



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science

Koncentrationer av mjölkurea, våmammoniak och urinurea vid olika halter av kalium i foderstaten till mjölkkor

Sara Johansson

Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, **496**

Uppsala 2014

Degree project / Swedish University of Agricultural Sciences,
Department of Animal Nutrition and Management, **496**

Examensarbete, 30 hp

Masterarbete

Husdjursvetenskap

Degree project, 30 hp

Master Thesis

Animal Science



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science
Department of Animal Nutrition and Management

Koncentrationer av mjölkurea, våmammoniak och urinurea vid olika halter av kalium i foderstaten till mjölkkor

Concentrations of milk urea, rumen ammonia and urinary urea at different dietary K levels for dairy cows

Sara Johansson

Handledare: Torsten Eriksson, SLU, Department of Animal Nutrition and Management
Supervisor:

Examinator: Jan Bertilsson, SLU, Department of Animal Nutrition and Management
Examiner:

Omfattning: 30 hp
Extent:

Kurstitel: Examensarbete i Husdjursvetenskap
Course title:

Kurskod: EX0552
Course code:

Program: Agronomprogrammet - husdjur
Programme:

Nivå: Avancerad A2E
Level:

Utgivningsort: Uppsala
Place of publication:

Utgivningsår: 2014
Year of publication:

Serienamn, delnr: Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 496
Series name, part No:

On-line publicering: <http://epsilon.slu.se>
On-line published:

Nyckelord: Mjölkkor, mjölkurea, kalium, urinmängd, dricksvattenintag
Key words: Dairy cow, milk urea, potassium, urine volume, drinking water intake

Sammanfattning

Analys av mjölkurea används idag som ett hjälpmedel i utfodringen till mjölkkor och kan användas för att övervaka kväveutsöndringen då det finns samband mellan kväveinnehållet i mjölk och urin. Sambandet mellan mjölkurea och urinurea kan påverkas av foderstatens sammansättning och egenskaper hos olika fodermedel. Syftet med detta examensarbete var att undersöka effekten av kaliumkonsumtion på urinvolymer, vattenkonsumtion och kväve metabolism med avseende på våmammoniak, mjölkurea och urinurea, samt att följa variationen av våmammoniak och mjölkurea under dygnet. Sex kor av rasen Svensk röd och vit boskap användes i ett change-overförsök. Under försöket fick alla kor samma grundfoderstat med ca 12,2 MJ omsättbar energi och 170 g råprotein per kg torrs substans, utfodrad på en individanpassad nivå för att täcka energibehovet vid försöksstart. Försöksbehandlingarna utgjordes av tillsats av kalium i form av kaliumbikarbonat, KHCO_3 , till foderstaten. För behandling Låg (L) var totalfoderstatens kaliumhalt 11,9 g K/kg ts, för Medel (M) 23,3 g K/kg ts och för Hög (H) 32,7 g K/kg ts. Både vattenkonsumtionen och urinproduktionen ökade signifikant när kaliumkonsumtionen ökade. Konsumtionen påverkade inte koncentrationen av ammoniak i våmmen signifikant. Under dygnet gav varje utfodringstillfälle upphov till en ökning i koncentrationen av ammoniak. Mängden ureakväve som utsöndrades med urinen var signifikant lägre för H jämfört med L. Behandling H gav signifikant lägre ureakoncentration i mjölken jämfört med L och M, som mest var skillnaden 0,7 mM. De högsta topparna i koncentrationen av våmammoniak följdes av toppar i mjölkureakoncentrationen ca tre timmar senare. Skillnaden mellan den högsta och lägsta koncentrationen av mjölkurea under dygnet var 1,4 mM. Med en foderstat som gav stor urinmängd sjönk mjölkureakoncentrationen, vilket visade på mindre urinkväveavgång än vad som var fallet.

