

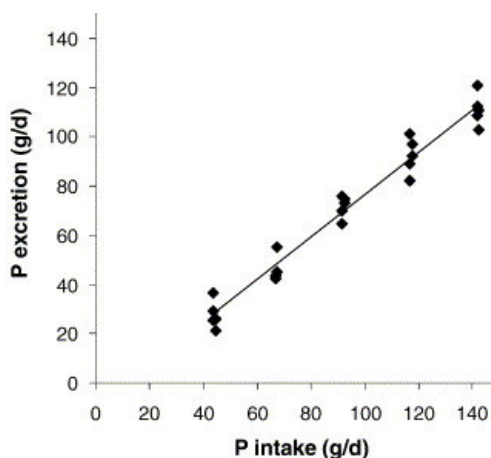
Slutrapport H0 870039

Fosfor i träck från hästar och mjölkkor under utevistelse - en miljöbelastning

Bakgrund

Jordbruket är den absolut största enskilda källan för fosfortillförsel till svenska hav (Naturvårdsverket, Rapport 5815, 2006). Nya åtgärder bör i första hand inriktas mot insatser för att direkt minska förlusterna från marken samt öka fosforfastläggningen i landskapet (Naturvårdsverket, Rapport 5587, 2006). Studier genomförda i flera europeiska länder visar att fosforöverskott som beror på inköp av fosforrika fodermedel till gårdens djur leder till övergödning och läckage av fosfor. Detta i sin tur belastar de omgivande haven (se Toor et al, 2005 för referens). De olika fosforföreningar som finns i träcken har olika löslighet och uppför sig därmed olika i marken. Oorganiska fosforföreningar i träck med hög löslighet migrerar lättare till vattendrag och hav än organiska svårslösliga föreningar som blir kvar i marken och kan utnyttjas av grödor. (Dou et al., 2002; Sharpley and Moyer, 2000; Chapuis-Lardy, et al. 2004; Kleinman et al., 2002). För både nötkreatur (Spieker et al., 1993; Dou et al 2007) och hästar (Hainze et al., 2004) tycks gälla att om de utfodras med mer absorberbar fosfor än de har behov av så utsöndras överskottet i stor utsträckning i lättlöslig form. De svenska rekommendationerna för fosfor har hittills baserats på de amerikanska (National Research Council, NRC). I den senaste utgåvan av NRC har man hos de växande hästarna höjt de uppskattade endogena fosforförlusterna med 80 % vilket i sig har medfört att betydligt mer fosfor än tidigare rekommenderas tillföras till fodret. Enbart i Sverige medför höjningen att 50 ton fosfor årligen måste tillföras via fodret.

Allt överskott av konsumerad fosfor utsöndras oundgängligen i träck. (se Figur 1).



Figur 1. Sambandet mellan fosforintag och fosforutsöndring hos lakterande kor. (Ekelund et al., 2005)

I en studie av över 600 mjölkbesättningar som gjordes i Nordamerika fann man att korna fick omkring 50 % mer fosfor än de beräknades behöva (Dou et al., 2003). I en svensk studie av 20 större mjölkbesättningar i Halland fann Danielsson (2004) att dessa gårdar överutfodrade fosfor med i genomsnitt 27 % och att fosforutfodringen varierade mycket mellan olika besättningar. Båda ovanstående studier genomfördes under stallperioden. Om vi antar att omfattningen av fosforöverutfodringen hos besättningarna i Halland gäller för besättningar i hela Sverige så sker en daglig överutfodring med över 7000 kg fosfor bara till mjölkkor i Sverige.

Det finns idag närmare 300.000 hästar i Sverige. Dahlin och Johansson (2008) har undersökt jordprover från 30 hästanläggningar. Studien visade att fosfor- och kväveinnehållet var högst i rastfällor och på lösdriftsytor. Vi känner inte till några studier där man beräknat fosforbalanser hos vare sig kor eller hästar som vistas utomhus. I många fall är betestillgången begränsad eller obefintlig och djuren får både inköpt kraftfoder och fosforinnehållande mineralblandningar vilket leder till en ökad fosforbelastning. Antalet djur per ytenhet är också ofta högt och vegetationstäcket inte så kraftigt vilket ökar risken för fosforläckage när djuren gödslar. Dahlin och Johansson (2008) redovisar i sin rapport olika miljöeffekter av hästhållning. Författarna anser att en minskning av fosforbelastningen kan nås genom att minska fosforhalten i fodret. Vidare menar Dahlin & Johansson (2008) att en ökad kunskap hos såväl foderproducenter som enskilda hästhållare om miljöaspekterna på fosforutfodringen bör kunna leda till en större precision i fodergivorna och minska överutfodringen av fosfor.

