



Slutrapport

Hästsparksenergi – underlag för dimensionering av stallinredning och byggnadskonstruktioner

Projektnummer: H-14-47-006

Projektperiod: 2015-2018

Huvudsökande:

Madeleine Magnusson, Institutionen för Biosystem och teknologi, SLU,
madeleine.magnusson@slu.se

Medsökande:

Rebecka Häggström, Institutionen för Biosystem och teknologi, SLU

Del 1: Summary

The aim of the study was to get basic data for testing impact energy resistance of stable fittings and building elements. The goal was to quantify potential impact energy of horse kicks in order to elucidate the implication of “sufficient strength to resist horse kicks”, which is demanded by law. The hoof velocity during kicks was measured with help of accelerometer with gyroscope fixed on the rear hooves. Horses were provoked to kick, and data from three different horses analyzed. Maximum hoof speed was between 5.8 and 16 m/s, probably can horses kick even faster. Previous studies have shown that the impact resistance of stable fittings should be 150 Ns. We do not know if and how high hoof speed affect the force impact and duration of a horse kick. To calculate correct impact energy further studies is needed and hoof speed, force impact and duration of the horse kick should be measured on the same kick.

Projekt har fått finansiering genom:



Del 2: Rapporten

Inledning

Hästar kan skada sig på inredning i deras närmiljö, tex. kan skador uppkomma då de sparkar och fastnar i galler i boxmellanväggar. Det står angivet i djurskyddsmyndigheternas föreskrifter om allmänna råd om hästhållning (DSM, 2007) att tillverkningsmaterial i boxväggar, boxdörrar och skiljeväggar mellan spiltor ska ha tillräcklig hållfasthet för att stå emot hästsparkar. För att förhindra att hästar ska skada sig på inredningsdetaljer, är det viktigt att ta fram underlag till en provningsmetod av konstruktioners förmåga att motstå stötförlopp motsvarande belastning från en reell hästspark.

Anslagsenergin vid en hästspark kan erhållas genom mätning av hastigheten hos en hästhov vid en hästspark samt uppgifter om impulsen vid anslag. I tidigare studier (von Wachenfelt, Nilsson and Ventorp, 2013) har man registrerat den kraft som en boxmellanvägg blivit utsatt då häst sparkade mot den och den tid som kraften verkade mot väggen och på så sätt tagit fram impulsvärden som orsakades i anslaget av en spark. I studien fanns ingen registrering av hovens hastighet vid anslaget. De uppmätte ett högsta impulsvärde på 131 Ns och beroende på vilken hastighet man räknar med vid tillslaget så kan anslagsenergin variera mellan 225 J och 750 J vid en hastighetsökning mellan 3 och 10 m/s. Därför är det av intresse att undersöka hastigheten hos en hästhov vid en hästspark.

Målet med projektet var att kvantifiera hovens hastighet vid en hästspark och därefter beräkna belastningen från en hästsparkers anslagsenergi på inredning och byggnadskonstruktioner.

Material och metoder

Mätning av hovens acceleration vid utspark

Mätningar av hovens acceleration vid utspark gjordes med hjälp av rörelsesensorer med inertialsystem som mäter accelerationen i 3-D, ProMove-mini Wireless Inertial Sensing Platform (Inertia-technology, Enschede, The Netherlands). Sensorer placerades mitt på framsidan av båda bakhovarna i höjd med kronranden (figur 1). För att kontrollera att sensorerna fungerade placerades kontrollmätare på framsidan av skenbenen på båda bakbenen. Sensorerna sattes fast på bakbenen med hjälp av elastisk självhäftande bandage. Sensorerna placerades på liknande sätt vid samtliga mätningar. Sensorerna samlade in data med 200 Hz för High-g accelerometer (Range $\pm 400g$) och Gyroscope (Range ± 2000 °/s). Accelerationen uppmättes i 3 riktningar i ett koordinatsystem i förhållande till sensorn.



Figur 1. Placering av rörelsesensorer på framsidan av hästens bakben.

Hästar

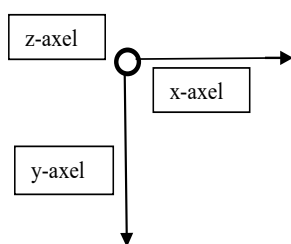
Studien hade etiskt godkännande Dnr M13-16, Malmö-Lunds regionala djurförsöksetiska nämnd.

