



Slutrapport

Virtuelle produktskæringer baseret på 3D CT-billeder

Programmer til medicinsk skanner

Marchen Hviid og Dennis Brandborg Nielsen

3. januar 2017
Proj.nr. 2003822
Version 1
MAHD/DBN/MT

Sammendrag

DMRI har skannet halve svineslagtekroppe i forskellige medicinske skannere siden 2008 efter den standardiserede metode, som også benyttes til manuel dissektion ved kalibreringsforsøg.

Der er tidligere udviklet programmer til efterfølgende håndtering af de skannede slagtekroppe. Disse programmer kunne desværre ikke vedligeholdes, og de blev derfor flyttet til DMRI's udviklingsplatform baseret på C++ og C#.

Resultater

Det er muligt at foretage virtuel udskæring af CT-skannede slagtekroppe på en større gruppe af skan, også hvis skanningerne er foretaget med forskellige skannere.

Det er muligt at flytte delelinjen mellem skinke/midterstykke og midterstykke/forende, og dermed – på de samme slagtekroppe – sammenligne vægt/udbytter afhængig af tredeling.

Placering af delelinje kan foretages både med og uden opretning af slagtekroppen. Der må i de enkelte tilfælde vælges den metode, som vil give det bedste sammenligningsgrundlag.

Virtuel udskæring af midterstykket i 4(5) produkter (back, belly, kamben, spareribs (og spidsryg)) er også mulig.

Der er en god sammenhæng – dog niveauforskudt mellem vejet vægt og virtuel vægt af back og belly – mens benprodukterne, som vejer <1 kg, er sværere at beregne den virtuelle vægt på.

Placering af delelinjen mellem back og belly samt eventuel trimming af svær/fedt skal optimeres i det næste arbejde med programudvikling.

Programmerne til virtuel udskæring af midterstykket forventes at få betydning for udbytteberegninger og analyse af, hvilke data der er nødvendige at måle med online CT-udstyret.

Baggrund

DMRI har skannet halve svineslagtekroppe i forskellige medicinske skannere siden 2008 efter den standardiserede metode, som også benyttes til manuel dissektion ved kalibreringsforsøg. I bilag 1 er vist en oversigt over de forsøg, hvorfra der findes CT-skanninger og andre informationer om (kød)kvalitet og/eller udbytter.

Der er tidligere udviklet programmer til efterfølgende håndtering af de skannede slagtekroppe. Disse programmer kunne desværre ikke vedligeholdes, og de blev derfor flyttet til DMRI's udviklingsplatform baseret på C++ og C#. Hermed kan skanninger fra flere forskellige skannere indgå i databasen. Programmerne er genetablerede og kan nu vedligeholdes af DMRI. Fremover vil programmer udviklet af DMRI starte med VK som en forkortelse for **V**irtual **K**nife. Program til tredeling er VK-cut, og program til backbacon med tilhørende produkter er VK-backs.

Præparering

For at tredelingsprogrammet automatisk skal kunne håndtere de forskellige slagtekroppe, kræves det, at den halve slagtekrop – før skanning – er præpareret jf. den danske protokol, hvor kæbesnittet og mørbrad er skåret af, placeret på luftpude og lagt tilbage i slagtekroppen, så mørbraden er i midterstykket, og kæbesnittet er i forenden. Herved kan de to produkter automatisk findes i billedet. Der skal desuden være luftpude mellem krop og bord, så underlaget også kan fjernes. CT-skan fra de skannede kroppe placeres i dag i en database (.dcm DICOM-format) efter bord er fjernet, og kæbesnitte/mørbrad er isoleret fra den øvrige krop.

Vægtberegninger

Vægten af delstykkerne beregnes ud fra densiteten i de enkelte voxels. Bestemmelse af de tre vævstyper (fedt, kød og knogler) er baseret på threshold ud fra Hounsfield-skalaen.

Svær regnes med som kød og kan p.t. fjernes som en forholdsvis delmængde af delstykkerne, mens marv er delvist indeholdt i fedtandelen.

