



Slutrapport

SAF 20 AP1 Proceskontrol efter midtflækning

01.01.2024-31.12.2025

17. december 2025

Proj.nr. 2012320

Version: 1

Init. JEPA

Baggrund

Proceskontrol efter midtflækning er en arbejdsopgave i projektet "Udnyttelse af viden fra vision til kødkontrol (VTK)".

"Udnyttelse af viden fra VTK" bygger videre på SAF-projektet "Vision til kødkontrol", hvor der er udviklet og installeret et visionsystem bestående af fire kameralårne, der optager billeder af hele den midtflækkede slagtekrop og anvender AI-modeller til at finde gødningsforureninger og sygdomskoder.

I VTK-projektet blev det tydeligt, at de mange billeder fra flere vinkler rummer langt mere information end blot detektionsdata til kødkontrol. Billederne kan også anvendes til digital procesovervågning af centrale processer på slagtegangen, hvor kvaliteten af fx midtflækning, bugåbning, mellemgulvsfjernelse og friskæring har stor betydning for de efterfølgende trin samt for udbytte, fødevarer sikkerhed og omkostninger til omarbejde og trimning.

I denne arbejdsopgave (AP1) er fokus at udnytte de eksisterende VTK-billeder til at udvikle og afprøve metoder til procesovervågning efter midtflækning – og samtidig sikre, at VTK-plattformen fortsat kan anvendes til kødkontrol og dermed understøtte dialogen med myndighederne om accept af visionbaseret kødkontrol.

Overordnet projektmål Formålet med arbejdsopgaven er at:

- undersøge og dokumentere, hvilke procesfejl på slagtekroppen der kan identificeres på baggrund af de billeder, VTK-systemet allerede optager,
- udvikle og implementere algoritmer til overvågning af udvalgte processer på slagtegangen.
- etablere en prototype til online procesovervågning på et værtsslagteri, hvor resultaterne kan kommunikeres til drift og vedligehold i realtid, samt
- fastholde og videreudvikle VTK-plattformen som grundlag for dialog med myndigheder om brug af vision til automatisk kødkontrol.

Målet er at reducere produktionsrelaterede fejl, forbedre råvareudnyttelsen og skabe mere stabile processer gennem løbende digital overvågning.

Målgruppen

Målgruppen er danske svineslagterier.

Overvejelser i analyse- og idé-fasen

I analyse- og idéfasen (Q1–Q3 2025) var tilgangen at skabe et overblik over, hvilke procesfejl og kvalitetsparametre der realistisk kan observeres ud fra de eksisterende VTK-billeder, og hvor der er størst økonomisk og driftsmæssig gevinst ved digital overvågning.

Arbejdet bestod bl.a. i:

- Gennemgang af procesforløbet frem til midtflækning på værtsslagteriet.
- Interviews og dialog med nøglepersoner (produktion, kvalitet, vedligehold, teknisk afdeling) om kendte problemområder, fejltyper og nuværende kontrolrutiner.
- Vurdering af, om og hvordan de enkelte fejltyper manifesterer sig visuelt på de billeder, VTK-systemet allerede optager.
- Grov vurdering af algoritmisk sværhedsgrad (fx simpel detektion vs. kompleks segmentering/klassifikation) og økonomisk potentiale (udbytte, omarbejde, fødevarer sikkerhed, driftstab).

På den baggrund blev der udarbejdet et idékatalog over potentielle procesovervågnings-cases, som indeholdt midtflækning, friskæring, beskadiget brystflæsk, deling af bugen, stiksår, mellemgulvsrester, beskadiget hale, blærehals efterladt, friskæring af mørbrad, deling af lyske, deling af skinker og beskadiget ører. I et samarbejde mellem følgegruppe, styregruppe og værtsslagteri blev følgende processer prioriteret højest:

- Friskæring
- Midtflækning
- Beskadiget brystflæsk – sammen med deling af bugen
- Deling af brystben

I første omgang blev det for alle processer valgt, at man skulle fokusere på at udvikle modeller der kunne vurdere om en proces var gået godt/ok eller om den havde fejlet.

Metodeudvikling

Metodeudviklingen har haft som hovedformål at afklare, om og hvordan de prioriterede processer kan overvåges robust ved hjælp af VTK-billederne, samt at opnå en første, valideret modelversion for hver proces (modelafklaring).

Arbejdet er foregået i tre trin:

1. valg af modelstrategi og datagrundlag for hver proces,
2. udvikling af selve modellerne inkl. evt. forbehandling, og
3. kvantitativ vurdering af performance

For hver af de udvalgte processer var målet at udvikle en model, der kan skelne mellem "OK" og "Fejl" for den pågældende proces på baggrund af billeder fra den givne slagtekrop.

Fokus var at etablere en robust klassifikationsmodel frem for at lave detaljerede, kvantitative målinger. For hver proces blev det afklaret, om der kunne

arbejdes direkte på hele billedet, eller om det var nødvendigt først at finde og beskære en relevant region af interesse (ROI). Hvor det var muligt, er allerede eksisterende segmenteringsmodeller fra VTK-systemet, til at finde og udskille selve slagtekroppen, anvendt som "pre-modeller", så klassifikationsmodellerne kun skulle forholde sig til det relevante kødareal.

