



Rapport KAF Nye teknologier til afhudeprocessen

22. december 2017
Proj.nr 2005254
PAO/JUSS

Sammen-
drag

I projektet er der undersøgt forskellige ultralydsværktøjer for at se, om teknologien kan bruges til afhudning. Dernæst er der påbegyndt konstruktion af et håndværktøj startende med en funktionsmodel. Følgende test er udført, hvor figurerne uden farve markerer test, hvor ultralydsteknologien virkede. Gruppe 1 er første række af test.

Gr. 1	Hud på en kreatur klov 20 kHz med spids kniv Kan skære i hud Kan skære mellem hud og krop	Hud fra kreatur klov 22 khz med lillespids kniv Kan ikke skære i hud	Hud på en kreatur klov 35 khz med flad kniv Kan ikke skære.	Hud på en kreatur klov 70 kHz med saksekniv Kan ikke skære.
Gr. 2	Hud på en kreaturklov 20 kHz med spids kniv Gentage skæring		Hud på en kreatur klov 35 kHz m/Lille spids kniv kun et lille hul m/Afgratningshorn og m/50 mm bred kniv Kan ikke skære	
Gr. 3	Test på et kreatur 20 kHz med spids kniv Kan gennemske hud Ikke overbevisende skære mellem hud og krop	Test på et kreatur 20 kHz med en flad kniv Kan gennemske hud Ikke overbevisende skære mellem hud og krop		
Gr. 4	Test på et kreatur 20 kHz med en lang kniv Kan gennemske hud Kan skære mellem hud og krop		Test på et kreatur 35 kHz med afrundet kniv Kan ikke skære hud Kan ikke skære mellem hud og krop	

Resultatet af arbejdet er:

- Afhudning ved brug af ultralydsteknologi er mulig
- 20 kHz er den bedste frekvens, hvor 22, 35 og 70 kHz ikke er brugbare
- Ved ridsning med en ultralydskniv efterlades ingen eller kun få hår i ridsespoet
- Selv med forholdsvis stor belastning gennemskares huden ikke ved afhudning
- Både en lille spids kniv og en lang var egnet til afhudning ved 20 kHz

- Der er fremstillet et håndværktøj som en funktionsmodel, hvor principperne for ultralydsknive er samlet. Værktøjet er baseret på damp-håndtaget og fremstillet med 3D print
- Funktionsmodellen har en lav vægt sammenlignet med luftknive

Målsætning	Projektets formål er at udvikle et hjælpeværktøj til afhudeprocessen, der kan lette arbejdet for operatørerne. Dette gøres ved at minimere forekomst af skader på hud, slagtekrop samt minimere mængden af talg på huden og endvidere reducere mængden af gødning og hår, der overføres fra huden til slagtekroppen.
Baggrund	<p>Ved slagtning af kreaturer er det afhudeprocessen, der giver de største udfordringer med hensyn til at undgå forurening af slagtekroppen med gødning, hår og andre partikler. Samtidigt er det en udfordring at undgå beskadigelser af huden og fedtlaget på slagtekroppene.</p> <p>Brug af ultralyd i skærende værktøjer er en kendt teknologi, der kan bruges til at give rene snit i bløde (kager) og/eller elastiske materialer (gummi). I forbindelse med afhudning vil det være en fordel med en afhudekniv, der enten via det skærende princip eller via dets udformning af sig selv "søger ind i" hinder og ikke medfører huller i huden. En kniv, der oscilleres vha. ultralyd vil måske have disse egenskaber. Da et ultralydsdrevet værktøj ikke skal trækkes hen over en overflade for at skære, og da der ikke vil være roterende dele, bliver frihedsgraderne mht. udformning af et værktøj meget store.</p> <p>Hvis princippet virker vil det muligvis kunne anvendes i en fleksibel stav, der manuelt eller automatisk føres ind mellem hud og slagtekrop, hvor den bruges til at "støde" huden løs fra kroppen. Det vil gøre den efterfølgende frislagtning af huden lettere, mindske mængden af fedt på huderne, og minimere risikoen for brud på ryggen ved hudeaftrækning. Afhængig af trækretning ved hudeaftræk vil det også minimere behovet for opridsning og dermed reducere risikoen for gødningsforurening.</p>
Kravspecifikation	<p>Hos nogle leverandører findes flere udformninger af håndholdte knive, hvor der kan påtrykkes en ultralydsfrekvens. Det skal være udstyr, der er markedsført og i brug i andre applikationer. Og det skal være muligt at styre frekvensen i knivene. Ud over at minimere gødningsforurening er succeskriteriet for en "ultralydskniv", at den ikke må veje mere end eksisterende knive. Den skal kunne bruges med færre kræfter end eksisterende knive uden at medføre andre arbejdsmiljømæssige gener. Ligeledes skal den give færre beskadigelser af huder (og slagtekroppe) end eksisterende knive. I forbindelse med afhudning af kreaturer afprøves med varierende frekvenser, undersøges det, hvor gode ultralydsknive er til at bryde forbindelsen mellem hud og slagtekrop - det vil sige skære i hinder.</p> <p>Når det er dokumenteret, at knive med ultralyd er velegnede til at afslagte huder, gennemføres et udviklingsforløb, hvor der testes med forskellige udformninger af en ultralydskniv.</p>

