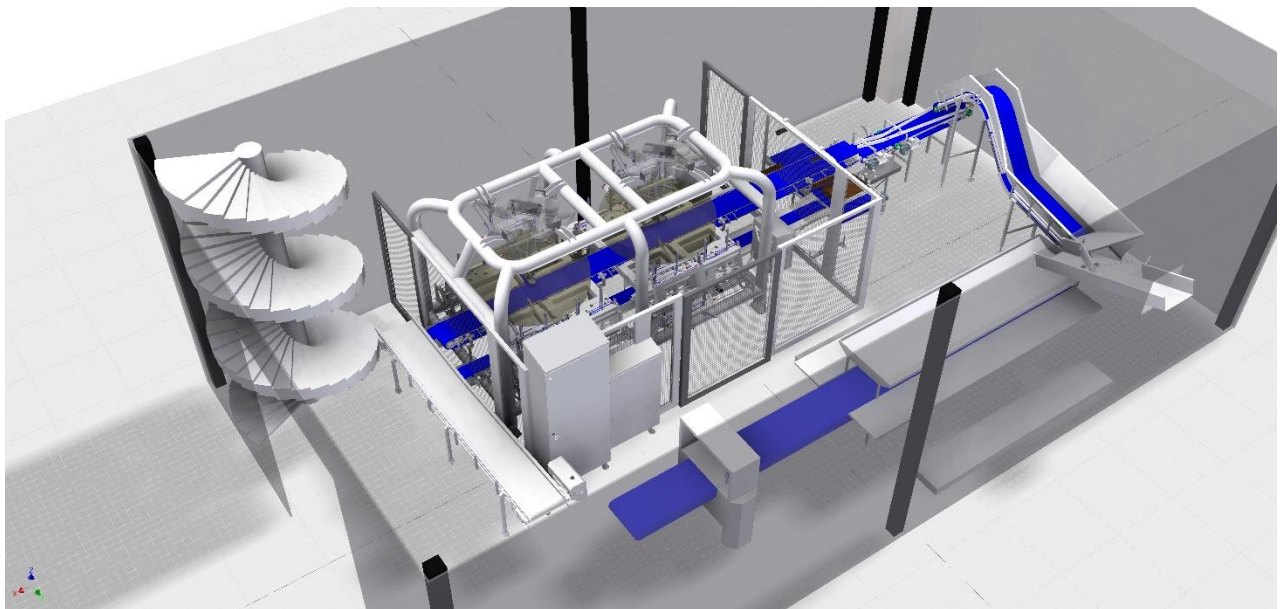


Sluttrapport FHF-prosjekt 901369

Robotisert handlegging av makrell i 10 kilos kasser

Rapport utarbeidet av: Johan Espelund, 01.06.2022



Innhold

Sammendrag	3
Innledning.....	3
Mål.....	3
Gjennomføring	4
Gjennomførte tester	5
Resultater	5
Bilder	8
Konklusjon	10
Leveranser	10
Prosjekt- og styringsgruppe	10

Sammendrag

Robotisert håndlegging av makrell i 10 kilos kasser er et prosjekt som er en del av den pelagiske satsingen: Fremtidens pelagiske fabrikk.

Det er ønskelig å robotisere håndleggingen av G6-makrell i 10 kilos kasse for å rasjonalisere og optimalisere prosessen, for å få merpris for G6-makrell, redusere pakkekostnad og få en mer nøyaktig totalvekt.

Optimar har utviklet en løsning for robotisert håndlegging av makrell i 10 kilos kasser som har en kapasitet på 31 fisk per minutt. Løsningen fungerer ved at et maskinsynsystem detekterer og estimerer vekt på makrell på et transportband, og angir en plass i pakkekøen for denne. En robot med griper løfter makrellen og legger den i rett kasse med rett orientering.

Løsningen er uttestet internt i Optimar og hos Olav E. Fiskerstrand.

Innledning

Håndlagd makrell er hel fisk som i dagens pelagiske produksjonsanlegg er pakket for hånd i kartonger. Håndlagd makrell produseres periodevis i løpet av sesongen. På grunn av den arbeidskrevende pakkeoperasjonen er den i dag begrenset til rund makrell over 600 gram (G6) og pakket i 10 kilos kartonger.

