

Slutrapport

Golvunderlagets inverkan på kornas gång

Projektnummer: V1430018

Projektperiod: 20140701-20210630

Huvudsökande:

Hans von Wachenfelt, inst för biosystem och teknologi, SLU

Medsökande:

Knut-Håkan Jeppsson, inst för biosystem och teknologi, SLU
(Knut-Hakan.Jeppsson@slu.se)

Del 1: Utförlig sammanfattning

The animals' floor surfaces are important for their welfare. The properties of the floor affect the cows' gait, hoof health and the risk of leg injuries. The purpose of the project was to develop criteria's for floor surfaces reducing the risk of slipping. Measurements was made on 13 manure alleys, concrete and rubber mats, at three different hygiene levels, before and after manure removal and after manual washing. For each manure alley, the locomotion of 5 cows on a test run of approx. 10 m including a 180 degree turn has been studied and the friction and texture depth of the floor surface determined.

The results show that the amount of manure varied between hygiene levels for different manure passages depending on the scraping frequency and the efficiency of the scrapers. The amount of slurry before removal was between 2.24 - 4.80 kg/m² and after removal between 0.15 - 1.72 kg/m². For the rubber mats, the slipping frequency was about the same before as after manure removal. For concrete floors, the risk of slipping was higher before than after manure removal. The objective accelerometric parameters have not revealed major differences in the animals' movement patterns associated with different levels of hygiene. The explanation could be that the cows had a lower estimate of a suddenly changed risk of slipping due to contaminated floors required, which in turn can explain a dramatic increase in the frequency of slipping on floors with larger amounts of manure.

The conclusions are: The amount of slurry on the floor had a large impact on slipping on both types of floors. The manure properties and the texture depth of the floor can cause an increased risk of slipping. Effective cleaning of the floor surfaces result in minimal risk of slipping. Determining the friction of the floors is a good method of characterizing floors for cows regarding the risk of slipping.

Projekt har fått finansiering genom:

Del 2: Rapporten (max 10 sidor)

Inledning

Bakgrund

Studier relaterade till mjölkkor har under de senaste decennierna fokuserat på att ta fram golvytor som minskar klöv- och benproblem i mjölkkobesättningar. Att hårda gångytor kan ha negativ inverkan på kors gångbetende (Herlin & Drevemo, 1997) och att fler klöv- och bensador samt hältor återfinns i lösdriftstallar jämfört med djupströstallar, och för mjölkkor som har tillgång till bete jämfört med de som inte hade betestillgång (Haskell, et al., 2006), har flyttat fokus för kornas välbefinnande till utformningen av gångytorna. Telezhenko och Bergsten (2005) visade att golv med gummimattor har positiv effekt på kornas gång. Senare tids studier av gummibelagda gångytor i lösdriftstallar har bekräftat den positiva effekten för kornas gång, klövhälsa och välbefinnande (Telezhenko & Bergsten, 2005; Boyle et al., 2007; Flower et al., 2007; Bergsten et al., 2015). Gånganalys har visat sig vara ett kraftfullt verktyg att koppla klövskador till golvmaterialens hygiennivå (gödselmängd på golvet), där djurens gång används som indikator för golvens egenskaper och hållta (Applegate et al., 1988; Tasch & Rajkondawar et al., 2004; van der Tol et al., 2005; Flower et al., 2007; Thorup et al., 2007; von Wachenfelt et al., 2008; Maertens et al., 2011). Många kor tillbringar hela vinterhalvåret 40-60% av dagen på golvytor som är självrensande genom klövtramp (dränerande golv) eller på maskinellt rengjorda golvytor. Renheten eller frånvaron av föroreningar på golvytan varierar med djurbelastningen under dagen samt rengöringsfrekvensen. En golvytas hårdhet eller renhet påverkar kornas rörlighet på golvytan (Herlin & Drevemo, 1997) och korna anpassar sin gång (steglängd kortare vid smutsigare golv) efter golvytans renhetsgrad (Phillips & Morris, 2001), vilket även människa och gris gör (Redfern et al., 2001; Thorup et al., 2007). Oavsett golvunderlag sker fler halkningar för grisar på gödselbelagda golvunderlag (von Wachenfelt et al., 2009), och det är troligt att samma sak gäller för mjölkkor. Hur mönstrade betonggolvytor kan göras rena från kvarstående smuts vet vi inte idag. Både kemisk och mekanisk påverkan på golv orsakar korrosion och förslitning som kan förorsaka skador på djur. Dessutom kan det medverka till sämre golvhygien och mer arbetsam rengöring, vilket kan öka spridning av sjukdomar (De Belie, 1997; De Belie et al., 2000). Med frekvent utgödsling har vi idag renare golvytor än tidigare, men kvarvarande gödselhinnor eller gödselskikt är svåra att bli av med då betongytor har öppna porer (Agri-Contact, 2006; Sanders et al., 2009). En ökad skrapfrekvens kan förmodligen endast till liten del ändra på detta. Vilken väg som ska väljas för att få bättre golvhygien med tillräcklig gångsäkerhet är vad detta projekt söker svaren på.

Syfte och mål

Det övergripande syftet med projektet var att ta fram designkriterier för golvytor i kostallar för att minska antalet skador som kan associeras med halkiga golv. Målet med projektet var att ta fram krav på golv för kor genom en objektiv utvärderingsmetod som kan karaktärisera ett golvmaterials renhet, friktion, mjukhet och ytråhet. Med gånganalys används djurens gång (respons) som indikator för golvens egenskaper (dos) vid olika hygiennivåer.

