



Forbedret arbejdsmiljø ved ophængning af skinker

Projektets formål og resultat

<i>Projekts formål</i>	Dette projekt vil fjerne arbejdsmiljøproblemer ved opgaver, der giver unødigt stor risiko for MSB-problemer. Derved forbedres arbejdsmiljøet, der spares lønkroner og produktiviteten fastholdes.
<i>Opnåede effekt af projektet</i>	Dette projekt automatiserer arbejdsopgaver, som involverer tunge løft og dermed bidrager negativt til arbejdsmiljøet. Gennem automatisering opnås udover de arbejdsmiljømæssige forbedringer en reduktion af enhedsomkostningerne primært hidhørende fra en mindre lønomkostning. Projektet understøtter en høj produktivitet ved at overflødiggøre jobrotation og dermed forenkle arbejdsplanlægningen. Projektet sigter på at fjerne nogle af de mest belastende arbejdsmiljøproblemer i slagteriet, hvor der er højest risiko for MSB-problemer. Effekten af arbejdsmiljøforbedringen vil kunne registreres over en årrække ved at medarbejdere får færre følgeskader af de tunge løft og vrid i kroppen, når de skal dreje sig og række ud for at udføre ophængning. Over tid vil resultatet ligeledes kunne måles ved færre sygedage for medarbejdere i afdelingen og færre tidlige tilbagetrækninger fra arbejdsmarkedet som følge af nedslidning.
<i>Resultat vs. formål opdelt på bruger, sektor og samfund</i>	<p>Det nye koncept for ophængning af skinker på juletræer har ved produktionslignende forhold demonstreret kapacitetskravet på 600 skinker/time, svarende til 2 minutter pr. juletræ samtidigt med tilstrækkelig præcision m.h.t. placering af skanken på hver enkel krog på juletræet.</p> <p>Projektet har leveret en funktionsmodel, som består af en skinkegriber og et visionbaseret robotstyresystem, som er afprøvet og dokumenteret sammen med et færdigudviklet koncept til automatiske skift af juletræer i en robotcelle. Løsningen produktmodnes af branchens egne parter i samarbejde med kommercielle partnere baseret på viden overført fra projektet.</p>

Oplæg til videre arbejde Udbredelsen af det automatiske ophængningskoncept vil naturligt komme i takt med, at løsningen produktmodnes og implementeres på slagterierne. Projektet forventes at være fuldt implementeret inden for en 3-årig periode.

Beskrivelse af løsningen

Beskrivelse af funktionsprincip

Projektet har opnået at bygge og funktionsafprøve en model til automatisk at ophænge af skinker, som bliver tilført en robotcelle via et transportbånd. Modellen indeholder en mekanisk griber monteret på en friarmsrobot og et visionsystem, som kan lokalisere position og rotation af skinken for at opnå korrekt greb og dermed være i stand til at aflevere skinken i det rigtige punkt på krogspidsen. Med denne installation bliver det muligt automatisk at ophænge op til 600 skinker pr. time på et slagteri.

I funktionsmodelfasen er der udviklet en mekanisk griber og en adaptiv og intelligent visionstyring af robotten. Der er designet en komplet løsning til automatisk håndtering af juletræer og denne er dokumenteret i form af CAD-modeller og en computeranimering.

Beskrivelse af mekaniske delsystemer

Skinkegriberen er konstrueret med inspiration fra den menneskelige måde at håndtere en skinke; en cirkulær klomekanisme, som griber fat om skankedelen af skinken, og derved opnår høj præcision med reference til punktet, hvor produktet skal hænges på juletræets krog. Til at støtte og bære vægten af skinken er griberen udstyret med en kraftig rive, som føres ind under den store del af skinken og derved bærer en stor del af skinkens vægt.

For at kunne indføre tomme juletræer til den automatiske robotcelle er der udviklet et koncept, som kan modtage juletræer fra en bufferbane og sørge for dels den rigtige rotation om længdeaksen og dels overførelse til ophængningsposition med nødvendig tolerance.