Hypotes.

Både mjölkkor och hästar överutfodras i stor utsträckning med fosfor under den period då de är ute på bete eller hålls i rastfällor och paddockar. Överskottet av fosfor avges i gödseln i den lättlösliga oorganiska form som är särskilt skadlig för miljön.

Syfte

1. att undersöka om de oundvikliga träckförlusterna av fosfor hos unghästar verkligen är så stora som NRC har föreslagit
2. att undersöka om fosfor som utfodras i överskott till hästar och nötkreatur i förhållande till behovet främst utsöndras i en lättlöslig organisk form
3. att skatta fosforbalansen hos mjölkkor och hästar på bete, i rastfällor eller under andra utomhusformer.
4. att, baserat på utfallet enligt ovan, ta fram rekommendationer som kan användas i rådgivningen till djurägare för att optimera fosforutfodringen både till mjölkkor och till hästar under utövning för att minska fosforläckage utan att djuren utsätts för fosforbrist vilket kan ge upphov till nedsatt djurhälsa och minskad produktion.

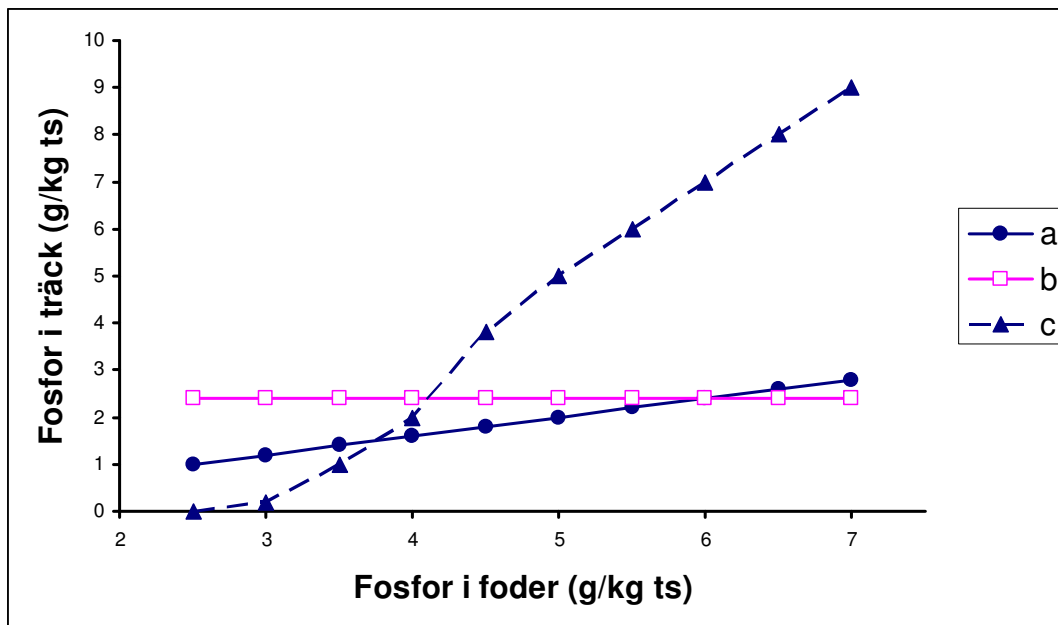
Material och metoder

Den fosfor som återfinns i träck kan delas in i tre olika fraktioner (Figur 2):
(se Spiekers et al., 1993 för referens)

a: fosfor från fodret hårt bundet i strukturer som inte är tillgängliga för absorption. Dessa fosforföreningar passerar genom mag-tarmkanalen och hamnar i träck.

b: en mindre mängd fosfor som härrör från mikroorganismer, celler från tarmslemhinnan, och utsöndring från olika sekretoriska celler i tarmen. Dessa fosforförluster utgör en naturlig del av metabolismen och är i stor utsträckning relaterad till foderintaget.

c: Om intaget av absorberbar fosfor är större än behovet utsöndras denna fraktion med träck. Dessa principer gäller såväl hos nötkreatur som hos hästar trots de stora skillnader som i fysiologiska och anatomiska förutsättningar som finns. Många andra djurarter, till exempel grisar utsöndrar i stället en väsentlig del av ett eventuellt överskott av absorberbart fosfor med urinen.