I projektet undersöktes;

- hur kornas gång påverkas av olika hygiennivåer och golvmaterial
- vilken hygiennivå som erhålls med befintlig utgödslingsutrustning genom att mäta golvens renhet före utgödsling, efter utgödsling och efter tvättning
- hur tekniska golvtester kan förklara påverkan av hygiennivå och golvmaterial på kornas gång.

Material och metoder

Testgårdar

Cirka 30 passande mjölkgårdar med lösdrift, liggbås och skrapgångar med helt golv kontaktades för att få lov att genomföra försök men bara åtta gårdar accepterade försöksaktiviteterna. Gårdar som har deltagit i försöket hade i genomsnitt 180 mjölkkor och hälften av besättningarna hade mjölkgrup och hälften hade mjölkkningsrobot. På fem gårdar fanns tillgång till två olika typer av gödselgångar vilka testades som fristående golvsystem.

Testgolv

Totalt 13 olika gödselgångar testades (samtliga var hela golv med automatiska skrapssystem): 3 gånger av betong med gjutna mönster, 6 gånger av betong med rillat mönster och 4 gånger täckta med hela gummimattor (Kura P, Kraiburg Gummiwerk, Tyskland). En gödselgång av gummimattor exkluderades från vidare analys på grund av otillfredsställande testförhållanden. Tre olika hygienivåer testades: 1. hygienivå strax före utgödslingens igångsättning, dvs då golvet kan förmodas vara som smutsigast, 2. hygienivå omedelbart efter utgödslingen är slutförd och 3. hygienivå efter manuell rengöring med vatten och skurborsten. Tre gödselgångar med betongyta (en med gjutna och två med rillade mönster) testades endast efter automatisk utgödsling.

Testdjur

70 mjölkkor användes för rörelseanalys (ca 5 djur per gödselgång). Djur valdes ut slumpmässigt dock med preferens för unga djur med lungt temperament och utan tecken för hälta. Medelålder för testdjur var $1,7 \pm 0,09$ laktationer (medelvärde \pm standardfel) och djuren var i regel inom senare laktationsstadium (medelvärde för laktationsdagar var $240,9 \pm 16,6$ dagar).

Tester av djurens rörelser

Kornas rörelsemönster analyserades med hjälp av videoanalys och accelerometriska (IMU) sensorer. En teststräcka mellan 11 och 14 meter (beroende på praktiska förutsättningar för avgränsning) ordnades på varje gård genom att dela en gödselgång på längden i två 1,5 meter breda halvkor (Figur 1), så att korna kunde röra sig rakt framåt och göra en 180 gradig sväng samt gå tillbaka i anslutning till gångdelningen.



Figur 1. Rörelsestudier i gödselgångar (foto M. Magnusson).

Utvalda mjölkkor separerades från flocken en och en, fixerades enligt gårdens vanliga rutiner och förseddes med IMU-sensorer. Korna stimulerades att gå genom att en person med lagom avstånd gick bakom djuret och filmades med höghastighetskameror. Vid tecken på nervositet avbröts mätningarna och kon ersattes med en annan individ. Direkt efter rörelsetestet återvände kon till sin grupp med tillgång till utfodring och liggplats. Korna passerade teststräckan i lugnt tempo (ca 1,4 m/sek), ca 4 gånger för vardera vänster- och högersväng, för varje golvtyp och hygiennivå. Höghastighetskameror med inspelningsfrekvens på 120 bilder per sec (GoPro Hero 5, USA) installerades vinkelrätt mot djurens rörelser vid rak sträcka och vid svängen. Dessutom under mätningarna gjordes videoinspelningar från sidan av en forskare som gick bredvid djuren med en handkamera (Sony HDR-CX450, Sony, Japan).

Genom videoanalys bestämdes djurens hastighet samt antal halkningar. Halkningar graderades som små (mindre än ca 30 cm, som inte bidrog till synlig ändring av balans) och stora (mer än 30 cm med synlig ändring av kroppens balans). Halkningarna bestämdes separat för fram och bakben och separat för passagen av raka sträckor och i svängen.

Accelerometrisk analys utfördes med hästgångsanalysystemet EquiMoves®. Korna var utrustade med 5 ProMove-mini trådlösa IMU-sensorer (Inertia Measurement Unit, Inertia-Technology B.V., Enschede). Sensorerna placerades på följande ställen: på korset mellan bäckenets tubera sacrale (vidare kallad korset), samt utsidan av skenbenet för alla fram och bakben. Överkroppssensor fästes på huden med lim, alla andra sensorer fästes med kardborrband runt skenbenen (Figur 1). IMU-sensor på korset var inställd på ett intervall på ± 8 g för låg-g-acceleration, ± 100 g för hög-g-acceleration och 2000 grader/s för vinkelhastigheten. IMU-sensorerna på benen var inställda på ett intervall på ± 16 g för låg-g-acceleration, ± 200 g för hög-g-acceleration och 2000 grader/s för vinkelhastighet. Alla sensorer sattes till en samplingsfrekvens på 200 Hz och synkroniserades i tid med en noggrannhet på <100 ns. Objektiv analys av biomekaniska data skedde i samarbete med institutionen för biomedicinsk teknik vid Lund Universitetet. I dagsläget är analysmetoden inte helt automatiserad och viss anpassning krävs för de olika individerna respektive underlagen. Därför har endast en liten del av den IMU-baserade objektiva datamängden (kor från två betonggolv och ett gummigolv, samtliga med olika hygien nivåer) analyserats hittills.

