

SLF-projekt V1330056: Kornas dricksvattenintag som mått på foderkonsumtion, optimal mjölkureahalt och hälsotillstånd

Slutrapport 2016-12-30

Sökande: Torsten Eriksson och Bengt-Ove Rustas

## Bakgrund

Ett tidigare SLF-projekt (V1230042, publicerat som Eriksson & Rustas (2014)) visade starka samband mellan mjölkors dricksvattenintag och foderkonsumtion om man tar hänsyn till foderstatens mineralhalt (i praktiken kalium som varierar i särklass mest). Mjölkureahalten sjönk också när kaliumintag och därmed också vattenintag ökade. Responsen i vattenintag liksom i urinmängd är belagd från andra försök med ökande kaliumgivor (Fisher m. fl., 1994; Fraley m. fl., 2015) och samma sänkande effekt på mjölkureahalten har också noterats för ökande givor av natriumklorid (Spek m. fl., 2012). Flera källor rapporterar också en direkt korrelation mellan torrsubstansintag och dricksvattenintag utan att fodrets mineralhalt beaktas (Murphy m. fl., 1983; Khelil-Arfa m. fl., 2012).

De här observationerna gör det logiskt att undersöka i vilken mån dricksvattenintaget kan användas för att uppskatta foderintaget hos mjölkkor, individuellt och på gruppnivå. Idag är ofta hela eller delar av kraftfodergivan styrd och känd, medan ensilage, blandfoder eller fullfoder utfodras gruppvis. På de allra flesta gårdar har man ingen kontroll över den individuella grovfoderkonsumtionen och därmed inte heller det totala foderintaget.

Projektet syftade till att undersöka om responsen i dricksvattenintag på gruppnivå och individuellt var lika stor för kalium- och natriumsalter, hur stor responsen i mjölkureahalt var och vilka möjligheter som finns att utnyttja dricksvattenintaget för skattning av foderintag.

## Material och metoder

### *Vattenregistreringsutrustning*

I projektet försågs två stallavdelningar (2 × 60 kor) vid Lövsta med vattenkoppar för automatisk registrering av individuellt dricksvattenintag. Samma tillverkare (BioControl A/S, Rakkestad, Norge) som levererat stallets tråg för registrering av individuellt grovfoderintag utvecklade vattenregistreringsutrustning med flödesmätare och i övrigt samma teknik som för foderträgen (Figur 1). Vid besöket registreras vattenmängd, klockslag och besökets varaktighet. Modifieringar i flera steg med olika antennplacering och ökad avskärmning av vattenkoppen har krävts för att ge säker identifiering av kon.

### *Betesförsök 2015*

Sommaren 2015 genomfördes ett försök i VMS-stallet vid Lövsta där rastbete (ad libitum) jämfördes med deltidbete (produktionsbete och begränsad ensilagegiva) för två grupper om 21 respektive 22 kor (Kismul m. fl., 2016). Under tre veckor gjordes en intensivstudie i försöket (Jansson, 2016) med syfte att skatta betesintaget från dricksvattenintag och urinmängd med hjälp av regressionser från rastbetesgruppen där allt foderintag registrerades. Kornen var i laktationsdag 102-192 vid försökets

början och mjölkade under försöksveckorna 37 kg/d utan skillnad mellan grupperna. Båda grupperna hade tillgång till utevistelse 8.5 h/d, men rastgruppen var hänvisad till en enda hårt putsad fålla med minimal växtlighet ( $\ll 1$  kg ts/ko/d) medan betesgruppen tilldelades nytt bete dagligen motsvarande 15 kg ts/ko/d. Rastgruppen hade fri tillgång till vallensilage och betesgruppen hade en ensilagegiva begränsad till 6 kg ts/d. Båda grupperna utfodrades med en individuell kraftfodergiva, bestämd från avkastningen före försöksstart och i medelvärde 10.5 kg ts under försöket.



**Figur 1.** Stegvis modifiering från vänster till höger av vattenkopparna för automatisk registrering med olika antennplacering (för örontransponder längst till höger) och ökande grad av avskärmning.