I produksjonsperiodene må et stort antall personer involveres i slik pakking. Det stiller store krav til omdisponering av personell og gir høye lønnskostnader per kilo produsert vare. Pelagisk industri ønsker gjennom FHF å utvikle teknologi for robotisert håndlegging av makrell for både å effektivisere- og rasjonalisere produksjonen av håndlagd makrell. Gjennom utvikling av denne teknologien ser man også for seg at det kan åpne seg muligheter for andre produkter. Dette kan være andre sorteringer, f.eks. kan man tenke seg å sortere ut G7 som trolig vil være en enda mer eksklusiv sortering, mindre forpakninger tilpasset et lavere dagsbehov osv.

Dagens sorteringsmaskiner er unøyaktige, og man må legge sorteringsgrensene høyt for å sikre at ikke for liten fisk kommer med i G6-sorteringen, noe som ville medført klager med påfølgende prisreduksjon på hele partiet. Målinger har vist at G5-sorteringen (500g-600g) inneholder opp mot 4% G6. I perioder har det blitt satt inn personell som visuelt plukker ut fisk som kan ha havnet i feil sortering. Da kontrollveies enslig fisk ved å plukke den fra transportbåndet, legge den på en vekt, for så å legge den til rett sortering.

G6 makrellen er betydelig bedre priset enn de mindre sorteringene. Dersom man kan flytte sorteringen slik at all G6 makrellen kan pakkes som G6 er det mye å tjene.

Mål

Hovedmålet er å automatisk pakke makrell i 10 kilos kasser slik som den i dag håndlegges.

Delmål:

- Utvikle system for å måle makrellens vekt visuelt (med 3D-kamera) med maks 1,5% avvik
- Utvikle plukkeverktøy til formålet
- Plukke fiskene direkte fra transportbånd med en eller flere roboter
- Roboten(e) skal plassere fiskene i fast mønster i en 10kg kasse. Fisken må kunne vendes 180 grader til forhåndsbestemt mønster med hode i begge lengderetninger.
- Kombinere fisker som til sammen gir en total vekt på 10kg med så lite overvekt som mulig.
- Kunne skille sorteringene 400g-600g(G4) og G6

- Pakke G4 og G6 i forskjellige kasser eller slippe 400g-600g sorteringen forbi for retur til konvensjonell pakking i 20 kg
- Kapasitet på 30+ fisker/min. pr. robot
- Ivareta kvaliteten på fisken
- Kunne endre mønsteret fisken legges med, antall kilo i kassen og klassestørrelsen gjennom endring av parametere.

Gjennomføring

2017: Tidlig i prosjektet samlet vi oss flere ganger både internt i Optimar og sammen med styringsgruppen for å diskutere ideer og løsninger på design og funksjon. Optimar valgte å benytte seg av eksternt selskap for å gjøre programmering innenfor robot, kamera og vektoptimalisering, da Optimar den gang ikke hadde nødvendig kunnskap selv på området. Roboconcept ble da valgt som en leverandør innenfor Robot og kamera teknologi og Gripa ble valgt som leverandør av plukkeverktøy.

Robotconcept etablerte en testtrigg bestående av en robotramme, Omron quattro robot, linjeskanner-kamera og provisorisk pakkelokasjon med vekt. Roboconcept utviklet en programvare som kunne veie fisk med hjelp av linjeskanner-kamera, grading og vektoptimalisering.

Konseptet ble testet hos Roboconcept sin lokasjon i Spania der Optimar var representert.

2018: Optimar installerte en separat G6 linje hos Olav E. Fiskerstrand, der Roboconcept sin testtrigg ble innlemmet. Det ble gjennom Makrellsesongen 2018 og begynnelsen av 2019 testet med fersk fisk der. Roboconcept stod for testingen. Roboconcept jobbet med forbedringer av programvare gjennom hele denne perioden.

Optimar begynte design av ny robotramme med automatiske pakkestasjoner og logistikk-transportører for 10 Kg kasse.

2019: Optimar produserte ny robotramme med 4 automatiske pakkestasjoner og logistikk-transportører. Dette ble ferdigstilt august 2019 og installert hos Olav E. Fiskerstrand i midten av september. Gjennom Makrellsesongen 2019 og tidlig 2020 ble dette systemet testet.