Golvens tekniska egenskaper

Kvantitativ bestämning av hygiennivåer

För kvantitativ bestämning av renhet har vi använt en förenklad metod som beskrevs av Poteko et al., (2014). Gödseln samlas från en begränsad yta genom användning av en våtdammsugare (sugeffekt 200 Air Watt, WD 3 P, Kärcher, Winnenden, Tyskland) försedd med smalmunstycke för att öka sugkraften. Gödsel samlades från en bestämd yta på 3 representativa platser för varje hygiennivå. Mängden gödsel per kvadratmeter bestämdes genom att väga hela dammsugaren före och efter att gödsel på provytan sugits upp. Bestämningen av hygiennivå utfördes efter att rörelsemönstret för samtliga kor för given hygiennivå hade genomförts. Därefter utfördes provtagning av golvet i provrutorna enligt ovan.

Golvfriktionsmätningar (Glidmotstånd)

Glidmotstånd (skid-resistance) av ytan i gångarna mättes med en Cooper pendelum skid resistent tester -SRT-PENDELUM (Cooper Research Technology Ltd, Ripley, United Kingdom). Utrustningen mäter friktionen mellan en gummiplatta (Slider 55) och golvytan. Gummiplattan är monterad längst ut på en pendelarm och träffar golvytan med en bestämd hastighet och är i kontakt med golvytan över en bestämd sträcka enligt ASTM (2013). Ju högre pendeln svänger desto mindre energi förbrukas på grund av friktion mellan ytan och gummiplattan och SRT-värdet blir

lägre (SRT-pendeln når först de högsta värdena på skalan; de lägre värdena fås när pendeln svänger högre upp på skalan). Värde som erhålls mäts i SRT-värden vilket visar på golvytans halksäkerhet och har ett bra samband med ytans friktionskoefficient (Ricotti m fl., 2009). På varje golv mättes friktionen i 3 olika punkter, dels i riktning längs gångarna och dels tvärs gångarna. För varje mätpunkt gjordes 5 mätningar.

Ytråhet

För bestämning av ytstrukturen för testade betonggolv utvecklades en metod som kan beskrivas som modifierad ”sand patch test”. Testmetoden används för att bedöma ytans texturdjup dvs. det genomsnittliga djupet för hålrum nedanför de högsta punkterna på ytan. Metoden anpassades till mindre ytor (till exempel betonggolvsytan mellan rillade spår) och finare ytstruktur genom användning av mindre volym av sand samt med mindre storlek på sandkornen. För detta användes ca 60 µl sand i form av mindre glaskorn (70-125 µm) vilket tillåter att objektivt uppskatta golvens mikrostruktur (<0,5 mm) av betonggolv i gödselgångar. Det genomsnittliga texturdjupet beräknades genom att dela kornvolymen (µl) med ytan som glaskornen spreds över (cm²). Mätningarna utfördes i labbmiljö med hjälp av golvet avgjutningar från representativa platser där också SRT mätningarna utfördes. Varje yta testades 4 gånger (2 gånger på varje prov). Resultat uttrycktes i µl av glaskorn per cm² av yta.

Gödsleegenskaper

Gödselprover har samlats i samband med kvantitativ bestämning av renhet. Därefter bestämdes ts-halt samt fördelning av fysiska fraktioner större än 0,5 mm. TS-halt bestämdes genom vägning av gödselprov (ca 10 g) före och efter torkning (24 timmar, 100 C°). Storleksfraktioner av gödselproverna bestämdes genom vägning av de olika fraktionerna som erhöles efter filtrering genom metallfilter med maskstorlekar på 0,5, 1, 2 och 4 mm. Tre prover användes för bestämning av både ts-halt och gödselfraktioner för respektive gödselgång.

Statistisk analys

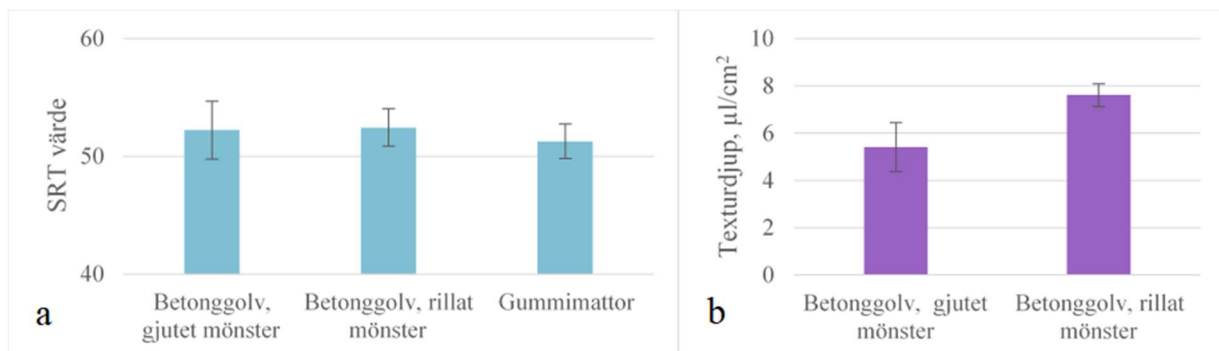
Resultat av tekniska golvtester och gödselprov analyserades med hjälp av variansanalys (Minitab® 16.2.4, Minitab Inc.). Data för halkfrekvenser analyserades på gruppnivå som summa av halkningar per meter testbana som djuren passerade. Frekvensdata analyserades på gruppnivå med hjälp av binär logistisk regression med ”logit link”-funktionen (Minitab® 16.2.4, Minitab Inc.). Modellen inkluderade effekt av golvtyp och hygienivå som fixa faktorer, samt effekter av proportion stora gödselpartiklar (>4 mm), golvet texturdjup och SRT-värde för golvyta som kontinuerliga faktorer. Resultaten som tagits fram ges i form av oddskvoter (odds ratio, OR) och deras 95% konfidensintervall. IMU data har analyserats och visualiserats med hjälp av programmering i Matlab och sedan analyserats med GLM modell med hjälp av Minitab® 16.2.4, (Minitab Inc.).