Abstract

Today, analysis of milk urea is used as a tool in the feeding of dairy cows. It can also be used to monitor excretion of nitrogen since there is a relationship between milk urea concentration and urinary nitrogen excretion. The relationship between milk urea and urinary urea can be affected by the composition of the ration and characteristics of different feeds. The aim of this master thesis was to examine the effects of potassium consumption on urine volume, water intake and nitrogen metabolism with respect to rumen ammonia, milk urea and urinary urea, and to follow the diurnal variation of rumen ammonia and milk urea. Six dairy cows of the Swedish Red breed were used in a change-over experiment. The same basal ration was fed to all cows at individually fixed levels to cover the energy demand at the start of the experiment. The basal ration contained 12.2 MJ ME and 170 g CP/kg DM. Experimental treatments were in the form of addition of potassium bicarbonate, KHCO_3 , to the ration. Total ration concentration for treatment Low (L) was 11.9 g K/kg DM, for Medium (M) 23.3 g K/kg DM and for High (H) 32.7 g K/kg DM. Water intake and urine production both increased significantly when the potassium consumption increased. No significant effect on the concentration of rumen ammonia could be seen. Rumen ammonia concentration increased after every feeding occasion. The amount of urea nitrogen excreted with urine was significantly lower for H compared to L. Treatment H gave significantly lower milk urea concentration than L and M, the difference was 0.7 mM at the most. The highest peaks in rumen ammonia concentration were followed by peaks in milk urea concentration three hours later. The difference between the highest and lowest concentration of milk urea during the day was 1.4 mM. Milk urea concentration decreased with a ration that gave a large quantity of urine, which indicated a smaller excretion of urinary nitrogen than what was the case.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	3
2. Litteraturstudie	4
2.1 Protein- och kväveomsättning hos idisslare	4
2.2 Ammoniak och pH-värde i våmmen	5
2.3 Urea	6
2.4 Urinurea	7
2.5 Mjölkurea.....	8
2.5.1 Mjölkurea - våmammoniak	8
2.5.2 Mjölkurea - blodurea.....	8
2.5.3 Mjölkurea - urinurea	8
2.5.4 Övriga faktorer som påverkar mjölkurea	9
2.5.5 Användning av mjölkurea i praktiken.....	10
2.6 Inomdygnsvariation av våmammoniak och urea.....	11
2.7 Vattenkonsumtion och urinvolymer	12
2.8 Kalium i foder.....	13
3. Material och metoder i utfodringsförsöket.....	14
3.1 Experimentell design	14
3.2 Foder.....	14
3.3 Provtagningar.....	15
3.4 Analyser.....	16
3.5 Beräkningar och statistisk analys	17
4. Resultat.....	17
4.1 Foderkonsumtion och –smältbarhet.....	17
4.2 Vattenkonsumtion och urinvolymer	18
4.3 Ammoniak och pH-värde i våmmen	18
4.4 Urinurea	18
4.5 Mjölkurea.....	19
4.6 Inomdygnsvariation av våmpH, våmammoniak och mjölkurea.....	20
5. Diskussion	22
5.1 Foderkonsumtion och –smältbarhet.....	22
5.2 Vattenkonsumtion och urinvolymer	23
5.3 Ammoniak och pH-värde i våmmen	23
5.4 Urinurea	24
5.5 Mjölkurea.....	24
5.6 Inomdygnsvariation av våmpH, våmammoniak och mjölkurea.....	25
6. Slutsatser	26

7. Tack till	26
8. Referenser.....	27

1. Introduktion

Lantbruket har sedan slutet av 1980-talet haft krav på sig att minska förlusterna av näringsämnen från jordbruksmark. Kraven har förändrats med tiden och utgår idag från internationella åtaganden, svenska miljö kvalitetsmål och EU-direktiv (Jordbruksverket, 2013). När gödsel och urin sprids på åkermark tar växterna tillvara en del av det kväve som kon utsöndrat, men det sker även vissa förluster i form av avdunstning och utlakning (Jordbruksverket, 2005). Att vidta åtgärder för att minska förlusterna av t.ex. kväve och fosfor kan ha positiva effekter i ett mjölkföretag eftersom förbättrat kväveutnyttjande kan innebära lägre foderkostnader då proteinfodermedlen är de dyraste fodermedlen i foderstaten (Broderick & Clayton, 1997; Swensson, 2003). Överutfodring av protein kan även påverka ekonomin negativt genom att fertiliteten hos korna kan försämrats och kon kan behöva mer energi för att göra sig av med överskottet av kväve (Butler, 1998; Lapierre et al., 2005).