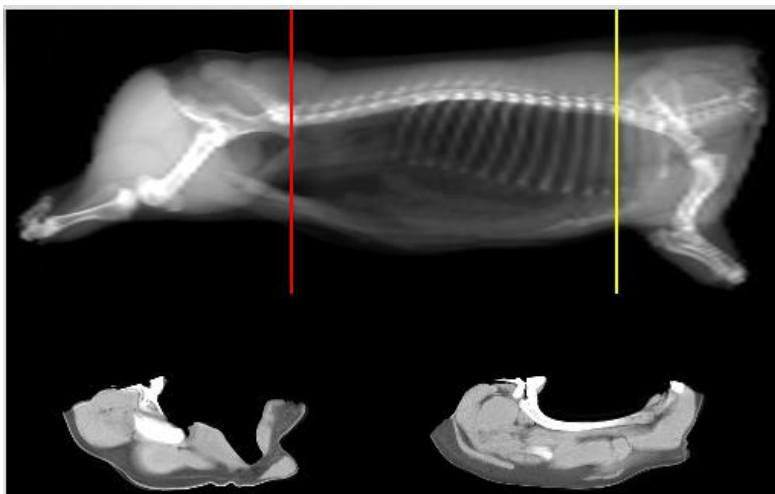
Opretning

Før skærelinjerne til tredeling kan benyttes, skal slagtekroppene oprettes (se figur 1) ved hjælp af 6 anatomiske punkter. Oprettningen sikrer, at delingen svarer til den kommercielle deling på slagterierne og muliggør, at delelinjerne kan flyttes på en større delmængde af de skannede slagtekroppe, uden at de igen skal sættes manuelt.

De 6 anatomiske punkter kan med fordel sættes manuelt i forbindelse med klargøring af de skannede billeder. I de tidligere programmer blev punkterne sat i en såkaldt *atlasgris*, som dækkede gennemsnit og spredning af vægt og kødindhold [1].

Anatomiske punkter

Vores nyere beregninger viser dog, at der er så stor variation mellem køn, at det ikke er muligt at vælge en atlasgris, som kan dække hele populationen. Beregningerne er mere robuste, hvis punkterne sættes manuelt af trænede operatører.



Figur 1. Tredelingsskærelinjers placering i 0-punktet.

De markerede linjer i figur 1 kan flyttes langs grisens længderetning. De viste linjer er 0-linjerne, som er analoge med den mest benyttede tredeling på danske slagterier.

Bemærk, at det er muligt at flytte de to linjer så tæt på hinanden, at afstanden svarer til en slice fra skanningen (ca. 1 cm). Hermed kan konsekvensen af at flytte delelinjen analyseres, da vævsfordelingen af en skive enten kan være placeret på skinken/midterstykket eller midterstykket/forende.

I forbindelse med opretning af slagtekroppen bliver bagtåen skåret af, så det virtuelle skinkedelstykke svarer til et skinkedelstykke efter tredeling. Mulighed for at foretage yderligere produktskæringer er beskrevet i [2].

Kønssforskelle

Efter den virtuelle tredeling kan der foretages yderligere analyser på data fra de tre delstykker. Bl.a. er der gennemført en sammenligning af delstykkevægt og kødindhold fra so-, galt- og hangrise [3].

Analysen af hangrise kontra so-/galtgrise mht. delstykkefordeling m.v. har vist, at det er nødvendigt at forbedre segmenteringsmetoden, så den er magen til den, der anvendes til kalibrering. Det betyder, at det er vigtigt at segmentere i fem grupper (kød, fedt, knogler, marv og svær og evt. voxeludglatning med OHM), da hangrise har tykkere svær (højere densitet) end so-/galtgrise, og det påvirker vægtestimaterne for produkterne og dermed udbytteberegningerne.

VK-backs

De tidligere programmer til videre bearbejdning af midterstykket fra CT-skanningen bruger grunddata lidt anderledes.

I det oprindelige BackBatch-program oprettes billederne med en rotation i længdeaksen af grisen (punkt 1 og 2), og dermed er der ikke fuld overensstemmelse mellem vægtdata fra tredelingsprogrammet og backbatch-programmet, tabel 1.

Tabel 1. Vægtforskelle på delstykker afhængig af program.

Program	Galt		So	
	VK-cut	VK-backs	VK-cut	VK-backs
Forende, kg	10,9	11,9	10,5	11,5
Midterstk., kg	15,2	14,1	15,3	14,1
Skinke, kg	12,2	11,6	12,1	11,6
I alt	38,3	37,6	37,9	37,2

Det er både den samlede vægt for en halv side og fordeling mellem delstykker, som er forskellig mellem programmerne.