Resultat

Hygien och golvtester.

Mängden gödsel varierade mellan hygienivåer (före utgödsling, efter utgödsling och efter tvättning) för olika besättningar beroende på skrapfrekvens och skrapornas effektivitet (där gödselmängd innan utgödsling var mellan 2240-4805 g/m² och efter utgödslingen var mellan 150-1720 g/m²). Gödselanalyserna visade signifikant variation i gödselns ts-halt samt storleksfraktioner mellan olika gårdar. Dock fanns inga statistiska skillnader i gödselparametrarna mellan grupper av olika golvtyper.

Det fanns en tydlig variation mellan enskilda golv i glidmotstånd och texturdjup (bestämdes bara för hårda golv). Men mellan grupper av olika golvtyper (med gjutet eller rillat mönster, samt gummimattor) fanns inga statistiska skillnader (Figur 2 a, b)

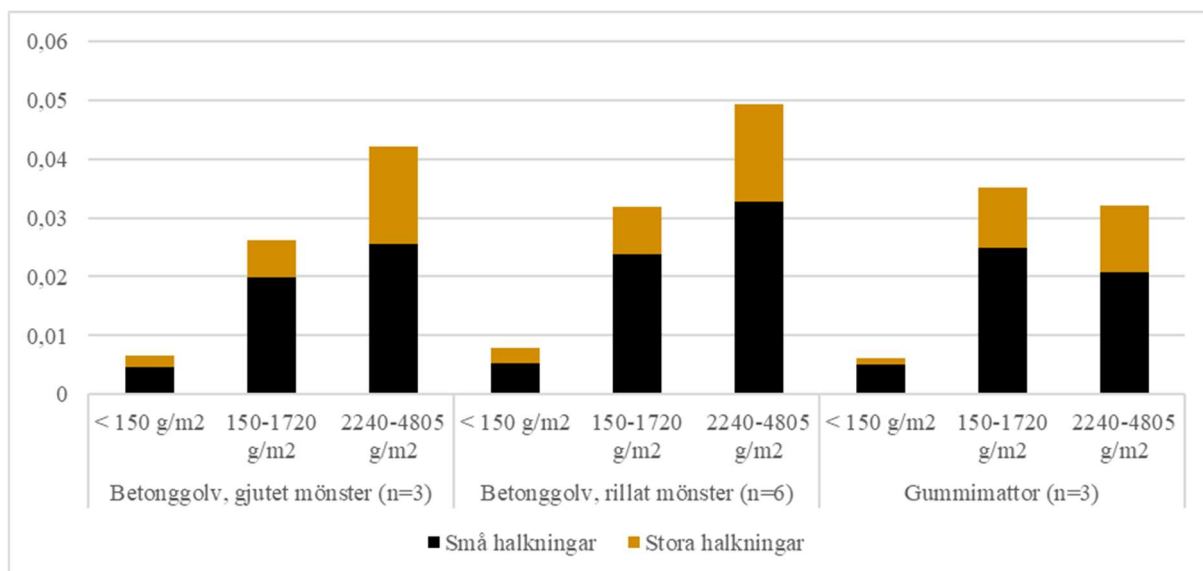


Figur 2. Resultat av golvtester för olika golvtyper i gödselgångar: a) glidmotstånd (SRT-värde; rena, blöta ytor), b) texturdjup (mikro ”sand-patch test”, sandkorn storlek 70-125 µm). (Medelvärde och standardfel).

Rörelseanalys

Halkningsfrekvenser

Analys av halkningsrekvenser behandlade 708 halkningar över sammanlagt 24722 meter teststräcka på samtliga golv varav 217 var stora halkningar. Det fanns tydlig effekt av hygiennivå på halkningsfrekvenser för samtliga golv (Figur 3) där större gödselmängd resulterade i större antal halkningar med undantag av gummimattor där antal halkningar inte var högre före jämfört med efter utgödsling. Antal halkningar var minst på samtliga underlag när golven tvättades manuellt.