Beskrivelse af elektriske delsystemer

Der er udviklet et algoritmebaseret visionssensorsystem, som via et 3D kamera kan give signaldata til robotten om at positionere sin griber automatisk over den aktuelle skinke. Skinkerne kommer kørende på et transportbånd i tilfældige positioner, hvor et visionkamera optager et billede af hver skinkes omrids, som efter en billedbehandling giver information til robotstyringen ift. at opsamle skinken.

Beskrivelse af software

Visionsystemet laver kun en analyse på omridset af skinken og ikke strukturen eller farven på billedet. Det har vist sig være en god måde at estimere massemidtpunktet af skinken, som bør ligge i midten af værktøjet for at få en tilstrækkelig stabil håndtering af skinken.

Visionsystemet estimerer også det optimale ophængningspunkt, som findes ud fra en specialprogrammeret algoritme, som finder keypoints til at anslå, hvor ophængningspunktet er, samt hvilken vinkel skinken ligger i. Den fortæller også, om det er en højre eller venstre skinke ud fra disse keypoints og det har betydning for, hvor i hvilken retning et offset skal lægges for at finde det optimale ophængningspunkt.

Testresultater

Resultat af afsluttende test

Den afsluttende test blev udført i DMRI's testfaciliteter i Ringsted. Test setup'et bestod af et transportbånd til at frembringe de enkelte skinker. En 50 kg friarmsrobot er monteret med den specielt konstruerede gribeanordning. Juletræet er placeret i nærheden af robot og transportbåndet, hvor det er ophængt på en glidestang af den slags, der anvendes på slagterierne. For at støtte og rotere juletræet er det fikseret i den nederste struktur i en anordning, som holder og kan dreje juletræet med 90 gr. indeksering.

Der blev udvalgt fem forskellige juletræer med forskellige mindre defekter for at få et indtryk af processens sårbarhed og risikoen for fejl ved ophængning på beskadigede stålkroge lig dem, som jævnlige findes i produktionen.

Selve testen blev gennemført med mindre end 5% fejlrate, hvor de enkelte fejl oftest kunne henføres til beskaffenhed af juletræerne. Kapaciteten var som specificeret.

Se detaljer i appendix A3 samt nedenstående video link.

[\[Video – Ophængning af 20 skinker på juletræ\]](#)

[\[Video Ophængning med vision tagging\]](#)

Afviselser fra oprindelig kravspecifikation

Delanlægget for automatisk håndtering af juletræer blev ikke fremstillet i fuld funktionsmodel, men er præsenteret som en animation konstrueret i 3D CAD-miljø sammen med testafprøvninger af essentielle delfunktioner.

Projekthistorik

Projektets historie opdelt efter innovationsmodellens faser og med tidslinje

Tidslinje som kvartalsinddelt visning med aktiviteter og leverancer for 2019 kv.2 til 2020 kv.2

Periode	2. kv. . 2019	3. kv. . 2019	4. kv. 2019	1-2. kv. 2020
Faser	Analyse	Idé	Metode	F-model
Aktiviteter	Kick-off møde Fastlægge projekt scope Overordnet CB. Patenterings- potentiale.	Idegenererings- workshop. Prioritering af ideer. Forsøg.	Konstruktion af metodemodel. Iteration på metode. Test & erfarings- opsamling. Dokumentation.	Konstruktion af F-model. Iteration på F- model. Test & erfarings- opsamling. Dokumentation.
Leverancer	Kravspecifikation Risikomatrix	Idekatalog Opsætning og indledende forsøg	Metodemodel. Testrapport.	F-model. Testrapport. Kommerciel Partner.