Figur 2 visar hur olika fosforfraktioner varierade med mängden fosfor i foderstaten. Fraktion c ökar markant när halten i fodret ökade. De övriga två fraktionerna förändrades mindre eller inte alls. Fraktion c består av lösligt oorganiskt fosfor som anses påverka miljön i våra vatten mer än de övriga fraktionerna. (Efter Spiekers et al., 1993)

Avvikelser från den ursprungliga forskningsplanen:

Skattningen av de oundvikliga förlusterna av fosfor och valideringen av träcktest för att skatta fosforbalansen hos hästar genomfördes i form av ett kontrollerat utfodringsförsök med 14 hästar i en change-over designad studie vid travsportens riksanstalt i Wången. Hälften av hästarna utfodrades fick under den första utfodringsperioden (6 dagar) ett tillskott av fosfor (15g P/dag) i övrigt utfodrades de på samma sätt. Under period 2 upprepades behandlingen efter att behandlingarna skiftats. Period 2 påbörjades 12 dagar efter att den förra perioden avslutats. Foderintaget registrerades kvantitativt, träck och urinprover samlades två gånger/dag under de tre sista dagarna av varje försöksperiod. Urinmängden skattades med hjälp av kreatininhalten i urinen. Fosforutsöndring skattas indirekt med en osmältbar markör (Saltsyraolöslig aska). Enligt den ursprungliga planen skulle endast en screening av hästar i kommersiella stall genomföras.

Valideringen av träcktestet för nötkreatur genomfördes inom ramen för en annan studie (Nordqvist, 2012).

B. Djur på bete: Nio mjölkbesättningar besöktes under betesperioden och 167 träckprover togs. Fem hästanläggningar besöktes och 74 träckprover togs. Alla träckproverna har analyserats avseende både total fosfor och lösligt oorganiskt fosfor. Vi har tagit del av foderanalyser och när sådana saknats har vi själva tagit prover och låtit analysera. Alla använda fodermedel har analyserats avseende fosfor. Information om gällande utfodringsrutiner för både lakterande och icke lakterande djur har inhämtats.

Dou et al., (2007) har beskrivit en robust metod för att analysera fosfor i träck. Vi har i samarbete med Dr Dou förenklat metoden och endast analyserat den totala halten av fosfor i träck samt halten av den lösliga oorganiska delen (fraktion c). Differensen mellan totalt fosfor och fraktion c utgör summan av fraktionerna a & b. Dessa båda fraktioner förväntas vara relativt låga i de flesta foderstater. Den intressantaste fraktionen är fraktion c eftersom det är den som anses bidra med den största belastningen på miljön. Fraktion c och fosfor i urin bestämdes såsom beskrivits av Dou et al. (2007) med en spektrofotometrisk metod. Totalt fosfor i foder och träck bestämdes, efter digererering av provet, med plasmaemissions-spektrofotometri. Kreatinin i urin bestäms med en autoanalyser. Vi testade två endogena markörer, saltsyraolöslig aska och lignin för att bestämma smältbarheten för fosfor. Metoden som är utvecklad av Koeulen & Young, (1977) är väl etablerad och vi har använt den i studier av mineralomsättning (Holtenius et al., 2008).

Resultat:

Mineralbalans och träckförluster hos hästar med två olika intag av fosfor

Av Tabell 1 framgår kalcium, fosfor och magnesium balanserna hos hästar som fått de två olika fosfornivåerna i fodret. Som förväntat var intaget av de tre mineralerna högre hos de hästar som fick mineraltillskott. De högre mineralintaget speglas av högre träckutsöndring. Däremot var det ingen skillnad mellan behandlingarna när det gäller urinutsöndringen av mineraler.