Figur 3. Frekvens av halkningar med olika magnituder (små < 30 cm, stora > 30 cm) per meter av testbanans sträcka i gödselgångar med olika golvtyper och hygiennivåer (bestämde som mängd av gödsel/urin-blandning per m²). Totalt 70 djur testades. Medelsträcka för varje golvtyta och hygiennivå var 175 m (min 147 m, max 217 m). (n = antal testade golv).

Analys av den binära logistiska regressionen (Tabell 1) för samtliga halkningar visade att det inte fanns någon signifikant skillnad för risken att halka mellan olika golvtypen (betong eller gummimattor). Medan hygiennivå hade tydlig effekt där oddsen för både stora och små halkningar ökade tillsammans med försämrade renhet. Dessutom ökade risken något för samtliga halkningar (dock inte stora halkningar) med förekomsten av stora gödselpartiklar. Golvet med högre SRT-värden hade lägre odds för alla sorter av halkningar (Tabell 1). Större texturdjup på betonggolvet associerades med större förekomst av samtliga halkningar men inte stora halkningar. Det fanns en positiv (0,39) dock ej signifikant (pga. få datapunkter) korrelation mellan glidmotståndet och texturdjup.

Tabell 1. Resultat från en binär logistisk regressionsanalys av halkningsfrekvenser

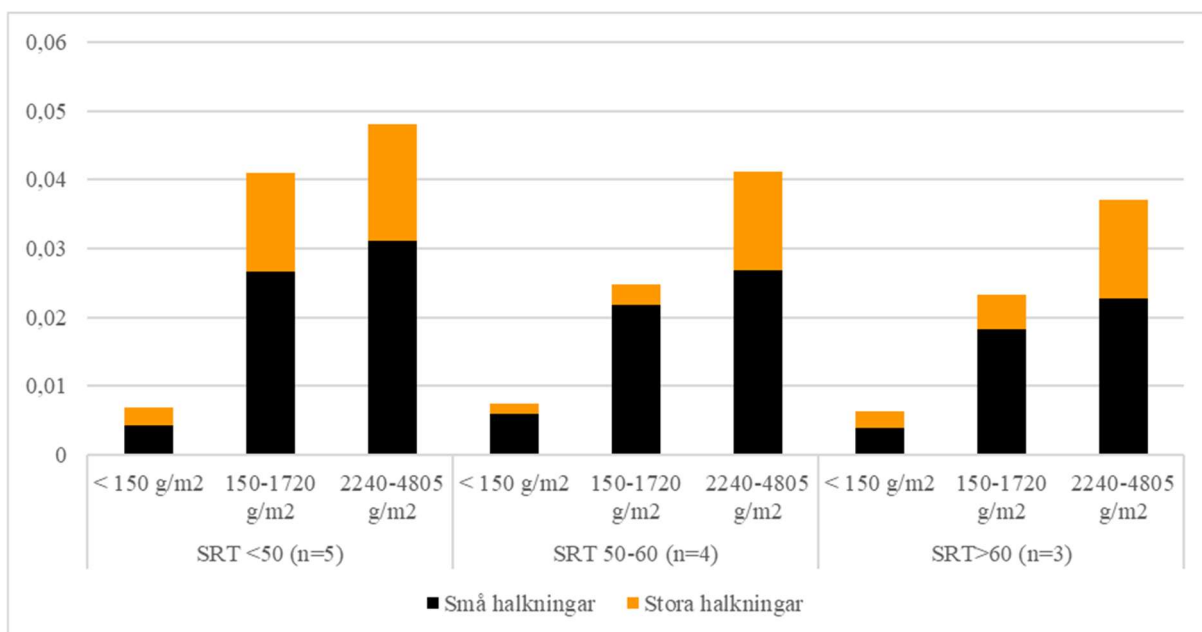
Prediktor	Alla halkningar				Stora halkningar			
	P	OR	Nedre 95% KI	Övre 95% KI	P	OR	Nedre 95% KI	Övre 95% KI
Golvtyp								
Gummimatta (jmf betong)	0,409	0,93	0,78	1,11	0,48	0,89	0,65	1,23
Hygiennivå (jmf tvättad)								
Efter utgödning	<0,001	4,39	3,21	5,99	<0,001	4,26	2,37	7,66
Innan utgödning	<0,001	6,35	4,64	8,68	<0,001	7,66	4,3	13,64
Gödselfraktioner >4mm	0,033	1,04	1	1,07	0,859	1,01	0,95	1,07
Glidmotstånd	<0,001	0,97	0,96	0,99	<0,001	0,95	0,93	0,97
Texturdjup*	0,009	1,07	1,02	1,13	0,415	1,04	0,95	1,14

*Texturdjupet bestämdes och analyserades bara för betonggolvet. (P = p-värde; OR = Oddsquotient; KI = konfidensintervall)