I tilfældet af, at der kræves en vis "forspænding" før udstyret kan "skære", fremstilles således en meget "bred" holder til den skærende del af værktøjet.

Skærer værktøjet uden videre hul i hud og krop skal kniven afskærmes, så hud og krop beskyttes mod skader.

Afhudning af kreaturer i dag

Afhudning af kreaturer foregår i dag med en variation af manuelle værktøjer til at opridse og forafhude med. Til sidst bruges en drevet rulle til at trække huden af med og samtidig bruges de manuelle værktøjer.

Til ridsning bruges en kniv, figur 1, til skæring inde fra og ud for at minimere hår i ridselinjen

Kniven vejer ca. 125 g og har en længde på ca. 30 cm.



Figur 1.

På de fleste slagterier bruges en luftkniv til afhudning, som vist på figur 2. Kniven fungerer ved, at 2 klinger med tænder oscilerer modsat ved brug af trykluft. Det er en forholdsvis støjende proces. Kniven vejer 1,3 kg, længden er 33 cm og den bruger 0,34 m³/min luft og vibrerer 6-7000 c/min.



Figur 2.

Til erstatning for den førnævnte luftkniv findes en nyere luftkniv på markedet, figur 3, som har en bedre skærekurve i forhold til afhudning mellem hud og krop, mindre vægt og et mindre luftforbrug. Kniven vejer 0,75 kg og har en længde på 30-35 cm. Kniven bruger 0,2 m³/min trykluft. Sammenlignet på specifikationer mellem de 2 luftknive er den sidstnævnte mest effektiv.



Figur 3.

Figur 4. viser en hudeafruller i funktion. Ovennævnte knive bruges også til optimering af afrulleprocessen ved at følge afrulningen med knivene via en operatør på hver side af slagtekroppen, således at rivninger minimeres.

Det er disse processer, der skal suppleres eller erstattes med ultralydsteknologi, hvis det kan gøre processen mere effektiv i form af bedre hygiejne, mindre skader, mindre fedt på huden og bedre arbejdsmiljø.



Figur 4.

Ultralyd Ultralyd defineres som lyd, hvor frekvensniveauet er højere end 20 kHz, dvs. lyd med en frekvens, der overstiger den øvre grænse for, hvad det menneskelige øre kan opfatte.

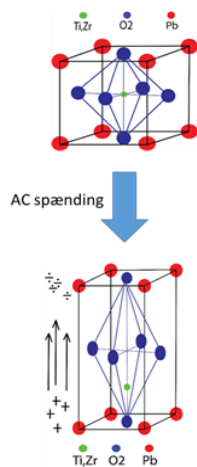
Ultralyden til skæring frembringes ved hjælp af et piezoelektrisk element, illustreret i figur 5, som kan frembringe bevægelser (svingninger) i ultralydsområdet.

Piezoelektriske elementer kan generere ultralyds- bevægelser ved ca. 10.000 g acceleration.

Et piezoelektrisk element er et keramisk krystal, der kan udvide/trække sig ved at tilføje en AC-spænding, som vist i skitsen til højre.

Elementet er kraftfuldt, idet det kan påvirke med en kraft på op til 7200 Newton.

Elementet er kompakt og kan inkorporeres i konstruktioner f.eks. i en kniv.