2020: På grunn av avstandsutfordringer for Roboconcept og en oppfatning av at vi kunne oppnå et enda bedre resultat på vektestimering og vektoptimalisering, valgte Optimar å avslutte samarbeidet med Roboconcept våren 2020. Optimar hadde da opparbeidet seg kompetansen selv til å kunne utvikle en ny type programvare som bedre kunne kompensere for diverse svakheter i volummålingene. Eksempelvis påslag i målt volum som følge av spordens stilling, eller variasjoner i motskygge hos makrellen. I tillegg installerte Optimar en lastcelle på robot som bidro med tilregnlighetssjekk og treningsgrunnlag for maskinlæringsalgoritmen som omgjorde lasermålingene til vektestimat. Denne programvaren ble ferdigutviklet til høstsesongen 2020 og ble testet til og med vårsesongen 2021 hos Olav E. Fiskerstrand. Det ble også utviklet en ny type plukkeverktøy i stedet for vakumgriper. Dette verktøyet ble testet hos Olav E. Fiskerstrand tidlig 2021.

Utstyret ble pakket ned og sendt tilbake til Optimar sin lokasjon på Stette etter endt test hos Olav E. Fiskerstrand.

2021: Montering av P&P robot hos Optimar Stette ble utført våren 2021, videre utvikling og testing av nytt gripperverktøy ble utført til sommeren 2021.

COVID19 satte en brems på progresjon i 2020 og 2021 for det prosjektet

2022: Videre utvikling og optimalisering av robotbevegelser samt testing av kapasitet ble utført i mars.

Gjennomførte tester

Linjeskanner

- Testing av ulikt antall lasere
- Testing av ulike arrangement og synsretning på lasere
- Tiltak mot svak registrering i fiskens motskygge
- Vurdere påvirkning som følge av vibrasjoner
- Finne nødvendig avstand mellom Makrell

Robot og plukkeverktøy

- Test av plukkeposisjoner under bevegelse
- Plasseringsnøyaktighet av Makrell i kasser
- Test/vurdering av plukkeverktøy
- Plukkehastighet
- Stresstesting av robot

Pakkestasjon

- Mekanisk test av pakkestasjon og vurdering av design
- Software test av pakkestasjoner og vurdering av design
- Stresstesting av pakkestasjoner inkl. plastlegger
- Test av logistikk transportører med ramme

Vektestimering og optimalisering

- Skanne volum på Makrell i forskjellige vinkler (inkl. repetisjonsnøyaktighet).
- Beregne vekt på Makrell i forskjellige vinkler.
- Stresstesting av linjeskanner-kamera og Software/PC
- Vektoptimalisering av kasser.

Resultater

Robot og Plukkeverktøy

Robotype som ble valgt i dette prosjektet: Omron Adept 800 SH robot. Bakgrunn for valg av denne type robot er hastighet og rekkevidde samt at Roboconcept hadde brukt denne type roboter i liknende oppsett. Etter nøye testing oppnådde vi et stabilt resultat på 31 fisk per minutt.

Sett i ettertid så viser det seg at det er visse utfordringer med tanke på P34 plattform som har blitt brukt på denne type robot. Plattformen får en overbelastning ved flytting av fisk i stor hastighet.

Basert på det som vi vet i dag og utviklingen på robotsiden de siste to årene så vill det være hensiktsmessig å bruke en annen typer robot til å utføre denne type oppgave.

Software for robot og logikk fungerer bra.

To typer plukkeverktøy for robot har blitt utviklet. Vi startet med utvikling av en sugekopp som var tilpasset plukking av G6 makrell. Sugekoppen vart laget ut fra et hygienisk design og er vaskbar i maskin og kunne tåle kjemikalier som normalt blir brukt til vasking av utstyr i pelagisk fiskefabrikk. Sugekoppen plukket fisk og plasserte fisken i kasser på en god måte. Det ble tatt skjæreprøver av makrell, der det ikke ble påvist noen skader på makrellen etter behandling av sugekopp. Skjæreprøven ble utført av personell hos Olav E. Fiskerstrand.

Utfordringen med sugekopp er rengjøring av vakuumsystem, samt vi fikk en begrensning på antall plukk per minutt. Vi nådde stabilt 27 makrell p/min før plukkingen ble ustabil og makrellen begynte å rotere i sugekoppen.

Basert på utfordringer som vi hadde med sugekopp, valgte vi å gå videre med en pneumatisk flexgripper løsning. Denne løsningen er bedre med tanke på reaksjonstid, hygiene og krever mindre pneumatikkslangestørrelse igjennom robot plattform. Vi konstruerte vår egen plattform for gripperen som var tilpasset en G6 makrell's størrelse. Gripperen ble testet hos Olav E. Fiskerstrand og slutt testet på Optimar sin lokalitet på Stette. Resultatet endte på 31 makrell p/min per Robot. Robot har potensiale til å plukke mer enn dette, men friksjon i gripper er for lav til å kunne øke hastigheten.

