

Halksäkra golv förebygger skador hos nötkreatur

Evgenij Telezhenko, Madeleine Magnusson, Institutionen för Biosystem och Teknologi, SLU

Sammanfattning

Stor andel av svenska nötkreatur hålls i lösdriftstallar med gödselgångar där betong är den vanligaste golvytan. Nya betongytor har vanligtvis en lämplig friktionsnivå, men de förlorar oftast sina friktions- och nötningssegenskaper över tiden på grund av mekanisk och kemisk nedbrytning av materialet. Hala golv medför ökad halkrisk för korna och därmed ökad risk för skador i samband med fall och fläckningar, vilket i värsta fall kan leda till avlivning av djuren. Dessutom påverkar hala golv kornas rörelsemönster och beteende som bland annat kan försvåra upptäckt av brunst. Det finns olika lösningar för att minska halkrisken på betonggolv genom olika typer av beläggningar som ofta är kostsamma. Gummibeläggning eller gummimattor är dock en variant som används idag men som ifrågasätts eftersom hårt gummi kan vara mycket halt när det är förorenat med gödsel. Det mest prisvärda och vanligaste sättet att förlänga halksäkerheten på betonggolv är att gjuta in spår vid nyproduktion eller att rilla nya spår i gammalt betonggolv.

Syftet med projektet är att förhindra skador och förbättra djurens välbefinnande genom bättre utformning av golv i gödselgångar i nötkreatursstall genom att utveckla en ny djurorienterad modell för bedömning av golvets halkningsrisk för nötkreatur. Modellen skall göra det möjligt att utvärdera effekten av olika mönster i betonggolv för att minska risken för att halka.

Totalt testades 9 olika gödselgångar med helt golv: 6 gångar av betong med rillade mönster (3 på längden och 3 i rutmönster) och 3 gångar av betong med gjutna mönster (en på längden, två rutmönster). Golven hade dessutom varierande ålder på de golvförbättrande åtgärderna. Hygienivå på golvet vid testtillfälle bestämdes genom uppsamling och vägning av gödsel. På varje gödselgång fick kor som var vana vid att vistas på det aktuella golvet förflytta sig i en bestämd bana med två raksträckor och två 180-graders svängar. Korna försågs med accelerometrar på alla benen samt på korset och filmades med höghastighetskameror då de drevs en och en genom banan. Totalt användes 49 mjölkkor för rörelseanalys (ca 5 djur per gödselgång). Genom videoanalys bestämdes djurens hastighet samt antal halkningar. Halkningar graderades som små (inte mer än ca 30 cm, som inte bidrog till synlig ändring av balans) och stora (mer än 30 cm med synlig ändring av kroppens balans). Resultaten visade att nya rillade mönster resulterade i bättre halksäkerheten än gjutna mönster och mönster i form av rutnät gav också lägre risk för halkningar än golv med spår i bara en riktning. Ökad mängd gödsel på golvet gav ökad halkrisk och större texturdjup gav ökad halkrisk. Åldern på rillningen påverkade halkfrekvenser och nyare rillning (0-5 år gamla) gav mindre halkrisk än äldre mönster (> 5 år). Det skulle krävas mer forskning om betydelsen av spårdjupet och avståndet mellan spåren i avseende inte bara halksäkerheten men även golvhygien och klövhälsa.

Syfte och mål

Syftet med projektet är att förhindra skador och förbättra djurens välbefinnande genom bättre utformning av golv i gödselgångar i nötkreatursstall.

Målet med projektet är att utvärdera effekten av olika mönster i betonggolv för att minska halkningsrisk för nötkreatur i mjölkbesättningar.