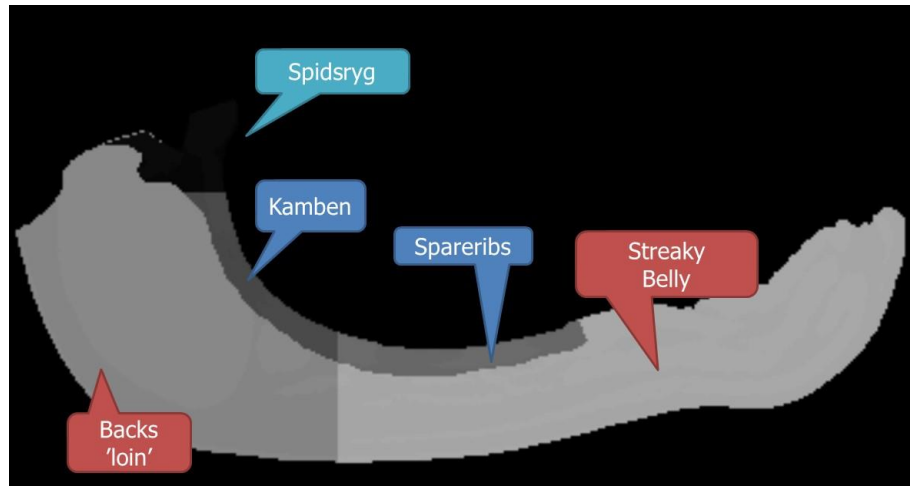
Da der er fordele og ulemper ved begge opretningsmetoder og ved eventuelt helt at udlade opretning, må den videre anvendelse af de genererede data være bestemmende for valg af metode til håndtering af tredelingen.

I DMRI's videre udvikling af programmerne er det blevet muligt at gemme de billeder, der "hører til" delstykket. Hermed kan der regnes videre og foretages yderligere virtuelle skæringer uden at skulle foretage tredelingen igen.

Virtuel udskæring af midterstykket

Programmerne til den virtuelle udskæring af midterstykket er udviklet, således at ben i form af spidsryg og ribben først fjernes ved at blive afmasket. Derefter deles backs og belly med et lige snit på langs mellem forende og skinke, figur 2. Placering af snit fastlægges som cm-mål på sværsiden af ryggen, og regnes fra midtflækningen. Det er muligt at angive forskellige bredder af backs.

Fedt og svær kan ligeledes trimmes virtuelt og dermed efterlade et varierende fedtlag over loin.



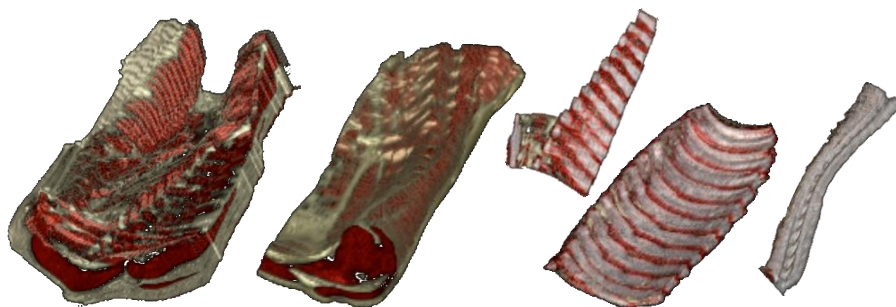
Figur 2. Eksempel på maskning af de forskellige skæringer.

Figur 2 viser et snit af et tilfældigt midterstykke, som er behandlet således, at de enkelte virtuelle produkter har forskellig gråtone. Spidsryggen er næsten sort og er desværre vanskelig at se i figur 2. Fedt og kød i back og belly har forskellige nuancer, så det er muligt at foretage kvalitetsbedømmelser på midterstykket. Fx kan kød og spæktykkelser på anatomisk definerede skiver bestemmes på midterstykket, se bl.a. [4].

*Deling
back/belly*

Snittet mellem back og belly er p.t. sat vinkelret på sværoverfladen, men det er ikke nødvendigvis det mest korrekte, og programmerne bør videreudvikles, så delingen eventuelt bestemmes af både sværflade og benflade.

Figur 3 viser de 5 virtuelle produkter, når billederne farves efter densitet for kød/fedt og knogler.



Figur 3. Midterstykkeandele, fra venstre: belly, backs, ribben (2 stk.) og spidsryg. Virtuelle produkter.