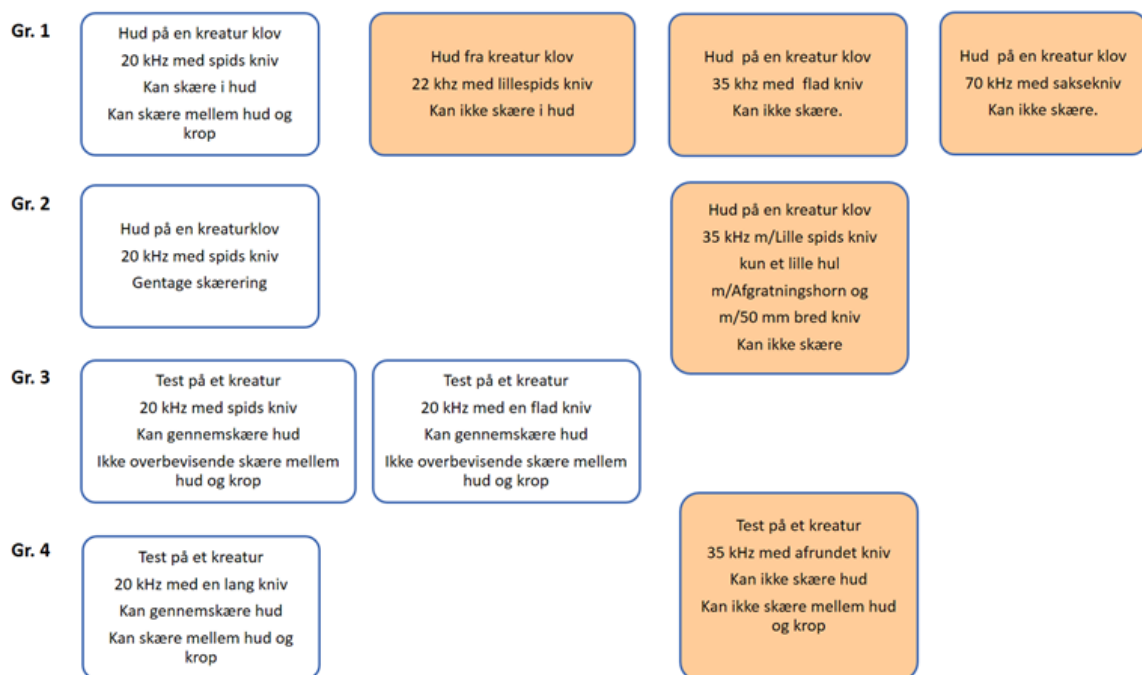


Figur 5.

Elementet har en lille bevægelse kaldet amplitude på 1-60µm og en frekvens mellem 20-30 kHz (svarende til 2m bevægelse i sekundet (30µm*30 kHz))

Endelig udmærker keramiske piezoelektriske elementer sig ved en lang levetid.

Ultral lyd knive Ved at teste afhudning med forskellige frekvenser og forskellige amplituder til skæring i kreaturhuder har det vist sig, at en frekvens på 20 kHz med en amplitude på mere end 30 µm kan skære i hud og mellem hud og krop, figur 6. Testene er opdelt i grupper hvor gruppe 1 var første række af test. Knive med frekvenser på 22, 35 og 70 kHz, var ikke i stand til at skære gennem hud eller at dele huden fra kroppen. Knivene havde den effekt, at der kom brændemærker i stedet.



Figur 6.

Ti test med forskellige frekvenser og forskellige knive. De farvede figurer er test, hvor frekvens og kniv ikke virkede.

Testene med ultralydsknive er udført dels hos firmaerne Rinco i Ebeltoft og WEMA i Tyskland samt på slagteriet Harald Hansen Eftf. i Slangerup. Harald Hansen Eftf. har været behjælpelig med forsøgsmaterialer og lokaliteter.

Ridsning Sucesfuld ridsning er foretaget både med en spids kniv (figur 7) og en lang kniv (figur 8). Begge de viste knive virkede. Dog var der en tendens til, at den lange kniv var bedre at bruge, idet den var monteret på et håndtag i stedet for en



Figur 7.



Figur 8.

Test på en ungtyr med en spids ultralydskniv viste, at værktøjet kunne skære/ridse i midterlinjen på bugen af slagtekroppen og op ad benene. Værktøjet var så tungt, at der skal bruges 2 hænder til at manøvrere værktøjet



Figur 9.

Ved skæring henover testiklerne foldede huden foran kniven, så der skulle holdes igen ved hjælp af en ekstra operatør, så huden var udstrakt foran kniven. Kniven skar ikke helt dybt nok, så der skulle lægges et ekstra snit, så underhuden også blev delt. En enhåndskniv ville være at fortrække, således at den anden hånd kunne bruges til at holde huden strakt.

