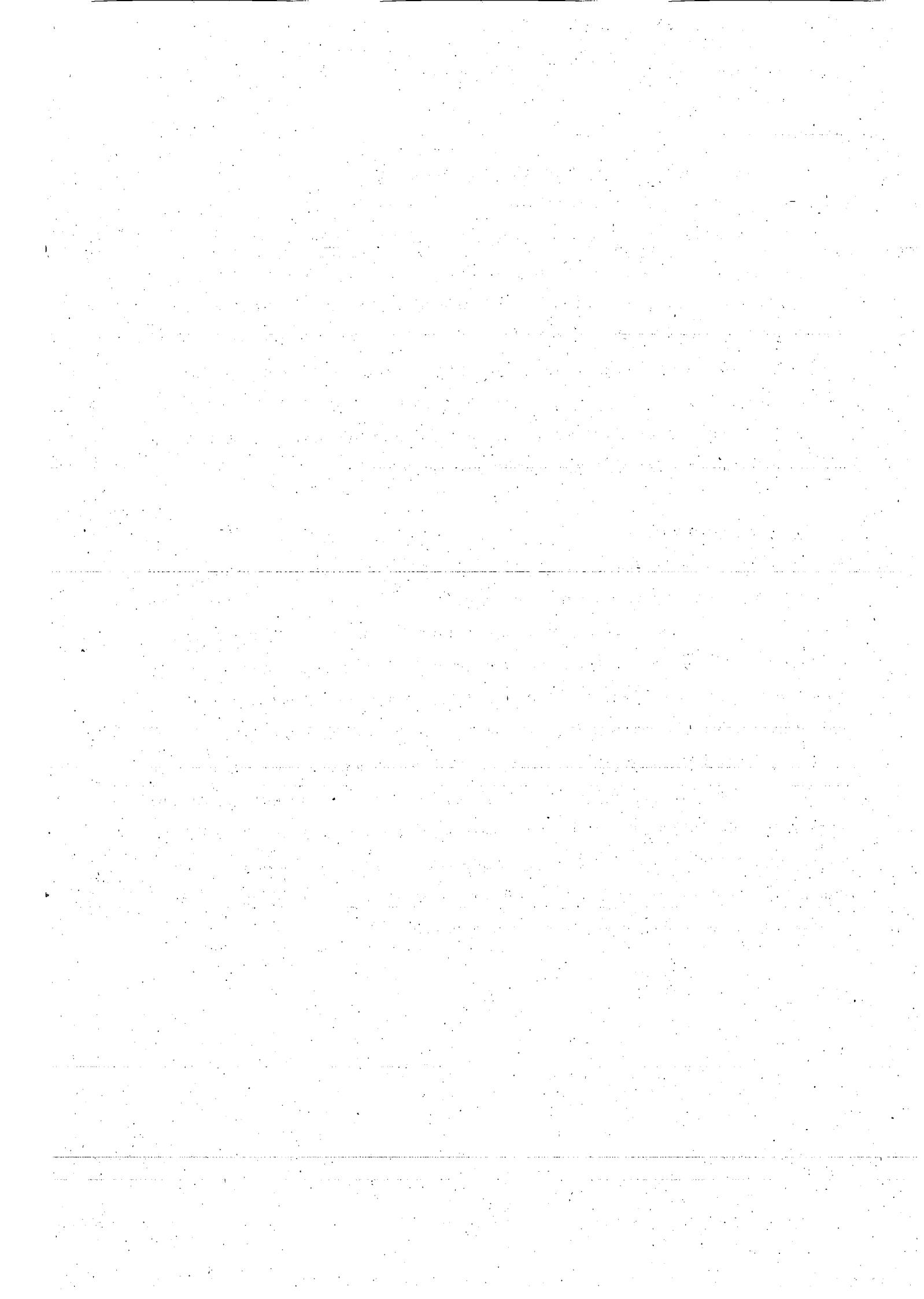


## Resumé

Projektets mål er, at udvikle et udstyr der automatisk kan foretage en inspektion og frasortering af sildefileter, der ikke opfylder krav med hensyn til f.eks. form, pletter, sølvskær og størrelse. Projektet har sigtet mod udvikling af en prototype, som kan vise, at inspektion og sortering kan realiseres teknologisk. I projektet er der arbejdet med tre indsatsområder: visionsystemer (Marel), integrering af filemaskine og visionudstyr (Baader) og fastsættelse af specifikationer for klassificering af sildefileterne (Abba Seafood, Niensens Fiskeeksport A/S og Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afd. for Fiskeindustriel Forskning). Der er udviklet en prototype der på en tilfredsstillende måde klassificerer sildefileterne på baggrund af sølvskin, farve og størrelse. Klassificering på baggrund af kødstruktur har der imod ikke været tilfredsstillende, da kun store afvigelser i kødstrukturen kan detekteres med det udviklede udstyr.

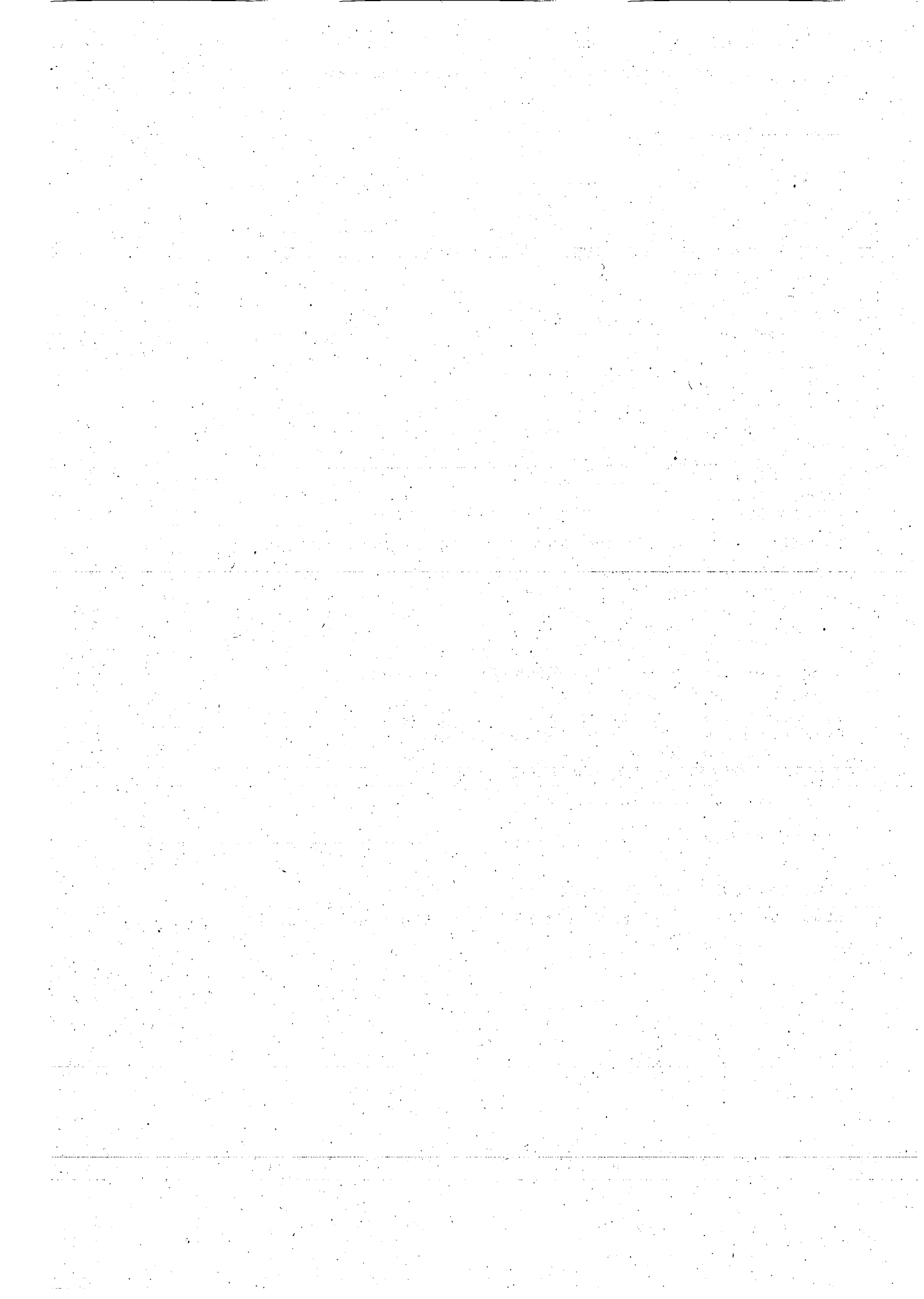
## Kortfattet engelsk resumé

There is a need for automatically sorting and quality-grading of herring fillets in the herring industry. The aim of this project is to develop a system for this purpose. To day the sorting- and grading process is made manually, by removing fillets which do not fulfil the quality-specifications of the product. To develop the system, a project with participants from the herring processing companies Abba Seafood and Niensens Fiskeeksport, Marel ©, Baader Danmark A/S and Danish Institute for Fisheries Research have co-operated on developing equipment for automatic grading of herring fillets. The grading is based on detection of sensory attributes such as colour and silver mirror of the herring fillets. The developed prototype has demonstrated that the grading of fillets in 3 groups based on different sensory attributes is possible and satisfactory. It is expected that by implementing objective quality measure methods in an automatic grading system the quality of the raw material will with a higher degree of certainty be more homogenous and the working-environment will be improved.