Programmerne er testet ved sammenligning til et skære- og udbytteforsøg, hvor den halve slagtekrop og delstykkerne samtidig blev skannet.

Den vejede vægt af delstykker og produkt efter tilskæring både faktisk og virtuelt er vist i tabel 2. Efter tilskæring blev de enkelte produkter også skannet, og kolonnen CT-skan er den estimerede vægt baseret på densitet i de enkelte voxels, og VK-backs er den virtuelle vægt af produktet baseret på VK-backs-programmet.

Tabel 2. Produktvægte (kg) fra midterstykkeprodukter.

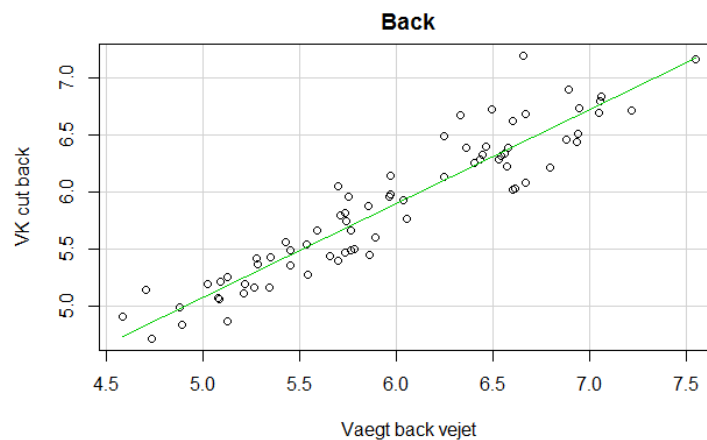
	Vejet vægt	CT-skan	VK-backs
Midterstk.	13,7	13,5	13,3
18 cm back	6,0	5,8	5,9
Bryst delstk.	5,7		5,4
Streaky	4,3	4,1	
Spareribs	0,9	0,8	0,7
Kamben	0,6	0,6	0,6

Resultaterne er delvist fra [5].

Produktvægten efter skanning og virtuel cutting er lavere end den vejede vægt. Det kan skyldes, at der er flere blandingsvoxels (især luft/ben) på de skannede produkter, og dermed bliver vægten estimeret forkert.

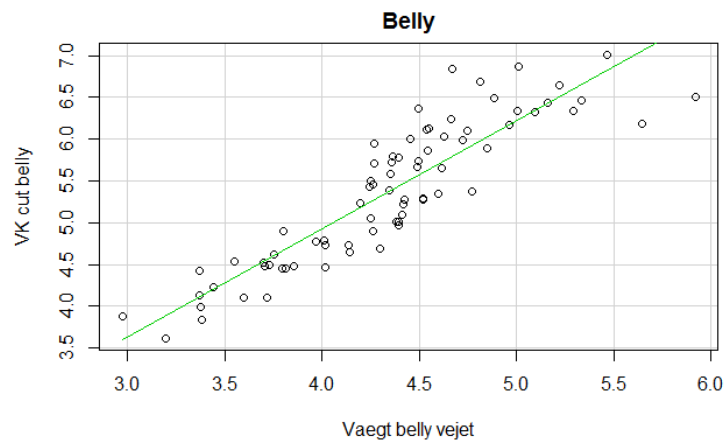
Opretning i forbindelse med VK-backs-programmet kan også være medvirkende til, at den virtuelle vægt af midterstykkeprodukterne bliver lavere end den vejede vægt. Samtidig er de virtuelle produkter skåret fra en halv slagtekrop, og selve delelinjerne mellem de tre delstykker kan virtuelt være placeret en smule anderledes end i praksis.

I figur 4-6 er sammenhæng mellem den virtuelle vægt og den vejede vægt for 4 produkter illustreret.



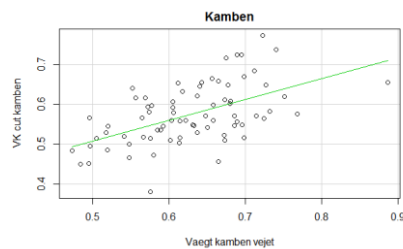
$$R^2 = 0,88$$

Figur 4. Sammenhæng mellem vejete vægt og virtuel vægt af back.