Inledning

Golv i gödselgångar i lösdriftstallar med liggbås för mjölkkor är en av de viktigaste komponenterna av mjölkors inhysning med avseende på djurhälsa och djurvälstånd (Rushen och de Passille, 2009, Bergsten et al., 2015). På grund av den direkta kontakten med djurens klövar påverkar golv djurens rörelser, klövfunktion och klövhälsa (Vockey, 2001, Telezhenko et al., 2009). Inom djurproduktionen diskuteras golvtyper mestadels i förhållande till hur halkiga de är (Albutt et al., 1990). Hala golv försämrar rörelsemönster, påverkar beteende och hindrar upptäckt av brunst (Rushen och de Passille, 2006, Palmer et al., 2012), samtidigt som de orsakar skador i samband med fall och fläkning (Rushen och de Passille, 2009). De traumatiska skadorna på grund av halka och fall är många, allt från enkla fotskador till frakturer i stora ben som kan leda till ofrivillig avlivning. Dödligheten i svensk nötkreatursproduktion är cirka 5% och klöv- och benproblem är den vanligaste dödsorsaken. Dessutom kan 70 % av avlivade kor relateras till klöv- och benskadorna (Alvasen et al., 2014). Betong är den vanligaste golvytan i konventionella nötkreatursstall. Nya betongytor har vanligtvis en lämplig friktionsnivå, men de flesta betongytor förlorar sina friktions- och nötningssegenskaper över tiden på grund av mekanisk och kemisk nedbrytning av materialet (De Belie et al., 2000). Rillning av spår på befintliga betonggångar är den mest prisvärda och därför mest vanliga metoden för att förbättra halksäkerheten på äldre betonggolv i gödselgångar för nötkreatur (Gooch, 2003). Enligt Mckee och Dumelow (1995) har mycket grova golv och golv med dräneringsspor en fördel jämfört med släta ytor när det finns flytgödsel på golvet, men det finns nästan inga studier som beskriver halkreducerande effekter av rillad betong hos nötkreatur i fält. Albutt et al. (1990) visade att gjutet mönster i betonggolv var mer halksäker än rillat mönster. I deras studie var det emellertid omöjligt att skilja effekten av olika typer av spår, eftersom deras effekt förväxlades med ytjämnheten (mikrostrukturen) på grund av olika ytbehandling på betongen. Allt detta visar att lantbrukarna är i akut behov av verktyg som kan utvärdera effektiviteten hos de vanligaste metoder för att minska halkrisken i gödselgångar.

Material och metoder

Testgårdar, testdjur och studerande golvtyper

För att studera effekter av olika rillningsmönster för att minska halkningsrisk behövdes ett urval av mjölkgårdar med de mest vanligt förekommande rillningsmönstren. Näringen efterfrågar dessutom resultat som avspeglar hur tidsbeständiga olika golvförbättringar är. Därför krävdes det att golv med olika rillningsmönster och ålder på rillningen testades. Som referens valdes golv med gjutna mönster (mönster gjorda i färsk betong) som är ett annat vanligt sätt att förbättra halksäkerheten på betonggolv. Åtta mjölkgårdar med lösdrift, liggbås och skrapgångar med hela golv, med olika mönster och varierad ålder på golvförbättrande åtgärder valdes ut. På en gård fanns tillgång till två olika typer av gödselgångar vilka testades som fristående golvsystem. Initiala planer att testa rillningens före och efter effekter förverkligades inte på grund av oförmågan att rekrytera tillräckligt många gårdar med planer för olika sorts rillning i närmaste tid. Dessutom skulle det då inte vara

möjligt att testa effekten av åldern på det rillade mönstret. Totalt testades 9 olika gödselgångar: 6 gångar av betong med rillade mönster (3 på längden och 3 i rutmönster) och 3 gångar av betong med gjutna mönster (en på längden och två rutmönstrade). Bestämningen av hygienivå på varje golv utfördes genom att gödsel från tre representativa provrutor samlades in med hjälp av en våtdammsugare (sugeffekt 200 Air Watt, WD 3 P, Kärcher, Winnenden, Tyskland) och angavs i mängd gödseln (kg) per m². Gårdar som deltog i försöket hade i genomsnitt 180 mjölkkor och hälften av besättningarna hade mjölkgrup och hälften hade mjölkkningsrobot. Totalt användes 49 Holsteinkor för rörelseanalys (ca 5 djur per gödselgång). Djur valdes ut slumpmässigt dock med preferens för yngre djur med lugnt temperament och utan tecken för hälta. Medelålder för testdjur var $1,8 \pm 0,13$ laktationer (medelvärde $\pm$ standardfel) och djuren var i regel inom senare laktationsstadium (medelvärde för laktationsdagar var $240,7 \pm 19,3$ dagar).