Allt intag av ensilage, kraftfoder och vatten registrerades i försöket, liksom mjölmängden vid varje mjölkning. Dagliga prov från ensilage och bete slogs samman till veckoprov som analyserades med standardmetoder för kemisk sammansättning inklusive mineralinnehåll. Varje provvecka togs 6 urinprov/ko som analyserades för kreatinin med pikrinsyra som reagens. Urinmängden skattades från Chizzotti m. fl. (2008) som:

$$\text{Urinmängd (l/d)} = (24.1 \times \text{kroppsvikt}) / (\text{mg kreatinin/l})$$

Enkla linjära regressioner och regressioner med slumpmässigt intercept (St-Pierre, 2001) gjordes för ts-intaget i rastgruppen mot dricksvattenintag och mot urinmängd med PROC REG och PROC MIXED i SAS. Regressionerna för ts-intag i rastgruppen applicerades direkt på dricksvattenintag och urinmängder i betesgruppen så att ett totalt ts-intag kunde skattas för varje ko. Betesintaget beräknades sedan genom att subtrahera registrerat intag av ensilage och kraftfoder. Regressionerna för K-intag mot urinmängd från rastgruppen tillämpades på samma sätt på betesgruppen för att skatta totalt K-intag. Sedan K från ensilage och kraftfoder dragits bort dividerades återstående K-mängd med betets K-halt för att ge betesintaget. Även regressioner för K-intag mot urinmängd från en sammanställning av tidigare försök (Eriksson, 2011) tillämpades på betesgruppen.

#### *Stallförsök 2016 med tillsatser av KCl och NaCl*

Mellan 16 september och 22 oktober 2016 genomfördes ett försök i VMS-avdelningen där två nivåer av KCl respektive NaCl sattes till ensilaget för samtliga 57 kor, varav 35 ingick i en studie av hur mjölkurehalten varierade (Tabell 1). Korna utfodrades med vallensilage i fri tillgång och individuella

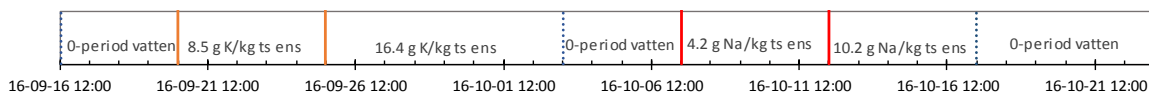
givor av kraftfoder (Komplett Fiber 170 och Konkret Mega 28 från Lantmännen) anpassade av Växas rådgivare före försöksstart. Olika nivåer av kalium och natrium tillsattes till ensilaget före utfodring genom att KCl (Produkt 1003259, Univar Europe, Malmö) respektive NaCl (Fodersalt 26252A, Hanson & Möhring, Göteborg) löstes upp i vatten och sprutades på ensilaget i en fullfoderblandare med vertikal skruv (DeLaval DSM 10) i proportionerna 75 liter vatten:925 kg färskvikt ensilage. Under perioder utan salttillsats blandades enbart vatten in. Behandlingarna applicerades i en sekvens med 7 perioder om 4-8 dagar (Figur 2). De mängder som tillsattes till 925 kg ensilage (8.0 respektive 16.0 kg KCl och 6.25 respektive 12.5 kg NaCl) var avsedda att tillföra lika många mol av båda salterna. Figur 2 visar tillförd mängd enligt analys av de utfodrade blandningarna. Fodrens sammansättning visas i Tabell 2.

Temperatur och luftfuktighet i VMS-avdelningen registrerades varje timme med ett loggningssystem (Hobo, Onset, Bourne, MA, USA). Ensilaget provtogs dagligen i fodertrågen. Periodsammanslagningar av ensilaget och kraftfoder från varje leverans analyserades med standardmetoder (Eriksson & Rustas, 2014). Intag av foder och vatten samt mjölk mängd vid varje mjölkning registrerades för alla kor. De 35 kor som ingick i ureastudien provmjölkades samtliga mjölkningar de 48 sista timmarna i varje period. Mjölksproverna analyserades för fett, protein och laktos med IR-teknik och för urea på en SEAL AutoAnalyzer III med diacetylmonoxim som reagens (Eriksson & Rustas, 2014).

Vid resultatbearbetningen användes periodmedelvärden för varje ko, beräknade från alla 4-8 dagar direkt från det foderbyte gjorts. En modell i PROC MIXED i SAS med behandlingsperiod som fix effekt och ko som slumpmässig variabel användes för att analysera behandlingseffekterna. Enkla linjära regressioner och regressioner med slumpmässigt intercept (St-Pierre, 2001) beräknades PROC REG och PROC MIXED i SAS.