Hästarna rekryterades på grund av sin benägenhet att sparka tex vid utfodring eller när en häst kom in i boxen bredvid eller vid brunst mm.

Mätningar genomfördes på fem olika hästar som hade en mankhöjd mellan 147 och 167 cm, vägde mellan 355 och 625 kg och var sparkbenägna i olika situationer. Hästarna sparkades då de provocerades genom att andra hästar utfodrades, andra hästar lämnade stallet, nya hästar placerades i boxen bredvid, genom att lyfta hoven eller att icke brunstigt sto presenterades för hingst. I samband med mätningarna filmades hästarna med filmkamera (Iphone7, Apple) för att kunna identifiera uppmätt spark.

Beräkning av hovens hastighet baserad på uppmätt acceleration

Accelerometrarna ProMove-mini mäter upp all acceleration som påverkar dem, och detta innefattar gravitationen som påverkar dem med en acceleration på 9.81 m/s^2 mot jordens mitt. För att få fram den korrekta accelerationen och följaktligen hastigheten på hoven har data kompenserats för detta. Accelerometrarna mäter accelerationen utifrån ett koordinatsystem som utgår från sensorn, och alltså är ett rörligt koordinatsystem i förhållande till jorden. För att kunna dra bort jordaccelerationen från den uppmätta accelerationen och få fram den sanna hastigheten har koordinatsystemet roterats till ett fast koordinatsystem för rummet där mätningen sker. Det fasta koordinatsystemet definieras i första hand efter gravitationen så att z-axeln är parallell med gravitationen, x-axel och y-axel är horisontella i ortogonal riktningen mot varandra (figur 2).



Figur 2. Rörelseriktning vid mätning av accelerationen i 3D.

För varje mätning börjar data som används vid en tidpunkt i mätningen då accelerometern är stilla. Då är den enda acceleration som påverkar sensorn gravitationen. Med den informationen så vet man för den tidpunkten relationen mellan det fasta och rörliga koordinatsystemet. Sensorerna innehåller också gyroskop, som mäter rotationshastigheter för sensorn kring de tre av sensorn definierade axlarna. Denna information används för att fortsätta veta relationen mellan de två koordinatsystemen. Från denna information kan en rotationsmatris, R , skapas som överför en uppmätt acceleration från ett koordinatsystem till ett annat enligt:

$${}^A a = {}^B_A R \cdot {}^B a$$

där ${}^A a$ är accelerationen i koordinatsystem A, ${}^B a$ är accelerationen i koordinatsystem B, och ${}^B_A R$ är rotationsmatrisen från koordinatsystem B till A. För varje ny mätning uppdateras rotationsmatrisen med hjälp av rotationshastigheten för att ge en korrekt överföring när sensorn rör på sig. Metoden som användes till detta finns mer ingående beskriven i (Valenti, Dryanovski and Xiao, 2015). Därefter roteras accelerationen och gravitationen, $g = [0, 0, 9.81]$, dras ifrån för att få accelerationen som faktiskt ger en hastighet. Accelerationen integreras därefter numeriskt med trapetsmetoden med MATLABs funktion "cumtrapz" (MATLAB R2018a) för att ge hastigheten i de tre riktningarna.

För att få en korrekt hastighet är det viktigt att starttiden för förloppet väljs från en tidpunkt då sensorns hastighet och acceleration är känd. Lättast är det när sensorn är stilla. För de sparkar som dessutom slutade med hoven stilla så har detta också tagits hänsyn till för att ge ett mer tillförlitligt resultat.

Data lästes in i MATLAB och alla algoritmer och plottar är gjorda MATLAB (R2018a). Hastigheten för varje enskild axel i det fasta koordinatsystemet, så väl som storleken på den resulterande hastigheten beräknas och plottas över förloppstiden.