Urinutsöndringen av fosfor var endast 0,1g/dag. Det var endast numeriska effekter av mineralintaget på hur mycket mineral (Ca, P & Mg) som ansattes men när hästarna fodrades med den högre mineralnivån var ansättningen av alla tre mineraler signifikant skilt från noll. Det var ingen skillnad i skenbar smältbarhet vare sig avseende fodrets torrs substans, kalcium, fosfor eller magnesium (Tabell 2).

Tabell 1. Apparent Ca, P, and Mg balances (g/d) in young horses fed a forage-only diet with (high-P) or without (low-P) a mineral supplement

Item	High-P	Low-P	SEM	P-value ¹		
				Treatment	High-P	Low-P
Ca						
Intake, g/d	60.5	39.0	0.6	<0.01		
Fecal excretion, g/d	25.5	18.0	0.8	<0.01		
Urine excretion, g/d	22.1	13.4	4.4	0.19		
Retained, g/d	13.0	7.6	4.8	0.44	<0.05	0.50
P						
Intake, g/d	32.0	17.5	0.6	<0.01		
Fecal excretion, g/d	30.3	17.0	0.8	<0.01		
Urine excretion, g/d	0.1	0.1	0.0	0.40		
Retained, g/d	1.6	0.3	0.6	0.16	<0.05	0.63
Mg						
Intake, g/d	27.4	14.6	0.5	<0.01		
Fecal excretion, g/d	16.6	7.8	0.8	<0.01		
Urine excretion, g/d	5.4	5.1	0.4	0.55		
Retained, g/d	5.4	1.7	1.2	0.04	<0.05	0.18

¹Treatment = P-values for differences between treatments; High- and Low-P = P-value on the difference from zero (H: ≠ 0) for retention.

Tabell 2. Estimated apparent digestibility by using AIA and lignin as internal markers in young horses fed a forage-only diet with (high-P) or without (low-P) a mineral supplement

Item	High-P	Low-P	SEM	P-value
AIA				

DM, %	57.6	57.6	0.9	1.00
P, %	5.4	2.0	2.2	0.30
Ca, %	58.0	53.6	1.8	0.11
Mg ⁵ , %	39.1	45.3	4.0	0.29
Lignin				
DM, %	47.6	43.8	2.3	0.31
P, ¹ %	-18.2	-32.6	6.6	0.20

¹Linear regression between P intake and P fecal excretion using lignin as a marker resulted in estimated fecal excretion of more than 100% of P intake.

Andelen lösligt oorganiskt fosfor i träcken var högre ($p < 0,001$) hos hästar som fick extra mineralfoder ($7,7 \pm 0,1$ vs $4,8 \pm 0,1$ g/kg träck ts). Den lösliga fraktionen utgjorde ca 80-100% av den totala fosformängden i träck. Det var ett svagt linjärt samband mellan foderintaget av fosfor av och utsöndringen av lösligt oorganiskt fosfor hos hästarna i denna studie. Den skenbara smältbarheten av fosfor var under 6 % för båda behandlingarna. Motsvarande smältbarhet kalcium och fosfor var mellan 50 och 60 % respektive 39 till 46 %. Det linjära sambandet mellan totalfosfor och lösligt oorganiskt fosfor i träck starkare hos kor än hos hästar (Figur 3).

Fecal fosforutsöndring hos från lakterande och icke-lakterande hästar och kor på bete.

Den oorganiska lösliga fraktionen av fosfor i relation till den totala andelen fosfor var högre hos hästar än hos kor men skillnaden var bara signifikant hos lakterande djur (Tabell 3). Den lösliga fraktionen ökade linjärt med ökat totalt fosfor innehåll men sambandet var starkare hos kor än hos hästar (Figur 1). Resultaten av betesanalyserna visade att kornas bete hade högre fosforinnehåll än hästarnas ($3,9 \pm 0,1$ vs $2,8 \pm 0,1$ g/kg träck ts, $p < 0,0001$) men det var ingen skillnad i det skördade grovfodrets fosforinnehåll ($2,5 \pm 0,3$ kg).

Tabell 3. Feces content of total phosphorus (TP), acid-extractable inorganic phosphorus (P_i), and P_i as a proportion of TP in lactating and non-lactating cows and horses only pastured or pastured complemented with forage, concentrates and mineral supplements. Values are presented as LS Means and SEM.

