

## Slutrapport till Stiftelsen Hästforskning avseende projekt H1247182

”Utvärdering av tränings- och tävlingsunderlag inom hoppporten”

“Evaluation of training and competition surfaces in show jumping”

**Det övergripande projekt målet** var att utveckla och dokumentera validering av objektiva mätmetoder för att studera underlagens egenskaper inom hoppporten. De erhållna medlen har, i enlighet med ansökans specifika mål, möjliggjort analys och sammanställning av insamlat material samt en bred spridning av informationen till branschfolk, allmänhet och till det vetenskapliga samfundet. Det har resulterat i att mätmetoden som framarbetats inom projektet nu är i aktiv användning inom den internationella hoppporten för kvalitetssäkring av underlag vid tävlingar på högsta nivå.

### **Resultatförmedling:**

Vi fokuserade på fyra viktiga linjer för vår resultatförmedling (i enlighet med ansökan).

1. Vetenskaplig publikation och presentation
2. Populärvetenskaplig förmedling
3. Förmedling av resultat inom utbildningar
4. Specifik förmedling för aktörer inom sportens topp (t.ex tävlingsarrangörer och FEI)

Detaljerat innehåll inom varje linje presenteras nedan.

#### 1. Vetenskaplig publikation och presentation

Elin Hernlund försvarade förtjänstfullt sin avhandling ”Sport surfaces in show jumping” den 27 maj 2016. Den innefattade en sk ”kappa” och följande fyra artiklar:

- I Hernlund, E., Egenvall, A. & Roepstorff, L. (2010). Kinematic characteristics of hoof landing in jumping horses at elite level. *Equine Veterinary Journal. Supplement*, vol. 42 (38), pp. 462-467.
- II Hernlund, E., Egenvall, A., Peterson, M.L., Mahaffey, C.A. & Roepstorff, L. (2013). Hoof accelerations at hoof-surface impact for stride types and functional limb types relevant to show jumping horses. *Veterinary Journal*, vol. 198, pp. e27–e32.
- III Hernlund, E., Egenvall, A., Hobbs, S.J., Bergh, A., Peterson, M.L. & Roepstorff, L. Peak impact deceleration of the hoof on three surface conditions with comparison to a mechanical surface tester. A pilot study of jumping horses. (Manuscript)
- IV Hernlund, E., Egenvall, A., Hobbs, S.J., Peterson, M.L., Northrop, A.J., Bergh, A., Martin, J.H. & Roepstorff, L. Comparing subjective and objective evaluation of show jumping competition and warm-up arena surfaces. (Manuscript)

Under projekttiden har artikel nummer två blivit accepterad, nummer tre är under omarbetning och nummer fyra är i granskningsprocess (inskickad till en tidskrift för andra gången).

Den ursprungliga planen för den fjärde artikeln ändrades från att vara inriktad på att beskriva ett större antal banor till att studera färre banor men korrelera mätningarna till ett större antal subjektiva utvärderingar, utförda av internationellt rankade toppryttare. Detta på grund av att vi bedömde det ha en högre angelägenhetsgrad för att få accept och

förståelse för våra mätmetoder. Vi baserade också det beslutet på att bättre kunna öka både vår egen och avnämarnas förståelse genom att ställa högt hoppande ryttares uppfattningar mot mätningar med den utrustning som utvecklats. För att erhålla mer kunskap om banor på gräsrotsnivå och ryttarnas uppfattning har en inventering av 656 svenska ridbanor genomförts, där ryttarna också fått bedöma hur de uppfattar att optimala banegenskaper 'bör' vara under träning och tävling. Insamling av data för den tidigare planerade artikeln har fortsatt och totalt antal mätta banor uppgår idag till närmare 600 stycken (fler än planerat). Ett omfattande analysverktyg har tagits fram för dessa data och en plan för publikation är framtagen.