For hver proces er der gennemført en modelafklaring baseret på et testdatasæt med manuelt annoterede eksempler. Nedenfor er et samlet overblik over resultaterne:

Metrik	Friskæring	Midtflækning	Bugåbning	Forskæring	Brystben
Testdata	211	55	176	176	175
Accuracy	92%	78%	90%	86%	83%
Precision	90%	71%	83%	76%	86%
Sensitivity	95%	88%	80%	89%	50%
Specificity	90%	70%	94%	85%	97%

For friskæring og brystflæsk-relaterede processer (bugåbning og forskæring) ligger både accuracy og sensitivity på et niveau, hvor modellen allerede nu er anvendelig til procesovervågning og til at give relevant feedback til drift og vedligehold.

På tværs af processerne så vi, at modellerne generelt forbedres markant ved tilførsel af nye og mere varierede træningsdata, samt at de valgte metoder er robuste og skalerbare. Derfor konkluderede vi, at de valgte metoder er tilstrækkeligt egnede til procesovervågning, når der fremadrettet tilføjes mere data og løbende finjusteres.

Løsning

Udviklingen af løsningen har haft fokus på at færdiggøre og implementere én proces ad gangen. Sammen med værtsslagteri og styregruppe blev friskæringen valgt som den første proces, og løsningen er efterfølgende integreret i VTK-plattformen og produktionsmiljøet på værtsslagteriet.

For selve friskæringen er der udviklet en model, der afgør, om en halvkrop er friskåret eller ej. Modellen er bevidst udviklet på halvkropsniveau, da en meget skæv friskæring kan betyde, at kun den ene side bliver friskåret, mens den anden ikke gør. Den nuværende version er testet på omkring 1.100 halvkroppe og har vurderet korrekt på samtlige.

Parallelt hermed er der videreudviklet på modellerne til at vurdere kvaliteten af selve skæringen. Denne model er trænet på ca. 3.500 halvkroppe og efterfølgende testet på 752 halvkroppe i et vanskeligt testdatasæt med en bevidst forhøjet andel grænsetilfælde. I denne test vurderede modellen forkert i omkring 5 % af tilfældene. Fejlene ligger primært i situationer, hvor det også for

en menneskelig bedømmer kan være svært entydigt at afgøre, om skæringen er helt tilfredsstillende eller lige på grænsen. Det samlede billede er, at modellen er tilstrækkeligt robust til brug i procesovervågning.

For friskæring af nakken er der udviklet en særskilt model, som udnytter den eksisterende segmenteringsmodel fra VTK til først at segmentere grisens hoved ud af billedet. På den måde sikres det, at modellen fokuserer på det relevante område omkring nakken. Denne model er testet på 339 halvkroppe og fejler i cirka 4 % af tilfældene. Også her gælder det, at omtrent halvdelen af fejlene er observationer, der ligger lige på grænsen mellem OK og ikke OK. Dermed vurderes også nakkemodellen at have en kvalitet, der gør den anvendelig til overvågning af processen og til at give relevant feedback til drift og vedligehold.

For at kunne anvende modellerne i daglig drift er der opbygget en teknisk infrastruktur, der gør det muligt at køre dem online. Hos værtsslagteriet er der oprettet en database, hvor resultaterne fra modellerne gemmes for hver halvkrop. VTK-pipelinen er udvidet, så de nye modeller nu er en integreret del af det samlede system. De kører live sammen med de eksisterende VTK-funktioner uden problemer, og resultaterne overføres løbende til databasen i takt med, at produktionen kører. Systemet er designet, så nye modeller til andre processer senere kan kobles på samme struktur uden at kræve ændringer i databasestrukturen og uden større kodeændringer. Løsningen fungerer dermed som en generel platform for procesovervågning baseret på VTK-data.

For at gøre data anvendelige for de personer, der skal reagere på resultaterne, er der udviklet et simpelt website, som hostes på værtsslagteriets egne servere. Her præsenteres live data for friskæringen, så man kan følge, hvordan processen udvikler sig over tid. Brugeren kan se udviklingen både på månedsniveau og ned til intervaller på et kvarter, hvilket gør det muligt at opdage både langsomme trends og pludselige afvigelser. Databasen er samtidig opbygget, så friskæringsdata kan stilles til rådighed for andre interne applikationer, f.eks. til mere avancerede analyser af sammenhængen mellem proceskvalitet, udbytte og vedligehold.

Samlet set er der etableret en fuldt fungerende kæde fra VTK-billeder over AI-baseret vurdering af friskæringen til lagring og visualisering af resultater i produktionen. Løsningen demonstrerer, at VTK-plattformen kan udvides fra ren kødkontrol til også at levere værdifuld procesinformation, og den tekniske opbygning gør det muligt fremover at tilføje nye procesmodeller efter samme princip.

Værdiskabelsen

Procesovervågning gør det muligt at kontrollere samtlige slagtekroppe i stedet for kun at basere sig på stikprøver. Overvågningen kan hurtigt opfange både enkeltfejl og gradvise ændringer i fejlraten og dermed vise, når en proces begynder at køre uhensigtsmæssigt – hvad enten årsagen er udstyr eller

forudgående procedurer. Det betyder, at fejl opdages tidligere, og at sandsynlige fejlårsager kan identificeres, så der kan sættes ind med vedligehold, justeringer eller anden korrigerende handling i tide.

Status og videre forløb Arbejdspakken slutter i 2025.

Kommunikation Slutrapport offentliggøres på Teknologisk Instituts hjemmeside.

Kontaktinformation Jeppe Bo Andersen
Teknologisk Institut/DMRI
Gregersensvej 9
2630 Taastrup
jepa@teknologisk.dk

Projektdeltagere HHEE, GTR, TRSS, KRGR, JEPa