FECES	TP g kg ⁻¹ DM	P_i g kg ⁻¹ DM	P_i/TP %
COWS			
Lactating	$7.0^{ab} \pm 0.5$	3.5 ± 0.4	$49^a \pm 3$
Non lactating	$7.6^a \pm 0.5$	4.4 ± 0.4	$57^{ab} \pm 3$
HORSES			
Lactating	$5.6^b \pm 0.6$	3.5 ± 0.5	$63^b \pm 4$
Non lactating	$6.5^{ab} \pm 0.9$	3.9 ± 0.6	$61^{ab} \pm 6$

^{ab} different subscripts in a column is statistically differ, $p < 0.05$

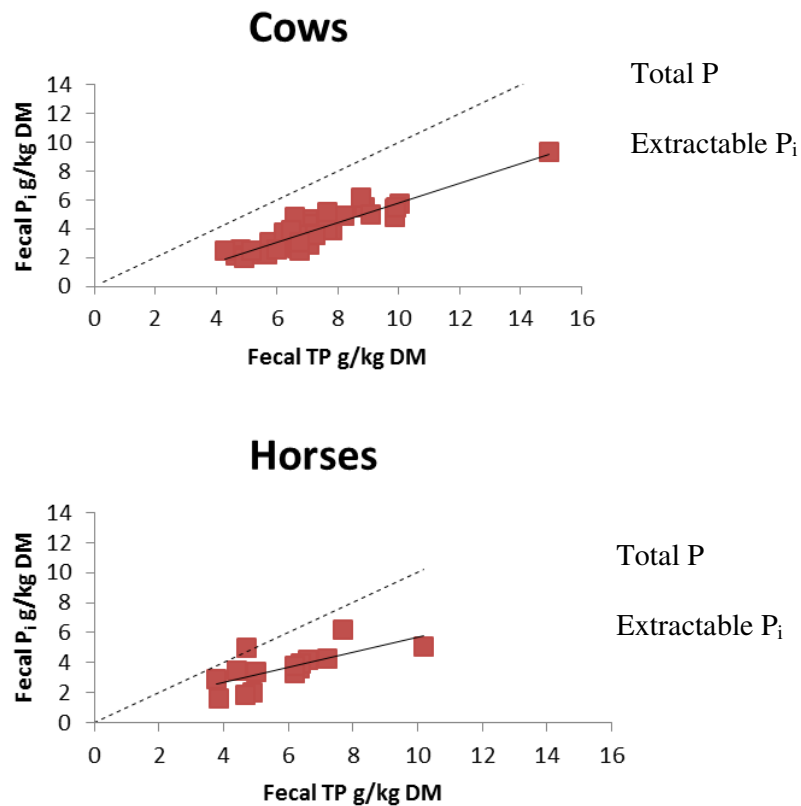


Figure 3. Relationship between fecal TP and extractable P_i (solid line) in cows (top, $y=0.68x-1.03$, $R^2=0.85$, $CV=11\%$, $P<0.001$, $n=35$) and in horses (bottom, $y=0.51x+0.67$, $R^2=0.47$, $CV=22\%$, $P<0.01$, $n=16$) pastured only or pastured complemented with forage, concentrates and mineral supplements. Dashed lines are inserted to show the difference of divergence between the regression lines from cows and the regression lines from horses.

Diskussion

I mineralbalansstudien konsumerade hög hästarna 32 respektive 17 g fosfor/dag vilket motsvarar 70 respektive 130 % fosfor i relation till gällande behovsnorm (NRC, 2007). Endast de hästar som fick den högre fosforgivan hade ett nettoupptag av fosfor men skillnaderna mellan grupperna var små. Men det är inte uteslutet att retentionen av fosfor underskattades i denna studie eftersom retentionen av kalcium var högre. Resultaten av denna studie tyder på att de endogena förlusterna av fosfor via träck var lägre än vad som antagits i NRCs (2007) rekommendationer 18 g/kg kroppsvikt). Resultaten av denna studie tyder på att de endogena förlusterna endast var 2,5g/kg kroppsvikt. De endogena fekala förlusterna av kalcium och magnesium överensstämde med litteraturuppgifter. Resultaten av studierna visar att så kallad spot-sampling i stället för totaluppsamling av träck kan vara användbar för att skatta fosfor-överutfodring hos hästar. Mer än 80 % av den fosfor som utsöndrades via hästens träck var lösligt oorganiskt fosfor. Det är en större andel än hos mjölkkor (Dou et al., 2007; Nordqvist et al., 2012). Andelen lösligt oorganiskt fosfor av totalt fosfor var högre hos hästar som fick extra fosfor. Detta överensstämmer väl med studier genomförd på andra arter, nötkreatur, grisar och fjäderfä (Peeler et al., 1972). Den lösliga oorganiska fraktionen av den totala fosformängden ökade när fosforgivan i fodret ökade. Detta har tidigare observerats hos nötkreatur (Nordqvist et al., 2012). Den oorganiska lösliga fraktionen anses i de flesta fall medföra en större belastning på omgivande vattenområden än olösligt organiskt bundet fosfor.

