



Slutrapport

SAF 46 AP3 – Sporbarhed med visiontracking

01.01.2024-31.21.2024

15. januar 2025

Proj.nr. 2011299

Version 1.0

Init. JEP/MT/KRGR

Resumé Dette projekt undersøger muligheden for at implementere visionbaseret tracking af kødstykker i udbeningsprocessen på danske slagterier. Projektet er gennemført som en del af initiativet "Sporbarhedsteknologi" og fokuserer på tracking af individuelle kødstykker gennem en udbeningslinje. Der er udviklet et system baseret på eksisterende YOLO-modeller, tilpasset til tracking af midterstykker. Systemet består af ni kameraer monteret over udbeningsbåndet og kan tracke produkter i realtid. Test af systemet viser en sporbarhed på 95% før afsværing og 84% efter afsværing ved tracking af midterstykker. Resultaterne indikerer potentiale for forbedret sporbarhed i kødindustrien, men også behov for yderligere udvikling, før systemet kan implementeres i fuld skala.

Baggrund Kødindustrien står over for øgede krav til sporbarhed af produkter gennem produktionskæden. Kravene kommer fra både fødevarermyndigheder og kunder. Ved tilbagekaldelser er det i dag nødvendigt at tilbagekalde større partier end potentielt nødvendigt, da der ikke findes systemer til at spore individuelle produkter gennem hele processen. Sporbarhed mistes typisk, når grisen nedlægges og tages af hængejernet før tredeling og fortsætter gennem opskæring og udbeningsprocessen. De eksisterende springssystemer på slagterierne kan følge produkter indtil nedlægning og efter pakning, men ikke i processerne derimellem. Dette projekt fokuserer på at genetablere noget af denne manglende sporbarhed, specifikt i udbeningsprocessen. En succesfuld implementering vil potentielt kunne reducere omfanget af tilbagekaldelser og dermed mindske madspild og økonomiske tab.

Projektets formål Projektets primære formål er at udvikle og teste et visionbaseret trackingsystem til udbeningsprocessen på slagterier. Systemet skal kunne følge individuelle kødstykker gennem udbeningslinjen og dermed bidrage til at reducere størrelsen af partier ved eventuelle tilbagekaldelser.

Specifikt sigter projektet mod at:

1. Implementere et kamerabaseret trackingsystem på en eller flere udbeningslinjer.
2. Opnå realtids-tracking af individuelle produkter.
3. Vurdere systemets potentiale for integration med eksisterende produktionssystemer og brug til bl.a. tilbagekaldsprocedurer.

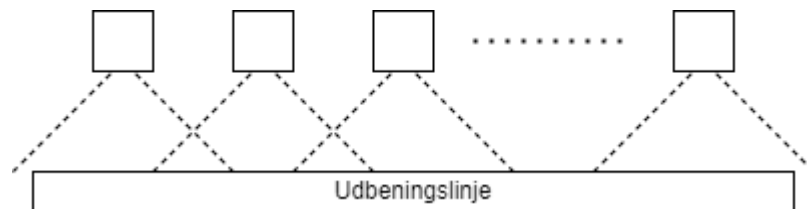
Projektet skal samtidig afdække de praktiske udfordringer ved implementering af visiontracking i et produktionsmiljø og danne grundlag for videre udvikling af sporbarheds-løsninger i kødindustrien.

Metode

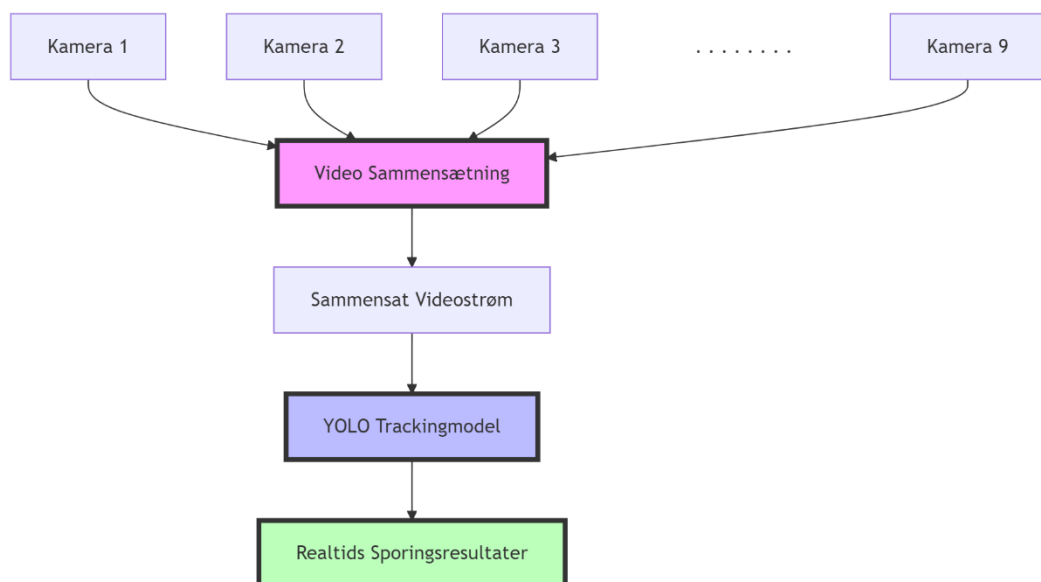
Dette projekt anvender eksisterende computer-visionsteknologi, specifikt YOLO (You Only Look Once) modeller, som tilpasses til tracking af kødstykker på udbeningsbåndet. YOLO er en objekt-detektionsmodel, der finder objekters placering og type samtidigt, hvilket muliggør realtids-tracking.