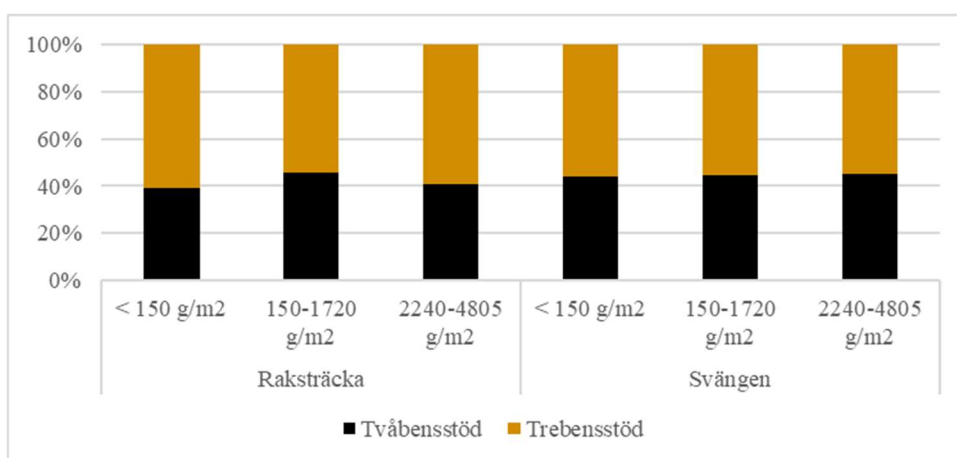
När olika golv kategoriserades enligt SRT-värden till tre kategorier (låg, medel och hög glidmotstånd) visade det sig att golven med låg glidmotstånd (SRT-värde <50) hade större antal halkningar på smutsiga ytor än andra glidmotståndskategorier (Figur 4). Det var ingen signifikant skillnad i halkfrekvensen mellan golven med medel glidmotstånd (SRT-värde 50-60) och hög glidmotstånd (SRT >60). Samtliga glidmotståndskategorier hade inga signifikanta skillnader vid tvättade ytor.

Analys av IMU data

Kinematiska data analyserades separat för när korna gick raksträcka och när de svängde genom 180°-kurvan. Tidsintervallen för svängningsperiod (swing) och understödsperiod (stance) hade ingen signifikant effekt av golvens hygiennivå. Inte heller proportion av två- respektive trebensstöd skildes mellan hygienbehandlingar (Figur 5).

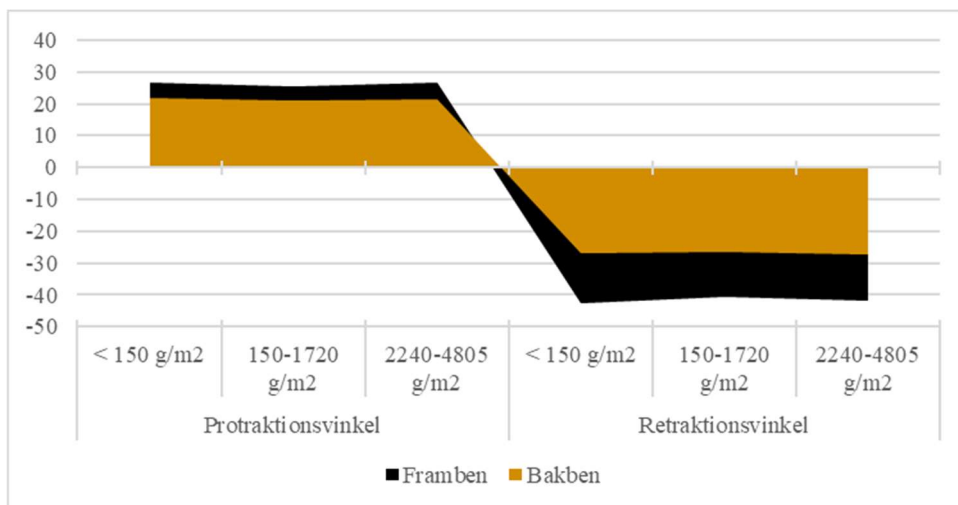


Figur 4. Frekvens av halkningar med olika magnituder (små < 30 cm, stora > 30 cm) per meter av testbanans sträcka i godselgångar med olika friktion (SRT-värde) och hygienivåer (bestämda som mängd av gödsel/urin-blandning per m²). Totalt 70 djur testades. Medelsträcka för varje golvyta och hygienivå var 175 m (min 147 m, max 217 m). n = antal testade golv.



Figur 5. Fördelning av tvåbens respektive trebensstöd på raksträcka och i svängen vid olika hygienivåer.

Benens maximala vinkel under gångcykeln (motsvarar protraktionsvinkel), minimala vinkeln (motsvarar retraktionsvinkel) bestämdes bara för de raka sträckorna. Det fanns signifikanta skillnader i framförallt protraktionsvinklar mellan olika underlag där största protraktionsvinkel observerades på ett betonggolv som hade lägsta halkfrekvens när golvet var rent och största antal halkningar innan utgödsling. Dock fanns det ingen signifikant skillnad i protraktions-/retraktionsvinklar mellan olika hygienivåer för samtliga golv (Figur 6). Figur 6 visar signifikanta skillnader i protraktion- och retraktionsvinklar för bak- och framben, där framben har större både protraktions- och retraktionsvinklar.



Figur 6. Maximala protraktions- och retraktionsvinklar (vilka motsvarar den maximala framåtförlängning och respektive den maximala bakåtförlängning av benet i sagittalplan) för fram och bakben under rörelser i raksträcka vid tre olika hygienivåer.