**Tabell 1.** Bakgrundsdata för kor i försök med tillsats av KCl och NaCl till ensilage

	Antal kor		Laktationsnr		Laktationsdag		Mjölk, kg/d	
	Alla	Ureastudie	Alla	Ureastudie	Alla	Ureastudie	Alla	Ureastudie
Totalt	57	35						
Förstakalvare	31	16						
Äldre kor	26	19						
SRB	34	21						
Holstein	23	14						
<i>Vid försöksstart</i>								
Medelvärde			1.9	2.3	187	188	30.3	31.8
SD			1.2	1.5	24	21	5.4	4.8
Min			1	1	150	156	19.5	25.4
Max			5	5	248	221	44.2	44.2



**Figur 2.** Behandlingssekvens vid tillsats av KCl respektive NaCl i ensilage.

**Tabell 2.** Sammansättning hos fodren

	Ensilage					Kraftfoder	
	0-perioder	K Låg	K hög	Na låg	Na hög	Komplett Fiber 170	Konkret Mega 28
Ts, %	40.5 ± 1.0	43.6	40.0	43.6	42.1	88.7 ± 0.4	87.8 ± 1.6
RP, g/kg ts	159 ± 1.8	158	153	149	153	176 ± 0.8	276 ± 1.9
K, g/kg ts	29.2 ± 0.4	37.3	45.5	27.6	28.8	9.0 ± 0.2	13.2 ± 0.7
Na, g/kg ts	1.5 ± 0.2	1.5	1.4	5.7	11.6	2.6 ± 0.1	3.7 ± 1.5
Ca, g/kg ts	5.9 ± 0.3	5.5	5.3	5.5	6.2	8.4 ± 0.7	11.3 ± 1.4
Mg, g/kg ts	1.7 ± 0.1	1.6	1.6	1.6	1.7	4.7 ± 0.5	4.9 ± 0.3
P, g/kg ts	2.5 ± 0.1	2.5	2.4	2.4	2.5	6.1 ± 0.2	6.9 ± 0.1
S, g/kg ts	2.0 ± 0.1	1.8	1.8	1.8	1.8	3.9 ± 0.1	4.9 ± 0.4
Aska, g/kg ts	87.1 ± 1.5	100.9	120.7	93.2	108.4	65.3 ± 3.2	81.3 ± 5.6
NDF, g/kg ts (grönmasseanalys och tabellvärde) 481 -----						270	250
OE, MJ/kg ts (grönmasseanalys och tabellvärde) 10.4 -----						13.5	14.4

## Resultat

### Betesförsök 2015

Betesgruppen hade 7 l lägre dricksvattenintag än rastgruppen (Tabell 3). I övrigt var det inga signifikanta skillnader i registrerade intags- och vätskeomsättningsvariabler. Dricksvattenintaget var starkare korrelerat till både råproteinintag och ts-intag än till K-intag, medan urinmängden var starkast korrelerad till K-intag (Tabell 4). Regressioner för ts-intag gav följande resultat:

Ts-intag (kg/d) = 0.167 dricksvattenintag + 8.66 ( $R^2 = 0.448$ ) och

Ts-intag (kg/d) = 0.459 urinmängd + 11.83; ( $R^2 = 0.307$ )

Regression av K-intag mot urinvolymer:

K-intag (g/d) = 9.32 urinvolymer (l/d) + 255 ( $R^2 = 0.334$ ) (Enkel linjär modell)

K-intag (g/d) = 5.04 urinvolymer (l/d) + 367 ( $R^2 = 0.468$ ) (Mixed modell)

Skattningarna av betesintag från regressionerna var något lägre med dricksvattenintag än med urinmängd från rastgruppen (Tabell 5). Regression från urinmängder i äldre stallförsök (Eriksson, 2011) gav lägst skattning. Inget skattat medelvärde för hela försöket avvek mer än 1.5 kg ts från "saknat intag", alltså de 7.7 kg ts som var skillnaden mellan rastgruppens intag på stall och betesgruppens motsvarande intag. Skattningar för enskilda kor under någon period varierade däremot stort från strax under 0 till 17 kg ts/d.

**Tabell 3.** Intag av foder, dricksvatten och K samt mjölkavkastning och urinmängd (från kreatinin) i betesförsöket

	Rastgrupp		Betesgrupp		P
	Medelvärde	SD	Medelvärde	SD	
Ensilage, kg ts/d	13.6	2.2	5.2	1.0	-
Kraftfoder, kg ts/d	10.2	2.8	10.9	2.9	n.s.
Tot. ts, kg/d (utan betesintaget)	23.8	3.9	16.1	3.5	-
K, g/d (utan betesintaget)	497	75	253	46	-
Dricksvatten, l/d	90.5	15.5	82.9	18.6	< 0.01
Mjölk, l/d	35.7	7.8	37.4	9.3	n.s.
Urin, l/d	26.0	4.7	25.8	4.6	n.s.