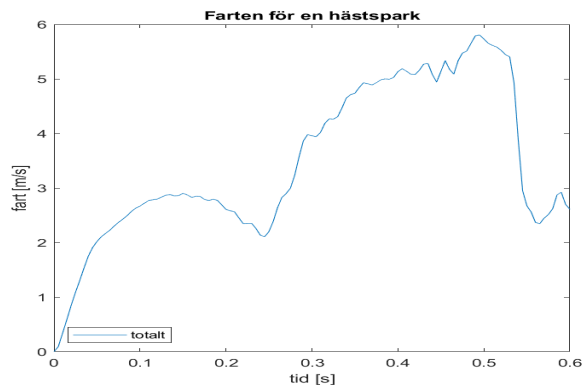
Resultat och diskussion

Sparkhastighet

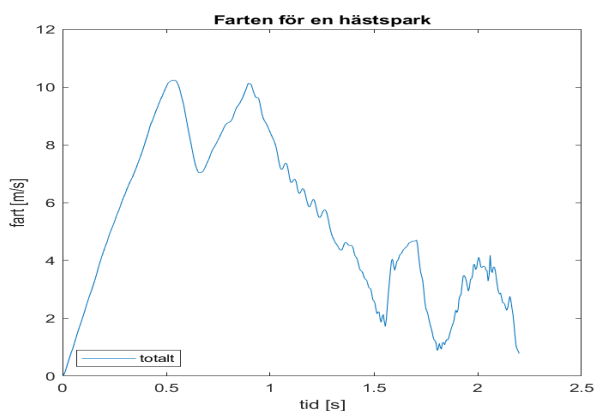
Totalt identifierades i det insamlade materialet 29 sparkar. För att sparkarna skulle kunna analyseras behövdes det tydligt framgå av mätdata vad nollvärdet var då hästen höll hoven stilla före spark eller att nollvärdet kunde identifieras via film. För att inte störa hästarna när de provocerades filmades de på avstånd. Hästar som stod inne i box vid provokation filmades inte så att hovarna syntes, utan spark identifierades via hästens position, rörelse och ljud. Totalt kunde ett säkert nollvärde före spark endast bestämmas för 6 utav sparkarna. De utfördes av tre utav hästarna, häst A, B och C.

Resultaten av de 6 analyserade sparkarna (figur 3-8) visar att sparkarna hade en maxfart mellan 5,8 och 16,0 m/s.

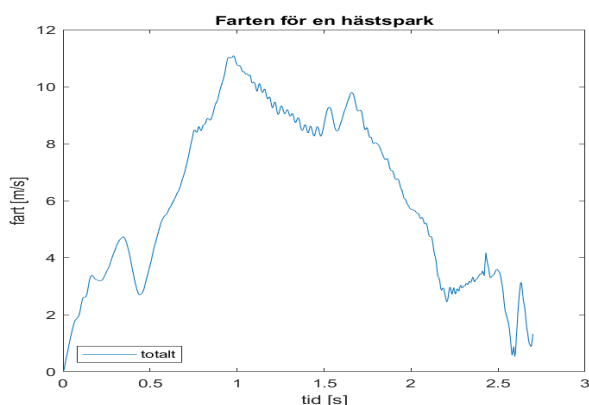
Häst A var ett sto av fullblodstyp, 147 cm i mankhöjd, ca 355 kg och som sparkade då man skulle lyfta bakhoven. Hästen sparkade fritt i luften. Fyra sparkar kunde analyseras (figur 3-6). De beräknade maxfarten vid de fyra sparkarna varierade mellan 5,8 och 11,0 m/s.



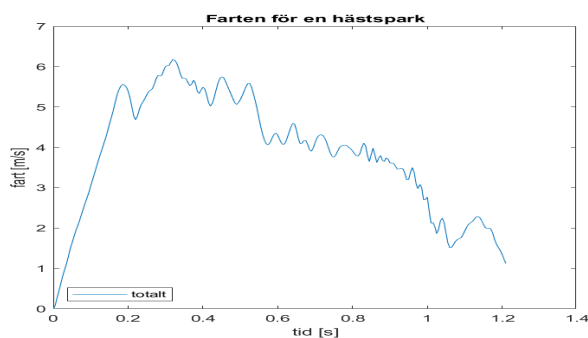
Figur 3. Beräknad maxfart (m/s) efter uppmätt acceleration i 3D på bakhov vid spark 1 av häst A.



Figur 4. Beräknad maxfart (m/s) efter uppmätt acceleration i 3D på bakhov vid spark 2 av häst A.