Idag används mjölkurea som ett hjälpmedel i utfodringen för att kontrollera hur väl balanserade mjölkors foderstater är med avseende på förhållandet mellan energi och protein och hur väl proteinet utnyttjas av korna. Eftersom det finns samband mellan kväveinnehållet i mjölk och urin, kan mätning av mjölkurea användas för att övervaka kväveutsöndringen (Jonker et al., 1998). Sambandet mellan mjölkurea och urinurea kan dock påverkas av foderstatens sammansättning och egenskaper hos olika fodermedel. Till exempel har foder som ger ökad urinvolymer associerats med minskad koncentration av mjölkurea (De Campeneere et al., 2006). En foderfaktor som kan påverka urinvolymer är innehållet av mineraler. Stor mängd kalium (K) i fodret har visats ge ökad vattenkonsumtion och därmed ökad urinproduktion (St. Omer & Roberts, 1967; Fisher et al., 1994). Det finns en stor variation i innehållet av makromineraler mellan olika grovfodergrödor, men även inom en och samma gröda kan innehållet variera, t.ex. mellan olika vallfoderpartier. För gräs/klöverensilage kan innehållet av kalium variera mellan 10 och 30 g/kg torrs substans (ts) medan det för majsensilage ligger runt 9 g/kg ts (Simonsson et al., 2008; NorFor, 2014). De vanligaste spannmålslagen (korn, vete, havre, rågvete) innehåller runt 5 g K/kg ts, och innehållet i kommersiella färdigfoder är mellan 8-13 g K/kg ts (Spörndly, 2003; Svenska Foder, 2013; Lantmännen Lantbruk, 2014).

Det finns ett ökat intresse för mer grovfoder i foderstaten till mjölkkor, bland annat p.g.a. tidvis höga priser på kraftfoder (Spörndly & Kumm, 2010). Andelen gräs/klöverensilage kan i svenska mjölkbesättningar variera från 35-40 % upp till 70-75 % av ts-konsumtionen (Patel & Kumm, 2010). Eftersom en stor del av foderstaten utgörs av grovfoder, och det är grovfodret som innehåller störst mängd kalium är det angeläget att undersöka i vilken utsträckning det kan påverka nivåerna av mjölkurea.

Syftet med examensarbetet var att undersöka effekten av kaliumkonsumtion på urinvolymer, vattenkonsumtion och kväve metabolism med avseende på våmammoniak, mjölkurea och urinurea, samt att följa variationen av våmammoniak och mjölkurea under dygnet. Detta examensarbete utgjorde en del av ett större forskningsprojekt där även effekten av olika proteinfodermedel på sammansättningen av våmgaser undersöktes.

Hypoteser:

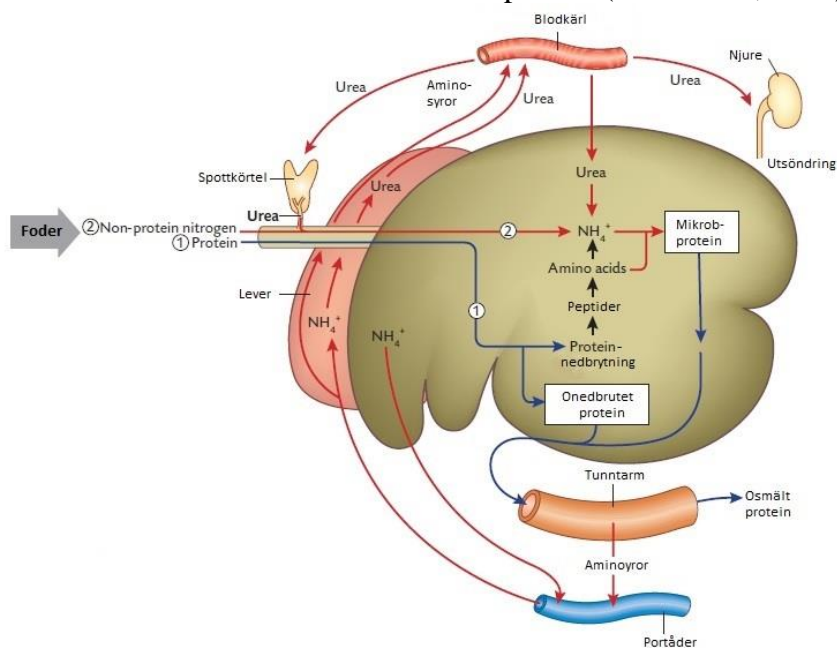
- Med en foderstat som ger liten urinmängd ändras sambandet mjölkurea-urinkväve så att utsöndringen av urinkväve är mindre än mjölkureahalten visar. Om foderstaten ger stor urinmängd gäller omvänt förhållande.
- Förhållandet mellan våmammoniak och mjölkurea påverkas inte av om foderstaten ger stor eller liten urinmängd.