## SAMMANFATTNING AV AVHANDLINGEN

En av de faktorer som påverkar hur hästen presterar och som kan innebära skaderisker är underlaget som den tränas och tävlas på. Inom galopp- och travsport har banunderlag därför sedan länge varit ett område för vetenskaplig forskning. Inom ridsporten har tävlingsunderlag också länge varit en uppmärksam fråga, men då utan att det funnits objektivt stöd för olika uppfattningar. Underlagets potentiella skadeverkan i samband med tävling har uppmärksammats. Under OS i Aten 2004 drabbades tre hopphästar av akuta senskador inne på banan, som ledde till avlivning eller avslutad karriär. Skadorna kopplades samman med banunderlaget. Det resulterade i att det internationella ridsportförbundet FEI tog initiativ till vetenskaplig forskning för att öka förståelsen kring ridunderlag och att få fram kvalitets- och säkerhetsstandarder för tävlingsunderlag.

När hästens hov kolliderar med underlaget i samband med varje hovsättning uppstår krafter som påverkar vävnaderna i hästens ben. Till viss del uppstår en tillpassning till belastningen genom att vävnaderna blir starkare, till exempel blir skelettet tätare och mer hållfast. Vid viss mängd och intensitet av belastning kan istället skador uppstå. Hästens interaktion med marken i varje steg kan beskrivas som bestående av två överlappande kollisioner. Den första, när hoven med sin begränsade vikt slår i marken och snabbt bromsas upp ger inte så höga totala belastningar men ger en kraftig stöt som skickar vibrationer upp längs nedre delen av benet. Den andra kollisionen sker mellan hästens centrala kroppsmassa och marken via hoven. Hoven har vid det laget i princip bromsats upp. Vid den andra kollisionen uppstår mycket höga krafter. Under landning efter hinder på upp till 130 cm har belastningen på en framhov uppmätts till två gånger kroppsvikten, alltså cirka 1000 kg på en enda hov för en medelstor häst.

Det som komplicerar hur krafterna bestäms mellan häst och underlag är att underlaget svarar olika beroende på med vilken styrka och med vilken hastighet det belastas. Om man vill studera vad underlaget ger för svar, alltså vilka motkrafter som uppstår när hästen rör sig över det, måste man mäta underlaget genom att lägga på belastningar som efterliknar hästens två kollisioner. Hastigheten som hästen springer med, och vilken rörelse den utför, är ytterligare saker som påverkar hur kraftiga de båda kollisionerna blir.

Underlagets egenskaper kan delas in efter hur underlaget påverkar hästen i olika delar av steget. De beskriver hur underlaget "känns" för hästen och hur ryttaren upplever hästens prestation och kallas för underlagets *funktionella egenskaper*. För att hitta en mätmetod som på ett objektivt sätt kan utvärdera underlagets funktionella egenskaper krävs detaljerad kunskap om hur hästens interaktion med underlaget sker. Man måste förstå faktorer som påverkar interaktionen just för den sportdisciplin man är intresserad av och sedan efterlikna den belastningen på ett standardiserat sätt.

Det övergripande syftet med studierna i den här avhandlingen var att undersöka hästens interaktion med underlaget i situationer som är relevanta för hopphästar. Ett särskilt syfte var att använda den kunskapen för att tolka data från en mekanisk och objektiv underlagsmätare, the Orono Biomechanical Surface Tester (OBST), samt att föreslå sätt att vidareutveckla sådana mätmetoder.

För att studera på vilket sätt hästens hovar slår i marken i landningen efter hinder filmades hästar under elittävlingar på två olika underlag med höghastighetskamera. Hovarnas landningshastigheter, landningsvinklar och uppbromsningstid registrerades. Beräkningar från 64 hovlandningar från 39 hästar visade att landningshastigheterna var höga. De var högre än för travare i fullt tempo och nästan upp till

samma hastigheter som registrerats för fullblodsgaloppörer i tävlingstempo. Hastigheterna varierade påtagligt mellan de olika benen i landningen.