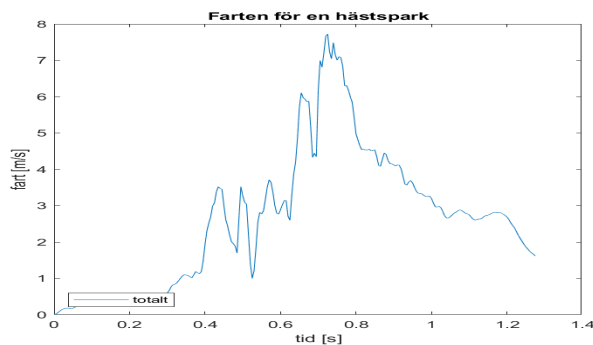


Figur 5. Beräknad maxfart (m/s) efter uppmätt acceleration i 3D på bakhov vid spark 3 av häst A



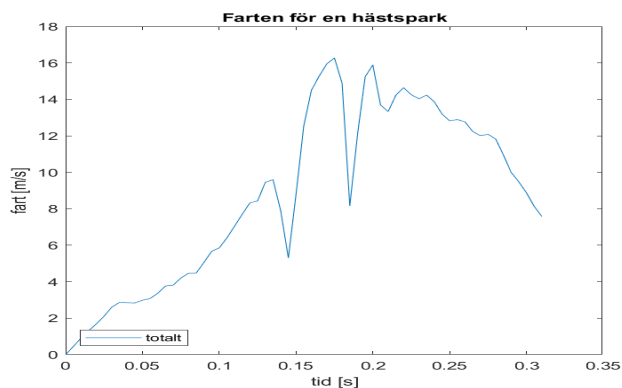
Figur 6. Beräknad maxfart (m/s) efter uppmätt acceleration i 3D på bakhov vid spark 4 av häst A

Häst B var en halvblodsvalack med en mankhöjd på 167 cm, ca 570 kg och som sparkade i boxväggen då en ny häst placerades i grannboxen. En spark kunde analyseras (figur 7). Uppmätt maxfart vid sparken var ca 7,7 m/s.



Figur 7. Beräknad maxfart (m/s) efter uppmätt acceleration i 3D på bakhov vid spark av häst B.

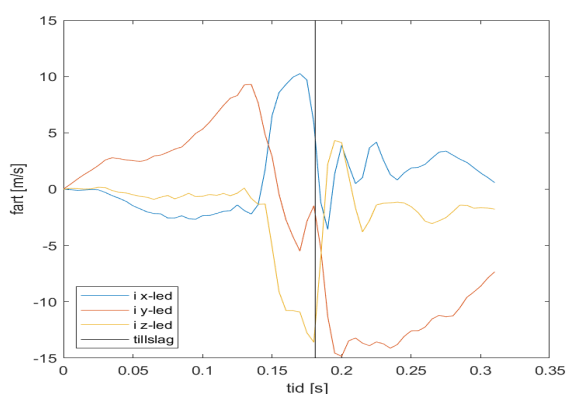
Häst C var ett icke brunstigt halvblodssto med en mankhöjd på 167 cm, ca 625 kg och som sparkade i boxväggen då hon presenterades för en hingst genom att ledas fram till hans box. En spark kunde analyseras (figur 9). Uppmätt maxfart vid sparken var 16,0 m/s.



Figur 8. Beräknad maxfart (m/s) efter uppmätt acceleration i 3D på bakhov vid spark av häst C.

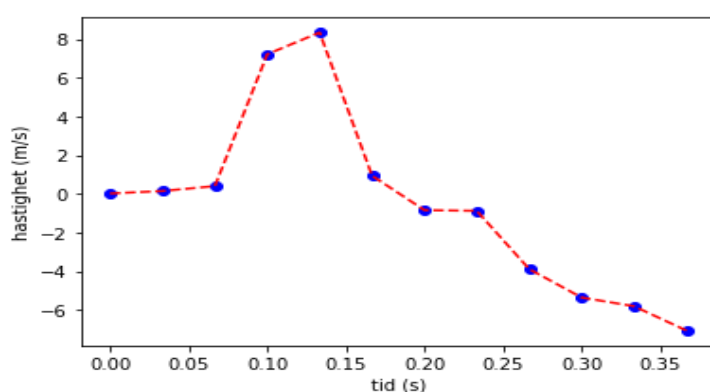
Hästarna sparkade på olika sätt och hästhovens rörelse är inte densamma i varje spark. Häst A sparkade efter det att man lyft benet och sparkade rakt ut i luften och träffade aldrig någon vägg, medan häst B och C sparkade från marken och träffade en vägg. I några fall kan det i ett diagram registrerats två sparkar som följts direkt efter varandra. Oavsett vilket så har farten på hoven under sparken beräknats och då maxfart har uppmätts är det rimligt att anse att den skulle kunna ha träffat en vägg just i det ögonblicket när hoven hade den högsta farten.