Økonomi

Projektregnskab med noter – se generel SAF projektøkonomi
ter

Appendix

- A1: Oprindelig kravspecifikation
- A2: CAD-dokumentation
- A3: Dokumentation fra afsluttende test
- A4: Oprindelig tidsplan og realiserede tidsplan
- A5: Budget ved projektstart

A1: Oprindelig kravspecifikation
Projektspecifikation:

Aktiviteterne i 2019 består i:

- Behovsanalyserapport
- Freedom to operate-rapport
- Kravspecifikation
- Forretningsanalyserapport
- Idékatalog
- Metodeudstyr
- Design review-rapport
- Dokumentation af metodetest

Aktiviteterne i 2020 består i at:

- udvikle funktionsværktøjer i henhold til innovationsmodellens retningslinjer
- teste funktionsudstyr og dokumentere resultater
- udarbejde implementeringsplan
- dokumentere og offentliggøre resultater
- formidle resultater til potentielle integratorer/maskinbyggere

Udstyr og produktspecifikation:

Input – produkter og juletræer

- 1201, 1203 og 1206 på ståljuletræ
- Tilføres kun godkendte produkter
- Kødside eller sværside opad, skank pegende fremad i transportretning
- Juletræer skal være kontrolleret for skævheder på stamme og kroge
- 20 kroge på juletræet

Kapacitet: Udstyr med en robot skal kunne ophænge minimum 20 stk. skinker på 2 minutter med juletræ i hæve/sænke/rotation station

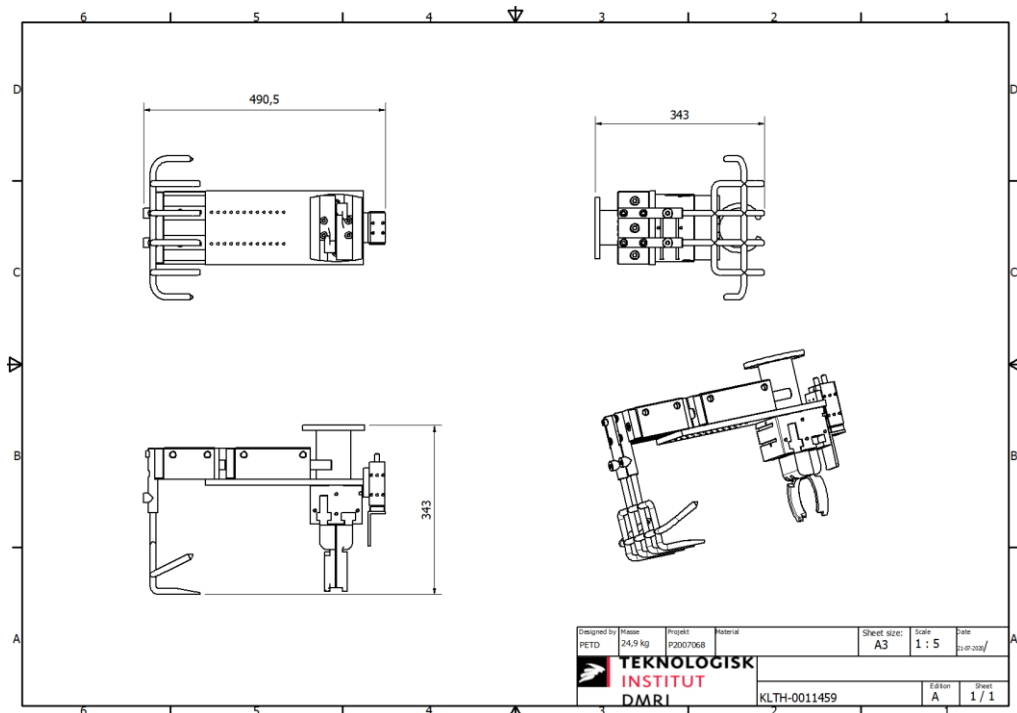
Kvalitetskrav til ophængning:

Krog skal ramme i skankemusklen

Hvor mange må tabes:

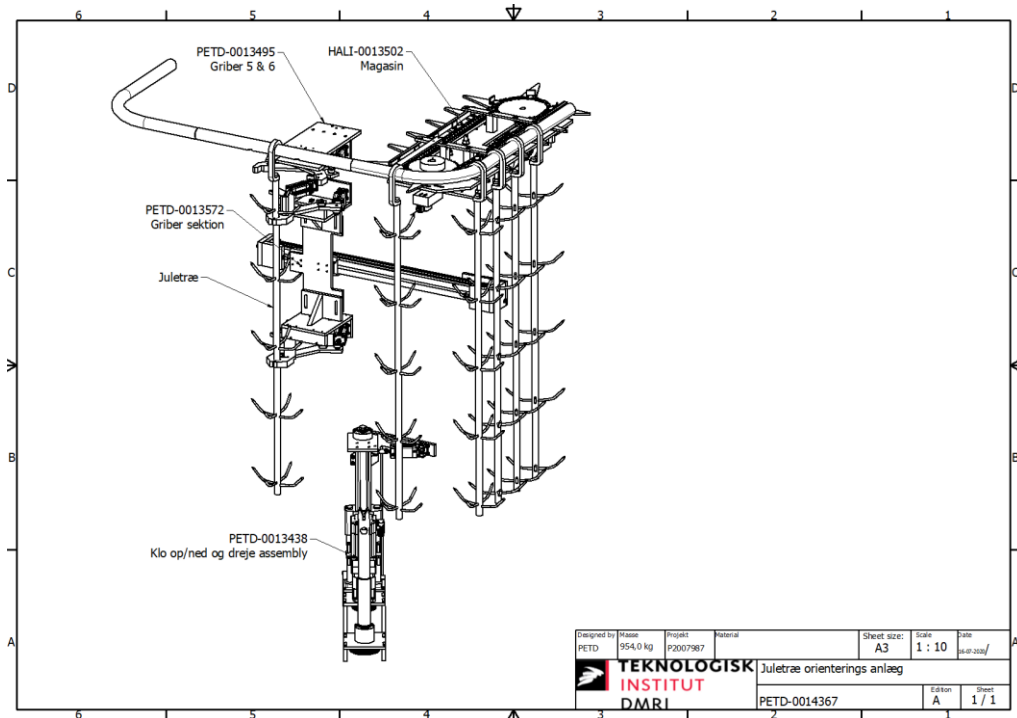
Maksimalt 0,5 % skinker tabes

A2: CAD-dokumentation



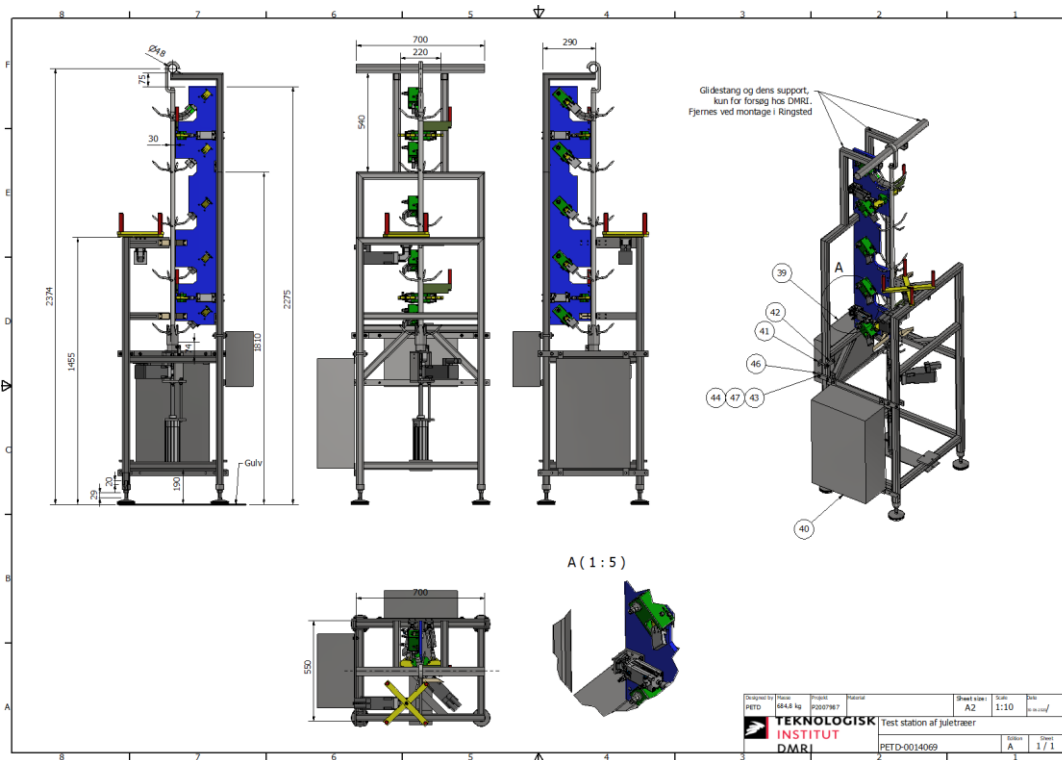
Specialudviklet griber for håndtering af skinker.