## Indholdsfortegnelse

<b>1. INDLEDNING .....</b>	<b>2</b>
1.1. BAGGRUND.....	2
1.2. SAMLET MÅLSÆTNING – AFGRENSNING AF PROJEKT .....	2
<b>2. UDVIKLING AF SYSTEM TIL SORTERING AF SILDEFILER (MAREL).....</b>	<b>3</b>
2.1. MÅLSÆTNING FOR MARELS OPGAVE .....	3
2.2. HARDWARE .....	4
2.2.1. Detektion.....	4
2.2.2. Computer .....	4
2.2.3. Kabinet.....	4
2.3. SOFTWARE.....	5
2.3.1. Farve.....	5
2.3.2. Sølvskær.....	6
2.3.3. Konsistens.....	6
2.3.4. Implementering.....	6
2.3.5. Interface.....	6
2.4. AFPRØVNING .....	6
2.4.1. Udførelse.....	6
2.4.2. Resultat .....	7
<b>3. UDVIKLING AF UDSTYR TIL INTEGRERING AF FILETMASKINE OG VISIONUDSTYR .....</b>	<b>8</b>
3.1. MÅLSÆTNING FOR BAADERS OPGAVE .....	8
3.2. METODEUDVIKLING FOR FASTHOLDELSE OG VENDING AF FILETER.....	8
3.2.1. Vending ved hjælp af en glidefase i vand .....	8
3.2.2. Vending ved hjælp af frit fald .....	8
3.3. AFPRØVNING AF FORSKELLIGE METODER .....	8
<b>4. FASTLÆGGELSE AF KVALITETSSPECIFIKATIONER FOR SILDEFILER .....</b>	<b>9</b>
4.1. MÅLSÆTNING FOR OPGAVEN .....	9
4.2. METODER TIL SENSORISK KLASSIFICERING AF SILDEFILER.....	9
4.3. KORTLÆGNING AF KVALITETEN AF FERSKE OG SYRNEDE SILDEFILER.....	10
4.3.1. Kortlægning af den sensoriske kvalitet .....	10
4.3.2. Kortlægning af sammenhængen mellem vægt og areal af sildefiler .....	11
<b>5. DISKUSSION.....</b>	<b>13</b>
<b>6. KONKLUSION.....</b>	<b>14</b>
 BILAG 1. TEGNINGER AF MARELS PROTOTYPE	
BILAG 2. RESULTATER FRA FORSØG MED STØRRELSESORTERING AF SILDEFILER	





## 1. Indledning

### 1.1. Baggrund

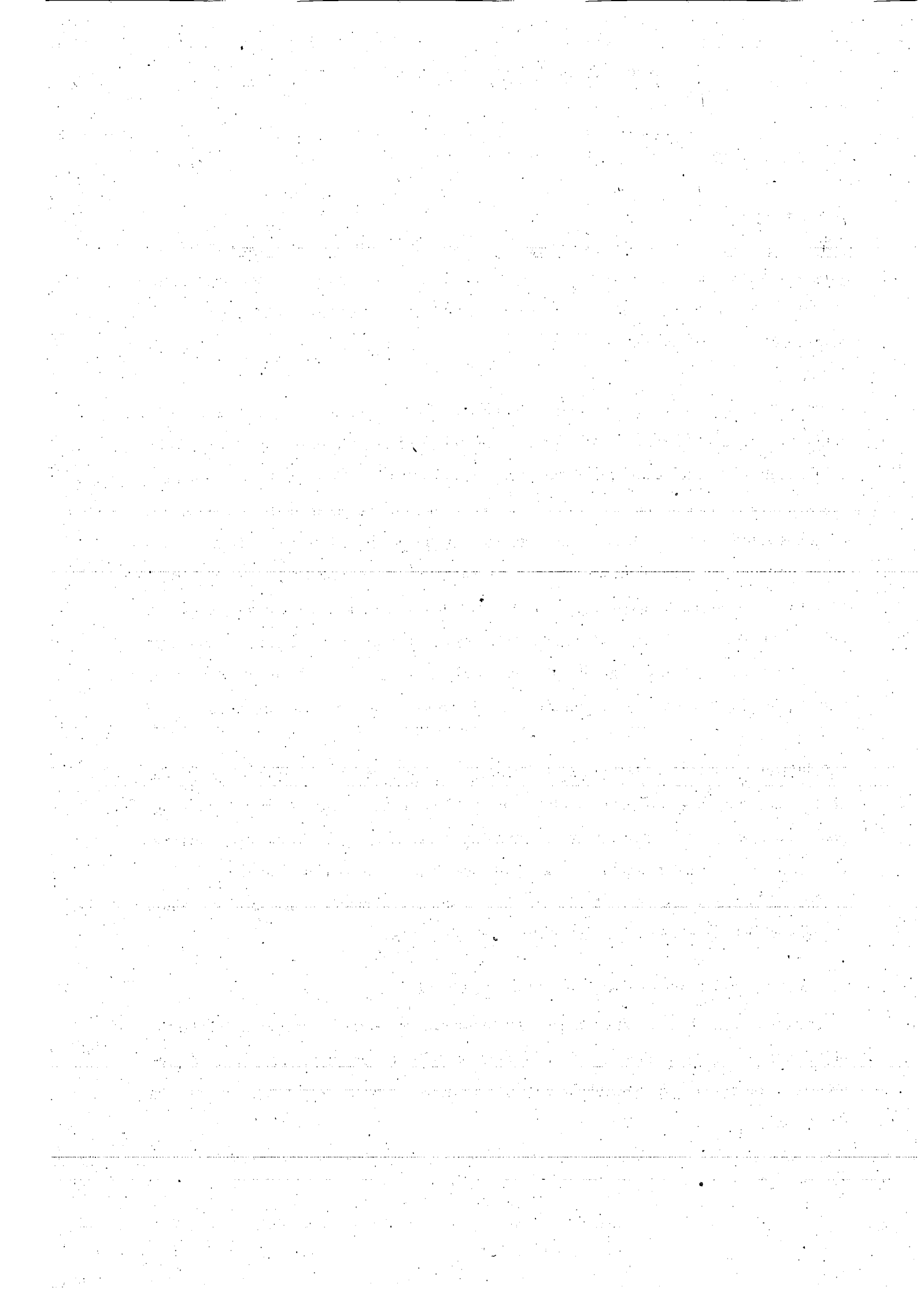
Sildeindustrien gennemgår i disse år, i lighed med anden levnedsmiddelindustri, en udviklingsproces som er præget af stigende krav til bl.a. dokumentation og sikring af ensartet færdigvarekvalitet. Dette har bl.a. medført et øget behov for udvikling af metoder der, muliggør en objektiv styring og dokumentation af råvarerne.

Forarbejdning af sild til sildedelikatesse produkter, som f.eks. marineret sild, kræver en omfattende kontrol af råvarekvaliteten i hele produktionskæden, fra fersk sild til færdigprodukter. De vigtigste kontrolparametre er størrelse og sensorisk kvalitet. Den sensoriske kvalitet er i dag kontrolleret manuelt, idet der hos filetøren sker en kontrol før og efter filetering af fersk sild, samt hos Abba Seafood en kontrol efter syring og før påfyldning i glas. Begge kontrolprocedurer omfatter en inspektion og sortering på baggrund af specifikationer, der indebærer parametre som f.eks. skærekvalitet, konsistens, mængde sølv på skindside, svamp og pletter. Idet det er mennesker, der foretager kontrollen, som i sagens natur ikke er 100% objektiv, forventes en automatisk inspektion og sortering at forbedre sikkerheden, samt optimere det økonomiske udbytte, der påvirkes af parametre som overvægt og sensorisk kvalitet i al almindelighed.

Udviklingen inden for forarbejdning af sildeprodukter, som andre levnedsmidler, er større grad af automatisering. Fremstilling af sild i bidder er efterhånden så automatiseret, at der ikke bliver plads til manuel kontrol af råvaren, før den emballeres i glas o.lign.. Forhold som disse bevirker, at produktsikkerheden nedsættes. I dette tilfælde kan en automatisk kontrol af råvaren/halvfabrikataene med hensyn til skærekvalitet og størrelse af bidder samt sensorisk kvalitet, forbedre produktsikkerheden og optimere det økonomiske udbytte.

### 1.2. Samlet målsætning – Afgrænsning af projekt

Til løsning af den ovenfor skitserede problemstilling er i dette projekt arbejdet med følgende indsatsområder, der til fælles sigter mod en udvikling af en prototype, der sikrer effektiv inspektion og sortering af sildefileter ud fra sensoriske parametre som farve, sølvskær og kødstruktur.



- Vision system er udviklet således, at det er muligt at kontrollere og registrere kvaliteten af sildefileternes kød- og skindside. På baggrund af registreringen kan systemet foretage en frasortering af fileter, der ikke svarer til produktspecifikationen.
- Maskinelt design – udvikling af system til indføring af fileter fra filemaskine til vision-udstyr der sikrer, at fileterne vender rigtigt når de ankommer til inspektion i vision-udstyr.
- Råvarespecifikationer – fastlæggelse af specifikationer for inspektions- og sorteringsprocessen med grænseværdier, som inspektionen og frasorteringen skal baseres på.

