



SAF – Årsrapport 2023

Den digitale fabrik, AP3. Monitorering af skærekvalitet

12. august 2024

Proj.nr. 2010405

Version 1.1

PESG/MT/OLR

Peter René Bolvig Stentebjerg (projektleder)

Indledning

Projektets rammer er beskrevet i ansøgningen til Svineafgiftsfonden fra august 2022.

Aktiviteterne i projektet er blevet gennemført i henhold til innovationsmodellen udviklet af DMRI (se bilag 1). Nedenfor gives et sammendrag af indhold og udvalgte resultater i projektet, som detaljeret er gennemgået med både følge- og styregrupper igennem hele projektperioden.

Formål og case

SAF-projektet "Monitorering af skærekvalitet" har til formål at forbedre produktkvalitet og -udbytter gennem udvikling af en visionløsning til automatisk at vurdere skærekvaliteten af produkter i kasser efter udbening.

Projektet er afgrænset til at fokusere på en række biprodukter (trimningsprodukter), hvor mængden af kød på fedt eller ben er målbar og samtidig kan være en indikator for udbyttet af hovedproduktet. Det forventes, at kontinuert overvågning af en række trimningsprodukter vil kunne frembringe det nødvendige datagrundlag, som giver muligheden for at optimere skæreprocesserne og dermed udbyttet af hovedprodukterne på udbeningslinjerne ved at minimere mængden af kød på biprodukterne. Kødet skal så at sige "flyttes" fra biproduktet til hovedproduktet, hvor udbyttegevinsten er mange gange større.

Det er derfor essentielt, at udstyret automatisk kan vurdere skærekvaliteten af en række trimningsprodukter og samtidig løbende formidle resultaterne til udbeningsmestrene på slagteriet.