\\DMRI\P2007068\Griber1\KLTH-0011468



Koncept for modtagelse af juletræer til en automatisk robotcelle med fuld kontrol over position og rotation om egen akse af de enkelte juletræer.

\\DMRI\P2007987\Ophængningsanlæg\HALI-0013581

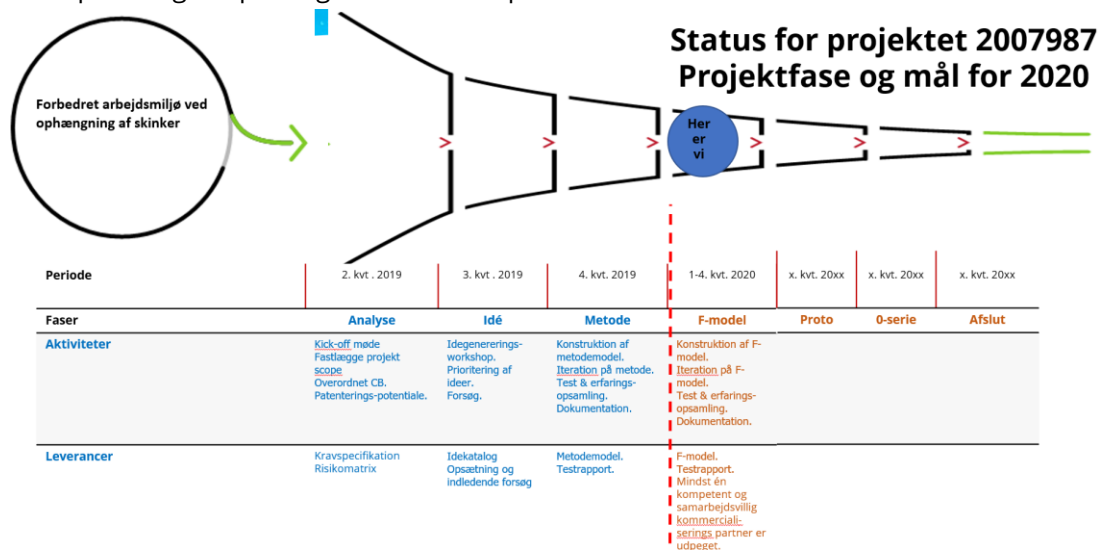


Målestation for kortlægning af biometrisk beskaffenhed af juletræer på de danske slagterier.
 \DMR\2007987\Juletræ check\PETD-0014069