**Tabell 4.** Korrelationer hos rastgruppen i betesförsöket ( $p < 0.001$ )

	Kg mjölk/d	Kg ts/d	Råprotein, g/d	K, g/d	Na, g/d
Dricksvattenintag	0.60	0.67	0.70	0.55	0.57
Urinmängd	0.42	0.55	0.55	0.58	0.50

**Tabell 5.** Betesintag (kg ts/d) i period 1-3 skattat från dricksvattenintag och urinmängd med regressioner utvecklade på rastbetesgruppen där allt intag var känt. Min och Max anger extremer från enskilda kors periodvärden

Regression baserad på	P1	P2	P3	Hela försöket ± SD	Min	Max
<i>Saknad ts-mängd (skillnad mot rastgrupp)</i>				7.7		
Dricksvattenintag	6.62	5.65	7.09	6.46 ± 2.0	0.56	10.42
Urinmängd	8.04	7.96	6.83	7.61 ± 3.8	-0.33	15.46
Urinmängd och fodrets K-halt <sup>1</sup>	8.80	10.45	6.92	8.72 ± 2.4	4.00	16.32
Urinmängd och fodrets K-halt <sup>2</sup>	8.73	10.53	7.07	8.78 ± 2.2	4.56	14.46
Urinmängd och fodrets K-halt <sup>3</sup>	6.62	7.55	4.62	6.26	0.20	17.31

<sup>1</sup>Enkel linjär regression från rastbetesgruppen

<sup>2</sup>Mixed modell från rastbetesgruppen med slumpmässigt intercept och lutning för individuella kor

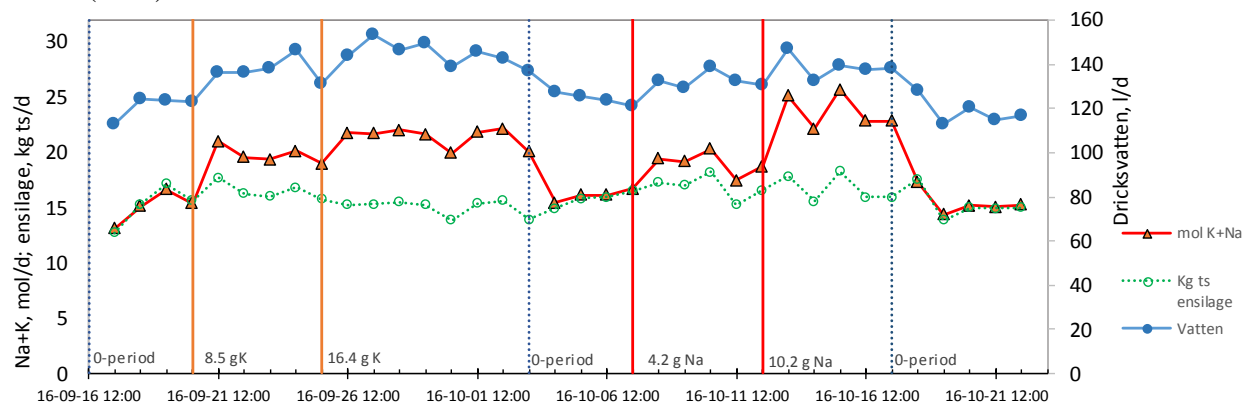
<sup>3</sup> Enkel linjär regression från tidigare sammanställning av äldre försök (Eriksson, 2011)

#### *Stallförsök 2016 med tillsatser av KCl och NaCl*

Dagsintaget av K+Na varierade inte bara genom tillsatserna i försöket, utan också genom variationer i ensilageintag (Figur 3). Dagsmedelvärdena för dricksvattenintag hos hela kogrupperna var väl korrelerade till intaget av K+Na ( $r=0.86$ ). Det fanns en behandlingseffekt på ensilageintaget (Tabell 6) där intaget vid

den högsta K-tillsatsen var lägre än för alla andra tillsatser ( $P < 0.001$ ), men inte skild från perioderna utan tillsats ( $P > 0.05$ ). Dricksvattenintaget ökade vid tillsatserna av KCl och NaCl, men lutningen var störst för K-tillsatsen, 3.64 kg vatten/mol, jämfört med 1.95 kg vatten/mol för Na-tillsatsen (Tabell 7). Enskilda kors regressionslinjer hade störst spridning vid Na-tillsatsen (Tabell 8, Figur 4). För vissa av korna var spannet i vattenintag så litet att trepunktsregressionerna hade ett mycket högt p-värde. I sammanställningen togs bara med trepunktsregressioner med  $p < 0.25$ .