2. Litteraturstudie

2.1 Protein- och kväveomsättning hos idisslare

I foderanalyser anges fodrets proteininnehåll i form av råprotein (rp), vilket räknas fram från kväveinnehållet i fodret. Genom att multiplicera kväveinnehållet med 6,25 (proteinet antas innehålla 16 % kväve, $100/16=6,25$) fås ett uppskattat proteinvärde, råproteinvärdet (McDonald et al., 2011). Kväve finns i foder dels i form av protein och dels som icke-proteinkväve (NPN, non-protein nitrogen). NPN är kväve som inte kommer från protein, utan från källor som t.ex. aminer, peptider, fria aminosyror, urea, nitrater och ammoniumjoner (Sjaastad et al., 2003). Eftersom även kväve från andra källor än protein tas med i metoden för att analysera kväveinnehållet är det inte bara proteinkvävet som ingår i begreppet råprotein.

I våmmen hos idisslare bryts en del av foderproteinet ner av mikroorganismer till peptider och aminosyror (Figur 1). En del aminosyror bryts ner vidare till organiska syror, ammoniak (NH_3) och koldioxid (McDonald et al., 2011). Mikroorganismerna i våmmen omvandlar även NPN till ammoniumjoner (NH_4^+) (Sjaastad et al., 2003). Mikroorganismerna kan använda sig av alla kvävekällorna (ammoniak, fria aminosyror och små peptider) för att syntetisera mikrobprotein, d.v.s. nya mikroorganismer (McDonald et al., 2011). Mikrobproteinet bryts antingen ner i våmmen igen eller förs vidare till löpmagen. Vid nedbrytningen i våmmen recirkuleras kväve som återigen används till uppbyggnad av mikrobprotein, medan det mikrobprotein som förs till löpmagen bryts ner av enzymer till aminosyror och peptider som senare tas upp i tunntarmen. En del av det foderprotein som inte bryts ner i våmmen tas även det om hand i löpmagen och absorberas i tunntarmen (McDonald et al., 2011). Den största delen av aminosyrorna som tas upp i tunntarmen kommer dock från mikrobprotein (Clark et al., 1992).



Figur 1. Proteinomsättning hos idisslare (efter Sjaastad et al., 2003). I fodrets NPN-fraktion ingår alla kväveföreningar som inte går att fälla ut vid analys, även fria aminosyror och lägre peptider (Licitra et al., 1996).

En del av den ammoniak som inte används av mikroberna förs vidare i mag-tarmsystemet. När koncentrationen av ammoniak i våmmen är hög absorberas ammoniak även över våmväggen genom passiv diffusion till blodet och förs till levern där den omvandlas till urea (Owens & Bergen, 1983; McDonald et al., 2011). En del av urean förs via saliv och direkt genom våmväggen tillbaka till våmmen där det snabbt bryts ner, men det mesta förloras i urinen

(Broderick & Wallace, 1988; McDonald et al., 2011). Om koncentrationen av ammoniak i våmmen är låg förs mer kväve i form av urea till våmmen från blodet än vad som absorberas från våmmen i form av ammoniak. När ammoniakkoncentrationen i våmmen är låg hämmas mikroorganismernas tillväxt och nedbrytningen av kolhydrater (McDonald et al., 2011).

2.2 Ammoniak och pH-värde i våmmen

Koncentrationen av ammoniak i våmmen påverkas av foderstatens sammansättning, t.ex. av proteininnehåll och stärkelsemängd. Även andra faktorer som mängden konsumerat foder, proteinnedbrytningens omfattning, recirkulation av kväve och vilken typ av kolhydrater som finns i fodret kan påverka koncentrationen av ammoniak (Roffler & Satter, 1975). Om mängden protein och NPN som bryts ner i våmmen ger större mängd kväve än vad som kan användas av mikroberna i bildandet av mikrobprotein (d.v.s. proteinbalansen i våmmen, PBV, är positiv) kommer koncentrationen av ammoniak i våmmen att öka (Sjaastad et al., 2003). Roffler & Satter (1975) såg att koncentrationen av ammoniakkväve (NH₃-N) i våmmen var 5 mg/dl våmvätska vid 13 % rp av ts, medan den var 13 mg/dl när andelen rp var 16 %.