Systemet blev først udviklet og testet på en brystflæsklinje. Efter nedlukning af denne linje blev et lignende system sat op på en midterstykkelinje, hvor den eksisterende model kunne genbruges og videreudvikles. Tracking af midterstykker viste sig at være mere komplekst, da stykkerne gennem processen bl.a. bliver delt i to og kørt gennem en afsværingsmaskine.

Den fysiske opsætning består af ni kameraer monteret flere meter over udbeningsbåndet. Kameraerne er opsat, så deres synsfelter overlapper hinanden som illustreret nedenfor.



Videostreamene fra alle ni kameraer behandles og sammensættes til én samlet videostream, som tracking-algoritmen arbejder på i realtid.



Implementeringen omfattede følgende hovedkomponenter:

1. *Installation af kamerasystem*

Kameraerne blev monteret over udbeningsbåndet i en højde, der sikrer optimal dækning af produktionslinjen. Montering krævede præcis kalibrering af hvert enkelt kameras position for at opnå korrekt overlap mellem kameraernes synsfelter. Der blev etableret netværksforbindelse til hvert kamera for at muliggøre kontinuerlig dataopsamling fra hele systemet.

2. *Udvikling af tracking-system*

YOLO-modellen blev tilpasset til at genkende forskellige typer af kødstykker under varierende forhold. Der blev udviklet algoritmer til at sammenkæde detektioner mellem de forskellige kameraer, så produkter kunne følges gennem hele systemet. Systemet blev løbende optimeret for at kunne køre i realtid uden forsinkelser i trackingen.

3. *Design af systemintegration*

Der blev udarbejdet en plan for, hvordan visionsystemet potentielt kan integreres med slagteriets eksisterende produktionssystemer. Dette omfatter forslag til datastruktur og kommunikationsprotokol mellem systemerne.

Systemet er designet til at fungere i realtid og kræver minimal manuel intervention under drift. Data om produkternes bevægelser gennem systemet gemmes kontinuerligt og kan anvendes til både øjeblikkelig sporing og senere analyse.

Resultater Systemets trackingpræcision blev testet på midterstykkelinjen under normal produktion. Ved tracking af midterstykker opnår systemet en præcision på 95% i første del af processen før afsværing. Efter afsværing falder præcisionen til 84%. Tests af systemet har identificeret flere kritiske punkter i trackingprocessen:

- Når operatører vender eller flytter kødstykker
- Under tilskæring af produkterne
- Ved overlap mellem produkter på båndet
- I overgangen gennem afsværingsmaskinen

Disse situationer påvirker systemets evne til at opretholde sikker tracking af individuelle produkter. Særligt i situationer, hvor operatørerne både vender og flytter kødstykker, samtidig med at to produkter overlapper hinanden.

Systemet kører i realtid uden betydelige forsinkelser i databehandlingen.

Diskussion Resultaterne indikerer både systemets potentiale og dets begrænsninger. En trackingpræcision på 84% efter afsværing er ikke tilstrækkelig til at implementere fuldautomatiske tilbagekaldsprocedurer.

Der er identificeret flere tekniske forbedringspunkter:

1. *Kameraopsætning*

Den nuværende opsætning med ni kameraer giver ikke optimalt overlap i alle områder. Installation af flere kameraer kunne reducere risikoen for at miste produkter i overgangene mellem kameraernes synsfelter. Dette ville særligt forbedre tracking af produkter i yderkanten af det nuværende synsfelt.

2. *Vedligeholdelse*

Tests viser, at kameralinsernes renhed påvirker trackingpræcisionen. En standardiseret procedure for daglig rengøring af kameraerne er nødvendig for at opretholde stabil ydelse.

3. *Produkt håndtering*

Systemets præcision påvirkes markant af operatørernes håndtering af produkterne. En mere standardiseret procedure for produkt håndtering kunne potentielt forbedre trackingresultaterne.