Mer korrekt är att studera hovens hastighet i sparkriktningen. Sparken av häst C (figur 8) var visuellt mer explosiv än de övriga uppmätta sparkarna. Här uppmättes en maxhastighet på cirka 10 m/s i y-led (figur 9).



Figur 9. Beräknad totalhastighet (m/s) efter uppmätt acceleration i tre riktningar för bakhov vid spark av häst C.

I figur 10 visas den beräknade hastigheten utifrån en befintlig dokumentationsfilm från den kraftigaste sparken från häst C. Denna underskattar dock troligen hastigheten starkt, varför sparkens hastighet behöver registreras med mer avancerad kamerametodik.



Figur 10. Beräknad hastighet (m/s) i y-led extraherat från position i dokumentationsfilm för bakhov vid spark av häst C.

Hastigheten i sparken från häst C på 10 m/s är i samma storleksordning som von Wachenfelt et al. (2013) redovisade. Här drog man slutsatsen att en boxvägg bör tåla en impuls på 750 J för en spark, vilket är fullt rimligt utifrån de hastigheter som uppmätts i detta projekt.

I en helt ny studie fann man att gångarter kan analyseras med hjälp av analys genom kamerabaserad teknik (Elander, 2022) och videoanalysteknik har även visats lovande för analys av hästsparkar (Fürst et al. 2016).

Metoddiskussion

Metoden att mäta med accelerometrar på hoven för att beräkna hastigheten fungerade men bör kompletteras med filmning så att man ser sparkförloppet och kan ange ett nollvärde för beräkningarna. Att vi inte kunde definiera ett nollvärde i nära anslutning till sparken gjorde att många av våra mätningar inte gick att analysera. Det är också svårt att provocera fram mycket kraftiga sparkar då det finns en risk att hästarna skadar sig själv eller andra. Hästarna kände också antagligen av vår närvaro, häst A och B reagerade enligt sina skötare inte lika kraftigt på provokationerna som de brukade göra i vardagliga situationer.

Varje spark är dock unik och beroende på var och hur i utsparken som hästen träffar tex. boxmellanväggen påverkas riktning vid träff, vinkel på hoven och anslagsytans storlek, vilket i sin tur påverkar anslagstiden och kraftens storlek. För att få trovärdiga värden på anslagsenergin bör mätningar av hastighet, kraft och anslagstid mätas på samma spark alternativt behövs ett stort antal mätningar för att ge användbara medelvärden. I denna studie provocerade vi hästarna för att få fram kraftiga och snabba sparkar. Visuellt mindre, inte så kraftiga och långsamma sparkar har inte analyserats. Resultaten visar således endast exempel på vilka sparkhastigheter som kan förekomma, och att den kan vara upp till minst 10 m/s. För en framtida testmetod behöver mätningarna kompletteras med en kamerabaserad metodik, med kapacitet för det snabba förlopp som en hästspark har.

Hastighetens påverkan på anslagsenergi

Den parameter som avgör en konstruktions motstånd mot hästsparkar är sparkens anslagsenergi. Vid en given impuls (I) varierar energin (E) beroende på hovens hastighet (v) vid stöt, enligt formeln $E = I * v/2$. Von Wachenfelt, Nilsson och Ventorp (2013) mätte i sin studie 472 sparkar från 500-660 kg tunga hästar som hade en kraft på > 100 N. De uppmätte ett högsta impulsvärde på en spark till 131 Ns. De menar att med en viss säkerhetsmarginal bör därför inredningen för hästar upp till 700 kg kunna motstå en impuls på 150 Ns. De uppmätte inte hovhastigheten i sina studier, men har i sin diskussion antagit att en hovhastighet vid tillslag på 10 m/s skulle kunna förekomma och att då bör inredningskonstruktioner för hästar upp till 700 kg stå emot en anslagsenergi på 750 J.