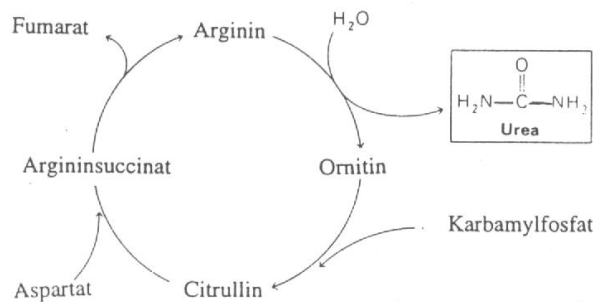
Vid god tillgång på energi för våmmikroberna sjunker ammoniakkoncentrationen, t.ex. när mycket stärkelse ingår i foderstaten eller om en stor del av proteinet i foderstaten är våmstabil (Annison et al., 1954; Roffler & Satter, 1975; McDonald et al., 2011). När kolhydrater bryts ner i våmmen bildas acetat, propionat och butyrat som är kortkedjiga fettsyror (VFA, volatile fatty acids) (McDonald et al., 2011). Efter utfodring ökar koncentrationerna av VFA och ammoniak i våmmen, eftersom produktionen av dem är större än absorptionen och transporten vidare till lörpmagen och tunntarmen (Sjaastad et al., 2003).

Absorptionen av ammoniak över våmväggen kan påverkas av pH-värdet, närvaron av VFA och koncentrationen av ammoniak i våmmen (Owens & Bergen, 1983; Bödeker et al., 1992). Ju högre koncentrationen av ammoniak är i våmmen, desto större är absorptionen över våmväggen (Owens & Bergen, 1983). Bödeker et al. (1992) visade i försök att absorptionen av ammoniak ökade när koncentrationen av VFA ökades, om pH inte förändrades. Det är också möjligt att bikarbonat (som bl.a. finns i saliv (Sjaastad et al., 2003)) kan spela en liknande roll för upptaget av ammoniak enligt Parker et al. (1995). Vid ett pH-värde i våmmen på ungefär 7 är koncentrationen av ammonium ca 300 gånger högre än koncentrationen av ammoniak (Sjaastad et al., 2003). Ökar pH-värdet i våmmen omvandlas ammoniumjoner till ammoniak som snabbt absorberas (Tillman & Sidhu, 1969). Även det faktum att ammoniak diffunderar lättare över våmväggen än ammoniumjoner, gör att jämvikten i reaktionen $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{NH}_4^+$ skiftas mot ammoniak (Sjaastad et al., 2003).

De cellulolytiska organismerna i våmmen trivs bäst när pH är 6-7 (McDonald et al., 2011). I ett försök av Bertilsson & Murphy (2003) med stor andel grovfoder i foderstaten var dygnsmedelvärdet för våm-pH hos mjölkande kor ca 6,25. pH-värdet påverkas av utfodringen, t.ex. hur stor andel av foderstaten som utgörs av grovfoder. VFA sänker pH-värdet i våmmen vilket leder till att när foderstaten består av en stor andel kraftfoder (som innehåller mycket stärkelse eller andra lättsmälta kolhydrater) sänks pH-värdet mer än om foderstaten innehåller en stor andel grovfoder (Putnam et al., 1966; Sjaastad et al., 2003). Även typen av grovfoder och strukturen på fodret kan påverka pH-värdet (Bailey & Balch, 1961; Putnam et al., 1966). Pelleterat foder ger mindre saliv och lägre pH än grovmalet foder (Putnam et al., 1966). Kornas saliv innehåller fosfat och bikarbonat som fungerar som buffert. Mindre saliv ger därmed mindre buffert i våmmen vilket leder till ett lägre pH (McDonald et al., 2011). För att motverka pH-sänkning i våmmen vid utfodring med mycket stärkelse kan buffrande ämnen såsom natriumbikarbonat tillsättas i fodret (McDonald et al., 2011; Sjaastad et al., 2003).

2.3 Urea

Den ammoniak som tas upp i portådern måste avgiftas genom att omvandlas till urea i levern, eftersom den annars kan orsaka förgiftning hos djuret (Owens & Bergen, 1983). Ammoniak är toxiskt för nervceller, och även en måttlig ökning av ammoniakhalten i blodet kan påverka nervsystemet (Sjaastad et al., 2003). Mellan 70 % och 95 % av den ammoniak som förs med portådern till levern kan tas om hand där. Detta innebär att även om absorptionen av ammoniak från våmmen varierar mycket hålls koncentrationen i det arteriella blodet konstant (Parker et al., 1995). Ökar absorptionen av ammoniak från våmmen ökar bildningen av urea i levern (Huntington, 1989). Då ökar även energibehovet hos djuret eftersom bildningen av urea är en energikrävande process (Lapierre et al., 2005). Ureabildningen sker i flera enzymatiska steg (Figur 2) och kan begränsas av tillgången på energi, nivån av substrat, intermediärer och enzymer som krävs i ureacykeln (Emmanuel, 1981; Denniston et al., 2008). Även nivån av urea som cirkulerar i kroppen har betydelse för ureabildningen, i och med att urea självt hämmar ureagenesen (Emmanuel, 1981). Hastigheten på ureabildningen påverkas av vilka kvävet metaboliter som förs med blodet till levern och i vilket produktivt stadium djuret är (Lapierre & Lobley, 2001).