I den andra studien som genomfördes inom ramen för projektet var syftet bland annat att undersöka om fosfor som utfodras i överskott till hästar och nötkreatur i förhållande till behovet främst utsöndras i en löslig oorganisk form samt att skatta fosforbalansen hos mjölkkor och hästar på bete, i rastfällor eller under andra utomhusformer. Resultaten visade att hästar som hölls utomhus utsöndrade mer oorganisk löslig fosfor än kor som också vistades ute. Resultaten är i överensstämmelse med våra tidigare studier som tyder på att hästar som står installerade och fodras inomhus utsöndrade en större andel fosfor i den lösliga oorganiska formen än kor gör (Nordqvist et al., 2012; Ögren et al., 2013). Men sambandet mellan den totala mängden fosfor i träck och den lösliga oorganiska mängden var betydligt svagare hos hästar än hos kor (Figur 1). Detta beror troligtvis på att anatomiska och fysiologiska skillnader mellan arterna i digestionskanalens utformning. Detta bör medföra att hästar, från ett fosforperspektiv, utgör en större belastning på miljön än kor när de hålls på bete.

De flesta lakterande kor fick mineralfoder som innehöll fosfor när de var på bete men bara var tredje besättning försåg sinkorna med mineraler. Foderanalyserna visar att fodret (bete + fodertillskott) inte innehöll tillräckligt med fosfor för att täcka de lakterande kornas fosforbehov. Det var alltså adekvat att de djuren fick mineraltillskott. Sinlagda kor har ett avsevärt lägre fosforbehov (NRC 2001) och resultaten tyder på att de inte behövde extra fosfortillskott men flera av besättningarna gav mineraler som innehöll fosfor. Resultaten visar vidare att fosforinivån i betet i allmänhet var för lågt för att täcka lakterande stons fosforbehov och det är alltså rekommendabelt att sådana hästar får mineralfoder som innehåller fosfor. De beten som användes för hästar hade betydligt lägre fosforinnehåll vilket kan bero på att generellt inte gödslas i samma utstäckning som beten för mjölkkor.

Referenser

- Chapuis-Lardy, L., Fiorini, J. et al. 2004. Phosphorus concentration and solubility in dairy faeces: Variability and affecting factors. *J. Dairy Sci.* 87: 4334-4341.
- Dahlin, Sigrun & Johansson, G. 2008. Miljöeffekter av hästhållning. Rapport 216. Inst för markvetenskap, SLU, Uppsala
- Danielsson, H. 2004. Fosfor i praktiken – en studie på 20 mjölkkoibesättningar med fullfoder i Halland. Projektarbete: Greppa Näringen.
- Dou et al., Knowlton, R. 2002. Phosphorus characteristics of dairy feces affected by diets. *J. Environ. Qual.* 31: 2058-2065
- Dou, Z., Ramberg, C. et al., 2007. A novel test for measuring and managing potential phosphorus loss from dairy cattle feces. *Environ. Sci. Technol.* 41, 4361-4366.
- Dou, Z., Ferguson, J. et al. 2003. Phosphorus feeding levels and critical control points on dairy farms. *J. Dairy Sci.* 86: 3787-3795 intake on phosphorus excretion in dairy cows.
- Ekelund, A., Spörndly, R. et al. 2005. Effects of varying monosodium phosphate intake on phosphorus excretion in dairy cows. *Livst. Prod. Sci.* 96: 301-306.
- Ekelund, A., Spörndly, R. et al. 2003. Influence of feeding various phosphorus levels on apparent digestibility of phosphorus in dairy cows. *Anim. Feed Sci. and Technol.*
- Hainze, R., Muntifering, C., Wood, C., McCall, B., Wood 2004. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 117, 265-279.
- Holtenius, K., Kronqvist C., Briland, E. & Spörndly, R. 2008. Magnesium Absorption by Lactating Dairy Cows on a Grass Silage-Based Diet Supplied with Different Potassium and Magnesium Levels. *J. Dairy Sci.* 91 783-788.
- Kleinman, P., Sharpley, A et al. 2002. Measuring water-extractable phosphorus in manure as an indicator of phosphorus in runoff. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 2009-2015.
- Morse, D., Head, H. et al. 1992. Effects of concentration of dietary phosphorus on amount and route of excretion. *J. Dairy Sci.* 75: 3039-3049.
- Naturvårdsverket 2006. Rapporter 5509 & 5587; Eutrophication of Swedish Seas,