Kamerasystem

Linjescanner som nå er i den endelige versjonen er 2 stk. GoCator i 2400 serien. Sensorene blir satt opp før pakkestasjonene og en rekke målinger blir gjort i GoCator-software for å finne volum på objektene, avgjøre vinkel på spord, og å anslå om vi har klart å detektere hele objektet. Det er prioritert å få gode bilder av makrell som ligger med snute eller spord først, og softwarekompensering blir gjort på individ som ligger mer perpendikulært på fartsretningen.

Vektoptimalisering

Problemstillingen har følgende karakteristikker som er kjent i litteraturen:

- On Line: Objektene skal plukkes i rekkefølge.
- Lookahead: Vi har mulighet til å se et gitt antall objekter før de plasseres.
- Bin Covering: Flest mulig kasser skal fylles, med minst mulig overfylling.
- Evolving Distribution: Vektdistribusjonen på individene er ikke fullstendig kjent.

Slike problemstillinger faller under klassen NP-hard, og vil ikke alltid kunne løses innenfor en rimelig tid. Algoritmen gjennomfører derfor så mange utregninger den klarer innenfor en tidsbegrensning, før den da må sende sitt beste resultat til roboten. Utregningene er basert på informasjon om hva som ligger i kassene fra før, hva den skal plukke nå, og sannsynligheten for å få nye objekt som vil passe i en gitt kasse. Sannsynlighetsfordelingen som forutser fremtidige objekt rekalkuleres jevnlig etter hvert som nye observasjoner blir gjort.

Avhengig av distribusjonen på det som kommer inn varierer referansemålet for overvekt rundt halve vekten til et gjennomsnittlig objekt. Algoritmen oppnår et bedre resultat enn dette.

Figur 1 viser objekter fra en dagsproduksjon på Olav E. Fiskerstrand, Resultatet er ikke gyldig for andre produksjoner, men er vist som referanse. Hvis antallet ledige kasser var 1, med andre ord, ingen planlegging var mulig, lå overvekten rundt 5%. Merk at for denne figuren er målvekten på kassene satt til 6810g, og 10% overvekt tilsvarer derfor en gjennomsnittlig makrell i G6 klassen. Når antallet ledige kasser var 2 eller flere, og algoritmen fikk mulighet til å jobbe, lå overvekten på rundt 0.5-2% avhengig av hvor mange fisk (lookahead) den fikk mulighet til å se samtidig.

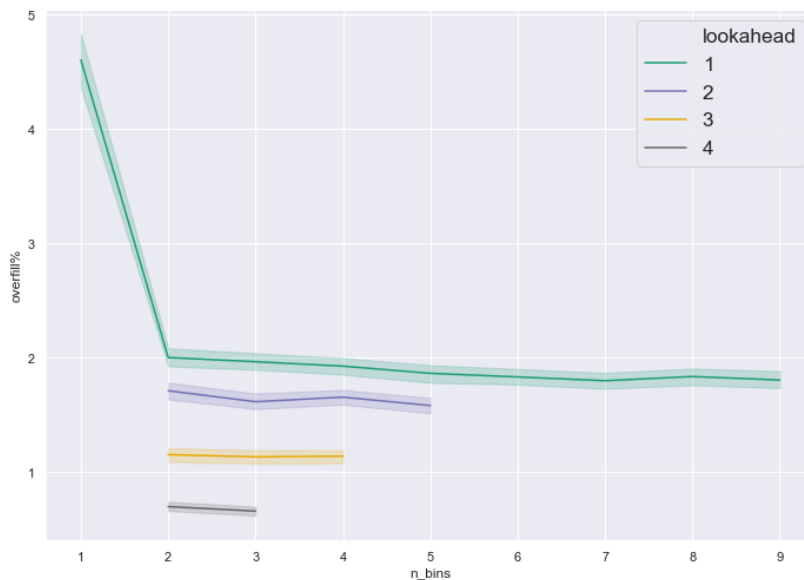


Fig 1 Den største forbedringen oppnås ved å kunne velge blant flere objekt (lookahead), samt å ha flere enn 1 kasse tilgjengelig.