Det var ikke muligt at vurdere, om snithastigheden kunne være hurtigere. Dog var det fornemmelsen, at skærehastigheden kunne øges med den lange kniv set i forhold til den spidse kniv.



De opnåede erfaringer til et nyt værktøj er:

1. Skal være enhånds betjent dvs. at værktøjet skal være væsentligt lettere.
2. Der skal være justerbar fod, så det er muligt at styre skæredybden.
3. Værktøjet skal være kortere, så det er nemmere at kontrollere skæreretningen.

Figur 10.

Ved ridsning en ultralydskniv viste det sig, at ingen eller få hår blev skåret over og det skal bemærkes, skæringen foregik udefra og ind. Se figur 10. sammenligning ses en normal kniv til ridsning, bruges indefra og ud, figur 11. Her kommer en flere løse hår - især når kroppen er langhåret vist på billedet til højre.

Det er en stor fordel at undgå løse hår fra ridsningen, da løse hår udgør en hygiejne risiko.



med kun at Til som del som

Figur 11.

Afhudning

Skæring mellem hud og krop med ultralydskniv. Test med spids kniv og 20 kHz viste, at det er muligt at overskære hinder fedt mellem hud og krop. Test med langkniv viser, at overskæringen af hinder og fedt er en bedre end med den spidse kniv. Figur 12 viser deling mellem krop og hud ved brug af den lange kniv. Udover at det var en bedre deling mellem hud og krop, var det også muligt



og del

at skære ind imod huden, så der kom så lidt fedt på huden som muligt. Derudover kan kniven trykkes ind mod huden uden at huden ødelægges ved gennemskæring, hvilket er en fordel set i forhold til minimering af skader på hud og krop

Den lange kniv var skarpkantet som det kan ses på figur 13.



Figur 13.

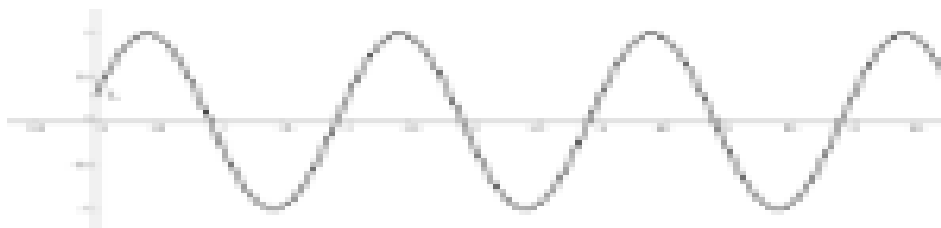
Total længde af kniven er 268 mm og skæret 140 mm langt. Kniven er fremstillet i titanium.

Titanium har den egenskab, at det er et sejt materiale, som kan modstå de mange vibrationer, der kommer fra ultralydsgeneratoren uden at skæret bryder sammen.

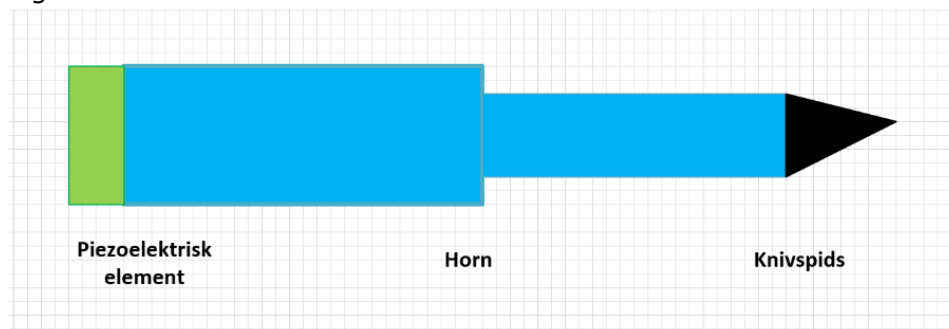
Denne test efterviser, at det er muligt at afhude med en ultralydskniv uden at lave skader på huden.

Funktionsmodel

I kravspecifikationen er det nævnt, at "det skal være muligt at styre frekvensen i knivene". Dette er ikke muligt, da en ultralydskniv er designet til en specifik frekvens. Årsagen til dette kan beskrives således: Længden fra det piezoelektriske element til spidsen af kniven er nøje afstemt i forhold til hornets tykkelse og længde samt amplituden for elementet og den valgte frekvens. Piezoelementets bevægelse breder sig gennem hornet ud til spidsen som en svingningskurve (illustreret i figur 6.). Når kurven har et 0-punkt er der ikke nogen bevægelse der. Derfor konstrueres hornet således, at 0-punkt bruges som fastgørelsespunktet for konstruktionen. For enden af spidsen lig med knivspids er der maximal bevægelse = amplitude. Dette er illustreret ved at kombinere figur 14 og 15.