- Poulsen, H. D.; Johansen, K. 2006. Phosphorus in pig faeces and urine can be manipulated by dietary means. DIAS Report, Plant Production (No.123): 101-103.
- Sharpley, A. and Moyer, B. 2000. Phosphorus forms in manure and compost their release during simulated rainfall. . J. Environ. Qual.29:1462-1469
- Spiekers, H., Brintrup, R. et al., 1993. Influence of dry matter intake on fecal phosphorus losses in dairy cows fed rations low in phosphorus. J. Anim. Phys. Anim. Nutr. 69: 37-43.
- Toor, G., Sims, T. & Dou, Z. 2005. Reducing phosphorus in dairy diets improves farm nutrient balances and decreases the risk of nonpoint pollution of surface and ground waters. Agr. Ecosyst. Environ. 105, 401-411.
- Underwood, E. and Suttle, N. 2001. The Mineral Nutrition of Livestock. 3rd edition, p 105-148. CABI Publishing, New York, USA.
- Valk, H., Sebek, L. et al. 2002. Influence of phosphorus intake on excretion and blood plasma and saliva concentrations of phosphorus in dairy cows. J. Dairy Sci. 2642-26-49.
- Van Horn, H., Dao, T et al. 1994. Components of dairy manure management systems. J. Dairy Sci. 77: 2008-2030.

Publikationer inom ramen för projektet

- Ögren, G. 2013. Phosphorus to horses and Cows. Licentiate thesis. Rapport 283. Dept. Animal Nutrition and Management Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Ögren, G., Holtenius, K. & Jansson, A. 2013. Phosphorus balance and fecal losses in growing standardbred horses in training fed forage-only diets. J. Animal Sci. In press.
- Ögren, G., Jansson, A. & Holtenius, K. 2013. Comparison of fecal phosphorus excretion in grazing horses and cows. Manuscript to be submitted.
- Ögren, Holtenius, Jansson. 2012. Inorganic, soluble faecal phosphorous excretion in growing horses fed forage-only diets. In: Forages and grazing in horse nutrition, Eds: Saastamoinen M, Fradinho MJ, Santos AS and Miraglia N, EAAP Publication 132, 493-496.

Övrig resultatförmedling till näringen

Resultat har från våra studier förmedlats via olika kanaler. På websidan "HästSverige" publicerade Gunilla Ögren en text med titeln "***Onödigt höja mängden fosfor till häst***" den 27 maj 2013. Syftet med websidan är att höja kunskapsnivån om häst genom aktuell och korrekt information. Vidare har Gunilla Ögren publicerat artikel i "Foderbladet häst" ***Fosfor i urin ingen bra markör hos unghästar*** (nummer 3 2011) och Anna Jansson ***annonserade starten av projektet*** också i "Foderbladet häst" (nummer 5-6 2010). "Foderbladet Häst" riktar sig till alla som arbetar med häst, men också till dem som har häst som hobby. Ambitionen med Foderbladet är att ge saklig och forskningsbaserad information om frågor som rör hästens utfodring och näringsintag. Vidare har Kjell Holtenius skrivit ett kapitel boken Återvinna fosfor – hur bråttom är det? Utgiven i serien Formas Fokuserar (2011). Titeln på kapitlet är "***Optimera fosforgivan utan risk för djuren***". Kapitlet grundas delvis på resultat från det aktuella projektet. Därutöver används resultaten i olika undervisningen bland annat för blivande agronomer och veterinärer.