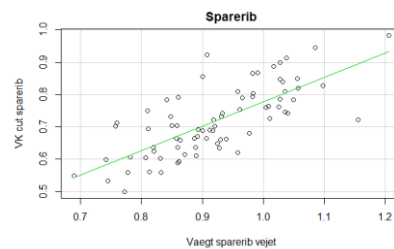


$$R^2 = 0,80$$

Figur 5. Sammenhæng mellem vejet vægt og virtuel vægt af belly.



$$R^2 = 0,28$$



$$R^2 = 0,53$$

Figur 6. Sammenhæng mellem vejet vægt og virtuel vægt af benprodukter.

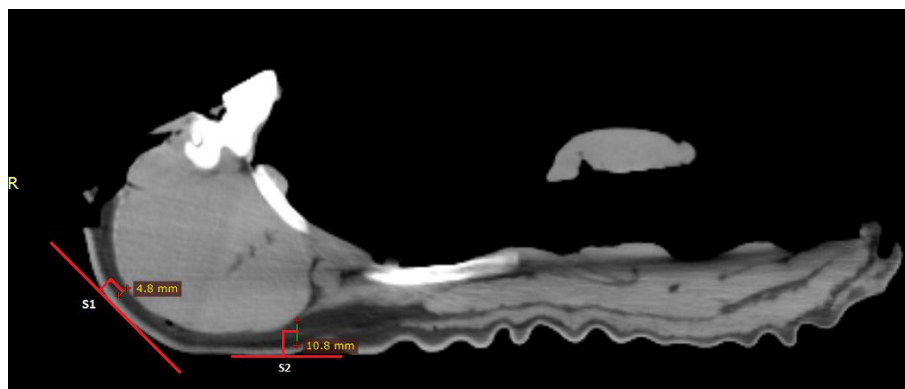
Der er en høj korrelation mellem den vejede vægt og den virtuelle vægt af hovedprodukterne back og belly, mens korrelationen for benprodukterne er noget lavere. Det er vanskeligere at beregne vægten af de mindre benprodukter, og en forklaring kan være flere blandingsvoxels, som er med til at gøre det vanskeligere.

Kvalitetsmål på midterstykket

Følgende kvalitetsmål blev analyseret: Tykkelsen (målt i millimeter) af spækkets tyndeste punkt ved "øjet" samt overgangen mellem kam og "øjet" blev målt. Disse punkter kaldes S1 og S2. S1 blev fundet ved at tage tangenten vinkelret til det tyndeste sted ved "øjet". S2 blev fundet ved samme metode, hvor tangenten denne gang er vinkelret til overgangen mellem "øje" og kam.

Figur 7 viser et eksempel på kvalitetsmål på en skive fra midterstykket. Målene er sat manuelt og individuelt på hver gris.

Spæktykkelse
på anatomisk
definerede ski-
ver



Figur 7. Spæktykkelsen af S1 og S2 fundet vha. RadiAnt DICOM Viewer [4].

I tabel 3 vises gennemsnit og spredning for de to mål på en stikprøve af so-, galt- og hangrise.

Tabel 3. Eksempel på kvalitetsmål fra midterstykket.

	Mean	Std.	Min.	Maks.	n
S1 mm	6,0	2,1	2,0	15,4	229
S2 mm	13,6	4,0	5,8	26,2	229

Fedttykkelsen målt ved kanten af kammusklen er større end fedt målt lige over øjet, og sammenhængen mellem de to mål var kønsafhængig [4].

Fortsættelse med VK-backs-programmerne

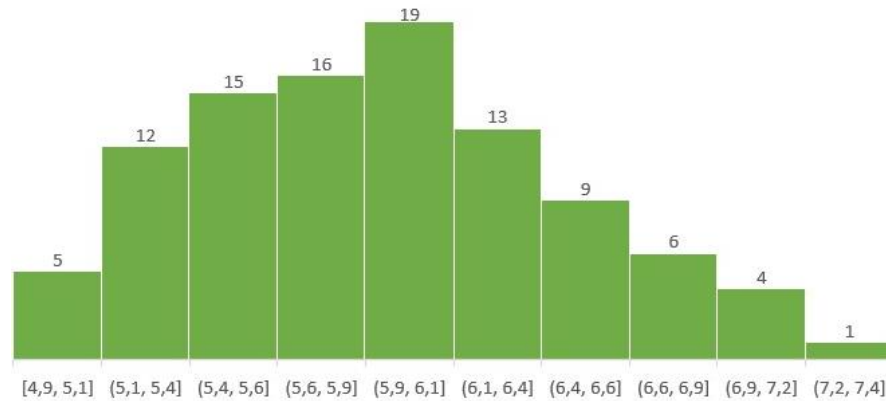
Delelinjen mellem backs og belly kan rykkes, så bredden af backen kan varieres, og dermed kan vægt af smalle kamme også bestemmes virtuelt. Det er desuden muligt virtuelt at fjerne svær og fedt for at simulere en trimning.