Mjölkureahalten minskade vid K- och Na-tillsatserna (Tabell 6). Regression av mjölkureahalten mot dricksvattenintaget (Tabell 9) hade högre förklaringsgrad än regression mot intaget av K+Na ( $R^2 = 0.51$ ). Lutningen för mjölkurea mot vattenintag var i det närmaste identisk med resultatet från Eriksson & Rustas (2014).



**Figur 3.** Dagsmedelvärden för intag av ensilage, Na + K samt dricksvatten hos 57 kor. Vertikala streck indikerar när tillsats till ensilaget ändrades. 0-period innebär att endast vatten tillsattes, för övriga perioder anges tillsats i g/kg ts ensilage från mineralanalys.

**Tabell 6.** Stallklimat, mjölkavkastning, mjölkureahalt och intag av foder, vatten och mineraler. Resultat från 57 kor (mjölkurea 35 kor)

	0-per. 1	K låg	K hög	0-per. 2	Na låg	Na hög	0-per. 3	SEM	P
Stalltemp. °C,	16.8	16.2	16.0	13.7	13.5	13.3	13.1	-	-
Rel. luftf., %	69	74	71	64	68	63	65	-	-
Mjölk, kg/d	30.7	31.1	30.2	29.4	30.2	30.1	30.0	0.75	0.76
Mjölkurea, mM	4.97	3.97	3.68	4.18	3.83	4.08	5.06	0.08	<.0001
<i>Dagsintag</i>									
Ensilage, kg ts	15.3	16.6	15.1	15.9	17.0	16.8	15.4	0.31	<.0001
Kraftfoder, kg ts	8.5	8.5	8.5	8.4	8.5	8.5	8.6	0.33	1.00
Ts, kg	23.8	25.1	23.6	24.4	25.5	25.3	24.0	0.47	0.02
Råprotein, g	3991	4150	3837	4037	4052	4109	4007	81	0.17
Aska, g	1871	2236	2385	1962	2144	2386	1919	38	<.0001
K, g	519	697	766	548	546	564	531	11	<.0001
Na, g	43	48	44	50	119	218	45	1.9	<.0001
K+Na, mol	15.2	19.9	21.5	16.2	19.1	23.9	15.5	0.3	<.0001
Dricksvatten, kg	121.6	138.4	145.3	125.0	133.3	139.5	119.1	3.1	<.0001
Vatten totalt, kg	144.4	161.1	169.0	149.0	156.7	163.7	143.8	3.4	<.0001

**Tabell 7.** Regressioner av dricksvattenintag mot K- och Na-intag

	Enkel linjär regression				Mixed modell, slumpm. intercept			
	Intercept	Lutning	R <sup>2</sup>	RMSE	Intercept	Lutning	R <sup>2</sup>	RMSE
<i>K-tillsats (första 3 perioder)</i>								
K, g/d	59	0.115	0.374	20.0	72	0.094	0.825	5.9
K + Na, mol/d	51	4.43	0.405	19.5	66	3.64	0.834	5.9
Tills. K + Na, mol/d	121	4.16	0.198	22.6	122	3.71	0.733	6.0
<i>Na-tillsats (Period 4-6)</i>								
Na, g/d	117	0.120	0.123	22.9	121	0.089	0.488	6.6
K + Na, mol/d	77	2.82	0.228	21.5	94	1.95	0.606	6.5
Tills. K + Na, mol/d	124	2.31	0.086	23.4	125	2.00	0.472	6.6
<i>Hela försöket</i>								
K + Na, mol/d	64	3.58	0.318	20.7	80	2.75	0.621	8.5
Tills. K + Na, mol/d	122	3.30	0.150	23.0	122	2.97	0.515	8.5

**Tabell 8.** Deskriptiv statistik för enskilda kors regressioner för dricksvattenintag (kg/d) mot ökat intag av K och Na (mol/d). Baserat på tre periodmedelvärden per ko. Bara trepunktsregressioner med P < 0.25 ingår

