



## SAF – Årsrapport

Automatisk produkt-ID med kvalitetstjek

1. marts 2019  
Proj.nr. 2006260  
Version 2.1  
PESG/MT

Peter René Bolvig Stentebjerg

### Indledning

Projektets rammer er beskrevet i ansøgningen til Svineafgiftsfonden 2018. Aktiviteterne i projektet er blevet gennemført efter *Innovationsmodellen* udviklet af DMRI (se bilag 1). Nedenfor beskrives et sammendrag af analyser og resultater fra de forskellige faser i projektet, som detaljeret er gennemgået med både følge- og styregrupper igennem hele projektperioden.

### Problemstilling

Projektet omhandler slagteriernes processer, hvor kasser med hoved- og biprodukter sorteres fra skærestue/udbening til pakkeri. Aktuelt foregår sorteringen manuelt med operatører, der foretager en visuel genkendelse af den specifikke produkttype i kassen, hvorefter produktet automatisk transporteres til den rigtige pakkedestination.

### Formål

Formålet med projektet er at afdække de teknologiske muligheder for at kunne foretage denne produktgenkendelse vha. visionteknologi. Hertil indrages et multispektral visionudstyr fra DMRI som platform for en automatiseret løsning på prototypeniveau. Hovedformålet ligger dermed i udviklingen af software til at foretage den automatiske produktgenkendelse, som baserer sig på de nyeste teknologier indenfor Deep Learning. Derudover skal løsningen samtidig kunne vurdere kvaliteten af produkterne i kassen. Denne kvalitetsvurdering omfatter fremmedlegemedetektion i produktoverfladen samt en estimering af forholdet mellem kød og fedt for at kunne vurdere skærekvalitet.

*Analyse- & idéfaserne*

De indledende faser i projektet omhandler forståelsen af applikationen samt fastlæggelse af værtsslagteri og følgegruppe.

### Værtsslagteri

Det pågældende værtsslagteri blev valgt, fordi der var mulighed for at opstille udstyr og måle på en delmængde af produktionens kassesortiment. Samtidig var der et incitament for at vælge dette slagteri, idet projektet kunne læne sig op ad et andet SAF-projekt ("Håndtering af fremmedlegemer"), som allerede havde et visionudstyr på kasselinjen ind til afdelingen for karsortering, hvor formålet var at kigge efter plast i kasserne. Udstyret

fik også mulighed for at koble op til værtsslagteriets database indeholdende information om kassens indhold, dvs. ID'et af produktet i kassen, identificeret tidligere af en udvejeroperatør. Hermed kunne man begynde at danne et referencesæt af matchende billeder af kasser sammen med produktets unikke ID.



Visionudstyr opsat hos værtsslagteriet gennem hele projektforløbet.

### **TensorFlow**

Valget af Deep Learning-teknologi var oprindeligt vurderet til at omhandle softwareværktøjet VIDI, som beskrevet i SAF-ansøgningen fra 2017. Imidlertid blev flere af projektgruppens medlemmer introduceret til Googles værktøj TensorFlow, som har den fordel ikke at være begrænset af større licens-gebyrer, som VIDI afhænger af. Derudover er TensorFlow meget udbredt og tilgængeligt i softwaremiljøet Python. TensorFlow blev derfor basis for første databehandling af det første referencesæt, som blev opsamlet i den første periode af projektet.

### **Indledende test samt krav til kvalitetsvurdering**

Resultaterne af de indledende test med TensorFlow kunne præstere en genkendelsespræcision på 95% på 21 udvalgte varenumre. Kvalitetsvurderingen blev specificeret til fremmedlegemedetektion af små farvede plaststykker ned til 2x2 mm samt at foretage kød-/fedtestimering af 3 produkttyper, set fra overfladen i kassen: hoftestykker, fast spæk og kødskjold.

*Metodefase* **Datasæt til træning af genkendelsesmodellen i TensorFlow**

Første del af metodefasen blev brugt på at sortere og validere referencedatasættet for fejl. Derudover blev det besluttet kun at udtage de varenumre, som var repræsenteret tilpas mange gange i referencedatasættet. Dette skyldes, at det kræver store mængder dataeksempler for at kunne genkende den fulde produktvariation af hver produkttype. Desværre er mange produkttyper ikke set nok gange til at kunne indgå i modellen. Til gengæld dækker de inkluderede produkttyper godt 90% af mængden af alle varenumre, som har passeret gennem udstyret.

En anden sorteringsproces, der også blev udfaldet i denne fase, var sortering af varenumre i produktkategorier. Dette vil sige, at varenumre samles til én kategori, hvis produktvariationen ikke kan håndteres af genkendelsesmodellen, fx svær fra forskellige hovedprodukter (kam, backs, ryg, bryst osv.). Udvejeren benytter i disse tilfælde andre informationer for netop at skelne imellem varenumre, som ikke har en synlig produktvariation. Disse informationer kan inkludere viden om skæringer på de forskellige linjer, samt hvilke linje kassen kommer fra. Derudover benyttes interne procedurer med brug af fx blå fødevaregodkendte sedler i kasserne for at signalere batchskift, når kasserne skifter sporbarhedsinformation.





Eksempler på kasser med produkter målt med visionudstyret.