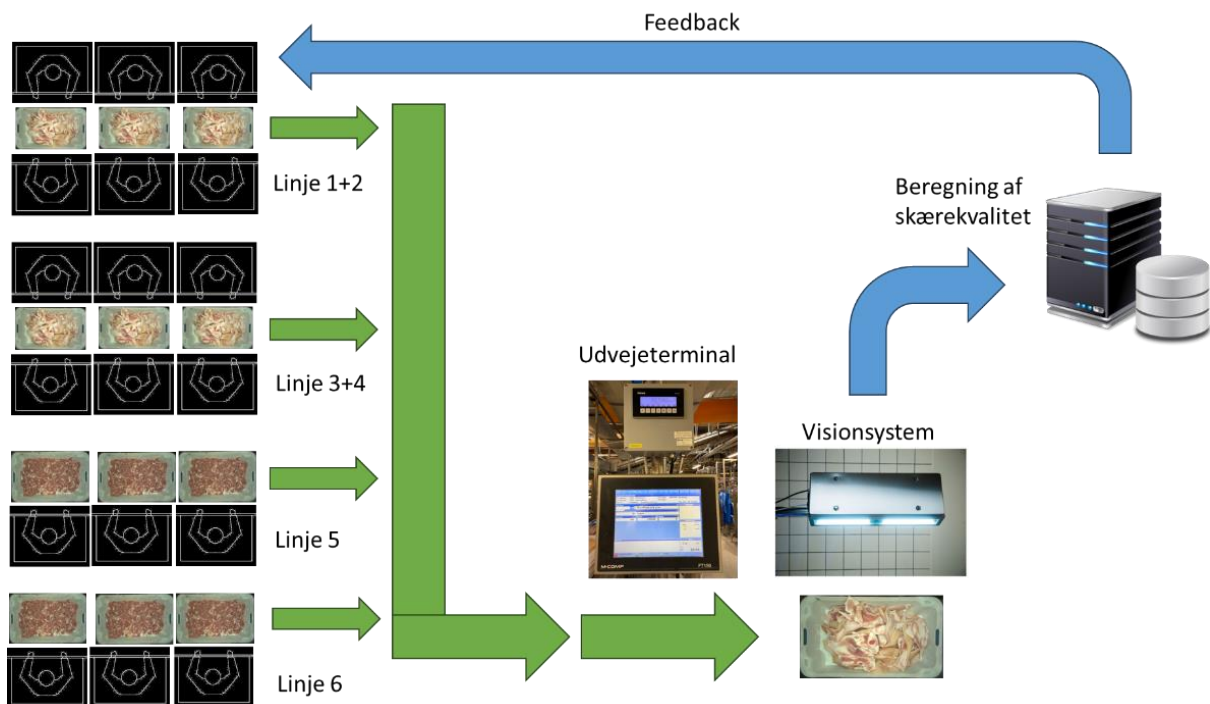
Projektomfang og status for 2023

Projektperioden løber over 2 år med start i januar 2023. Projektet er sponsoreret af Svineafgiftsfonden (SAF).

I første halvår af 2023 havde projektet primært fokus på de indledende analyse- og idéfaser, hvor projektet blev defineret og afgrænset i samarbejde med branchens interessenter. Aktiviteterne i denne fase af projektet omhandlede bl.a. definition af projektcasen, udvikling af løsningskonceptet samt en businesscase-analyse af værdiskabelsen ift. projektets målsætning.

Løsningskoncept

Projektets løsningskoncept er skitseret i nedenstående figur 1 og bygger på at assistere udbeningsmestrene i deres opgave med at opretholde produktkvalitet og udbytter ved at monitorere samtlige kasser for en række udvalgte produkttyper ved anvendelse af et eller flere visionsystemer. Billeddata og analyseresultater, der automatisk kategoriserer graden af produktkvalitet eller produktudbytte, kan herefter anvendes som et feedback-værktøj for udbeningsmestrene til hurtigere at opspore og korrigere overfor et aktuelt fald i skærekvaliteten, eller udnytte historiske data til fx opfølgning på kundereklamationer.



Figur 1. Skitse over løsningskoncept, hvor kasser fra flere udbeningslinjer bliver målt af et visionsystem placeret efter udvejeterminalen, hvorefter analysedata for skærekvaliteten formidles tilbage til udbeningslinjerne via løbende feedback.

Businesscase

Til at underbygge og konkretisere værdiskabelsen for projektets løsningskoncept blev der, på opfordring fra projektets interessenter, udført et større analysearbejde ifm. udviklingen af en konkret businesscase. Analysearbejdet blev foretaget i tæt samarbejde med flere af projektets interessenter i branchen samt i dialog og sparring med udbeningsmestre og driftsledere på flere af de danske slagterier. Derudover byggede businesscasen på flere test og målinger udført i produktionen hos et udvalgt slagteri.

Den største test blev udført som et skæreforsøg over 2 dage i produktionen hos et dansk slagteri, hvor stikprøver af kasser med udvalgte biprodukter blev vurderet og klassificeret ift. skærekvaliteten. Efterfølgende blev alle produkter i udvalgte kasser eftertrimmet for at opmåle det tabte udbytte af det overskydende kød. Samtidig blev der også taget et billede af overfladen i kassen vha. en midlertidig visionopstilling opsat i produktionen.

De tre udvalgte produkttyper, der blev anvendt i forsøget, var:

- Fast spæk fra kamme (2162)
- Bugstrimler (uden svær) fra brystflæsk (2183)
- Bovblade (2240)

Produkterne i kassen blev udelukkende vurderet på baggrund af en visuel klassificering foretaget fra oven af kassen af faglige eksperter for at efterligne datagrundlaget for et visionsystem. Klassificeringen blev inddelt på en 4-trins skala, defineret ved:

1. Optimal = mindst kød
2. Acceptabel
3. Uacceptabel
4. Uacceptabel = mest kød

Nedenstående figur 2 viser et eksempel på tre stikprøver af kasser indeholdende produkttypen "Fast spæk fra kamme".



Figur 2. Eksempel på tre kasser med fast spæk, hvor skærekvaliteten vurderes ift. tilstedeværelsen af kød i overfladen af kassen.

Resultatet af forsøget viste en generel normalfordelt repræsentation mellem de 4 klasser, hvor yderklasserne var mindre repræsenteret i datasættet end de midterste. Samtidig viste skæreforsøget også, at en kasse vurderet til en høj klasse (3-4) indeholdt en større mængde kød ved eftertrimning af hele kassens indhold.