Utveckling av djurorienterad modell av manövrerbarhet för tester av halkrisk

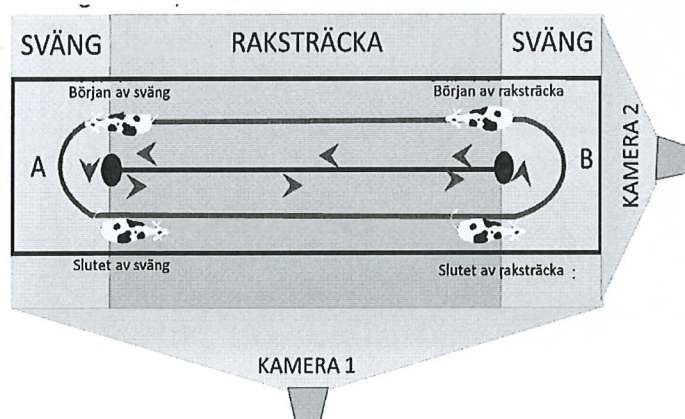
För övergripande tester av golvets halksäkerhet utvecklades en unik djurorienterad modell av kornas manövrerbarhet där djurens rörelser skulle studeras när de passerar en raksträcka med begränsad bredd, sedan utan stopp passerar en 180-graders sväng och fortsätter i en raksträcka efter svängen. För implementering av modellen under fältförhållande på varje gård i försöket avgränsades i en gödselgång en 11-14 m lång

teststräcka (beroende på praktiska förutsättningar för avgränsningen) som delades på, i två 1,5 meter breda halvkor, så att korna kunde röra sig rakt framåt och göra en 180-gradig sväng (med radie på 1,5 meter). (Figur 1). Korna stimulerades att gå genom testbana med hjälp av två personer som med lagom avstånd gick bakom djuret. Direkt efter rörelsetestet återvände kon till sin grupp med tillgång till utfodring

och liggplats. Utvalda mjölkkor separerades från flocken en och en och passerade teststräckan i lugnt tempo (ca 1,4 m/sek) ca 4 gånger medurs (höger varv) och 4 gånger moturs (vänster varv) på varje golvtyp. Ibland krävdes större antal varv för att erhålla en kontinuerlig rörelse genom raksträckor och sväng. Vid tecken på nervositet avbröts mätningarna och kon ersattes med en annan individ.

Rörelseanalys

Höghastighetskameror med inspelningsfrekvens på 120 bilder per sekund (GoPro Hero 5, USA) installerades (Figur 1) vinkelrätt mot djurens rörelser vid raksträcka (kamera 1) och vid svängen (kamera 2). Under mätningarna gjordes videoinspelningar från sidan av en person som gick bredvid testbanan med en handkamera (Sony HDR-CX450, Sony, Japan). Genom videoanalys bestämdes djurens hastighet samt antal halkningar. Halkningar graderades som små (inte mer än ca 30 cm, som inte bidrog till synlig ändring av balans) och stora (mer än 30 cm med synlig ändring av kroppens



Figur 1. Testbana inom gödselgång för analys av djurens rörelser i raksträcka före 180-graders sväng, i 180-graders sväng och i raksträcka efter svängen.

balans). Halkningarna bestämdes separat för fram- och bakben och separat för passagen av raksträckor och i svängen.

Objektiv analys av biomekaniska data skedde i samarbete med institutionen för biomedicinsk teknik vid Lund Universitetet. Accelerometrisk analys utfördes med hästgångsanalyssystemet EquiMoves®. Korna var utrustade med 5 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 skenbenen för alla fram- och bakben. Överkroppssensor fästes på huden med lim, alla andra sensorer fästes med kardborrband runt skenbenen (Figur 2). Med dessa sensorer registreras accelerationer i tre riktningar och sensorernas rotationshastigheter runt sina respektive tre axlar. 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. Mätdata har analyserats och visualiserats med hjälp av programmering i Matlab.



