

State of the art

Detektion og håndtering af bylder



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Detektion og håndtering af bylder

State of the art rapport

Udarbejdet af

Teknologisk Institut
Gregersensvej 9
2630 Taastrup
Bæredygtighed og Digitalisering

December 2023

Forfattere: Claus Hansen (CLHA@teknologisk.dk), Jesper Rask Pedersen (jrpe@teknologisk.dk)



Denne state of the art-rapport omhandler overskårne bylder detekteret efter tredeleren på griseslagte-rier. Rapporten indeholder en redegørelse for årsagerne til bylders opståen og deres varians i ud-seende, hvorefter der følger en kort redegørelse for state of the art inden for computervision.

Overordnet set er vi interesserede i at kunne detektere bylder og pus. Biologisk er disse defineret såle-des:

- En **byld** er defineret som "ansamling af pus i væv i en ikke præformeret hule". Der vil dannes en bindevævs-kapsel omkring bylden til at afgrænse indholdet fra det omkringliggende væv. En byld kan være lokaliseret i alle slags væv, og indholdet (pus) kan være forskelligt, hvad angår farve og konsi-stens.
- **Pus** er en ansamling af exudat rigt på inflammatoriske samt døde celler og kan indeholde infekti-ve agens (bakterier eller svampe). Farven kan rangere fra hvidt til gulligt, grønligt eller brunt. Agens, der giver anledning til ansamling af pus og dermed en byld, kan komme fra sår/indstik/injektion, via blodet eller spredning direkte fra tilstødende væv.

1.1. Udviklingen af en byld

En byld er oftest resultatet af en infektion forårsaget af infektiøs agens. Infektiøs agens kan introduceres via indstik (skade eller kanyle), fra transport rundt med blodet fra en skade, fra en infektion et andet sted i kroppen eller fra spredning direkte i væv fra en lokal infektion (fx ved halebid eller persisterende sår). Spredning af infektiøs agens med blodet af fx bakterier kræver oftest en indgangsport fra et sår i huden eller slimhinde. Halebid og øresår er hyppigt sat i forbindelse med øget risiko for forekomst af bylder i kroppen (Harley et al., 2014), men også andre skader på grisen igennem dens liv har været set som risikofaktorer for forekomst af bylder ved slagting.

Principielt kan en byld tillige forårsages af parasitter og alle slags fremmedlegemer (også uden infektiøs agens). Også i disse tilfælde vil udvikling af bylden og dannelse af pus forekomme, og der er ikke grund til at antage, at disse vil afvige farvemæssigt eller udseendemæssigt fra bylder forårsaget af infektiøs agens (svampe/bakterier). Disse vil være sjældent forekommende i slagtekroppe fra grise i Danmark, og udvikling af bylder som følge af fremmedlegemer og parasitter vil derfor ikke blive behandlet nærmere.

I udviklingen af en byld opstår initialt en ikke-afgrænset (diffus) infektion i væv, som kan være placeret ethvert sted i kroppen inkl. i knoglevæv. Denne diffuse infektion, som er starten på en byld, vil have alle tegn på inflammation (varme, rødme, hævelse, smerte og nedsat funktion af vævet) og betegnes en flegmone. I denne akutte fase kan bakterierne spredes langs vævet, da infektionen endnu ikke er af-grænset. Allerede efter en uge vil infektionen have samlet sig med flydende indhold af debris fra dødt væv, celler og exudat, og efter fire uger vil der være udviklet en bindevævs-kapsel, der omkranser pus-ansamlingen i vævet (Leotta et al., 2021). En byld, der er dannet tidligt i grisens liv, vil kunne være til stede på slagtetidspunktet. Således kan en byld i fx ryghvirvlerne være opstået ved halekupering eller fra sår tidligt i grisens liv selvom skaden er helet.



1.2. Placeringen af og forekomsten af bylder

En byld er opstået fra en initial infektion i vævet. Oftest er den bagvedliggende årsag bakterier, der er vandret til placeringen (spredt direkte fra indgangsporten) eller ført til placeringen med blodet. Litteraturen rummer kun sparsomme opgørelser over placeringer af bylder generelt, medens det ofte er rapporteret, at halebid er årsag til spredning af bakterier og dermed årsag til bylder (Harley et al., 2014). Ved opgørelser over bylders placering og generelle prævalenser vil der være risiko for underestimering af placeringen af bylder på steder, der først opdages ved opskæringen, da systematisk registrering ofte kun forekommer ved kødkontrollen. Således kan den reelle prævalens af bylder i en grisekrop ikke estimeres, men prævalenser i studier repræsenterer bylder, der er synlige på den halve slagtekrop efter organudtagning.