Billeddata fra visionudstyrets dataopsamling af de vurderede kasser er desuden vist nedenfor i figur 3, hvor eksempler på hver klassificering (1-4) er vist "side-om-side" for alle tre produkttyper. Billedrepræsentationen demonstrerer en pæn korrelation med den manuelle vurdering, der blev foretaget under forsøget, idet arealet og mængden af det synlige kød i kassen stiger med klassificeringen (fra højre mod venstre).

Fast spæk fra kamme 2162 (4,3,2,1)



Bugstrimler u/s fra brystflæsk 2183 (4,3,2,1)



Bovblade 2240 (4,3,2,1)



Figur 3. Billedeksempler fra visionudstyret, der viser vurderingen af skærekvalitet ift. 4-trinsskala-klassificering af produkter i kasser ifm. skæreforsøg foretaget på stikprøver i produktionen hos et dansk slagteri.

Ovenstående forsøgsresultater blev anvendt til at foretage en cost-benefit-analyse for at estimere udbyttepotentialer af projektets konceptløsning. Analysen blev baseret på aktuelle produktionsdata for de tre udvalgte produkttyper samt en antagelse af en forventet forbedring af skærekvaliteten ved en idriftsættelse af visionløsningen.

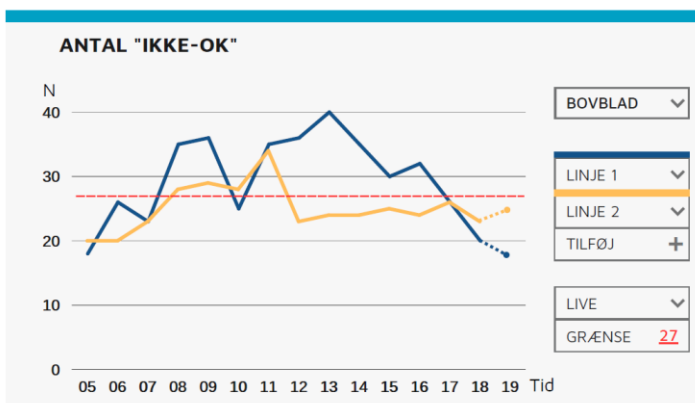
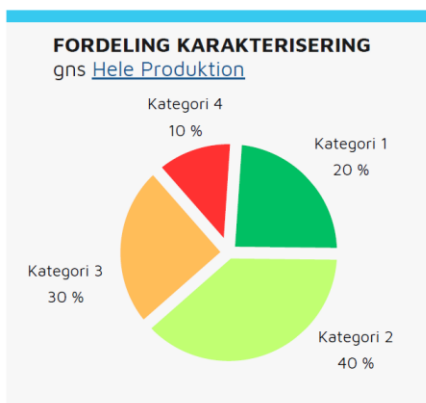
Derudover omhandlede businesscasen også en generel diskussion af mulighederne for at implementere feedback-værktøjer til formidling af analyseresultater til slagtemestrene for at opnå en udbytteforbedring i udbeningen.

Nedenfor i figur 4 vises en række grovskitser over formidlingsdiagrammer, der kan tænkes anvendt ifm. løbende feedback til udbeningen.