## 2. Udvikling af system til sortering af sildefileter (Marel)

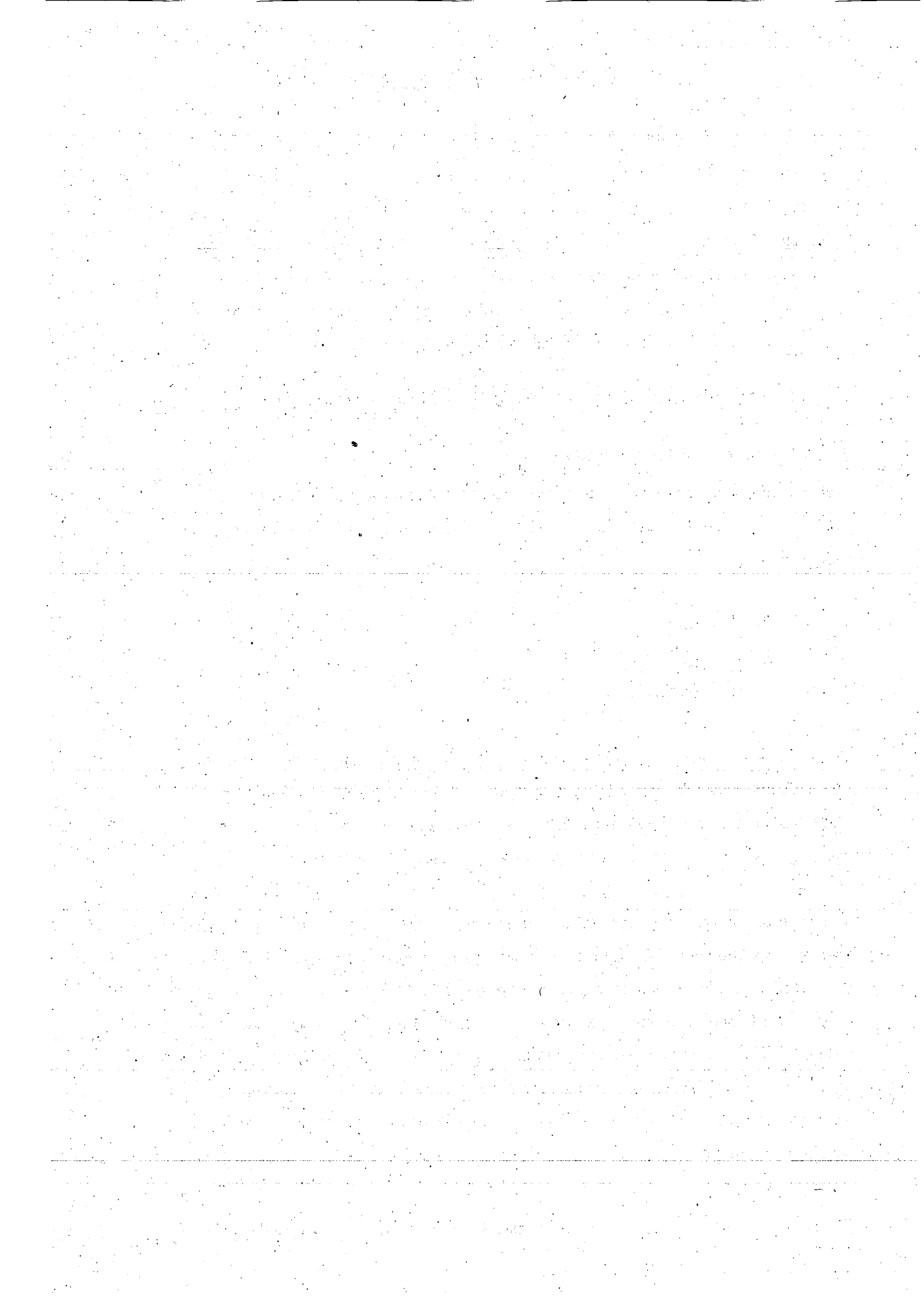
### 2.1. Målsætning for Marels opgave

Marels målsætning i projektet var at udvikle algoritmer og systemer der kunne foretage inspektion og sortering af sildefileter med hensyn til kvalitet. Kvalitetsbedømmelsen skulle baseres på:

- i) Farve på kødside
- ii) Konsistens på kødside
- iii) Sølvsvær på skindside

Til løsning af opgaven ville Marel anvende computer vision til inspektion og en traditionel Marel udkasterenhed for sortering (transportbånd med udkasterarme for forskellige porte). Marel har tidligere udviklet systemer til inspektion af produkters form men inspektion af overflade krævede udvikling af et nyt detektionssystem samt nye algoritmer.

Marels vurdering var at fileterne skulle inspiceres liggende på et transportbånd med kødsiden opad for inspektion af kødside og med skindsiden opad for inspektion af skind-side. Dette betød at fileter skulle vendes for inspektion på begge sider. Et forslag til layout for et system bestående af Baader fileterings og afskinder maskiner efterfulgt af et system til automatisk inspektion og sortering blev skitseret og følger med (bilag 1). En forudsætning fra Marels side var at indfødning til inspektionssystemet var på den måde at fileter blev "pænt" liggende i to rækker langs eller tværs på et transportbånd. Dette skulle også gælde for vending (efter vending) af fileterne.



## 2.2. Hardware

En prototype til system til inspektion og sortering af sildefileter blev bygget. Prototypen består af detektionsudstyr, en computer, software og vandtæt kabinet til udstyret med transportbånd. Prototypen beskrives nærmere i det følgende.

### 2.2.1. Detektion

Detektionsudstyret i systemet består af to linescan kameraer, farvede optiske filtre og fluorescent belysning. Kameraerne er ekstra lysfølsomme, har linesensorer med 1024 pixels og kan operere med line rate op til 10 kHz.

Til hvert kamera monteres en farvet optisk filter. De filtre der viste sig at være bedst egnet til inspektion af sildefileter var en rødlig og en blålig filter.

Til belysning benyttes tolv lysstofrør som danner en lampe der er designet med hensyn til ikke at give f.eks. glimt på sildefileterne.

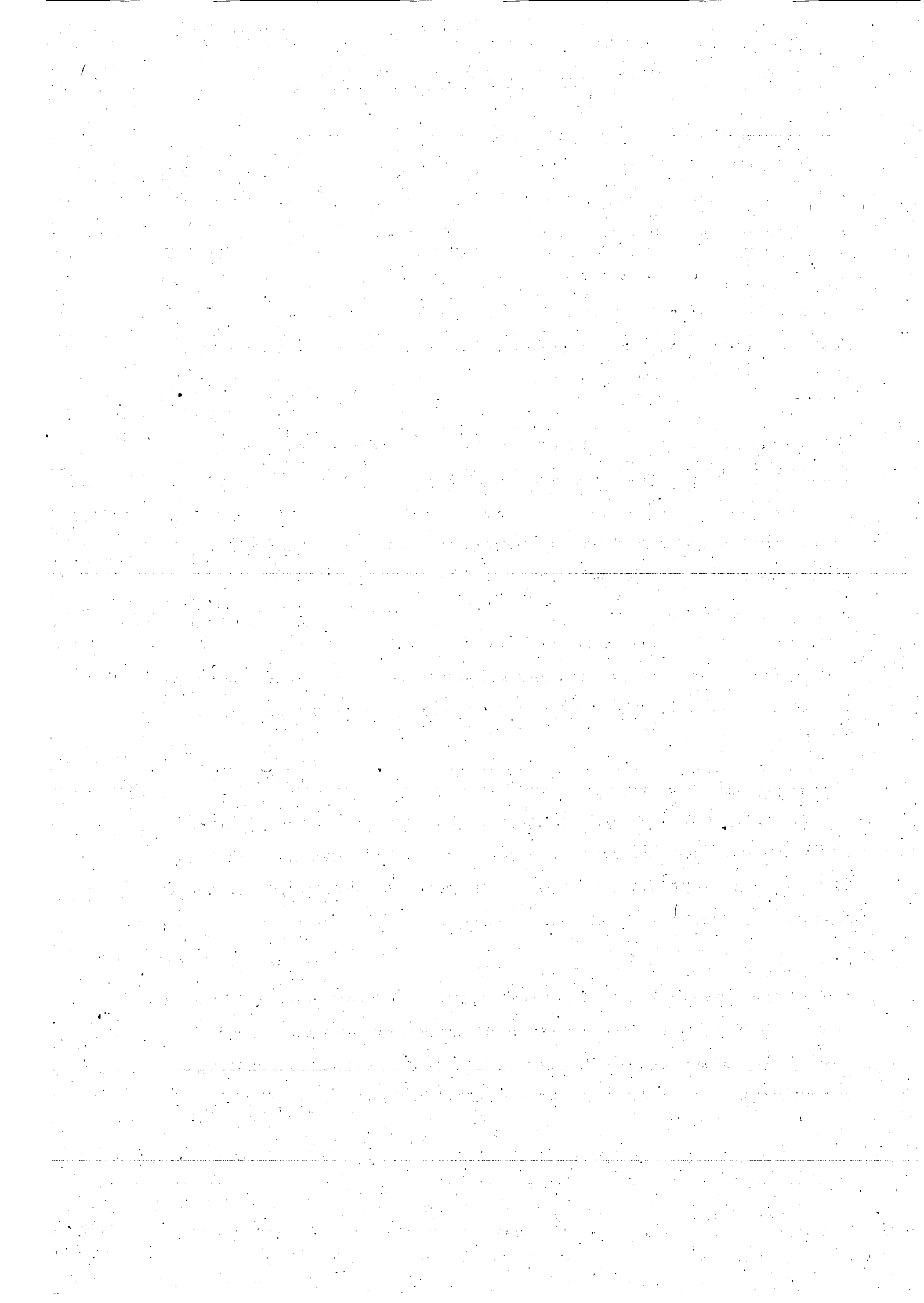
Detektionsudstyret samt computeren sidder i en lukket, tæt kabinet. Når der er tændt på udstyret stiger temperaturen i kabinettet. Både kameraer og lysstofrør er temperaturfølsomme. Idet dette har en stor indflydelse på måleresultatet reguleres temperaturen i kabinettet til at være konstant.