### **Kvalitetsalgoritmer**

Visionudstyret er oprindeligt designet til at kunne måle og detektere plastemner af en meget lille størrelse ned til et par millimeter. Denne egenskab kan udnyttes parallelt med identifikationen af produktet, da måledata er til stede.

Kasser fra kølelager kan have væskeansamlinger i bunden af kassen, hvorfra lyset fra udstyret i visse tilfælde kan gengives som spejlinger, der kan være regnbuefarvet og dermed forstyrre fremmedlegemedetektionen. I den forbindelse blev både kamera og lamper udstyret med cirkulære polarisationsfiltre, som fjerner spejling i målingerne. Ved polarisering forekommer lystab, som påvirker udstyrets evne til at kunne måle ved meget høje båndhastigheder. Båndhastigheden ved de relevante linjer hos værtsslagteriet ligger omk. 25 m/min, hvilket er under hastighedsbegrænsningen for udstyret inkl. polarisering.

Sammen med en modificeret software til detektion af fremmedlegemer er der også udviklet algoritmer til at segmentere fedt og kød ud fra produktets overflade. Denne segmentering kan herefter benyttes til at udregne et estimat for kød-/fedtforholdet af produktet i kassen set fra overfladearealet.

### **Implementering af algoritmer i visionudstyret**

*Funktionsmodel- og prototypefaserne*

Funktionsmodellens hovedopgave var at få algoritmerne implementeret i visionudstyrets driftssoftware, så dette kunne bringes til at køre live på slagteriet og foretage automatisk produktgenkendelse samt kvalitetsvurdering. Algoritmearbejdet med TensorFlow blev foretaget udelukkende i et offline udviklingsmiljø, mens implementering i visionudstyret skulle foretages i et andet udviklingsmiljø for at understøtte udstyrets softwareplatform.

Mht. kvalitetsalgoritmerne blev disse sat i drift samtidig med den automatiske genkendelse, så alle målinger foretaget af visionudstyret både lagrer information om produkt-ID og kvalitetsresultater.

### Softmax

Det er vigtigt for systemet at kunne erkende en usikkerhed i den automatiske genkendelse. TensorFlow er designet til altid at give et resultat, idet enhver måling bliver parret med den kategori, som passer bedst. Dvs. genkendelsen er sårbar overfor variationer, den ikke har set før.

Til at løse dette problem blev en af output-variablerne fra TensorFlow udnyttet, kaldet Softmax. Dermed kan løsningen automatisk validere sit resultat af den automatiske genkendelse og, i tilfælde af usikkerhed, overlade kassen til en manuel operatør, så en evt. fejlidentifikation opdages med det samme i stedet for senere i pakkeriet, hvor det medfører en omkostning i både tid og mandskab at rette fejlen.

Nedenfor er angivet resultatet af genkendelsen på valideringssættet. Her vises det, hvordan en tærskelværdi på Softmax kan udnyttes til at omdirigere fejl til manuel operatør, mens genkendelsessikkerheden stiger på de resterende kasser, der automatisk videresendes til pakkeri.

Fx vil en tærskelværdi på 0,95 give en øget præcision på 99,12% med 7,11% af kasserne, der manuelt skal kontrolleres af tjekvejer.

frasorteringsgrænse [ ]	Præcision [%]	Andel til tjekvejer [%]
0,0	97,28	0,00
0,4	97,32	0,04
0,5	97,39	0,20
0,6	97,92	1,23
0,7	98,20	2,12
0,8	98,48	3,20
0,9	98,92	5,17
0,95	99,12	7,11

### Langtidstest & konklusion

Data fra udstyret blev valideret i form af en langtidstest, da prototypen blev online i midten af november med den fulde implementering. Resultatet nedenfor er opgjort på 10 dages produktion med knap 30.000 billeder. Heraf er ikke medregnet kasser med manglende RFID-måling samt kasser, der ligger udenfor modellens kategorier. Der ses en præcision på 98% ved en frasorteringsgrænse på 0,95 (Softmax).

Frasorteringsgrænse	Præcision [%]	Andel til tjekvejer [%]
0,0	93,9	0,0
0,5	94,2	0,5
0,7	95,6	3,5
0,8	96,6	5,5
0,9	97,5	8,3
0,95	98,0	10,9

Konklusionen på det sidste følgegruppemøde var overvejende positiv på vegne af projektets resultater. Der blev dog gjort opmærksom på, at nuværende genkendelsesmodel ikke omfatter samtlige varenumre, som værtsslagteriet producerer. Den primære årsag til dette er placeringen af visionudstyret under projektperioden, i forhold til hvor mange produktvarianter som kommer forbi udstyret.

En anden udfordring er udstyrets håndtering af dynamiske procedurer i produktionen. Dvs. håndtering af kasser med blandet indhold eller kasser, der skal behandles anderledes i forhold til normalt. Dette skal implementeres under en indkøring af udstyret med denne løsning, hvor systemet integreres i slagteriet og implementeres i driften.

Styregruppens konklusioner på projektet blev, at der er flere muligheder med et automatisk udstyr, der kan udføre genkendelse samtidig med en vurdering af produktets kvalitet. Flere mulige implementeringsløsninger på andre slagterier blev også kort vendt, da man ønsker at fortsætte udviklingen og brugen af systemet efter SAF-projektets afslutning.

## Innovationsmodellen