Figur 14.



Figur 15.

Funktionsmodellen er udviklet i 2 step, hvor første step tager udgangspunkt i den ergonomiske opbygning af DMRI damphåndtag (figur 16) og fastgørelsen af piezoelementet var i bunden med dæmpning i toppen af håndtaget. Resultatet var, at håndtaget vibrerede uden at der kom bevægelse i kniven. Næste skridt var at udvikle et horn, hvor fastgørelsen var i et 0-punkt, hvilket sikrede, at bevægelsen fra det piezoelektriske element forplantede sig gennem hornet og ud til kniven uden, at der kom vibrationer i håndtaget. Hornet var afstemt til en frekvens på 20 kHz. Figur 17 viser opbygningen af funktionsmodel 2. Der er benyttet 3D print til begge funktionsmodeller.



Figur 16.



Figur 17.

Funktionsmodel 2 er yderligere tilpasset ved modholdet for at gøre håndtaget mere flexibelt. Modholdet skal sikre, at operatørens hånd forbliver på håndtaget uden at skride frem ud over kniven.

Der er brugt et piezoelektrisk element 5x5x54 mm med en amplitude på 60 μm og en mærkefrekvens på 28 kHz. Test kørsler med dette element monteret på hornet viste, at en spænding på 5 V gav en amplitude på ca. 5 μm på knivspidsen. En større spænding medførte, at elementet gik i stykker. Testen viste, at konstruktionen i funktionsmodel (figur 17) er brugbar til en videre udvikling af ultralydskniven til en prototype. Kniven havde en samlet vægt på 340 gram, hvilket er mere end en halvering af vægten sammenlignet med luftknive.

I forsøgsopstillingerne blev der brugt en forstærker på E-617 LVPZT -30 til 150 v og en bølgegenerator. Forstærkeren havde den fornødne effekt. Der blev også testet med en Rinco (kombineret forstærker og generator), der kunne afgive op til 1500 v. Det var den samme, som blev brugt til test med 20 kHz knive på kreaturhuder. Det kunne konstateres, at funktionsmodel 2 og Rinco-forstærker ikke virkede sammen. Denne opstilling viste, at forstærker og kniv skal være konstrueret, så de passer sammen, hvilket er en vigtig information til en fremtidig konstruktion af en prototype.

Sterilisering Sterilisering af ultralydskniv er ikke afprøvet, da funktionsmodel ikke er så langt i udviklingen, at dette har været muligt, men det påregnes at benytte eksisterende knivsterilisatorer, der modificeres til ultralydskniven. Dette kan gøres ved fremstille en top, hvortil kniven passer, evt. som 3D print.

Konklusion Arbejdet med test på kreaturhuder viste, at det er muligt at afhude ved brug af ultralyd-teknologi. Testene viste helt klart, at frekvensen 20 kHz kan bruges både til at ridse og til at skære mellem hud og krop så længe, at amplituden er over 30 μm . Test viste, at en frekvens på 22 kHz og derover ikke virkede. Ridsning med en ultralydskniv efterlader ingen eller kun få løse hår fra huden. Både en spids kniv og en lang kniv kunne bruges til afhudeprocessen, hvilket giver frihedsgrader til en fremtidig udformning af kniven. En skarpkantet kniv lavede ikke hul i huden under skæreprocessen.

Arbejdet med funktionsmodellen har vist, at det er muligt at konstruere et håndværktøj, der både har en lav vægt sammenlignet med traditionelle afhudeværktøjer og har den fornødne flexibilitet.

Ved konstruktion af prototypen skal følgende erfaringer medtages:

- Piezoelementet skal være rundt med et centerhul for fastgørelse.
- 20 kHz med en amplitude mere end på 30 μm .
- Forstærker skal være justerbar fra 100 til 600 v og tilpasset kniven.
- Der skal tages udgangspunkt i funktionsmodellen.

Ved en automaticering af opridsningen f.eks. med en robot vil en ultralydskniv være ideel at bruge, da skæreprocessen kan foregå udefra og ind på kreaturkroppen og ikke indefra og ud som med en normal kniv.