A3: Dokumentation fra afsluttende test

Juletræ nr. 1- 5					
Test skema	Testdato		12-12-2019	20 stk på juletræet	
Nr. 1	Ophængt	Tabt	Fejl krog	Billede	Batch nr
Række 1	4	0			1
Række 2	4	0			
Række 3	4	0			
Række 4	4	0			
Række 5	3	1			
Bemærkning	skanken lå skævt				
Resultat	Ophængningspunkt mellem ben				
Antal "+	14	% ophængt	95		
Antal "-	5	% Kval	74	mangler billede	
Nr. 2	Ophængt	Tabt	Fejl krog	Billede	Batch nr
Række 1	4	0			1
Række 2	3	1			
Række 3	4	0			
Række 4	4	0			
Række 5	4	0			
Bemærkning	skanke lå skævt				
Resultat	Ophængningspunkt mellem ben				
Antal "+	18	% ophængt	95		
Antal "-	1	% Kval	95	Billede 2	
Nr. 3	Ophængt	Tabt	Fejl krog	Billede	Batch nr
Række 1	3	1			1
Række 2	4	0			
Række 3	4	0			
Række 4	4	0			
Række 5	4	0			
Bemærkning	skinke faldt af krog efter ophængning				
Resultat	Ophængningspunkt mellem ben				
Antal "+	16	% ophængt	95		
Antal "-	3	% Kval	84	Billede 3	
Nr. 4	Ophængt	Tabt	Fejl krog	Billede	Batch nr
Række 1	4	0			3
Række 2	4	0			
Række 3	4	0			
Række 4	4	0			
Række 5	3	1			
Bemærkning	skanken lå skævt				
Resultat	Ophængningspunkt mellem ben				
Antal "+	17	% ophængt	95		
Antal "-	2	% Kval	89	Billede 4	
Nr. 5	Ophængt	Tabt	Fejl krog	Billede	Batch nr
Række 1	4	0			3
Række 2	4	0			
Række 3	4	0			
Række 4	4	0			
Række 5	4	0			
Bemærkning					
Resultat	Ophængningspunkt mellem ben				
Antal "+	16	% ophængt	100		
Antal "-	4	% Kval	80	Billede 5	

A4: Oprindelig tidsplan og realiseret tidsplan



Periode	2. kv. . 2019	3. kv. . 2019	4. kv. 2019	1-4. kv. 2020	x. kv. 20xx	x. kv. 20xx	x. kv. 20xx
Faser	Analyse	Idé	Metode	F-model	Proto	O-serie	Afslut
Aktiviteter	Kick-off møde Fastlægge projekt scope Overordnet CB. Patenterings-potentiale.	Idegenererings-workshop. Prioritering af ideer. Forsøg.	Konstruktion af metodemodel. Iteration på metode. Test & erfaringsopsamling. Dokumentation.	Konstruktion af F-model. Iteration på F-model. Test & erfaringsopsamling. Dokumentation.			
Leverancer	Kravspecifikation Risikomatrix	Idekatalog Opsætning og indledende forsøg	Metodemodel. Testrapport.	F-model. Testrapport. Mindst én kompetent og samarbejdsvillig kommerciel-serings partner er udpeget.			

Ophæng skinke	Uge																			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Patent start - slut	■	■	■																	
Dataindsamling for vision	■	■	■																	
Vision - styring				■	■	■	■	■	■											
Vision - Mek.				■	■	■	■	■	■											
Følgegruppemøde nr. 1							■													
Juletræs automatik - mek							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Styregruppemøde nr. 1										■										
Juletræs automatik - styring										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Indkøring												■	■	■	■	■	■	■	■	
Valideringstest																■	■	■	■	
Overlevering af doc. Pakke																				
Følgegruppemøde nr. 2																				
Styregruppemøde nr. 2																				

A5: Budget ved projektstart

Budget ved projektstart var samlet 5.000.000 kr. fordelt på 3.000.000 kr. i 2019 og 2.000.000 kr. i 2020.