Figur 2. En ko på testbana med 5 IMU-sensorer markerade med streckade röda ringar.

Statistisk analys

Data för halkfrekvenser analyserades på gruppnivå som summa av halkningar per meter testbana som samtliga djur passerade. Frekvensdata analyserades med hjälp av binär logistisk regression med logit link funktion (Minitab® 16.2.4, Minitab Inc.). Modellen inkluderade effekt av mönstertyp (gjutet eller rillad), spårtyp (enkelspår eller rutnät) och mönsters åldersklass (klass 1: 0 till 5 år gamla; klass 2: 5-9 år gamla och klass 3: äldre än 9 år) som fixa faktorer, samt effekter av gödselmängd på golvet (kg/m^2) som kontinuerlig faktor. Resultaten som tagits fram ges i form av oddskvoter (odds ratio, OR) och deras 95 % konfidensintervall

Resultat

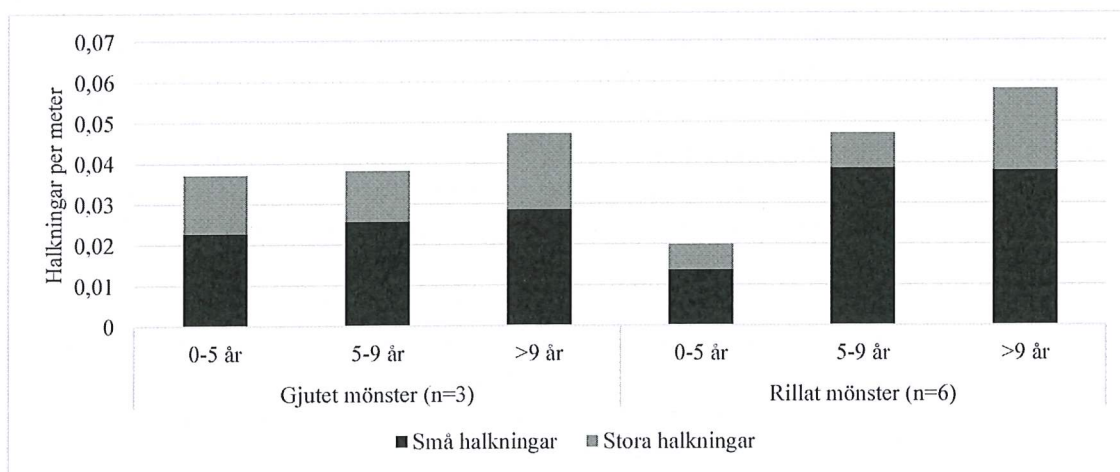
Analys av halkningsfrekvenser behandlade totalt 370 halkningar över sammanlagt 8891 meter teststräcka på samtliga golv varav 110 var stora halkningar. Medelhastighet var 1,19 m/s och det fanns inga signifikanta skillnader i hastigheten mellan olika golvgrupper. Binär logistisk regression visade signifikant effekt av mönstertyp där gjutna mönster resulterade i högre odds för samtliga och stora

halkningar (Tabell 1). Typ av spår hade endast effekt för samtliga halkningar där rutnät karakteriserades med lägre odds för halkningar än enkelriktade spår. Åldern på spåren hade signifikant effekt på halkrisken där nyare spår hade lägre risk för stora och små halkningar med något större risk för årsklass 2 än årsklass 3. Ökad mängd gödsel hade effekt för högre odds av samtliga halkningar och större texturdjup hade positiv samband med ökad halkningsrisk.