DASH

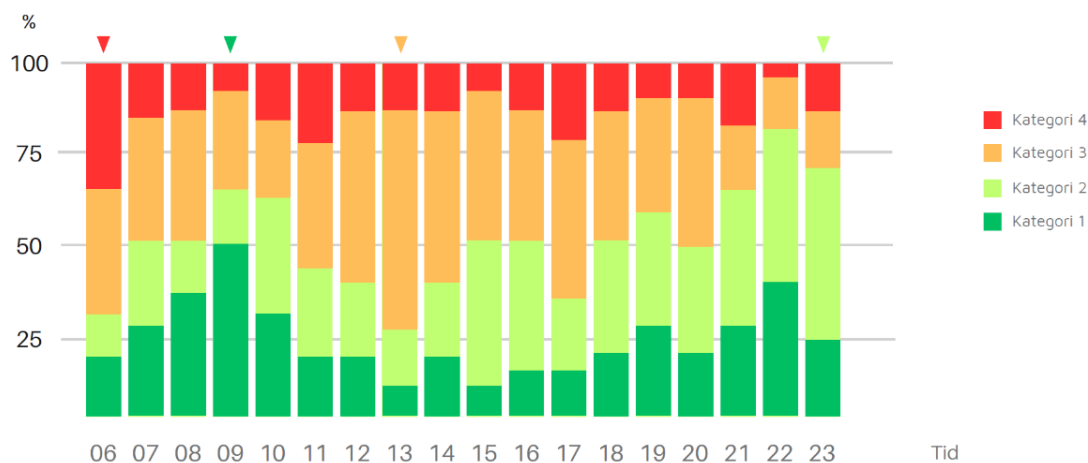
Slagteri	▼
År	2023 ▼
Periode	Dag ▼
Tidspunkt	19/05 ▼
Material	Forender ▼

FORDELING "IKKE-OK"				
	Linje 1	Linje 2	Linje 3	Linje 4
Bovblade				
Nuværende	31%	31%	31%	31%
Udv. sidste time	+3,8%	-1,7%	-18,2%	+9,0%
Uge gennemsnit	38%	23%	27%	30%
Bovbladebrusk				
Nuværende	31%	31%	31%	31%
Udv. sidste time	+13%	+5%	-8,8%	+2,1%
Uge gennemsnit	38%	23%	27%	30%



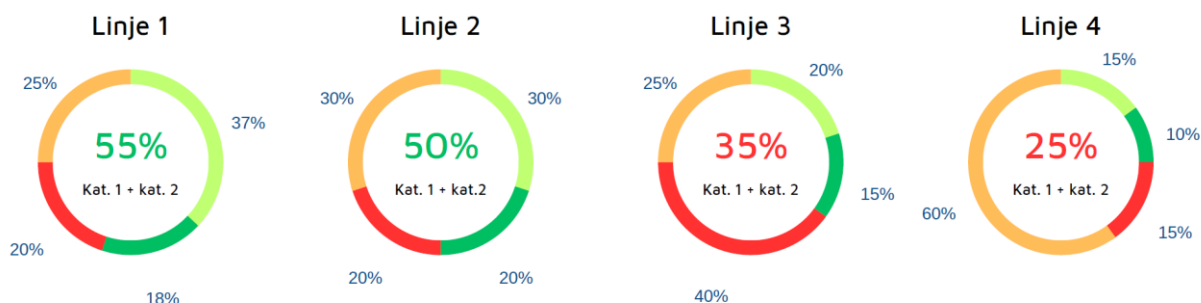
BUGSTRIMLER [Skift](#)

Linje 3	▼
19-05-23	▼



Fordeling af karakteriseringer over linje

BUGSTRIMLER [Skift](#)



Figur 4. Eksempler på formidling af løbende målinger af skærekvalitet i udbeningen.

NB: Data angivet i figurerne er alle fiktive og ikke korrekte produktionsdata.

Design, udvikling og opsætning af visionudstyr hos værtsslagteri

Den midlertidige visionopstilling, der blev anvendt under skæreforsøget, gav en god indikation af, at det endelige visionudstyr kunne baseres på et RGB-kamera med en hvid lyskilde. Projektet kunne dermed designe og udvikle et visionudstyr baseret på denne visionteknologi samt trække på tidligere udviklede visionløsninger. Resultatet blev et opdateret "slim line" visionkabinet indeholdende kamera, lys, PC, elektronik samt køling, som kan anvendes under drift i et hårdt fabriksmiljø. Kabinettet monteres over bånd og trigges af en optisk forkantføler, der aktiverer lys og kamera for at optage et billede af hele kassen i bevægelse. Derudover består visionløsningen af en RFID-læser, der registrerer kassens RFID-chip, så sporbarhedsinformationer kan trækkes fra produktionsdatabasen på slagteriet.

Nedenfor ses den endelige visionopstilling, der blev opsat hos værtsslagteriet.