I tabel 4 er eksempler på forskellige muligheder. Resultaterne er dog ikke valideret med faktiske vejninger, men er i overensstemmelse med forventede forskelle.

Tabel 4. Estimeret kg kød og fedt i forskellige virtuelle produkter fra midterstykket.

Produkt	15 cm back 3 mm fedt	15 cm back 10 mm fedt	18 cm back 10 mm fedt
Virtuelt kød (kg)	3,77	3,84	4,31
Virtuelt fedt (kg)	0,43	0,91	1,18

Trimning af svær og fedt og bredden på backen påvirkede den virtuelle andel af kød og fedt i produkterne, og de beregnede kg kan efterfølgende benyttes fx i udbytteberegninger. Fordelingen af forskel i udbyttet fra belly skåret fra et midterstykke, hvor backen var enten 15 eller 18 cm bred, er illustreret i figur 8.



Figur 8. Fordeling af udbytteforskel i belly (kød+fedt) fra midterstykke, hvor backen var enten 15 eller 18 cm. Tallene over søjlerne er antal i hver gruppe.

Figur 8 er netop et eksempel på, at de samme midterstykker kan tilskrives til forskellige produkter. Derefter kan udbytterne sammenlignes, så den bedste anvendelse af hele midterstykket kan beregnes.

Konklusion

Det er muligt at foretage virtuel udskæring af CT-skannede slagtekroppe på en større gruppe af skan, også hvis skanningerne er foretaget med forskellige skannere.

Det er muligt at flytte delelinjen mellem skinke/midterstykke og midterstykke/forende, og dermed – på de samme slagtekroppe – sammenligne vægt/udbytter afhængig af tredeling.

Placering af delelinje kan foretages både med og uden opretning af slagtekroppen. Der må i de enkelte tilfælde vælges den metode, som vil give det bedste sammenligningsgrundlag.

Virtuel udskæring af midterstykket i 4(5) produkter (back, belly, kamben, spareribs (og spidsryg)) er også mulig.

Der er en god sammenhæng – dog niveauforskudt mellem vejet vægt og virtuel vægt af back og belly – mens benprodukterne, som vejer <1 kg, er sværere at beregne den virtuelle vægt på.

Placering af delelinjen mellem back og belly samt eventuel trimming af svær/fedt skal optimeres i det næste arbejde med programudvikling.

Programmerne til virtuel udskæring af midterstykket forventes at få betydning for udbytteberegninger og analyse af, hvilke data der er nødvendige at måle med online CT-udstyret.

Referencer

- 1 Mianne Darré 2010 Definition af grisens længdeakse og 0-punkter for 3-delning. Proj. nr: 1378562 SF:54434.2
- 2 Marchen Hviid og Dennis B. Nielsen 2016 Virtuelle produktskæringer baseret på 3D CT-billeder. Identificering og karakterisering af skinkeprodukter og tilhørende kvalitetsvurderinger. Proj. Nr. P2003822
- 3 Marchen Hviid & Dennis B. Nielsen 2016 Delstykkers vægt, kødindhold og kød-/fedtfordeling bestemt ved CT-skanninger af hangrise, so- og galtgrise. Proj.nr. P2003842
- 4 Sarah Nyrup 2016 Analyse af kvaliteten for henholdsvis han-, so- og galtgrise foretaget på CT-scanner. Proj. Nr. P2003842 & P2003822
- 5 Marchen Hviid & Marie R. Bak. 2016 Sæby data. CT-data fra midterstykket. Sammenligning af scannede udskårne midterstykker med virtuelle midterstykker fra PigClassWeb. Proj. Nr. P2003822