Diskussion

Projektet avslöjade betydliga skillnader i halkningsfrekvenser, tekniska golvparametrar av glidmotstånd och ytprofil (texturdjup) mellan enskilda golvytor i gödselgångar från olika bruksbesättningar. Dock kunde inte övergripande skillnader i halkrisken visas mellan betong och gummigolv. Golvets friktion och halkningsrisk påverkas till stor del av gödseln och minskat glidmotstånd på förorenat golv kan inte kompenseras även med extra mjukt underlag (Rushen, och De Passillé, 2006). I vår studie visades tydligt att sämre hygien associerades med större risk för halka. Det fanns dock skillnader mellan betong och gummigolv där sistnämnda inte visade någon ökning av halkningar mellan hygienivån före och efter utgödslingen. Detta kan förklaras med djupare profil av mönstrade betonggolv där betydligt större gödselmängder kunde samlas i mönsterspårerna och därför betydligt större mängder av gödsel behövdes för att fylla upp spårerna och täcka kontaktytan mellan klöv av betonggolv. De objektiva accelerometriska parametrarna som har betydelse för balansen och halkbeteende har inte avslöjat skillnader i djurens rörelsemönster förknippade med olika hygienivåer. Detta kan förklaras med att djuren hade sämre anpassning till plötsligt förändrad halkningsrisk på grund av förorenade golv vilket i sin tur kan förklara dramatisk ökning av halkningsfrekvens på golv med större mängder gödsel. När korna vistas längre tid på halkiga golv anpassar de sina rörelser för att minska risken att halka (Phillips and Morris, 2001). Effektiv rengöring av golv skulle inte bara förbättra djurens välfärd på grund av minskad halka men även bidra till förebyggande av infektiösa klövsjukdomar, juverinflammation samt minskad ammoniakemission (Salfer et al., 2018; Mendes, et al., 2017). Gödselns egenskaper kan också spela roll för halkningsrisk där större partiklar kan minska kontaktytan mellan klöv och golv vilket orsakar halkningar. Golvets ytstruktur kan spela betydande roll för golvets friktion, även om samband mellan ytans profil och friktion kan vara komplicerad. Bra texturdjup brukar associeras med lägre halkrisk men Afonso et al. (2019) rapporterade att när topparna på upphöjningarna har avrundad form kan ytor med bra texturdjup resultera i högre halkrisk. När äldre betonggolv har djup textur kan det vara resultat av kemisk och mekanisk slitage där de avrundade topparna inte bidrar så mycket till högre friktion. ”Pendulum skid resistant”-tester visade sig att vara ett ganska bra verktyg vilket under fältförhållanden kunde urskilja golv med högre halkrisk. Enligt NEN 2873 (1982) indikerar ett

Leroux-värde (vilken är faktiskt SRT-värde) under 40 att golvet är för halt för människor, mellan 40 och 50 ger inte golvet tillräckligt med glidmotstånd för gång och mellan 50 och 60 ger golvet tillräckligt med bra glidmotstånd för att gå. Denna fördelning stämde någorlunda med våra resultat där maximal risk för halkningar var på golven med SRTvärden lägre än 50.

Slutsatser

Projektet har utvecklat metodik för objektivt beskrivning av golvet halsäkerhet i fält. Större gödselmängder orsakade större halkningsrisk på alla typer av golv. Gödselegenskaper kan bidra till ökad halkningsrisk. ”Pendulum skid resistent”-mätningar kunde urskilja golv med större halkningsrisk. Effektiv rengöring av rörelseytor bidrar till minimal halkningsrisk.

Referenser

- Agri-Contact, 2006. Malkekøer - Præfabrikeret staldgulv med elastisk trædeflade. T. Agri Contact, 3390 Hunnsted, Denmark.
- Afonso, M.L., Dinis-Almeida, M. and Fael, C.S., 2019, February. Characterization of the skid resistance and mean texture depth in a permeable asphalt pavement. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 471, No. 2, p. 022029). IOP Publishing.
- Alsaad, M., Huber, S., Beer, G., Kohler, P., Schüpbach-Regula, G. and Steiner, A., 2017. Locomotion characteristics of dairy cows walking on pasture and the effect of artificial flooring systems on locomotion comfort. *Journal of dairy science*, 100(10), pp.8330-8337.
- Applegate, A. L.; Curtis, S. E.; Groppe, J. L; McFarlane, J. M.; Widowski, T. M. (1988). Footing and gait of pigs on different concrete surfaces. *Journal of Animal Science*, 66(2), 334–341.
- ASTM, A. (2013). Standard test method for measuring surface frictional properties using the British pendulum tester.
- Bergsten, C., Telezhenko, E., & Ventorp, M. (2015). Influence of soft or hard floors before and after first calving on dairy heifer locomotion, claw and leg health. *Animals*, 5(3), 662-686.
- Boyle, L. A. M., J. F.; Kiernan, P. J. 2007. The effect of rubber versus concrete passageways in cubicle housing on claw health and reproduction of pluriparous dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 106(1/3): 1-12.
- De Belie, N. (1997). A survey on concrete floors in pig houses and their degradation. *Journal of Agricultural Engineering Research* 66, 151-156.
- De Belie, N., Richardson, M., Braam, C.R., Svennerstedt, B., Lenahan, J.J., Sonck, B. 2000. Durability of building materials and components in the agricultural environment, part I: the agricultural environment and timber structures. *Journal of Agricultural Engineering Research* 75, 225-241.
- Flower, F. C., de Passillé, A.M., Weary, D.M., Sanderson, D.J. and Rushen, J. 2007. Softer, higher-friction flooring improves gait of cows with and without ulcers. *J. of Dairy Science* 90, 1235-1242.
- Haskell, M.J., Rennie, L.J., Bowell, V.A., Bell, M.J. and Lawrence, A.B., 2006. Housing system, milk production, and zero-grazing effects on lameness and leg injury in dairy cows. *Journal of dairy science*, 89(11), pp.4259-4266.
- Herlin, A. H., Drevemo, S. 1997. Investigating locomotion of dairy cows by use of high speed cinematography. *Equine Veterinary Journal* 23, 106-109.
- Mendes, L. B., Pieters, J. G., Snoek, D., Ogink, N. W., Brusselman, E., & Demeyer, P. (2017). Reduction of ammonia emissions from dairy cattle cubicle houses via improved management-or design-based strategies: A modeling approach. *Science of the Total Environment*, 574, 520-531.
- Maertens, W., Vangeyte, J., Baert, J., Jantuan, A., Mertens, K.A., De Campeneere, S., Pluk, A., Opsomer, G., Van Weyenberg, S., Van Nuffel, A. 2011. Development of a real time cow gait