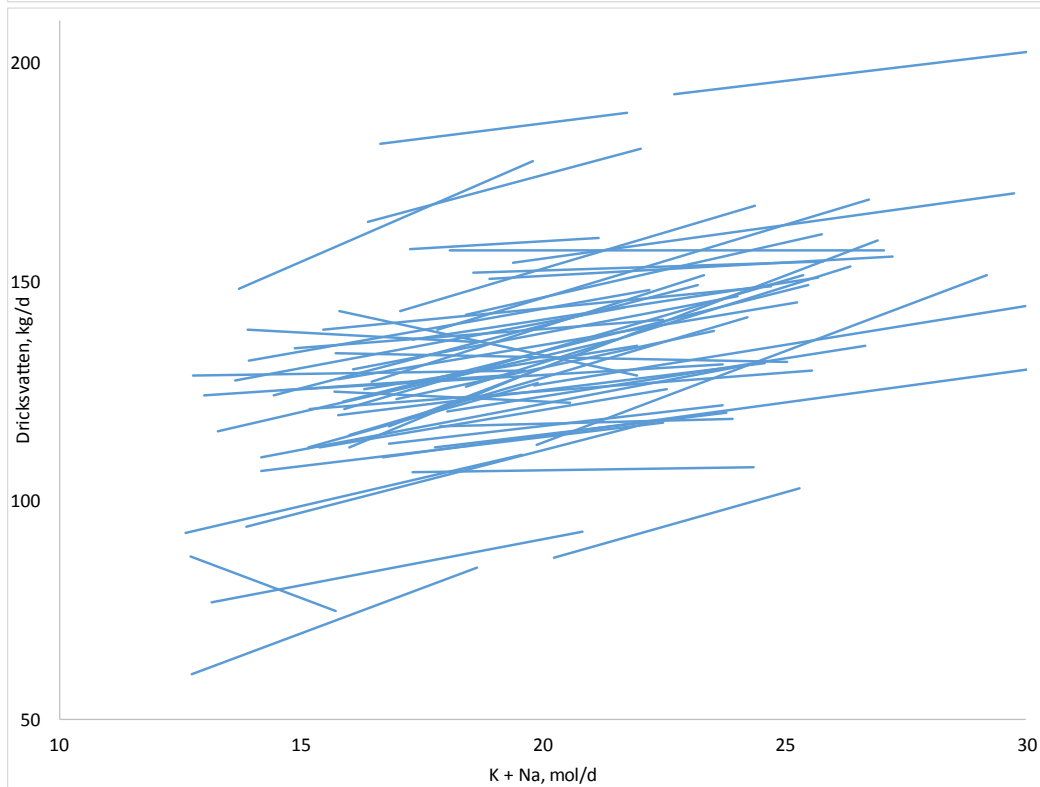
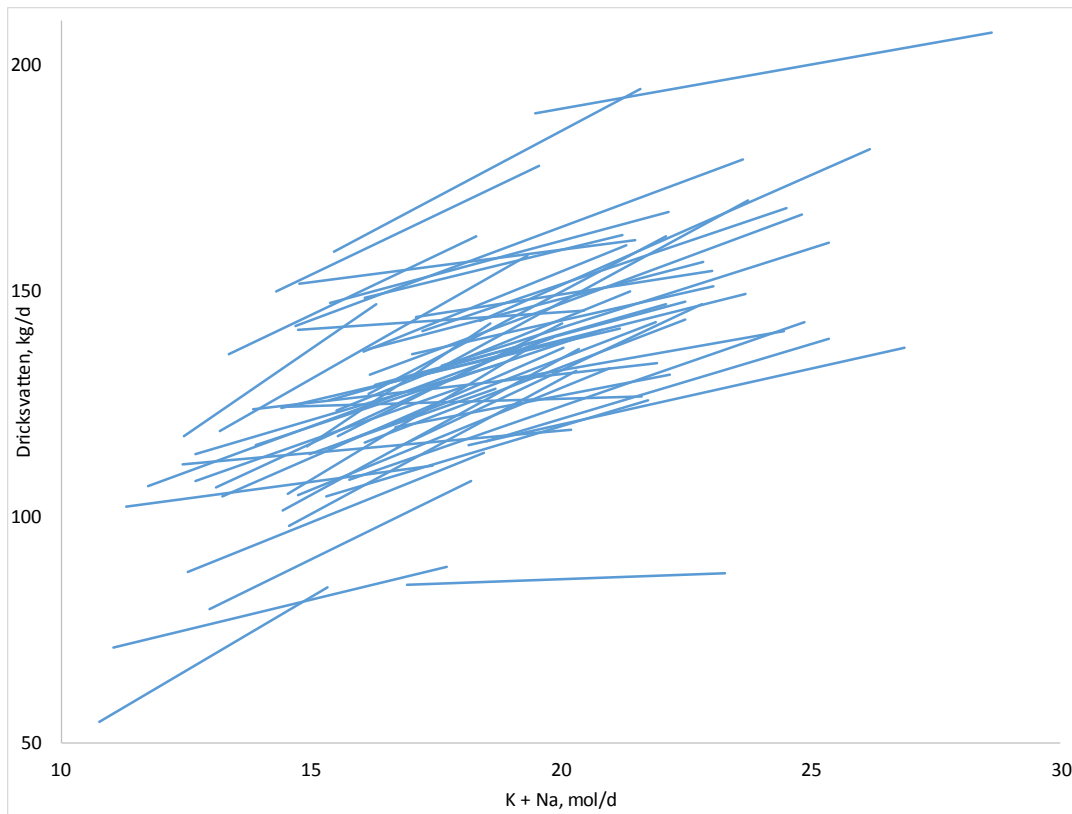
	K-tillsats, 38 kor				Na-tillsats, 24 kor			
	Intercept	Lutning	RMSE	R <sup>2</sup>	Intercept	Lutning	RMSE	R <sup>2</sup>
Medel	50	4.6	3.9	0.95	86	2.3	2.6	0.96
Min	-16	1.5	0.1	0.86	30	-4.1	0.0	0.88
Max	102	7.6	10.6	1.00	163	4.2	7.0	1.00