En undersøgelse fra Irland af 75.130 grise viste forekomst af bylder i 3,13 procent af grisene, hvor 0,26 procent af alle grise havde mere end én byld (Huey, 1996). Undersøgelsen fandt for grise med mere end én byld, at placeringen af byld nr. 2 ikke var tilfældig. Således blev det eksempelvis fundet, at der oftest var byld i halen, når der også var fundet en byld i ryghvirvlerne, selvom forekomsten af bylder i ryghvirvlerne ikke totalt set var hyppigt forekommende. Generelt indikerede resultaterne en sammenhæng mellem forekomster af byld i halen, byld i ryghvirvler, byld i ribben og byld i hofteregionen, men det er ikke muligt ud fra kilden at udlede præcise kombinationer af bylder i antal, men 61,7 procent af grise med flere end én byld, havde også en byld i halen. Forekomst af grise med kun én byld fremgår af tabel 1. Der er ikke fundet referencer, der har undersøgt forekomst af bylder i muskelvæv eller skæreflader på slagtekroppe.

Tabel 1. Oversigt over placering af bylder for grise, hvor der alene blev fundet én byld i en grisekrop. Angivelsen af sandsynlig spredning og ætiologi er forfatterens antagelse på baggrund af de generelle beskrivelser fra opgørelsen (Huey, 1996).

Placering	Antal (%)		Sandsynlig spredning med blodet	Traume (brud på huden) som sandsynlig indgangsport til bakteriel infektion
Hale	426	(19,74%)		X
Hofte	45	(2,09%)	X	X
Lyske	22	(1,02%)	X	X
Bagben	108	(5,00%)		X
Flanke	30	(1,39%)	X	X
Bughinde	43	(1,99%)	X	X
Ryghvirvler i bugen	7	(0,32%)		X
Navle	35	(1,62%)		
Lever	17	(0,79%)	X	X
Udvendig brystvæg	11	(0,51%)	X	X
Ryghvirvler bryst	25	(1,16%)		X
Ribben	170	(7,88%)	X	X



Placering	Antal (%)		Sandsynlig spredning med blodet	Traume (brud på huden) som sandsynlig indgangsport til bakteriel infektion
Lunge*	791	(36,65%)	X	
Hjerte	18	(0,83%)	X	X
Bryst	64	(2,97%)	X	X
Udvendig skulder	20	(0,93%)	X	X
Forben	110	(5,10%)		X
Udvendig nakke og bov	65	(3,01%)		Injektionsskader
Hoved	151	(7,00%)		
I alt	2.158	(100,00%)		

Modificeret efter (Huey, 1996).

* Angivet fra kilden, at de fleste årsager var multiple foci, og sandsynlig agens var *Actinobacillus pleuropneumoniae*.

1.3. Udseende af bylder

Farven på pus er resultatet af de processer, der ligger til grund for indholdet i bylden. Byldens indhold består af nedbrudt væv, tilstrømmende celler til bekæmpelse af infektionen og agens, der var årsagen til infektionen. Farven af indholdet vil tillige være påvirket af, hvor aktiv infektionen er, da tilstrømning af celler og blod løbende vil kunne ændre farven på indholdet.

Ved bekæmpelse af infektioner i bylder, spiller neutrofile granulocytter en stor rolle, og det antibakterielle stof "myeloperoxidase" produceres af disse leukocytter (Klebanoff et al., 2013). Myeloperoxidase har en grønlig farve, og grundet det store indhold af neutrofile granulocytter i pus har pus ofte en grønlig farve. Typen af agens og andre processer kan forårsage ændring i denne grønne farve. Der er ikke fundet belæg for at kunne fastlægge sammenhæng mellem farver af pus fra bylder i forhold til indholdet i pus, men den grønne farve kan anvendes til at estimere indhold af neutrofile granulocytter i ekspektorat (ophostet materiale) fra bronkitispatienter (Stockley et al., 2001).