### 2.2.2. Computer

En computer dedikeret til modtagelse af videosignaler fra de valgte kameraer og til behandling af billeddata i "real-time" blev udviklet. Computeren, der har fået navnet LS-4, anvender en RISC microprocessor og kører et multitasking operationssystem. Algoritmer, beskrevet under *Software*, blev implementeret på LS-4 i programmeringssproget C.

### 2.2.3. Kabinet

Den mekaniske prototype består af et transportbånd med justerbar hastighed og en kabinet der sidder på båndet og indeholder detektionsudstyret. På prototypen sidder også en standard Marel M2000 indikator som virker som interface til maskinen. Den mekaniske prototype er designet til at være idet mindste IP65 hvad angår tæthed. En tegning af prototypen følger i bilag 1.



## 2.3. Software

Fileter blev undersøgt med hensyn til udvikling af algoritme for hver af de tre nævnte kvalitetsparametre, farve, konsistens og sølvskær.

### 2.3.1. Farve

To slags algoritmer blev udviklet for farve. Følgende er en kortfattet beskrivelse:

#### i) Farveparametre i felter

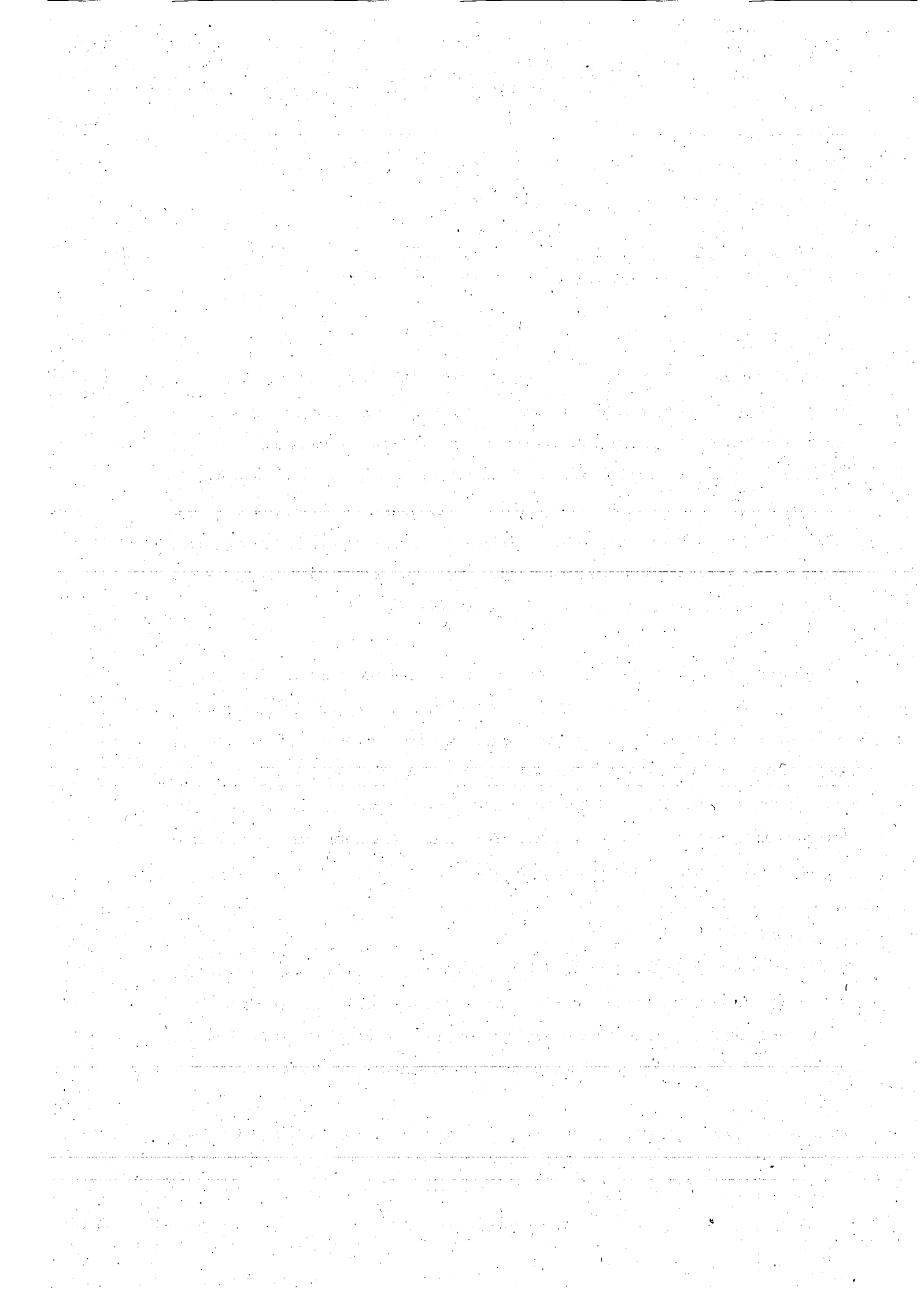
Fileten bliver delt op i felter, lige store på langs af fileten men proportionelt ved bredde på tværs af fileten. Antal felter på fileten i langs og tværs retning er justerbar. Felter kan også kombineres til at danne et større felt. Farveindtryk i hvert felt er målt som gennemsnitsværdi for alle pixels ("punkter" i billedet) i feltet. De to kameraer som anvendes til målingen giver to farveparametre som kan kaldes for  $A$  og  $B$  (hvis for eksempel den ene kamera har et rødt filter kan  $A$  være *Rød* o.s.v.). Dynamisk opløsning for  $A$  og  $B$  er 256 værdier for hver, således at  $256 \times 256 = 65536$  farveværdier kan udtrykkes i "farverummet" ( $A, B$ ). Tre andre farveparametre beregnes:  $I = (A+B)/2$ ,  $D = (B-A)/2$  og  $H = \arctan(B/A)$ .

De målte og beregnede farveparametre er inddata til en "beslutningsmaskine". Beslutningsmaskinen er programmeret til at acceptere eller bortvise en filet fra en kvalitetskategori baseret på farveparameters værdier i enkelte felter. Beslutningsmaskinen kan for eksempel programmeres til at acceptere et vist antal felter med en bestemt farve (farveområde) til kategori  $I$  men at nedgradere fileten til kategori  $II$  hvis det foreskrevne antal felter er overskredet, - eller til at acceptere aldrig en bestemt farve i et bestemt felt for kategori  $I$  (selvom den samme farve accepteres i et felt placeret et andet sted på fileten), o.s.v.

#### ii) Farvepletter

Et farveværdiområde, for en eller flere af de fem farveparametre, defineres som "dårlig" farve. Alle andre farveværdier er "gode" farver. Tærskelværdien mellem dårlig og god farve kan variere med hensyn til placering langs efter fileten. Pixels med dårlig farve på sildefileten optælles. Antal dårlige pixels er inddata til en beslutningsmaskine som afgør om kategori.

De to algoritmer blev begge implementeret og afprøvet for bedømmelse af farve på kødside.





### 2.3.2. Sølvskær

Algoritmen *Farvepletter*, beskrevet under *Farve*, er anvendt til bedømmelse af sølvskær. Farveværdiområdet tilhørende sølvskær er defineret som god farve. Antal gode pixels er sammenlignet med antal dårlige pixels for at få proportionel dækning af gode pixels med hensyn til areal. Proportionel dækning er inddata til en beslutningsmaskine som afgør om kategori.

### 2.3.3. Konsistens

Dårlig konsistens fremtræder i de billeder der optages i systemet som mørke skygger.

Algoritmen *Farveparametre i felter* anvendes til bedømmelse af konsistens. Fileten er delt op i mange små felter og farveparametre er målt og/eller beregnet for hvert felt. Beslutningsmaskinen der afgør om kategori for konsistens har farveparametre for alle felter som inddata og afgør om kategori med hensyn til ændring mellem felter. En filet med dårlig konsistens vil have ændring i farveværdi mellem felter i højere grad end den der har god konsistens.

### 2.3.4. Implementering

Algoritmerne blev implementeret på LS-4 (computeren der blev udviklet for projektet) til at køre i "real-time" d.v.s. at de kunne udføre deres opgave på den hastighed som industrien kræver. Sildeindustrien kræver hastighed på to gange 250 fileter i minuttet (fileter i to linier side om side). Det implementerede program kan klare 250 fileter i minuttet i en linie. To linier kræver to computere (som begge to kan tilsluttes samme kameraer).

### 2.3.5. Interface

En Marel M2000 indikator er tilsluttet prototypen. Denne virker som interface til programmet på LS-4, d.v.s. til visning af resultat, til justering af parametre o.s.v. samt til styring af udkasterbånd for sortering.