**Tabell 9.** Mjölkhalt (mM) som funktion av dricksvattenintag i detta och föregående försök

	Intercept	Lutning	R <sup>2</sup>	RMSE
Detta försök	7.25	-0.022	0.64	0.45
Eriksson & Rustas (2014)	6.22	-0.021	0.68	0.31

## Diskussion

Skattningarna av betesintag var något lägre när rastgruppens dricksvattenintag användes än när urinmängden var förklaringsvariabel. Det beror sannolikt på den relativt låga ts-halten i betet, som innebär att en stor mängd fodervatten följer med betets torrs substans. Kon behöver då dricka mindre, men urinmängden kopplad till ett visst intag av ts och mineraler borde däremot inte förändras. Variationerna i skattning av individers intag på betet kan verka stora, men i en metodjämförelse av Hellwing m. fl. (2015) varierade även gruppmedelvärden från -19.0 till 4.9 kg ts vid skattning av intag på deltidbete.



**Figur 4.** Respons i dricksvattenintag för totalt dagsintag av K+Na hos de 57 korna. Överst de tre perioderna (inkl. 0-period) med KCl, underst de tre perioderna med NaCl.



I stallförsöket speglade vattenintaget väl förändringarna på gruppnivå i intag av torrsubstans och K+Na. Den lägre responsen på Na än på K är förvånande, och avviker från tidigare resultat (Murphy m. fl., 1983; Spek m. fl., 2012). Det är dock möjligt att längre försöksperioder hade gett ett annat resultat, de flesta tidigare studier är antingen change-overförsök med perioder på 2-4 veckor eller datainsamlingar gjorda under längre observationstider. Värdet i 0-perioden har också betydelse, i enlighet med tolkningen av K-tillsatsen användes 0-perioden närmast före Na-tillsatsen. Om i stället den sista 0-perioden eller ett medelvärde av alla 0-perioder betraktats som baslinje had responskillnaden mellan K och Na minskat. Förändringarna i mjölkureahalt vid salttillsats och åtföljande ökat dricksvattenintag var i överensstämmelse med tidigare försök. Det är viktigt att ta hänsyn till sådana faktorer när besättningsmjölkureahalter värderas.

Projektet har utöver försöken genererat stora datamängder som kommer att bearbetas vidare.

## Publikationer

Två examensarbeten på masternivå har genomförts i projektet av Caroline Axegård (under tryckning, redovisat 16-12-21) och Towe Jansson (2016). Ett konferensbidrag har också publicerats.