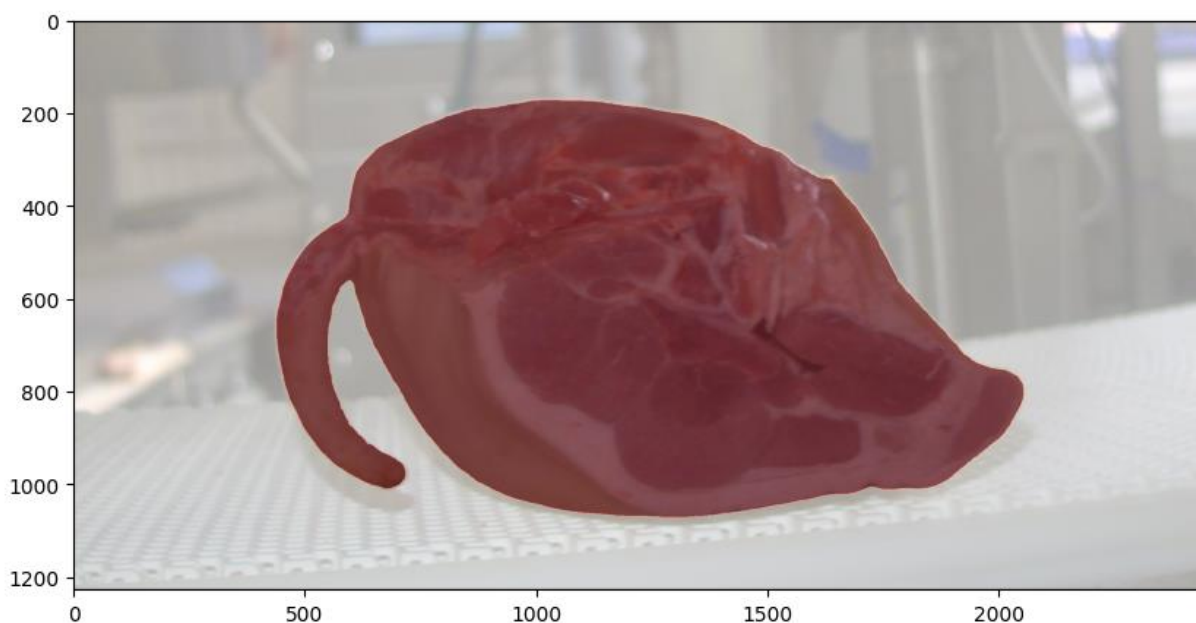
Pus dannes oftest ved infektion med bakterier, og bakterier, der kan foranledige dannelse af pus, kaldes pyogene bakterier. Der findes mange pyogene bakterier, og det er ikke inden for rammerne af denne redegørelse at gennemgå de mulige stoffer fra hver af disse bakterier, der kan ændre farven af pus. Den hyppigste bakterietype, der forårsager bylder hos grise, er *Arcanobacterium pyogenes*, der introduceres fra sår. Farven på indholdet i bylden er en gulgrøn væske af varierende konsistens. En anden hyppig pyogen bakterie er *Staphylococcus aureus*, der kan resultere i pus i det gule spektrum (Nielsen et al., 2022). Bylder har oftest en tydelig bindevævs-kapsel til at afgrænse bylden og fremstår hvidlig (Nielsen et al., 2022) (Zimmerman et al., 2012) pp. 867-869.



2. Detektion af bylder

For at kunne detektere de overskårne bylder tager vi billeder af skærefluden lige efter tredeleren. For automatisk at kunne detektere bylder skal vi bruge computervision. State-of-the-art i computervision er *deep learning*, et subset af teknikker inden for *machine learning*, hvilket omhandler brug af data til at lære en model et dataset. Med *supervised learning* og et annoteret datasæt kan man få modeller til at reproducere annoteringen på nye datapunkter dvs. løse problemet. Som en tommelfingerregel er metoderne efterhånden så gode, at det, man kan se med det blotte øje, kan læres af en model.

2.1. Deep Learning



Der findes grundlæggende to typer af modeller, der ligger til grund for moderne computervision: *Convolutional Neural Nets* (CNN) og *Transformers*. Udviklingen foregår i en rivende fart, og der findes masser af modeller/arkitekturer, der er en kombination af de to. Til detektion af bylder er det essentielle ikke nødvendigvis, hvilken arkitektur vi vælger, men derimod at vi bruger en, der er gennemtestet og velkendt som fx ResNet CNN'erne. Vi er i sidste ende begrænset af at skulle kunne eksekvere modellerne i produktionen på et slagteri, og derfor er vi ikke nødvendigvis interesserede i top of the range-modellerne, da vi ikke kan forvente at have hardware tilgængeligt til at kunne køre dem *online*.