## 2.4. Afprøvning

### 2.4.1. Udførelse

Prototypen blev afprøvet, sammen med Baaders bidrag, hos Nielsens Fiskeeksport A/S i december '95 - januar '96. Opstillingen bestod af en Baader fileteringsmaskine, en modificeret Baader afskinder, prototype til inspektion og udkasterenhed (prototype og udkasterbånd herefter kaldt "grader"). Fileter kommer i to linier fra afskinderen men den ene linie blev ledt



forbi idet graderen kun tager en linie i nuværende form. Hastighed var ca. 220 fileter pr. minut. Sortering med hensyn til farve, sølvskær og konsistens blev afprøvet adskilt. Desuden blev kørt et forsøg med sortering af fileter efter vægt ved at måle på areal med graderen og transformere til vægt. En kombineret sortering ved vægt og farve blev også afprøvet. Afprøvningen blev udført på den måde at sild blev kørt igennem linien, måleparametre undersøgte og sorteringskriterie indstilt og justeret. Sild blev kørt igennem linien igen sorteret automatisk og bagefter sorteret igen manuelt til sammenligning og resultatet registreret. Kørsel i gennem grader med sildefileter liggende i tværs retning og liggende i langs retning blev begge dele afprøvet. En video optaget under afprøvningen foreligger. Afprøvningen blev udført med deltagelse af personale fra Marel, Baader, Abba Seafood, Nielsens Fiskeeksport og FF.

### 2.4.2. Resultat

Abba Seafoods kvalitetsingeniør udførte den manuelle sortering og sammenligning ved den automatiske sortering. Sortering i tre kategorier m.h.t. farve på kødside blev godkendt og ligeledes sortering m.h.t. sølvskær på skindside. Sortering m.h.t. konsistens gav ikke en succes. Det er Marels vurdering at meget dårlig konsistens kan detekteres med det udbyggede system men at små fravigelser i konsistens ikke detekteres tilfredsstillende.

Graderen viste sig at kunne klare den hastighed som blev kørt under afprøvningen. Den er til gengæld sårbar over for dårlig indføring. En "forkert" liggende filet eller fileter der rører hinanden kan ikke bedømmes. Overgang mellem transportbånd viste sig at være et problem. En filet der sad skævt ved overgang mellem prototype og udkasterbånd kunne sorteres forkert på grund af at blive forsinket til det rigtige port. Dette viste sig at være et mindre problem ved prøvekørsel med fileter i langs retning end i tværs retning. Denne overgang samt at indføring ikke var 100% og at udkasterbåndet evt. ikke var optimalt for sildefileter var årsagen til at den ønskede hastighed på 250 fileter pr. minut ikke blev opnået under afprøvningen. Selve prototypen til inspektionen kan klare 250 fileter pr. minut og Marels vurdering er at problemer vedrørende overgang mellem bånd og vedrørende udkastermetode kan overkommes.



### 3. Udvikling af udstyr til integrering af filemaskine og visionudstyr

#### 3.1. Målsætning for Baaders opgave

Baaders målsætning i projektet var, at udvikle en metode, der kunne sikre en levering fra filemaskine til vision-udstyret. Metoden skulle således sikre, at sildefileterne kom frem til vision-enheden på en måde, der muliggjorde en inspektion af fileten efter afskinding på en i forvejen valgt side, skind- eller kødside. Desuden skulle fileten position være så ensartet at den ikke forstyrrede bedømmelsen af fileten.

#### 3.2. Metodeudvikling for fastholdelse og vending af fileter

Der blev undersøgt metoder til fastholdelse af fileten i hele vendeprocessen, samt metoder hvor fileten var flydende i vendefasen. Fastholdelsen af fileten i vendefasen blev afvist af styregruppen, idet denne blev vurderet til at gøre investeringen i det samlede anlæg for stor.

##### 3.2.1. Vending ved hjælp af en glidefase i vand

Flydende vending blev undersøgt hvor silden blev vendt i en glidefase i vand og en vendefase i et frit fald. Vendingen i vand blev afprøvet hos Nielsens Fiskeeksport.

##### 3.2.2. Vending ved hjælp af frit fald

Denne metode består i, at sildefileten i et frit fald fra et transportbånd vender i luften og lander på et andet underliggende transportbånd. På baggrund af 2 forsøg hvor en optælling ved hjælp af videooptagelse viste følgende resultater:

#### 3.3. Afprøvning af forskellige metoder

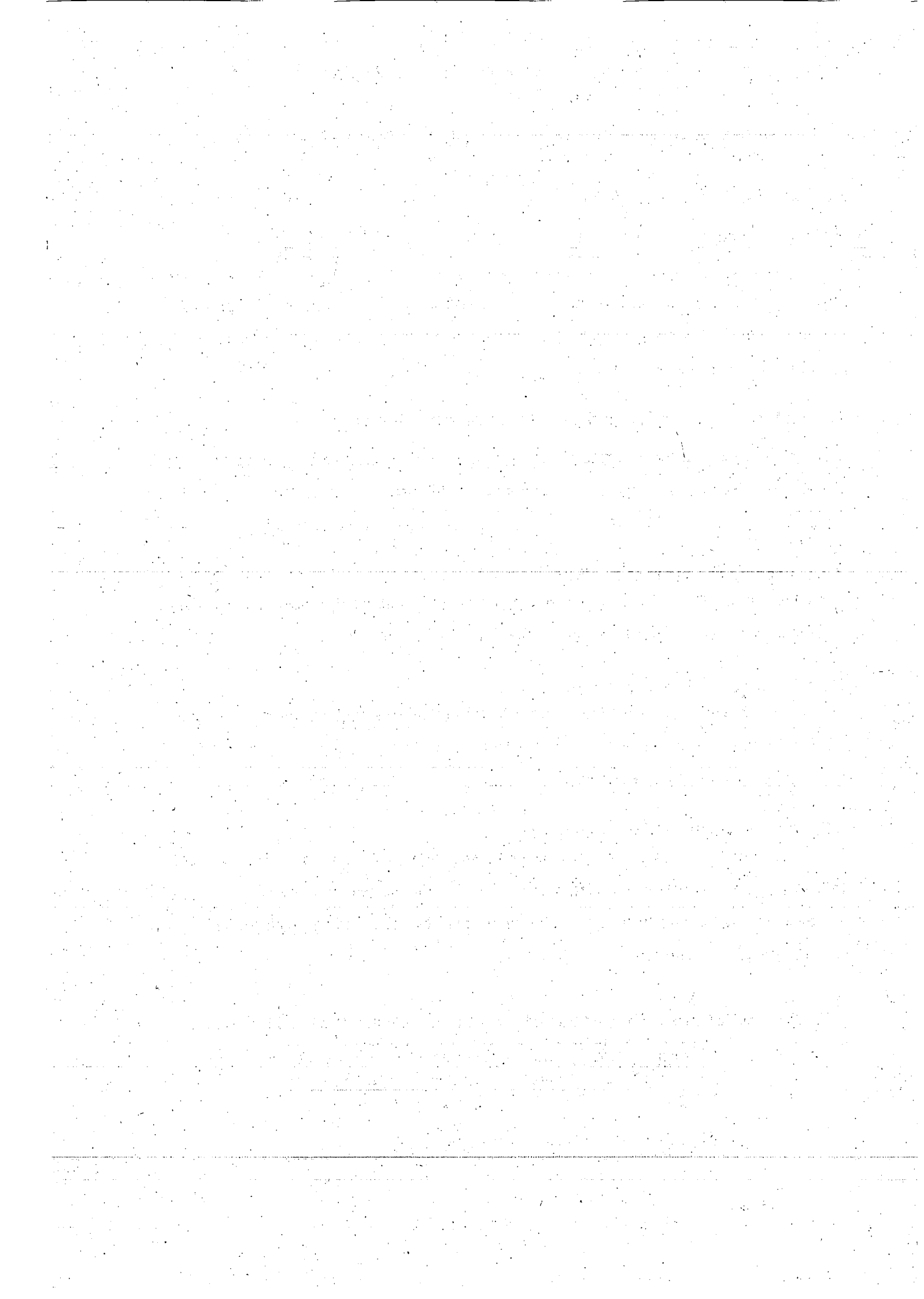
Ved afprøvning hos Nielsens Fiskeeksport viste resultaterne, at en for stor andel af fileterne lå forkert, dvs. de lå enten skæve, foldet, oven på hinanden eller på den forkerte side.

Vending af fileten ved hjælp af frit fald blev anvendt i forbindelse med afprøvning af prototypen.

Resultaterne er vist i tabel 1:

Tabel 1. Resultater fra forsøg med frit fald til vending af sildefileter fra kødside til skindside.

Forsøgs dato	Retning i forhold til vision-udstyr	Total antal fileter	Antal forkert liggende fileter
14.12.95	Tværs	610	62
17.01.96	Tværs	342	46
17.01.96	Langs	212	14



Ved optællingen er der ikke taget hensyn til resultatet af sorteringsprocessen i vision-sorteringsanlægget. Det vil derfor sige, at metoden på et færdigudviklet anlæg vil give et resultat der formodes at være betydelig bedre en 10%.