Tabell 2. Resultat av en binär logistisk regression analys av golvets effekt på halkningsfrekvenser presenterade som oddskvoter (OR) och deras 95 % konfidensintervall

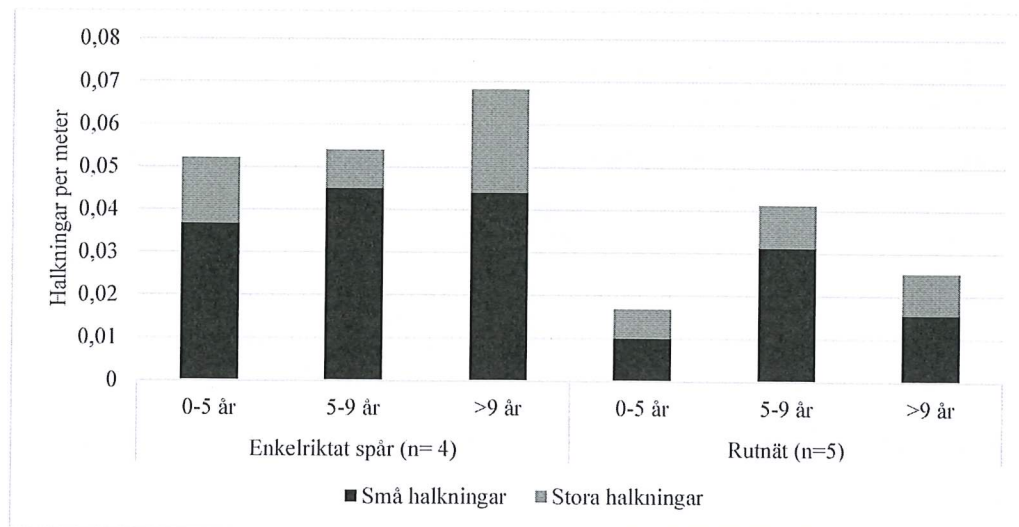
Förklaringsvariabel	Alla halkningar				Stora halkningar			
	P	OR	Nedre 95% KI	Övre 95% KI	P	OR	Nedre 95% KI	Övre 95% KI
Mönstertyp								
Gjutet (jmf rillat)	0,034	1,62	1,04	2,52	0,024	2,5	1,13	5,56
Spårtyp								
Rutnät (jmf enkelriktat spår)	<0,001	0,61	0,47	0,79	0,177	0,71	0,43	1,17
Golvets årsklass								
2 (jmf 1)	<0,001	6,92	3,85	12,45	0,026	3,28	1,15	9,35
3 (jmf 1)	<0,001	2,56	1,7	3,84	0,002	3,19	1,54	6,59
Hygiennivå (kg/m ²)	0,003	1,45	1,14	1,86	0,447	1,19	0,76	1,84

På grund av begränsat antal testade golv i varje kategori kunde vi inte analysera samspel mellan mönster- och spårtyper och årsklasser. Dock kan fördelningen vara intressant att uppskatta, därför presenteras frekvensdata för halkningar uppdelade i de olika kategorierna (Figur 3-4).



Figur 3. Frekvens av halkningar med olika magnituder (små < 30 cm, stora > 30 cm) per meter av testbanans sträcka i betonggödselgångar med olika mönstertyper och åldersklasser av mönster. Totalt 49 djur testades. Medelsträcka för varje golvtyta var 181m (min 161m, max 210m). n = antal testade golv.

Figur 3 illustrerar att ny-rillat mönster är väldigt effektivt för minskning av halkrisk. Rillning som är äldre än 5 år var inte lika effektiv. Gjutet mönster var mindre effektivt än rillat mönster och det fanns mindre skillnader mellan olika årsklasser. Mönster som kan beskrivas som rutnät (korsade spår i flera riktningar) associerades med lägre halkrisk än enkelriktade spår även när mönster var äldre (Figur 4).



Figur 4. Frekvens av halkningar med olika magnituder (små < 30 cm, stora > 30 cm) per meter av testbanans sträcka i betonggödselgångar med olika spårtyper och s åldersklasser av mönster. Totalt 49 djur testades. Medelsträcka för varje golvyta var 181m (min 161m, max 210m). n = antal testade golv.