Ovanstående resonemang med en hovhastighet på 10 m/s tycks inte vara orimligt med tanke på de hastigheter som vi uppmätt i denna studie. Vi vet dock inte om och hur hög hovhastighet vid anslag påverkar kraft och anslagstid. Därför bör man i fortsatta studier

registrera kraft, anslagstid och hovhastighet i samma spark för att beräkna korrekt anslagsenergi.

Slutsatser

Målet med undersökningen var att kvantifiera hovens hastighet vid en hästspark. Mätningarna visar att en hästspark kan uppnå en hastighet på 10 m/s. Troligen kan hästar sparka ännu fortare än vad som uppmätts i denna studie.

Baserat på tidigare resultat och detta projekt så bör en boxvägg dimensioneras för att tåla 750 J för att tåla en spark ifrån en stor häst.

För att kunna fastställa vilka hållfasthetskrav vi behöver ställa på inredning och byggnadskonstruktioner i häststall är det viktigt med fortsatta studier där kraft, anslagstid och hovhastighet registreras samtidigt i varje enskild spark så att korrekta anslagsenergier kan beräknas.

Nytta för näringen och rekommendationer

Boxväggar eller boxdörrar samt skiljeväggar mellan spiltor ska vara utformade så att så att skaderisken minimeras. Tillverkningsmaterial ska ha tillräcklig hållfasthet för att stå emot hästsparkar. Tidigare studier (von Wachenfelt, Nilsson och Ventorp, 2013) har visat att inredningen bör kunna stå emot ett impulsvärde på 150 Ns. Med hastigheter på 10 m/s i deras material så skulle inredningen behöva kunna stå emot en anslagsenergi på 750 J. Vidare studie behövs dock där anslagshastighet, anslagstid och kraft registreras samtidigt i varje enskild spark för att studera hur anslagsenergin påverkas och vilka anslagsenergier som uppnås.

Referenser

- DSM. 2007, *Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om hästhållning*. Djurskyddsmyndigheten (Jordbruksverket), DFS 2007:6. Saknr L101.
- Elander, E. 2022. *Gait phase identification of the equine gait walk and trot using both wearable and camera-based technologies*. Master Thesis in Electrical Engineering, Chalmers, Gothenburg, Sweden. 46 p.
- Fürst, A., L. D. Galuppo, C. E. Judy, J. Auer & J. R. Snyder. 2016. Evaluation of the Tekscan F-SCAN system for measurement of the kicking force in horses. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 158(9):623-629. DOI: <https://doi.org/10.17236/sat00082>
- Kimm, D. & Thiel D.V. (2015) Hand speed measurements in boxing. 7th Asia-Pacific congress on sport technology, APCST 2015. *Procedia Engineering*. 112, 502-506.
- MATLAB, R2018a, The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, United States.
- Sakamoto, K., Sasaki, R., Hong, S., Matsukura, K. & Asai, T. (2014) Comparison of kicking speed between female and male soccer players, *Procedia Engineering*. 72, 50–55.
- Valenti, R. G., Dryanovski, I. & Xiao, J. (2015) Keeping a good attitude: A quaternion-based orientation filter for IMUs and MARGs, *Sensors (Switzerland)*, 15(8), 19302–19330.
- Von Wachenfelt, H., Nilsson, C. & Ventorp, M. (2013) Measurement of kick loads from horses on stable fittings and building elements, *Biosystems Engineering*. IAgRE, 116(4), 487-496.
- Witte, T. H., Hirst, C. V. & Wilson, A. M. (2006) Effect of speed on stride parameters in race-horses at gallop in field conditions, *Journal of Experimental Biology*, 209(21), 4389–4397.

Del 3: Resultatförmedling

Vetenskapliga publiceringar	Planerad publicering: ”short communication” i en vetenskaplig tidskrift. Preliminär titel: How fast is a horse kick?
Övriga publiceringar	Faktablad-SLU. Hästsparkseenergi – underlag för dimensionering av stallinredning och byggnadskonstruktioner
	URL:en http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-p-116367