## 4. Fastlæggelse af kvalitetsspecifikationer for sildefileter

### 4.1. Målsætning for opgaven

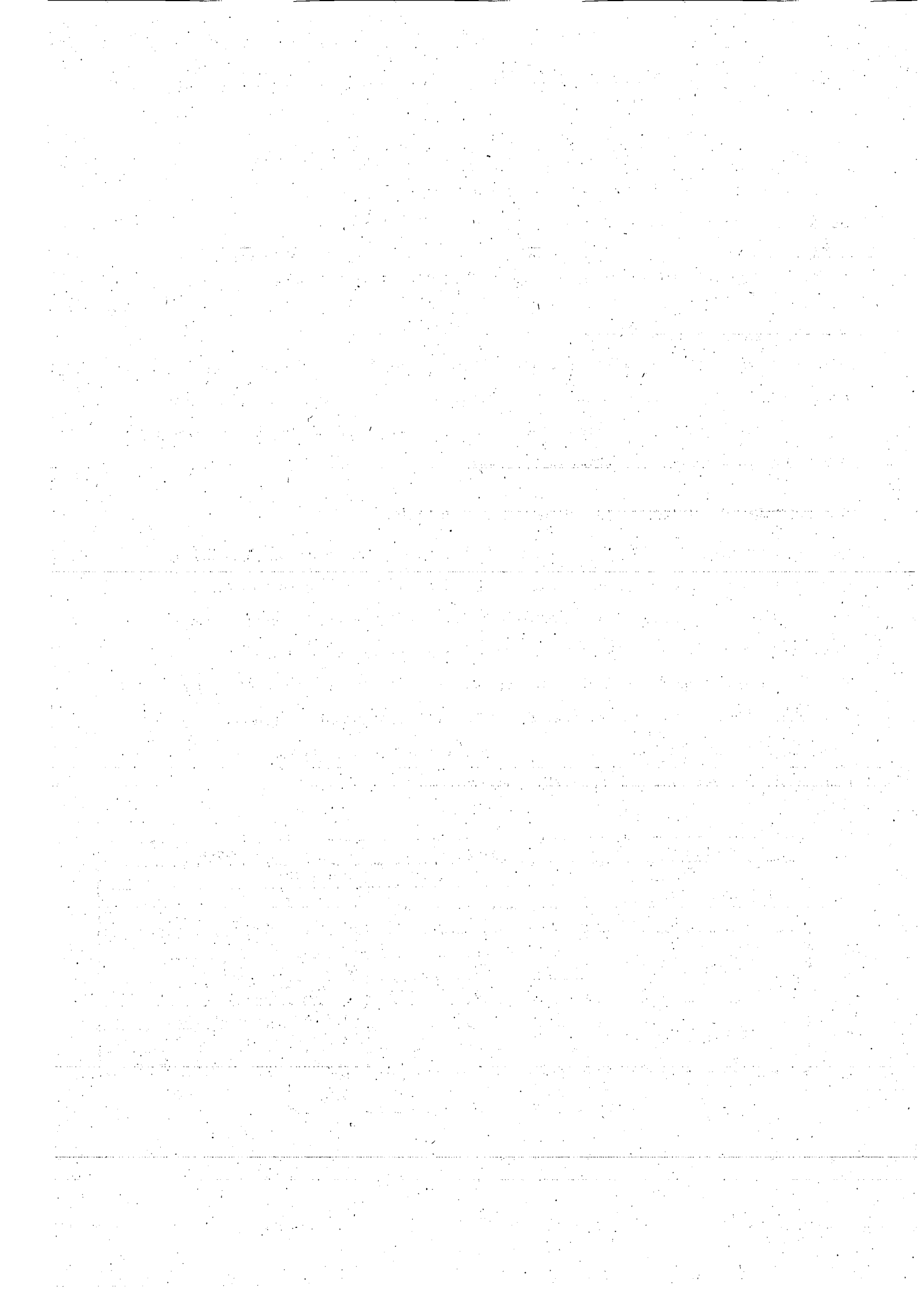
Målsætning for opgaven var, at fastsætte specifikationer vedrørende råvarekvaliteten således, at disse ville kunne danne udgangspunktet for inspektions- og sorteringsprocessen. Specifikationerne omfatter sensoriske parametre og størrelse af fileter. Opgaven blev løst i et samarbejde mellem FF, Abba Seafood og Nielsens Fiskeeksport.

### 4.2. Metoder til sensorisk klassificering af sildefileter

Grundlaget for at der kan foretages en automatisk klassificering og sortering af sildefileter er en klassificeringsmetode og en viden om spredningen i de efter metoden fastlagte klasser. Klassificeringsmetoden består af et bedømmelsesskema (figur 1), et sæt forklarende billeder og en beskrivende vejledning. Bedømmelsesskemaet indeholder en beskrivelse af den sensoriske kvalitet med hensyn til tre betydende parametre, kødstruktur, udseende/sølvskær og farve/pletter. Disse tre parametre har afgørende betydning for kvaliteten af færdigvaren og dermed også produkttegnetheden. Metoden baseres på demeriterende pointsystem, idet der opereres med en tre-points skala (1,2,3) for hver parameter.

Parameter	Kategori	Beskrivelse
Udseende/sølvskær	1	Meget sølv
	2	Neutral sølv
	3	mindre pænt sølv
Struktur	1	Fast og glat
	2	Mindre fast og glat
	3	Blød og flosset
Farve/pletter	1	Ensfarvet og karakteristisk
	2	Ensfarvet, få brune pletter
	3	Misfarvet, mange brune pletter

Figur 1. Bedømmelsesskema for ferske og syrnede sildefileter.





Karakter 3 er den dårligste kvalitet (uacceptabel) og regnes for kassabel, mens 2 er acceptabel (kvalitet B), og 1 er første klasses fileter/lapper (A). Produktegnetheden er fastlagt ud fra at der for hver af de tre parametre skal der ved stikprøvekontrollen være min 80% fileter i kategori 1 og max 20% i kategori 2, fileter/lapper i kategori 3 accepteres ikke. Målet med bedømmelsen er, at denne skal være medbestemmende for, hvilket produkt varen kan anvendes til. Anvendelsesmulighederne af et parti syrnede fileter med kombination af 1-ere for farve/pletter og 1-ere og/eller 2-ere for sølv og struktur vil kunne anvendes til både marineret filet og bidder. Et parti med farve vurderet til 2-ere og 3-ere, vil fortrinsvis blive anvendt til bidder. Dette samme gælder for et parti med mange 3-ere for sølv. Mulige kombinationer af karakterer er vist i figur 2.

Kvalitetsparameter				Produkt	
Struktur	Udseende/sølv	Farve/pletter	Vægt		
1	1	1	ok	Fileter eller bidder	Kvalitet A
1	2	1	ok		Kvalitet B
2	1	1	ok		Kvalitet A
1	1	1	-	Bidder	Kvalitet A
1	3	2	-		Kvalitet B
2	3	2	-		Kvalitet B
1	1	3		Kasseret	
3	1	1			

Figur 2. Mulige karakterkombinationer på den sensoriske filetkvalitet

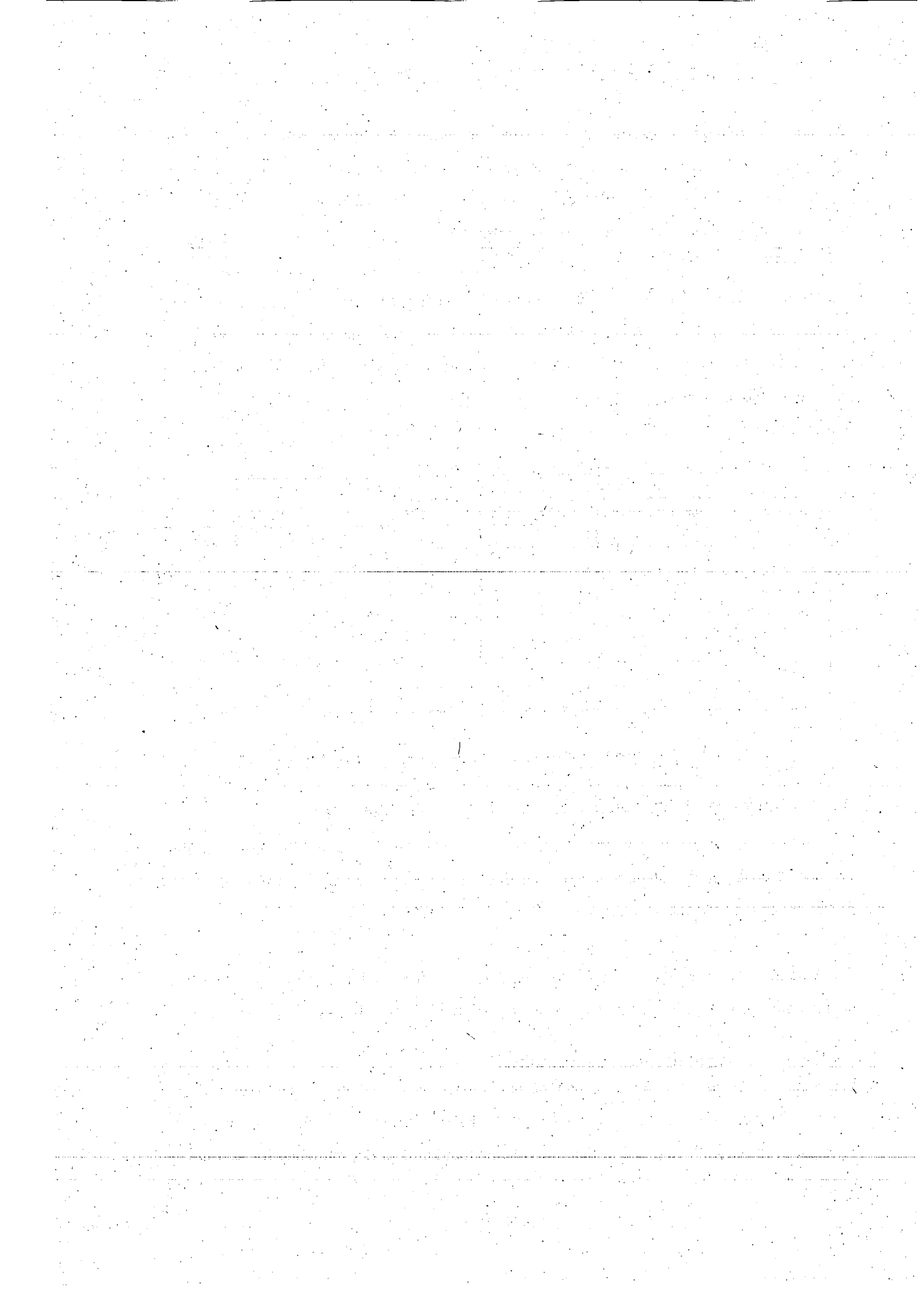
### 4.3. Kortlægning af kvaliteten af ferske og syrnede sildefileter

Ved en række forsøg er den sensoriske kvalitet af ferske og syremarinerede sildefileter kortlagt. Kortlægningen danner et grundlag for fastsættelse af en 0-linie for kvaliteten af råvare anvendt til sildehalvkonserves.