- tracking and analysing tool to assess lameness using a pressure sensitive walkway: The gateway system. *Biosystems Engineering* 110, 29-39.
- NEN 2873 (1982). *Beproeving van steenachtige materialen—Stroefheidsmeter volgens Leroux en bepaling van de stroefheid van oppervlakken.* [Testing of stony materials—Skidresistance apparatus according Leroux and determination of surface frictional properties.] Modified by NEN 2873:1982/ C1:1988, NEN 2873:1982/A1:1999. Dutch Standards Institution, Delft, The Netherlands
- Phillips, C.J.C., Morris, I.D. 2001. The locomotion of dairy cows on floor surfaces with different frictional properties. *Journal of Dairy Science* 84(3): 623-628.
- Poteko, J., Schrade, S., Steiner, B. & Zähler, M. 2014. Development and validation of a measuring method for quantifying the residual soiling mass after the removal of dung from solid floor surfaces, and results of comparative measurements at pilot-plant scale. *AgEng 2014 Zurich*
- Redfern, M. S., Cham, R., Gielo-Perczak, K., Grönqvist, R., Hirvonen, M., Lanshammar, H., Marpet, M., Yi-Chung Pai, C., Powers, C. 2001. Biomechanics of slips. *Ergonomics* 44(13): 1138-1166.
- Ricotti, R., Delucchi, M., & Cerisola, G. (2009). A comparison of results from portable and laboratory floor slipperiness testers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(2), 353-357.
- Rushen, J. and De Passillé, A.M., 2006. Effects of roughness and compressibility of flooring on cow locomotion. *Journal of dairy science*, 89(8), pp.2965-2972.
- Salfer, J. A., Siewert, J. M., & Endres, M. I. (2018). Housing, management characteristics, and factors associated with lameness, hock lesion, and hygiene of lactating dairy cattle on Upper Midwest United States dairy farms using automatic milking systems. *Journal of dairy science*, 101(9), 8586-8594.
- Sanders, A. H., Shearer, J. K., De Vries, A. 2009. Seasonal incidence of lameness and risk factors associated with thin soles, white line disease, ulcers, and sole punctures in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 92(7): 3165-3174.
- Sengoz, B., Topal, A. and Tanyel, S., 2012. Comparison of pavement surface texture determination by sand patch test and 3D laser scanning. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 56(1), pp.73-78.
- Tasch, U., Rajkondawar, P.G. 2004. The development of a SoftSeparator™ for a lameness diagnostic system. *Journal of Computers and Electronics in Agriculture* 44, 239-245.
- Telezhenko, E., Bergsten, C. 2005. Influence of floor type on the locomotion of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 93, 183-197.
- Thorup, V., Tøgersen, F Aa, Jörgensen, B., Jensen, BR. 2007. Biomechanical gait analysis of pigs walking on solid concrete floor. *Animal*(1): 708-715.
- van der Tol, P. P. J.; Metz, J. H. M.; Noordhuizen-Stassen, E. N.; Back, W.; Braam, C. R.; Weijs, W. A. (2005). Frictional forces required for unrestrained locomotion in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 88, 615–624.
- von Wachenfelt, H., Pinzke, S., Nilsson, C. 2009. Gait and Force analysis of Provoked Pig Gait on Clean and Fouled Concrete Surfaces. *Biosystems Engineering* 104, 534-544.
- von Wachenfelt, H., Pinzke, S., Nilsson, C., Olsson, O., Ehlorsson, C-J. 2008. Gait analysis of unprovoked pig gait on clean and fouled concrete surfaces. *Biosystems Engineering* 101: 376-382.

Del 3: Resultatförmedling

Ange resultatförmedling av projektet, inklusive titel, referens, datum, författare/talare, och länk till presentation eller publikation om tillämpligt. Planerade publiceringar (med preliminära titlar) ska ingå i tabellen. Ytterligare rader kan läggas till i tabellen.

Vetenskapliga publiceringar	'Effect of floor condition on dairy cow gait', Journal of Dairy Science (planerad)
Övriga publiceringar	'Golvunderlagets inverkan på mjölkornas gång?' LTV-faktablad, SLU (planerad)
Muntlig kommunikation	'Hur påverkar golvunderlaget risken för att korna halkar?' Alnarps mjölkdag (planerad)
	'Effect of floor condition on dairy cow gait', International conference (planerad)
Studentarbete	
Övrigt	