För att mäta och förstå vilken påverkan olika typer av steg (till exempel vanliga galoppsteg eller landningssteg) och ben (fram- eller bakben, inner- eller ytterben) har på hovens uppbromsning så användes accelerometrar (som mäter hastighetsförändringar) monterade på hovarna hos 5 hästar som galopperade och hoppade hinder av olika typ och höjd. Försöket visade att hovlandningen ser olika ut mellan galopp över plan mark, avsprång och landning, samt att de olika benen inom varje språng påverkar den vertikala och horisontella uppbromsningen. Avsprånget och frambenens landning gav upphov till kraftigast uppbromsning mellan hoven och underlaget. Försöket utfördes på två olika underlag, ett sand-fiberunderlag och ett med sand och träflis i topplagret. Sand-fiberunderlaget användes med två olika nivåer av vatteninnehåll. Sand-fiberunderlaget gav en större dämpning av hovuppbromsningen jämfört med sand-träflis och mer vatten ökade stötdämpningen ytterligare. Graden av hovuppbromsning i vertikal riktning, enkelt uttryckt stötdämpningen av underlaget mätt på hästarnas hovar jämfördes med ett motsvarande mått från underlagstestaren OBST. Det visade sig att OBSTn rankade banornas stötdämpning på samma sätt som hästmätningarna men att OBSTns mätningar var något högre.

För att undersöka funktionella egenskaper hos tävlings- och uppvärmningsbanor på internationella hopptävlingar av högsta nivå (4\* och 5\* FEI-tävlingar) genomfördes mätningar med OBSTn och tävlande ryttare fick bedöma underlaget. Tävlingarna var 9 stora tävlingar med totalt 25 banor. Banornas konstruktion och materialkomposition av topplagret beskrevs också. En jämförelse mellan de båda mätningarna visade tydliga samband mellan testmaskinens (OBST) mätningar och ryttarnas bedömning av viktiga funktionella egenskaper hos underlaget: ythårdhet, dämpning, grepp och elasticitet. För enhetlighet kunde ingen tolkningsbar koppling hittas. Den objektiva mätmetoden kunde därför konstateras vara relevant för hur underlaget bedöms av toppryttare inom hoppporten.

För att kunna koppla skadeuppkomst och prestation hos hästar till underlagens egenskaper behövs en metod för att jämföra underlag på ett objektivt sätt. Metoden ska vara relevant både jämfört med de belastningar som uppstår mellan hästen och underlaget inom den aktuella sportdisciplinen men också vara relevant för sportutövarnas uppfattning om underlagets prestation. I den här avhandlingen presenteras användandet av en sådan metod med jämförelse till hästens och underlagets interaktion samt ryttarbedömningar. I framtiden kan kartläggning av funktionella egenskaper hos underlag kopplas till registrering av skador för att möjliggöra att bättre och säkrare underlag.

Internationella presentationer för forskningsinriktad publik:

- Session chair for Surface session on International Conference on Canine and Equine Locomotion, London 2016, EH
- Poster presentation International Conference on Canine and Equine Locomotion, London 2016, EH
- Forskningspresentation Materials For Tomorrow, International research congress, Chalmers Technical University. Equestrian sport surface testing, -using biological knowledge for development of technical test equipment. 2014.
- Inbjuden talare på International Conference on Veterinary Rehabilitation and Physical Therapy.
- 

PUBLISERADE ARTIKLAR (från forskningsprojektet)

- Kinematic characteristics of hoof landing in jumping horses at elite level. Hernlund E, Egenvall A, Roepstorff L. Equine Vet J Suppl. 2010 Nov;(38):462-7. doi: 10.1111/j.2042-3306.2010.00187.x.

- Variation in training regimens in professional showjumping yards. Lönnell AC, Bröjer J, Nostell K, Hernlund E, Roepstorff L, Tranquille CA, Murray RC, Oomen A, van Weeren R, Bitschnau C, Montavon S, Weishaupt MA, Egenvall A. Equine Vet J. 2014 Mar;46(2):233-8. doi: 10.1111/evj.12126. Epub 2013 Aug 29.
- Hoof accelerations at hoof-surface impact for stride types and functional limb types relevant to show jumping horses. Hernlund E, Egenvall A, Peterson ML, Mahaffey CA, Roepstorff L. Vet J. 2013 Dec;198 Suppl 1:e27-32.
- Days-lost to training and competition in relation to workload in 263 elite show-jumping horses in four European countries. Egenvall A, Tranquille CA, Lönnell AC, Bitschnau C, Oomen A, Hernlund E, Montavon S, Franko MA, Murray RC, Weishaupt MA, Weeren vR, Roepstorff L. Prev Vet Med. 2013 Nov 1;112(3-4):387-400. doi: 10.1016/j.prevetmed.2013.09.013. Epub 2013 Sep 30
- Effect of superficial harrowing on surface properties of sand with rubber and waxed-sand with fibre riding arena surfaces: a preliminary study. Tranquille CA, Walker VA, Hernlund E, Egenvall A, Roepstorff L, Peterson ML, Murray RC. Vet J. 2015 Jan;203(1):59-64. doi: 10.1016/j.tvjl.2014.10.027. Epub 2014 Oct 27.