Pakkestasjon

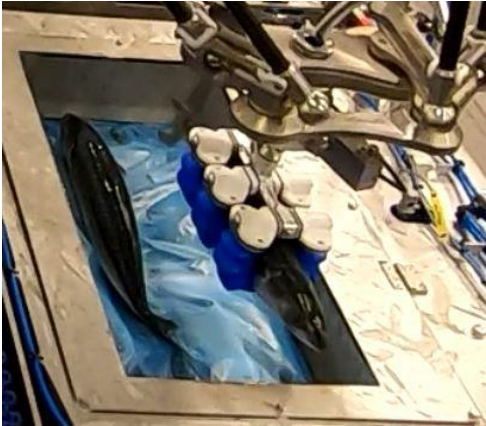
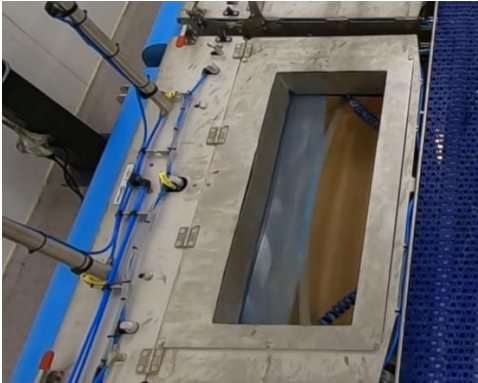
Pakkestasjon ble utviklet for å kunne pakke makrell i 10 kg kasse, og med noe ombygging skal det være mulig å pakke i 20 kg kasser. Optimar har produsert 2 doble pakkestasjoner som har blitt testet på Olav E. Fiskerstrand, tilpasset 10 kilos kasser.

Funksjon av pakkestasjon:

Tom kasse kommer inn på logistikk band, blir løftet opp av heis og plassert i plastleggingsposisjon. Plast blir trukket over kasse og kuttet. Kasse går videre opp i pakkeposisjon. Det blir lagt nytt plast mellom hvert lag av makrell i kassen. Fisk blir lagt i forhandsdefinert mønster i kassene.

Pakkestasjon som vi har designet, fungerer bra under produksjon uten store problemer. De utfordringer som har vært med pakkestasjonen er tilknyttet fukt i sensorer etter vask, og løfteverktøyet for makrell har mistet makrell som har kilt seg fast i heis, eller har fått feil plassering i kasse. Vi vil endre sensortype på fremtidige pakkebord til sensorer med høyere IP grad, samt flexgriperen vil hindre at roboten mister makrell ved forflytning mellom band og kasse.

Bilder



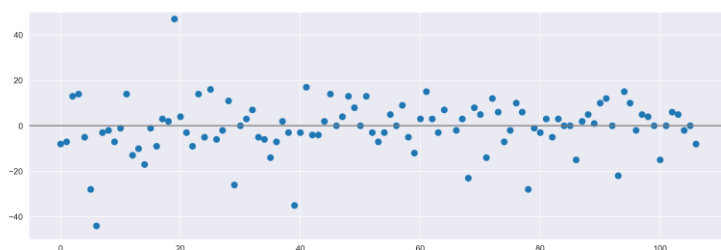


avvik er mellom målt vekt og lasertriangulering

standardavvik er 11.8 gram $n = 106$

snittvekt = 668g

standardavvik er 1.8% av snittvekten



Konklusjon

Optimar har utviklet et system for å måle makrellens vekt visuelt med 1,8% avvik.

Det har blitt brukt en Omron Adept Quattro 800SH robot i testforsøket, og det har blitt utviklet plukkeverktøy.

Vi har plukket fisk direkte fra transportør med band i bevegelse og plassert makrell i kasse med forhandsdefinert mønster, der hode på fisken ligg mot smal sidene på kassen.

Optimar har laget en programvare for vektestimering av makrell under bevegelse på band og vektoptimalisering av makrell i kasser, der det er mulighet for å velge hvilken grading hver pakkestasjon skal knyttes mot.

I forbindelse med prototype har vi valgt å bare plukke G6 makrell og kjøre mindre typer makrell igjennom systemet og til konvensjonell pakking.

Kapasiteten på testrobot er 31 makrell per minutt.

Det har blitt tatt skjæreprøver av makrell plukket med sugekopp gjentatte ganger. Det ble ikke påvist noe skader på fisken.

Leggemønster kan endres i PLS program, etter kundens spesifikasjoner.

Leveranser

- ✓ Oppstartsmøte Fase 1
- ✓ Statusmøte 1 Fase 1
- ✓ Avslutning fase 1. Fase 2 beslutning
- ✓ Statusmøte Fase 2
- ✓ Statusmøte 2 Fase 2
- ✓ Avsluttende møte
- ✓ Sluttrapport
- ✓ Faktaark
- ✓ Populærvitenskapelig artikkel.