Tilbagemeldinger fra industrien peger på to hovedudfordringer:

- Den opnåede trackingpræcision er ikke tilstrækkelig til at erstatte eksisterende tilbagekaldsprocedurer
- Implementering kan kræve ændringer i produktionsflow og arbejdsgange

Det er værd at bemærke, at vi i processen har helt styr på, hvilke produkter vi tracker korrekt, og hvilke vi ikke gør. Når produkterne bliver lagt i bakken til slut på udbeningslinje ved vi altså, om vi har et korrekt ID på produktet eller ej. Et forslag om separat håndtering af produkter, der mister tracking, kunne derfor være en reel og praktisk løsning. Dette kunne fx implementeres via et visuelt advarselssystem, der informerer operatører om, hvilke produkter der ikke er tracket korrekt og dermed skal håndteres særskilt ved eksempelvis at lægge dem i en bakke med ikke-trackede produkter.

For at opnå myndighedernes godkendelse kræves yderligere validering af systemet. Dette omfatter dokumentation af:

- Langtidsstabilitet
- Præcision under forskellige produktionsforhold
- Pålidelighed af dataopsamling og -lagring

Markedsundersøgelser viser begrænset direkte efterspørgsel på øget sporbarhed fra kunder. Systemets værdi ligger primært i potentialet for:

- Reduktion af omkostninger ved tilbagekald
- Optimering af interne processer
- Forberedelse til fremtidige regulatoriske krav

Konklusion Projektet har demonstreret, at visionbaseret tracking af kødstykker i udbeningsprocessen er teknisk mulig. Systemet opnår en trackingpræcision på 95% før afsværing og 84% efter afsværing ved tracking af midterstykker.

De opnåede resultater viser, at:

- Realtids-tracking af individuelle kødstykker er mulig med eksisterende visionsteknologi.
- Systemet kan fungere stabilt i produktionsmiljøet.
- Præcisionen falder markant ved mange manuelle operationer.
- Den opnåede præcision er ikke tilstrækkelig til at erstatte nuværende tilbagekaldsprocedurer, medmindre der installeres et system, hvor ikke-trackede produkter kan håndteres særskilt.

Projektet har identificeret flere tekniske og praktiske udfordringer, der skal adresseres, før en eventuel implementering i fuld skala. Dette omfatter både forbedringer af den fysiske opsætning og udvikling af procedurer for produkthåndtering.

Systemet danner grundlag for videre udvikling af sporbarhedsløsninger i kødindustrien, men kræver yderligere optimering og validering, før det kan implementeres i daglig drift.

Fremtidige perspektiver Projektets resultater peger på flere konkrete udviklingsindsatser:

1. *Teknisk optimering*

Den tekniske optimering bør fokusere på at teste forskellige konfigurationer af kamerapositioner og undersøge, om flere kameraer kan øge præcisionen. Særligt kritisk er udviklingen af mere robuste algoritmer til tracking i situationer med komplekse manuelle operationer, hvor den største del af præcisionen i øjeblikket mistes. Der skal også arbejdes med systemets evne til at håndtere situationer, hvor produkter overlapper hinanden på båndet.

2. *Validering*

For at dokumentere systemets anvendelighed er det nødvendigt at gennemføre omfattende langtidstest under normale produktionsforhold. Dette skal inkludere systematisk dokumentation af systemets pålidelighed og test af, hvordan forskellige produkttyper og størrelser påvirker trackingpræcisionen.

3. *Integration*

Selvom den faktiske integration ikke var en del af dette projekt, er det næste naturlige skridt at udvikle de nødvendige interfaces til slagteriernes eksisterende produktionssystemer. Dette omfatter også udvikling af procedurer for, hvordan ikke-trackede produkter skal håndteres i produktionen. Der skal etableres systemer til dataopsamling, der kan dokumentere sporbarhed over tid.

4. *Udvidelsesmuligheder*

Systemet bør testes på andre produktlinjer for at undersøge dets anvendelighed i forskellige produktionsscenarier. Der ligger også et potentiale i at udvikle tracking gennem opskæringsprocessen, hvilket vil lukke et andet hul i sporbarhedskæden. Muligheden for at tracke biprodukter bør også undersøges.

5. *Praktisk implementering*

En vellykket implementering vil kræve udvikling af klare standardprocedurer for drift og vedligehold af systemet. Operatører skal uddannes i både den tekniske anvendelse og i nye arbejdsprocedurer. Der skal udarbejdes omfattende dokumentation, der kan danne grundlag for myndighedernes godkendelse af systemet.

Den videre udvikling afhænger af industriens behov og myndighedernes krav til dokumentation af sporbarhed. En succesfuld implementering vil kræve både teknisk udvikling og tilpasning af arbejdsprocedurer.

Kontaktinformation Jeppe Bo Andersen
jepa@teknologisk.dk
Bæredygtighed og Digitalisering
Fødevarer og Produktion, Teknologisk Institut
Tlf.: 7220 1570