The effect of varying cushion depth on dynamic loading in shallow sand thoroughbred horse dirt racetracks. Mahaffey CA, Peterson ML, Roepstorff L. Biosystems Engineering 114, 2, 178-186

#### MANUSKRIFT (under review eller slutgiltigt inskickande)

- Peak impact deceleration of the hoof on three surface conditions with comparison to a mechanical surface tester. A pilot study of jumping horses. (In review at the Journal of Equine Veterinary Sciences). Hernlund, E., Egenvall, A., Hobbs, S.J., Bergh, A., Peterson, M.L. & Roepstorff, L.
- Comparing subjective and objective evaluation of show jumping competition and warm-up arena surfaces. Hernlund, E., Egenvall, A., Hobbs, S.J., Peterson, M.L., Northrop, A.J., Bergh, A., Martin, J.H. & Roepstorff, L. (In final reprocessing before submission to the Veterinary Journal)
- MANUSKRIFT UNDER BEARBETNING
- Survey of equestrian sport surfaces in Sweden. Egenvall, A., Hernlund, E., Lundholm, M., Roepstorff L (manuscript).

## 2. Populärvetenskaplig förmedling

Ett mycket omfattande arbete med populärvetenskaplig dissemination har genomförts och fortsätter. Det innehåller både publikationer som vi själva tagit fram samt artiklar inom bransch och dagspress som vi bidragit till och granskat

### POPULÄRVETENSKAPLIGA PUBLIKATIONER

Ett mycket stort arbete ligger bakom guiden till ridunderlag som Elin Hernlund tagit fram tillsammans med huvudförfattaren Cecilia Lönnell. Den är en gratis e-bok som finns på nätet.



Ridunderlag - en guide,  
[www3.ridsport.se/ImageVaultFiles/id\\_44011/cf\\_559/SvRF\\_Ridunderlag\\_2015\\_LR\\_uppslag.PDF](http://www3.ridsport.se/ImageVaultFiles/id_44011/cf_559/SvRF_Ridunderlag_2015_LR_uppslag.PDF)



Equestrian surfaces – a guide (engelsk översättning),  
[www.fei.org/system/files/Equestrian\\_Surfaces-A\\_Guide.pdf](http://www.fei.org/system/files/Equestrian_Surfaces-A_Guide.pdf)



Equine Surfaces White paper,  
[www.fei.org/system/files/Equine%20Surfaces%20White%20Paper.pdf](http://www.fei.org/system/files/Equine%20Surfaces%20White%20Paper.pdf)

Technical Bulletin #3 for Track Surface Education  
**Loading of the Hind Hoof Track Loading**  
Lars Roepstorff DVM, Ph.D. and Michael “Mick” Peterson, Ph.D.  
[www.racingsurfaces.org/whitepapers/Bulletin3.pdf](http://www.racingsurfaces.org/whitepapers/Bulletin3.pdf)

Technical Bulletin #1 for Arena Surface Education  
**Equestrian Surfaces Part I - Sand Specifications**  
Maren Stavermann, Ph.D and Elin Hernlund, D.V.M Ph.D.  
[www.racingsurfaces.org/whitepapers/ArenaBulletin1.pdf](http://www.racingsurfaces.org/whitepapers/ArenaBulletin1.pdf)

#### ARTIKLAR INOM BRANSCH-, DAGSPRESS OCH DIGITALA MEDIER:

- Göteborgsposten: <http://www.gp.se/sport/så-kan-skador-på-hopphästar-minskas-1.2326654>
- HippiSon: <https://www.hippiSon.se/tags/elin-hernlund>
- HippiSon; <https://www.hippiSon.se/tags/lars-roepstorff>
- Filmad intervju: <https://www.youtube.com/watch?v=X17yTdl-B80>
- HästSverige: <http://www.hästSverige.se/underlag-for-hoppning.html>
- Eurosport Sports excellence:  
[https://www.youtube.com/watch?v=so6Fg9\\_IOPI&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=so6Fg9_IOPI&feature=youtu.be)