Figur 5. Den endelige visionopstilling monteret hos værtsslagteriet over transportbånd med kasser, der alle måles af visionudstyret, når de passerer forbi.

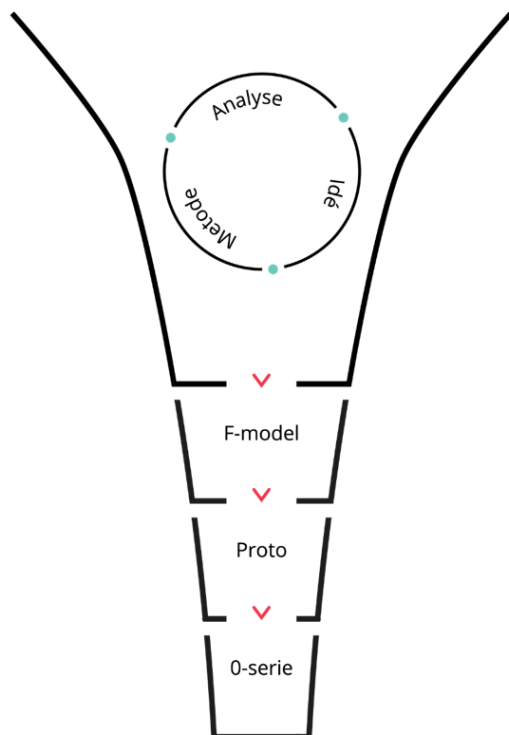
Projektfortsættelse i 2024

Projektet fortsætter i 2024, hvor der, vha. visionudstyret, skal foretages en større dataopsamling af forskellige produkttyper fra produktionen i udbeningen. Data skal herefter anvendes til at udvikle klassificeringsalgoritmer, der inddeler kasserne efter den førmtalte skærekvalitetsvurdering (1-4).

Aktuelt har projektet fået implementeret klassificeringsalgoritmerne i visionløsningen, hvor resultaterne anvendes til udvikling af et formidlingsværktøj, der skal testes og evalueres af relevante udbeningsmestre hos værtsslagteriet. Ambitionen er dermed, at løsningen kan give en ekstra overvågning af niveauet af skærekvaliteten på aktuelle udbeningslinjer, men også virke som inspiration for slagterimedarbejderne ift. at levere en tilfredsstillende skærekvalitet, der kan optimere udbyttet af produktionen.

Innovationsmodellen

Projektmål: En løsning til automatisk overvågning af manuelle udbeningsprocesser i form af en monitorering af skærekvaliteten af hoved- og biprodukter i kasser efter udbening.



Faser	Periode	Aktiviteter	Leverancer
Analyse	Q1-Q2 2023	Dialog med branchen om produkttyper, som er egnet til kvalitetsbedømmelse. Udarbejde forslag og krav til løsning samt overveje C/B	Liste over produkttyper i kasser (max 5 stk.) Værtsslagteri og ideel udstyrsplacering
Ide	Q2 2023	Udarbejde Idé-katalog over udstyrsforslag, herunder kamera, lys. Vurdering af placeringsmuligheder for udstyret ift. transportveje for de udvalgte produkttyper.	Ide-katalog over konceptløsning Business Case + C/B analyse Udkast til Kravspecifikation (opdateres løbende)
Metode	Q3-Q4 2023	Design og opsætning af udstyr hos værtsslagteri. Udvikling af algoritmer til automatisk kvalitetsbedømmelse på metode-niveau.	Reference-billeddata af kasser for de udvalgte produkttyper. Reference-data fra udvalgte skæremestres kvalitetsbedømmelse.
F-model	Q1-Q2 2024	Videreudvikling af algoritmer til kvalitetsbedømmelse.	Udbygning af reference-data og reference-bedømmelser. Offline-test af algoritmer ift. præcision og performance.
<u>Proto</u>	Q3-Q4 2024	Optimering af algoritmer og implementering af software til online udstyr. Etablere kommunikationsstrategi sammen med virksomheden for formidling af måleresultater.	Resultatformidling (fx Resultatdatabase og statistikopgørelse) Langtidstest online
0-serie			