Bilag 1

Databeskrivelse	CT-data	Afledte CT-data	Online data	Supplerende data	Data bibliotek Forsøgsdata
Kalibreringsforsøg i Ringsted, 2008	Ca. 300 slagtekroppe er helkropsskannede CT-Protokol: DMRI LMP	LMP, dokumentation: Automatisk tredeling: vægt og udbytter	AutoFOM DK AutoFOM v.1 KC, MK, UF, FOM II Prediktorer for alle udstyr	Dissektioner: 60 EU reference Ca. 30 DK total	K:\Autofom2\Kalibrering2008 S:\SDA\OPUS+\Udbytter – katalogopslag
Horsens, test af slagtning med/uden hoved under køling	76 slagtekroppe 39 udlignet m hoved. 37 udlignet u hoved CT-protokol: ½ slagtekrop	LMP Vinkler mellem forbensknogler Opmåling på kødskjold Billeder af forendesnit Automatisk tredeling: vægt og udbytter	Autofom v.1 Grovvægt, afregningsvægt længdemål: lysbro og albue	Diverse opmålinger på knogler, kødskjold og snitflader i Pigclassweb	K:\Autofom2\Hovedafslagtning Y:\Projects\IP2000253_SAF 11 OPUS+ optimal udnyttelse af slagtesvin\fra R\hovedforsøg
Sæby, test af forskel højre/venstre samt verificering af virtuel udkæring	73 venstresider 34 højresider midterstykker Backs+streaky+ben	LMP	Autofom DK, KC længde Afregningsvægt	Vægt og udbytte af delstykker og backs og streaky	K:\Autofom2\Sæby juni 2010 og K:\Autofom2\Sæby juni2010 Y:\Projects\IP2000253_SAF 11 OPUS+ optimal udnyttelse af slagtesvin\fra R\Udvide OPUS+ databasen - forskel højre venstre forsøg i SÆBY
Herning, økologi	34 slagtekroppe		KC data vægt Bordet brugt i skanner giver vanskeligheder i tolkning	Kødkvalitet	K:\Autofom2\Herning Økologi Y:\Projects\IP2000240_SAF 15 Q-PORKCHAINS-modul II\Andet\MTDE logbog og data
Alternative racer	9 slagtekroppe	LMP og PGW data	Vægt	Kødkvalitet og race	K:\Autofom2\Alternative racer Ringsted feb. 2010 Bemærk meget fede svin

Databeskrivelse	CT-data	Afledte CT-data	Online data	Supplerende data	Data bibliotek Forsøgsdata
Norge, kalibrering 2008	Ca. 120 slagte-kroppe	Hounsfield-skalaen var forskudt ca. 78 enheder		Dissektion	\\dfs05\organization archive\D05\C028 Målesystemer\Måleteknologi\Norge
Sverige kalibrering 2010	142 halve slagte-kroppe 2 grisetyper		Y:\Projects\P1390686_CT-scanning til Jordbrugsverket Sverige\data Diverse håndholdte og autofom I		Y:\Projects\P1390686_CT-scanning til Jordbrugsverket Sverige>Statusrapporter\SkareKalibreringsforsøg2010.pdf
Norge og Sverige, kalibrering 2014	Y:\Projects\P2002270_Kalibrering af online klassificeringsudstyr i Norge				\\localdom.net\ti folders\Projects\P2002270_Kalibrering af online klassificeringsudstyr i Norge
Finland 2015	Toshiba skanner 150 halve slagte-kroppe	LMP	K:\P2003862_Finland_DATA\On line data of 150 carcasses.xlsx	Dissektion n = 18	K:\P2003862_Finland_DATA
Tyskland 2015 Sammenligning af Toshiba (DMRI) og tysk (Siemens) CT-skanner.	Toshiba-skanner 15 grise + fantomer	LMP		Dissektion	K:\P2003823_Kulmbach_DATA
Hangrise 2011 og 2015	54 & 69 skannet i Ringsted 2015 Toshiba-skanner	Praktikantrapport fra Sarah		ASI Rapport ICOMST	K:\P2003842_Hangrise2015_CTscan

Databeskrivelse	CT-data	Afledte CT-data	Online data	Supplerende data	Data bibliotek Forsøgsdata
CT Autofom 3 2016	50 hangrise, 28 sogrise og 24 galt- grise	LMP	K:\P2001040_Klas- sificerings_kontrol- ScanningerSvines- lagtekroppe\Densi- tetBestem- melseOgLMPbe- regning		K:\P2001040_Klassificerings_kontrol- ScanningerSvineslagtekroppe
PigScan 2015	K:\P2002462_Pigs- can_CTdata 125 halve slagte- kroppe	LMP	Autofom III K:\P2002462_Pigs- can_CTdata\		Y:\Projects\P2002462_PIGSCAN