#### SEMINARIER, KURSER OCH PRESENTATIONER

- Göteborg, Scandinavium, kurs 2015 LR+EH
- Amsterdam, Veterinärkonferens, 2015, LR
- Bonn, Tyskland, kurs, 2015, LR
- Stig H Akademien, 2016 LR och EH
- UC Davies, USA, 2016, LR
- ”Horses inside out”, konferens, England, 2016, LR
- Almedalsveckan, Gotland, 2016, LR

- Jönköping Elmia, seminarium, 2016, LR
- Solvalla, banpersonal trav, seminarium 2016, LR
- Göteborg, Scandinavium, seminarium, 2017, LR
- Solvalla, ban- och anläggningspersonal trav, seminarium 2017, LR
- Populär forskningspresentation av projektet vid invigningen av VHC-byggnaden vid SLU 2014, EH
- Föreläsningar för Norska Dressyrlandslaget 2015, EH
- Hippocampus 2015. Underlagets betydelse för sporthästar, EH

### 3. Förmedling av resultat inom utbildningar

- Utbildning för hästbranchföretagare inom yrkesutbildningen i Skara (BYS) 2017, EH
- Utbildning om underlagets betydelse för framtida svenska veterinärer inom veterinärprogrammets kurs klinisk anatomi VM0086.
- Vidareutbildning om underlagets betydelse för svenska veterinärer på ”vinterkursen” Sundsvall 2014
- Vidareutbildning om underlagets betydelse för norska veterinärer på Gardemoen 2014
- Vidareutbildning om banunderlagets betydelse för svenska banveterinärer 2015, Solvalla
- Tränarkonventet, utbildning för tränare inom hopp och dressyrsport. 2016

### 4. Specifik förmedling för aktörer inom sportens (t.ex tävlingsarrangörer och FEI)

#### NATIONELLT OCH INTERNATIONELLT SAMARBETE MED AVNÄMARE

Ett nära samarbete med Svenska Ridsportförbundet sker i en särskild referensgrupp för underlag inom SvRF där Elin Hernlund och Lars Roepstorff representerar SLU och dess forskning inom området. Denna grupp ligger bakom produktionen av ”Ridunderlag – en guide” som har uppdaterats en gång med ett nytt kapitel om gräs. Gruppen arbetar för närvarande med en videoproduktion för instruktioner kring banskötsel.

En direkt effekt av det forskningsarbete som genomförts inom detta projekt är att Elin Hernlund och Lars Roepstorff deltog i förberedelser och kontroll av underlaget vid World Equestrian Games i Normandie 2014 och LR inför och i samband med Olympiaden i Rio de Janeiro 2016.

Den internationella verksamheten sker i samverkan med forskarkollegor i Storbritannien och USA. Det huvudsakliga arbetet är inriktat på att färdigställa en officiell standard som i detalj styr hur banor skall mätas avseende funktionella egenskaper och sker på uppdrag av internationella ridsportförbundet (FEI).

Representanter från forskargruppen har deltagit i två större workshops på FEI's huvudkontor i Schweiz, Lausanne under 2016 och 2017. Vi är för närvarande engagerade i både kommande EM tävlingar för ridsport i Göteborg och World Equestrian Games i Tryon, USA 2018.

Internationellt sker också samarbete med och utbildning av personal på Labosport som är

ett världsomspännande ackrediterat laboratorium för underlag på bl a friidrotts- och fotbollsarenor. Syftet är att detta laboratorium skall kunna ge service enligt tidigare nämnd standard internationellt.

Den kanske enskilt nationellt viktigaste verksamheten för närvarande är lanseringen av Hästnäringens Test- och Rådgivningscentrum för Banunderlag (HTRB)

<https://hastnaringen.se/det-har-gor-vi/hasten-i-fokus/kvalitetsakring-av-banunderlag/> .