Størrelse af fileterne er ligeledes undersøgt med henblik på at udvikle en model for areal/vægt sammenhæng som kan bruges til vægt-sortering udført af vision-udstyret.

#### 4.3.1. Kortlægning af den sensoriske kvalitet

I forsøgene er de undersøgte fileter mærket individuelt i fersk tilstand, hvilket giver mulighed for at undersøge virkningen af syrningen nærmere. Efter vurderingen er sildene leveret tilbage i normal produktion. Ved hjælp af den individuelle mærkning er der mulighed for at følge den



samme stikprøve i fersk og syrnede tilstand. Forsøgene er gentaget 5 gange i perioden oktober 1993 til september 1994. I tabel 2 vises hhv. forbedring og forværring af de sensoriske parametre: struktur, farve og sølv på sildefileterne.

Tabel 2. Forsøgsresultater. Sammenfatning af procent forværret og forbedret struktur, farve og sølv i forsøg 1 - 5.

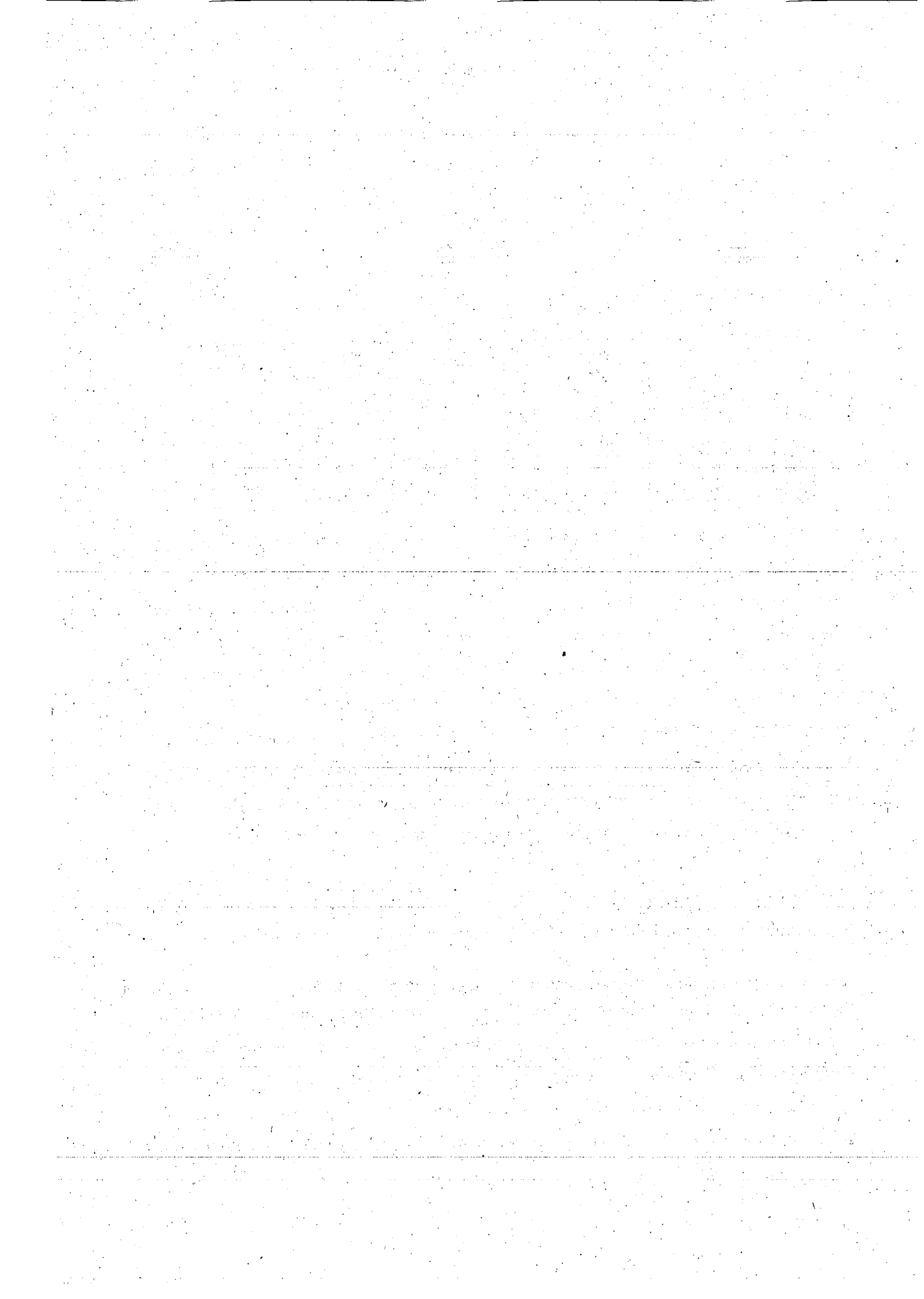
	Forsøg 1	Forsøg 2	Forsøg 3	Forsøg 4	Forsøg 5
Struktur forbedring	20%	9%	7%	30%	6%
Struktur forværring	20%	10%	27%	20%	26%
Farve forbedring	13%	8%	35%	18%	21%
Farve forværring	0%	8%	18%	9%	0%
Sølv forbedring	9%	13%	13%	8%	40%
Sølv forværring	18%	13%	10%	0%	4%

Det konkluderes, at de anvendte standarder giver et godt billede af fileternes sensoriske egenskaber før og efter syring. Forværring af filetkvaliteten skyldes generelt syrningsprocessen/lagring på tønder og forskellig råvarekvalitet. Der har således i forsøgene været observeret fileter med forværret struktur pga. for tæt pakkede tønder med der af følgende sammenbukkede fileter. Andel uændrede karakterer før og efter syringen er generelt i forsøgene 60 - 80%, dvs. forværede eller forbedrede fileter udgør 20 - 40%. Forudsigelse af syrnede fileters kvalitet på baggrund af ferske fileters kvalitet kan således gøres med tilsvarende sikkerhed. I store træk er det tilfredsstillende at nøjes med vurdering på ferske fileter, forudsat at syrningsprocessen generelt ikke medfører kvalitetsforringelser. Hvis der skal have en detaljeret viden om den syrnede filetkvalitet er det også nødvendigt med inspektion af syrnede fileter.

Kortlægningen har desuden vist, at der er størst koncentration i karakterniveauerne 1 og 2, hyppigheden af fileter under kassationsgrænsen, 3 forekommer i mindre omfang.

#### 4.3.2. Kortlægning af sammenhængen mellem vægt og areal af sildefileter

Størrelse er i lighed med de sensoriske egenskaber en vigtig kvalitetsparameter. Producenten ønsker en så homogen sortering som mulig, således at der i forbindelse med fremstilling af færdigvaren sker så lidt spild som muligt. Den nuværende sortering er baseret på sortering af hel sild i en række vægtklasser. Filetstørrelse kan derfor ofte være varierende. Den individuelle inspektion i vision-udstyret muliggør en beregning af vægt på baggrund af det inspicerede



areal af sildefiletten. Således bygger Marels udstyr på en algoritme som indeholder en kendt sammenhæng mellem filetenes areal og vægt. Hidtil har Marel dog ikke udviklet udstyr til sildefileter. Det er derfor valgt, at undersøge sammenhængen mellem sildefileters vægt og areal, således at vision-udstyret ligeledes vil estimere en vægt af de inspicerede fileter. I denne forbindelse er spredningen på sildefileternes vægt ligeledes undersøgt.

### **Undersøgelse af vægt spredning på sildefileter**

I forbindelse med afprøvningen af prototypen er spredningen på sildefileternes vægt undersøgt. På baggrund af en automatisk vægt sortering er 428 fileter sorteret i tre vægtklasser, 30-40 g, 40-50 g og 50-60 g. Denne sortering er siden kontrolleret ved manuel vejning af samtlige fileter for at kontrollere om fileterne ligger inden for det i klassen sorterede område. Resultaterne er vist i bilag 2.