Vi kan dog bruge de største modeller *offline* i dataindsamlingsfasen. De mest kraftfulde modeller er *Foundation* modellerne. De kan kombinere både sprog- og billede-input og virker utroligt godt, selv uden at være trænet på det specifikke domæne. De er i stedet trænet på store open-source datasæt, så til at



finde generelle objekter fungerer de rigtig fint. På ovenstående billede har vi brugt [GroundingDino](#) til at generere en maske af skinken i billedet ud fra en *prompt* "meat". Det bruger vi i annoteringsdelen til at finde kødet, så vi kan finde vores bylder i datasættet lidt smartere end ved øjesyn at tjekke alle billeder igennem. GoundingDino kan desværre ikke løse hele vores problem, dvs. detektere bylder uden videre, så vi er nødt til at træne vores egen model.

Til selve detektionen af bylder vil vi anvende *segmentation*-modeller. Det er både så vi kan træne modelerne med maksimal information i datasættet, og så man vil kunne vise resultatet i de endelige modeller live for folk på slagtelinjen for at opbygge tillid til, at løsningen virker. Segmenteringsmodeller er bygget op af en blanding af en *backbone* og en opskaleringsarkitektur. Vi har gode erfaringer med at bruge *ResNets* som backbone og *UNet* som opskalering. Det er også udgangspunktet her.

2.2. Alternativer

Vi tager billeder med 3 farvekanaler med et almindeligt kamera. Det betyder, at vores datasæt er direkte sammenligneligt med de store open-source datasæt, som mange af de største og bedste computervisionmodeller er trænet på. Det er en stor fordel, og det betyder, at vi kan lave vores egen model med udgangspunkt i modeller, der ligger frit tilgængelige, ved brug af transfer learning.

Alternativt i et tidligere projekt (fra 2005) brugte man i stedet et dyrt multispektralt kamera med en tilhørende skræddersyet *thresholding*-algoritme. Det gjorde løsningen enormt dyr og skrøbelig, både i forhold til antallet af falske positive, der blev fundet, og til hardwarekrav til selve kamera. Således endte en ændring i lovgivningen om glastruder med at gøre projektets kameraer ubrugelige, og det hele endte med at blive skrottet.

Som et alternativ til de store state of the art-modeller, vi vil implementere, har vi overvejet simple modeller, som for eksempel random forests. Men for problemet med detektion af bylder gælder, at vi kan samle næsten uandede mængder af billeder, bare fra én slagtelinje samler vi omkring 35.000 billeder om ugen, hvilket betyder, at deep learning er utroligt velegnet til at løse problemet. Samtidig kan vi trække på noget af det kode og erfaring, vi har fra andre projekter, til at komme i gang med projektet.



3. References

Harley, S., Boyle, L. A., O'Connell, N. E., More, S. J., Teixeira, D. L., & Hanlon, A. (2014). Docking the value of pigmeat? Prevalence and financial implications of welfare lesions in Irish slaughter pigs. *Animal Welfare*, 23(3). <https://doi.org/10.7120/09627286.23.3.275>

Huey, R. J. (1996). Incidence, location and interrelationships between the sites of abscesses recorded in pigs at a bacon factory in Northern Ireland. *Veterinary Record*, 138(21). <https://doi.org/10.1136/vr.138.21.511>

Klebanoff, S. J., Kettle, A. J., Rosen, H., Winterbourn, C. C., & Nauseef, W. M. (2013). Myeloperoxidase: a front-line defender against phagocytosed microorganisms. *Journal of Leukocyte Biology*, 93(2). <https://doi.org/10.1189/jlb.0712349>

Leotta, D. F., Bruce, M., Wang, Y. N., Kucewicz, J., Khokhlova, T., Chan, K., Monsky, W., & Matula, T. J. (2021). Sonographic Features of Abscess Maturation in a Porcine Model. *Ultrasound in Medicine and Biology*, 47(7). <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2021.03.011>

Nielsen, O. L., Mellergaard, M., Frees, D., Larsen, M. N., Skov, S., Olsen, L. H., & Reimann, M. J. (2022). A porcine model of subcutaneous *Staphylococcus aureus* infection: a pilot study. *APMIS*, 130(7). <https://doi.org/10.1111/apm.13101>

Stockley, R. A., Bayley, D., Hill, S. L., Hill, A. T., Crooks, S., & Campbell, E. J. (2001). Assessment of airway neutrophils by sputum colour: Correlation with airways inflammation. *Thorax*, 56(5). <https://doi.org/10.1136/thorax.56.5.366>

Zimmerman, J. J., Karriker, L. A., Ramirez, A., Schwartz, K. J., & Stevenson, G. W. (2012). DISEASES OF SWINE 10TH EDITION. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**