Jansson, T. 2016. Indirect estimation of feed intake in dairy cows on pasture based on urine volume or water consumption. SLU/HUV Examensarbete 562. <http://stud.epsilon.slu.se/9164/>

Jansson, T., Kismul, H., Spörndly, E. & Eriksson, T. 2016. Dry matter intake and water intake and urine excretion in mid-lactating cows on part-time pasture. 7<sup>th</sup> Nordic Feed Science Conference, Uppsala, 14-15 of June 2016. SLU/HUV Rapport 293, p 118-123. [http://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/huv/foder/nfsc-2016/proceedings-nfsc-2016\\_2nd-edition\\_traceable-revisions.pdf](http://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/huv/foder/nfsc-2016/proceedings-nfsc-2016_2nd-edition_traceable-revisions.pdf)

## Slutsatser

Slutsatser som kan dras för närvarande är:

- Dricksvattenintag och urinvolymskattningar kan användas som hjälpmedel för att skatta betesintag på gruppnivå under försöksförhållanden. Den varierande och ofta låga ts-halten i bete gör att hela vattenintaget inklusive fodervatten bör tas i beaktande
- Relativa förändringar i ts- och mineralintag på gruppnivå indikeras bra av förändringar i dricksvattenintaget
- Responsen i dricksvattenintag för Na (på molbasis) var lägre än för K, till skillnad mot tidigare försök. Det går inte att utesluta att de korta försöksperioderna eller andra faktorer påverkat resultatet
- Mjölkureahalten sjönk vid tillsats av K och Na i enlighet med tidigare försök, och förändringen i dricksvattenintag förklarade mjölkureahaltens förändring bäst

## Resultatförmedling till näringen

Resultaten kommer att presenteras vid Nordic Feed Science Conference, vid Växa Sveriges D&U-konferens och i tidningen Husdjur.

## Referenser

Chizzotti, M. L., Valadares Filho, S. d. C., Valadares, R. F. D., Chizzotti, F. H. M. & Tedeschi, L. O. 2008. Determination of creatinine excretion and evaluation of spot urine sampling in Holstein cattle. *Livest. Sci.* 113, 218-225.

Eriksson, T. 2011. Urine excretion relative to K intake in Swedish Red cattle. Pages 15-19 in *Proc. 2<sup>nd</sup> Nordic Feed Science Conf.*, Swed. Univ. Agric. Sci., Uppsala, Sweden.

Eriksson, T. and Rustas, B.- O. 2014. Effects on milk urea concentration, urine output and drinking water intake from incremental doses of potassium bicarbonate fed to midlactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97: 4471–4484.

Fisher, L. J., N. Dinn, R. M. Tait, and J. A. Shelford. 1994. Effect of level of dietary potassium on the absorption and excretion of calcium and magnesium by lactating cows. *Can. J. Anim. Sci.* 74:503-509.

Fraleley, S. E., M. B. Hall and T. D. Nennich. 2015. Effect of variable water intake as mediated by dietary potassium carbonate supplementation on rumen dynamics in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98:1–10.

Hellwing, A. L. F., Lund, P., Weisbjerg, M. R., Oudshoorn, F. W., Munksgaard, L. & Kristensen, T. 2015. Comparison of methods for estimating herbage intake in grazing dairy cows. *Livest. Sci.* 176, 61-74.

Jansson, T. 2016. Indirect estimation of feed intake in dairy cows on pasture based on urine volume or water consumption. Degree project 562, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management, Uppsala. 38 p.

Khelil-Arfa, H., Boudon, A., Maxin, G. & Faverdin, P. 2012. Prediction of water intake and excretion flows in Holstein dairy cows under thermoneutral conditions. *Animal* 6, 1662-1667.

Kismul, H., Eriksson, T., Höglind, M., Næss, G. & Spörndly, E. 2016. Milk production and cow behaviour in an automatic milking system with morning and evening pasture access. *The Multiple Roles of Grassland in the European Bioeconomy. General Meeting of the European Grassland Federation, Trondheim, Norway, 4-8 September 2016*

Murphy, M. R., Davis, C. L. & McCoy, G. C. 1983. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. *J. Dairy Sci.*, 66, 35–38.

Spek, J. W., A. Bannink, G. Gort, W. H. Hendriks, & J. Dijkstra. 2012. Effect of sodium chloride intake on urine volume, urinary urea excretion, and milk urea concentration in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 95:7288–7298.

St-Pierre, N. R. 2001. Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. *J. Dairy Sci.* 84:741-755