Detta är en non-profit organisation som skapats genom ett samarbete mellan SLU och Hästnäringens Nationella Stiftelse och som kan serva hela hästsverige med rådgivning och testning av banunderlag. Organisationen har redan börjat sin verksamhet och är en direkt omsättning av forskningsresultat i praktisk verksamhet som kan hjälpa svensk hästnäring på praktiskt sätt. Stiftelsen stöttar verksamheten ekonomiskt och administrativt och SLU bidrar med kompetens och utrustning.

## BILAGOR

### Abstract och grafer från artikel 3 bifogas:

**Abstract:** Studying how horses' discipline-specific movements and surface specifications such as material composition and water content affect the hoof-surface impact would increase knowledge of the specific mechanical challenges at the hoof-surface interphase. Test equipment used for surface assessment needs to be compared to on-horse recordings.

The maximum vertical decelerations during hoof-surface impact were measured using hoof mounted accelerometers on five horses that cantered towards and jumped fences (90-130 cm) on a sand- woodchip and on a sand-fibre surface, the later with two levels of water content. Results from mixed models, where 4558 hoof impacts were included, showed that the surfaces' effects was significant for the different actions from the horses on the surfaces, i.e. differing with limb types (lead- ing, non-leading, fore and hind limb) and stride types (canter, take-off and landing). The sand-fibre surface with the highest water content produced the lowest impact decelerations comparing within limbs and stride types. The 5% water content decrease (from 25 to 20%) in the sand-fibre surface was associated with a 27-28% increase in hoof impact decelerations comparing within limb. Com- paring within stride type the increase in hoof impact decelerations for the drier arena condition was 25 and 29% for the normal and landing stride. The surfaces were also measured with a mechanical surface tester recording the maximum vertical deceleration as a metal hoof impacted the surface. Results from the surface tester agreed with the horse measurements comparing between surfaces. Arena mean values were higher than the means from on-hoof recordings but below maximal on- hoof observations.

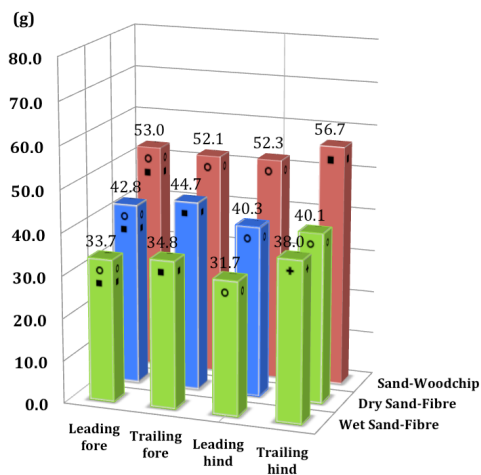


Figure 3. Back-transformed least square means for maximum vertical deceleration in g from the mixed model for the interactive effect of limb and arena, controlling for stride type (n = 4558). Different colours indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) between arenas within a limb (compared from front to back in the line for each limb). Different symbols on columns indicate significant ( $P < 0.05$ ) differences between limbs within an arena (compared from left to right within each of the three rows). Transformed/original least square means were 3.46-4.04 and their standard errors were 0.052-0.068.



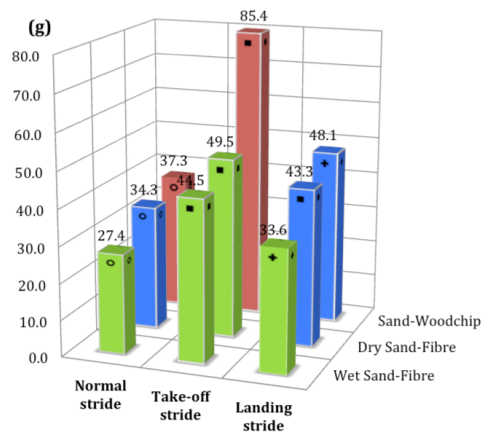
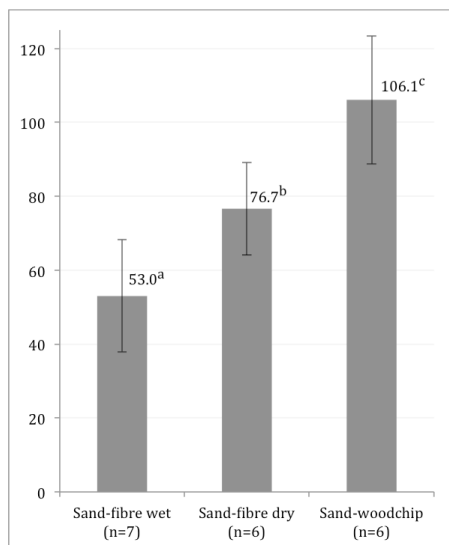