Diskussion

Projektet resulterade i en utveckling av en effektiv modell för utvärdering av golvets halkrisk i fält. Den originella uppsättningen där kornas manövreringsförmåga utnyttjades gjorde det möjligt att för första gången visa effekterna av olika mönster på betonggolv i gödselgångar. Att göra spår i betong är ett väletablerat sätt att minska halkningsrisken i nötkreatursstallar med lösdrift. Dock finns väldigt lite vetenskaplig grund för vilket mönster som är mest effektivt. Objektiv analys av kornas rörelsemönster har varit ett effektivt sätt att utvärdera golvets lämplighet för fria naturliga rörelser (Phillips och Morris, 2001; Telezhenko och Bergsten, 2005). De flesta tekniker för objektiv gånganalys är designade endast för rörelser på raka sträckor och med jämn gångtakt (Flower et al., 2007). Faktum är att vi i vår egen studie (Telezhenko et al., 2017) inte kunde se någon signifikant effekt av rillade spår när vi endast analyserade hur kor går på en rak sträcka. Orsaken till detta är att den nödvändiga friktionen för halkfria rörelser på raka sträckor är mycket lägre än om man jämför med rörelser som att vända, stanna eller börja rörelsen. Van der Tol, et al. (2005) visade att i en 90-graders sväng krävde ca 10-15 % högre friktion än vid en rak rörelse och att vid avslut/start av rörelse krävdes 40-50 % högre friktion. Därför är det nödvändigt att etablera en rörelsemodell där korna är tvungna att byta rörelseriktning till det motsatta dvs kombinerar att djur saktar ner innan svängen, svänger och börjar rörelse i en annan riktning, för att effektivt testa halkfriheten för olika golvtyper. Sådan modell efterliknar dessutom den naturliga förflyttningen som djur gör i stallar vid sociala kontakter och vid hantering. Den centrala delen i förståelsen av golvets hållighet är friktion vilket är summan av olika komponenter (Grönqvist et al., 2001). Vidhäftning är friktionens komponent som orsakas av molekylära bindningar mellan klöv och golv. Spår i ytan främjar klämningen av vätskorna på ytan vilket gör vidhäftning och därmed friktion mer effektiv (Grönqvist et al., 2001). Hysteres är en annan

komponent av friktionskraft, som uppstår på grund av fördröjd återhämtning av de elastiska delarna av klövens vikt bärande yta över en spårkant. Dessutom kan slitage och mekanisk sammankoppling mellan klöv och en hård, grov golvyta orsaka höga friktionskrafter. När man rillar fasta golv brukar det resultera i fina vassa kanter vilka bidrar till högre hysteres än mer avrundade gjutna spår (McKee och Dumelow, 1995). Därför hade vi bästa halkfriheten på ny-rillade golv i jämförelse med gjutna mönster. Den vassa kanten av rillade spår försvinner dock hos äldre golv vilket också visade sig i ökning på halkfrekvenser för äldre spår. Spår som riktades åt flera håll (som beskrivs som rutnät eller diamantmönster) var effektivare än spår i endast en riktning och det avspeglar en högre mekanisk sammankoppling med klöven (särskilt när korna måste ändra riktning på deras rörelser) i jämförelse med enkelriktade spår. Spårbredden och bredden mellan spår är ofta diskuterat, dock kunde vi inte testa den effekten i vårt försök på grund av begränsad tillgång till olika golvvarianter. Det krävs nya studier för att undersöka effekten av spårbredden där inte bara halkrisken bör utvärderas utan även aspekter av högre belastning och större klövslitage på golv med tätare spår. Sämre golvhygien var också en betydande faktor för ökad halkrisk och variationen i gödselmängd efter utgödslingen är beroende av olika golvprofiler och skrapornas effektivitet.

Slutsatser

I projektet var det möjligt att utveckla en metodik för objektiv beskrivning av golvs halksäkerhet i fält. Rillade spår hade bättre halksäkerhet än gjutna spår och spår i form av rutnät halksäkrare än enkelriktade spår. Spår äldre än 5 år hade minskad förmåga för halksäkerheten. Större gödselmängder orsakade större halkningsrisk. Nya studier behövs där effekten för halkningsrisk beroende av spårbredd och avståndet mellan spår undersöks.