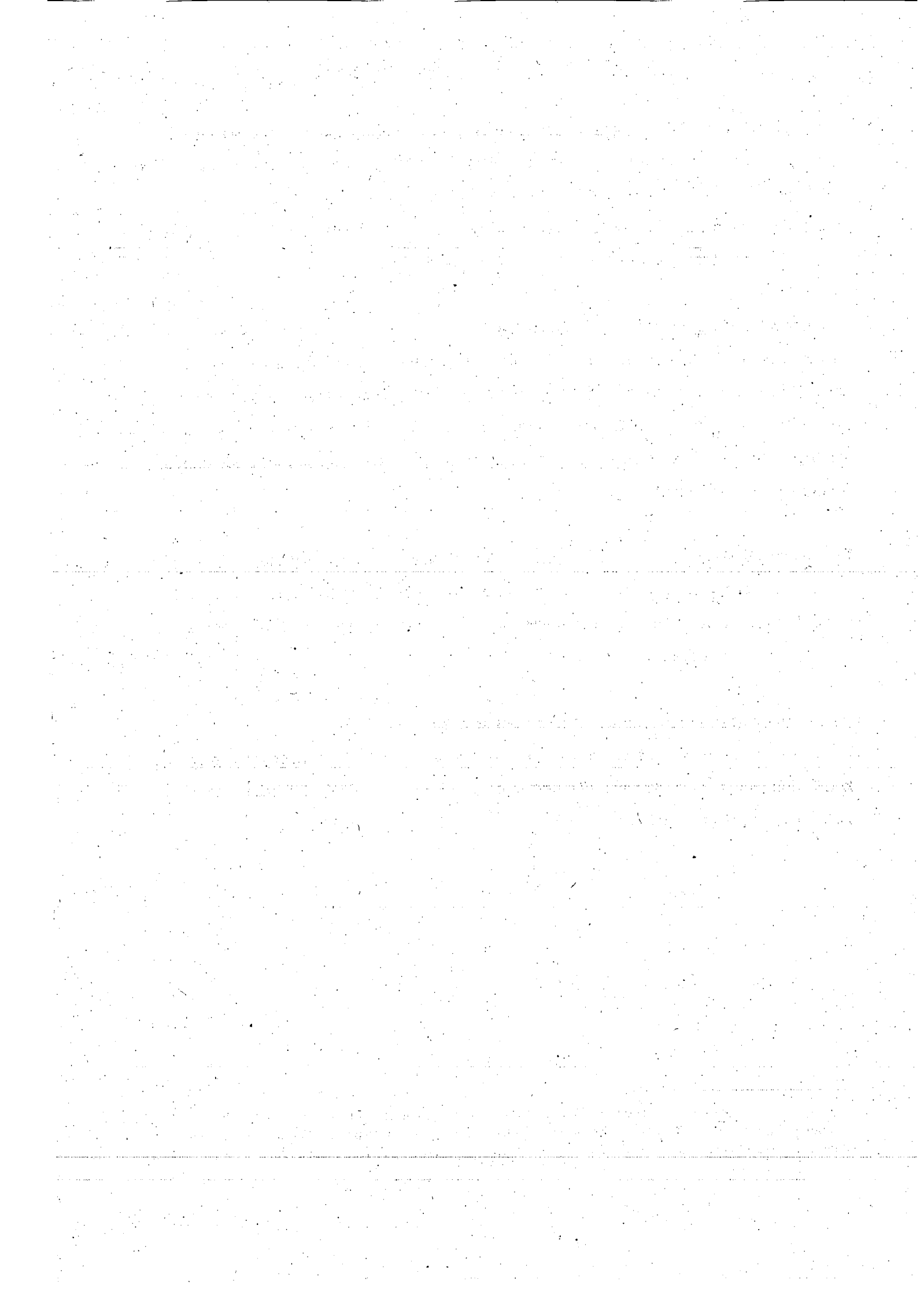
Den manuelle kontrolvejning og optælling viser, at Marel udstyrets vægtsortering har en usikkerhed, der svarer til at op til 33 % af fileterne i hver vægtklasse ligger udenfor vægtklasserne. Dette resultat understreger behovet for en forbedring af algoritmen for vægtbestemmelsen i den udviklede prototype.

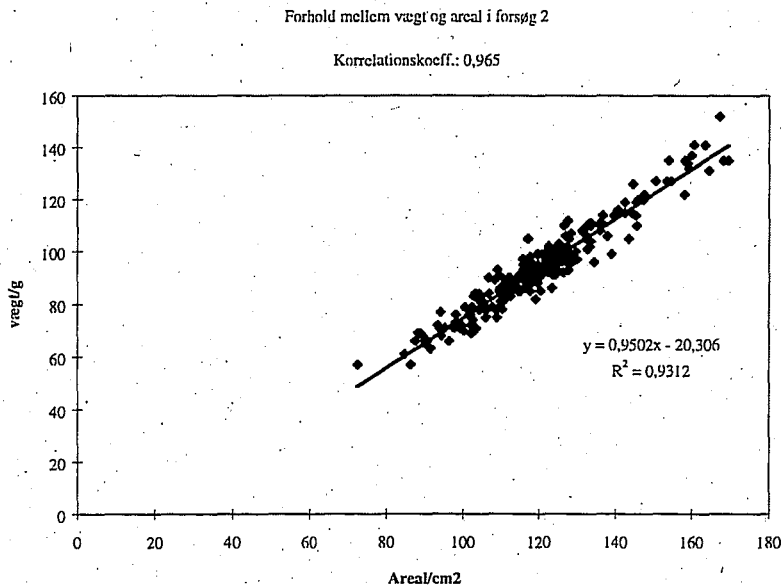
### **Bestemmelse af sammenhængen mellem vægt og areal**

I et forsøg hvor 500 sildefileters areal er målt og korreleret med målt vægt ses der en god korrelation mellem areal og vægt. Forsøget er udført på FF i juni 1996<sup>1</sup>. En lineær regression viste en sammenhæng, som vist i figur 3:

---

<sup>1</sup> Forsøget er i samarbejde med forskere på FF udført af ingeniørstuderende i forbindelse med kursus 3051 "Teknologi i fiskeindustrien" på DTU. For yderligere information henvises til rapporten On-/at line målinger af sildefileter, skrevet af C. Ankersen, M.Dalkiær, M.H. Nielsen, U.Scerfig og R.Trap i juni 1996.





Figur 3. Masse som funktion af areal.

Forsøgsresultaterne viste en korrelationskoefficient på 0,965, hvilket ved hjælp af en lineær regressionsanalyse viser at sammenhængen mellem masse og areal kan udtrykkes ved hjælp af ligningen:

$$\text{Masse} = 0,9502 \cdot \text{Areal} - 20,306$$

Med andre ord, vægten af en sildefilet kan bestemmes ud fra arealet.  $R^2 = 0,9312$ , hvilket svarer til at 93 % af målingerne ligger på den rette linie afbildet i figur 3.

## 5. Diskussion

Den i projektet udviklede prototype har vist, at en inspektion og sortering af sildefileter kan foretages i efter farve, sølvskin og konsistens tilfredsstillende i 3 definerede klasser. Desuden er en vægtsortering af fileterne mulig. Det er teknologisk muligt at inspicere et parti sild 100% mht. sensoriske parametre, samt at der kan foretages en vægtsortering af fileterne som hidtil har ikke været mulig med samme præcision. I den sammenhæng er det af meget stor interesse at undersøge økonomien i en anskaffelse af sådan et udstyr. Med udgangspunkt i Nielsens Fiskeeksport's produktionsfaciliteter og årsproduktion er der foretaget en pay-off analyse.





Denne analyse viser, at ved en anskaffelse af sorteringsudstyr som udviklet i projektet vil betyde en meromkostning på 56 øre pr kg produceret sild i.

## 6. Konklusion

Formålet med projektet automatisk inspektion og sortering af sildefileter har været at udvikle en prototype, der automatisk kan sortere sildefileter ud fra en række sensoriske egenskaber, samt vægt. To sildeindustrivirksomheder har i samarbejde med udstyrsleverandørerne Marel (fra Island) og Baader, samt Danmarks Fiskeriundersøgelse, Afd. for Fiskeindustriell Forskning, udviklet en prototype der opfylder projektets formål. Således har en række afprøvninger vist, at en sortering af sildefileter i 3 forskellige klasser afhængig af farve, sølvskin og kødstruktur, på en prototype er teknisk mulig. Prototypen klarede den hastighed som blev kørt under afprøvningen, ca. 250 fileter i minuttet. Den er til gengæld sårbar over for dårlig indføring. En "forkert" liggende filet eller fileter der rører hinanden kan ikke bedømmes. Overgang mellem transportbånd viste sig at være et problem.

I en pay-off analyse baseret på produktionsforhold hos Niensens Fiskeeksport vil en investering i sorteringsudstyr som udviklet i projektet betyde en merpris på 56 øre pr kg sild.

I relation til arbejdsmiljøaspekter er der i projektet fokuseret på, at udvikle et udstyr der vil kunne erstatte menneskeøjjet, dvs. den nuværende manuelle sortering, med vison-udstyr. Der er derfor tale om nogle vigtige arbejdsmiljømæssige forhold, der vil blive betydeligt forbedret, i kraft af at den belastende kontrolproces bliver foretaget af maskiner i stedet for, af mennesker. Der vil dog også blive tale om et miljømæssigt aspekt, idet en bedre sortering på et tidligt tidspunkt i produktionskæden vil sikre, at råvaren bliver anvendt efter produktspecifikationer for specifikke færdigvarekvaliteter og spild senere i fremstillingsforløbet undgås eller minimeres.