Figure 4. Back-transformed mixed models least square means for maximum vertical deceleration in *g* for the interactive effect of stride type and arena, controlling for limb ( $n = 4558$ ). Different colours indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) between arenas within a stride type (compared from front to back in the line for each limb). Different symbols on columns indicate significant ( $P < 0.05$ ) differences between stride types within an arena (compared from left to right within each of the three rows). Random variation (horse–rider combination and repetition within arena) was 2.5%. Transformed/original least square means were 3.31–4.45 and their standard errors were 0.049–0.071.

Figure 5. Means for the maximum vertical deceleration from the Orono Biomechanical Surface Tester in *g* presented per arena. Significant differences between arenas ( $P < 0.05$  Student’s T-test) is indicated by different letters. Standard deviations are given by error bars.



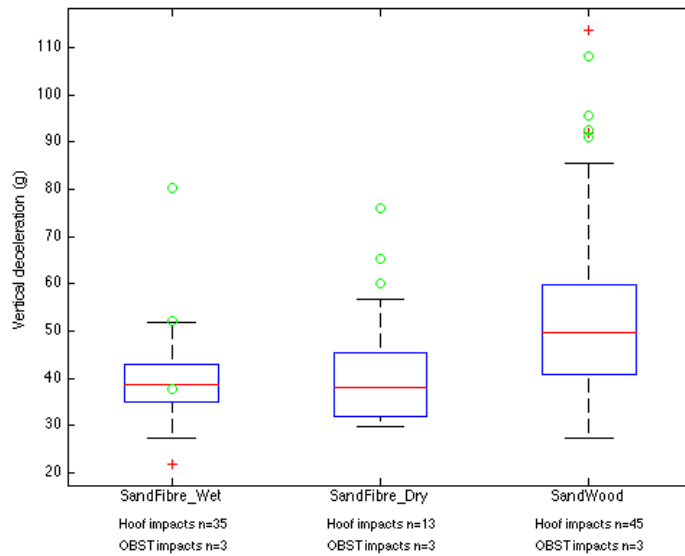


Figure 6. Peak vertical decelerations from landing strides in (g) from hoof-mounted accelerometers are presented as standard boxplots per arena. On each box, the central mark is the median, the edges of the box are the 25th and 75th percentiles, the whiskers extend to the most extreme data points not considered outliers, and outliers are plotted individually. Peak vertical deceleration from the Orono Biomechanical Surface Tester in g is plotted as green circles on top of the boxplots for each arena. OBST measurements were made in the landing area.

## Abstract från artikel IV bifogas

### Abstract

The development of safety and quality standards for equestrian surfaces needs to be based on objective repeatable measurements which allow comparisons between surfaces. These measurements should incorporate assessment of surface performance by riders. This study provides data from objective and subjective assessment of functional properties of high-level show jumping competition and warm-up arenas. Twenty-five arenas in nine international show jumping events were evaluated by mechanical in-situ testing with a surface tester, rider assessment using visual analogue scales (198 riders provided 749 arena evaluations), description of arena construction and by laboratory tests of surface material. Mixed models were used to present subjective evaluation of rider perception of the functional properties for each arena while controlling for rider and event. The association between objective and subjective assessments were also explored creating mixed models, controlling for rider and event. Results highlighted that mechanical measurements of impact firmness, cushioning, grip and responsiveness have a significant association to the rider's perception of these properties. Objectively measured uniformity showed no useful association to riders' perception. This could be due to limitations in the study design. Even though arena assessments were made by top level riders, a non-negligible inter-rider variation was found. This warrants the use of an objective method for standardized arena comparison.