Nytta för näringen och rekommendationer

Utformning av golv i gödselgångar för nötkreatur har stor betydelse för djurens hälsa och produktion. Resultaten i projektet underlättar för lantbrukarna att välja åtgärder för att minska halkrisken på slitna betonggolv. Rillning i rutmönster visade sig ha den bästa förmågan att minimera halkrisken på betonggångar. Man behöver se över behandlingen efter 4-5 år för att identifiera eventuella behov av nya åtgärder. Att förbättra renheten i gångarna är en annan viktig komponent för bättre halksäkerhet.

Referenser

- Albutt, R. W., J. Dumelow, J. P. Cermak, and J. E. Owen. 1990. Slip-Resistance of Solid Concrete Floors in Cattle Buildings. *Journal of Agricultural Engineering Research* 45(2):137-147.
- Alvasen, K., M. Jansson Mork, I. R. Dohoo, C. H. Sandgren, P. T. Thomsen, and U. Emanuelson. 2014. Risk factors associated with on-farm mortality in Swedish dairy cows. *Preventive veterinary medicine* 117(1):110-120.
- ASTM, A. (2013). Standard test method for measuring surface frictional properties using the British pendulum tester.
- Bergsten, C., E. Telezhenko, and M. Ventorp. 2015. Influence of soft or hard floors before and after first calving on dairy heifer locomotion, claw and leg health. *Animals (Basel)* 5(3):662-686.

- De Belie, N., J. J. Lenehan, C. R. Braam, B. Svennerstedt, M. Richardson, and B. Sonck. 2000. Durability of building materials and components in the agricultural environment, part III: Concrete structures. *J Agr Eng Res* 76(1):3-16.
- Flower, F. C., A. M. de Passille, D. M. Weary, D. J. Sanderson, and J. Rushen. 2007. Softer, higher-friction flooring improves gait of cows with and without sole ulcers. *J Dairy Sci* 90(3):1235-1242.
- Grönqvist, R., Chang, W.R., Courtney, T.K., Leamon, T.B., Redfern, M.S. and Strandberg, L., 2001. Measurement of slipperiness: fundamental concepts and definitions. *Ergonomics*, 44(13), pp.1102-1117.
- Gooch, C. A. (2003). Flooring considerations for dairy cows. Proceedings from building freestall barns and milking centers: methods and materials. Ithaca (NY): Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service, NRAES-148, 278-97.
- McKee, C. I. and J. Dumelow. 1995. A Review of the Factors Involved in Developing Effective Non-Slip Floors for Pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research* 60(1):35-42.
- Palmer, M. A., G. Olmos, L. A. Boyle, and J. F. Mee. 2012. A comparison of the estrous behavior of Holstein-Friesian cows when cubicle-housed and at pasture. *Theriogenology* 77(2):382-388.
- Phillips, C. J. and I. D. Morris. 2001. The locomotion of dairy cows on floor surfaces with different frictional properties. *J Dairy Sci* 84(3):623-628.
- 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.
- Rushen, J. and A. M. de Passille. 2009. Flooring options to minimize lameness and optimize welfare. *Advances in Dairy Technology*, Vol 21 21:293-301.
- Telezhenko, E., Magnusson, M., & Bergsten, C. (2017). Gait of dairy cows on floors with different slipperiness. *Journal of dairy science*, 100(8), 6494-6503.
- Telezhenko, E. and C. Bergsten. 2005. Influence of floor type of the locomotion of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 93:183-197.
- Telezhenko, E., C. Bergsten, M. Magnusson, and C. Nilsson. 2009. Effect of different flooring systems on claw conformation of dairy cows. *J Dairy Sci* 92(6):2625-2633.
- Van der Tol, P. P. J., Metz, J. H. M., Noordhuizen-Stassen, E. N., Back, W., Braam, C. R., & Weijts, W. A. (2005). Frictional forces required for unrestrained locomotion in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 88(2), 615-624.
- Vokey, F. J., Guard, C. L., Erb, H. N., & Galton, D. M. (2001). Effects of alley and stall surfaces on indices of claw and leg health in dairy cattle housed in a free-stall barn. *Journal of dairy science*, 84(12), 2686-2699.