Figur 2. Ureacykeln (efter Denniston et al., 2008).

Eftersom ureapoolen i kroppen styrs av homeostatiska fysiologiska mekanismer varierar inte storleken på poolen mycket även om kons konsumtion av kväve varierar (Van Soest, 1994). Av den urea som bildas i levern utsöndras 40-60 % via urinen (Huntington, 1989). Njurarna koncentrerar urea genom en kombination av diffusion och aktiv transport när blodet flödar genom njurarna. Eftersom blodflödet till njurarna är konstant varierar mängden blod som kan filtreras mycket lite. Vad som däremot kan påverka filtreringen av urea från blodet är blodets koncentration av urea. Ökar koncentrationen ökar även mängden urea som kan filtreras bort genom diffusion (Kohn et al., 1997).

Av den urea som bildas i levern recirkuleras och återförs 25-57 % till våmmen via saliv och genom direkt transport över våmväggen (Huntington, 1989). Beroende på hur foderstaten ser ut fördelas återförseln olika via de båda vägarna. Enligt Huntington (1989) sker 72 % av återförseln via saliven om foderstaten är rik på grovfoder, medan 28 % återförs direkt över våmväggen. Innehåller foderstaten däremot mer kraftfoder i förhållande till grovfodret (mer lättsmälta kolhydrater, mindre fiber och mindre kväve) återförs 79 % av urean till våmmen genom direkttransport (Huntington, 1989). Urea hamnar snabbt i jämvikt mellan olika kroppsvätskor och utsöndras även i mjölk (Nousiainen et al., 2004). Eftersom urea är en liten neutral molekyl kan den lätt diffundera över membran. Därmed far den lätt in i och ut ur juvervävnaden och den lagrade mjölken (Roseler et al., 1993).

2.4 Urinurea

Kor utfodrade med gräs, gräsensilage eller majsensilage och proteinkraftfoder hade en total kvävekonzentration i urinen mellan 6,8 och 21,6 g N/l (Bristow et al., 1992). Från en sammanställning över flera försök anger Dijkstra et al. (2013) en liknande kvävekonzentration i nöturin, 3,0 till 20,5 g N/l. Mängden kväve som utsöndras i urinen påverkas bl.a. av mängden protein i fodret. Om andelen råprotein ökar i foderstaten ökar även mjölkurea- och urinkväveutsöndringen, medan kväveeffektiviteten minskar (Broderick, 2003). I ett försök utfört av Broderick (2003) ökade mängden urinureakväve med 82 % när råproteininnehållet ökade från 15,1 till 18,4 %.

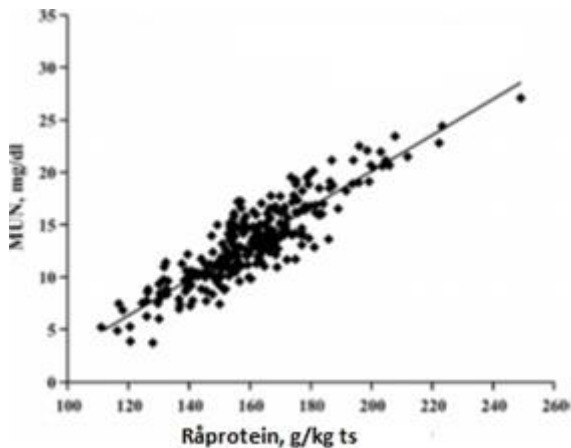
Även mängden konsumerat vatten och urinvolymen kan påverka kväveutsöndringen i urin. Gustafson & Olsson (2004) såg i sitt försök att när urinvolymen ökade påverkades utsöndringen av urinkväve; den totala urinkväveutsöndringen ökade och koncentrationen av kväve i urinen minskade. Att urinkväveutsöndringen ökar med ökad urinproduktion såg även Spek et al. (2012) i sitt försök. Hos mjölkkor utfodrade med olika nivåer av tillsatt salt (natriumklorid, NaCl) rapporterades högre vattenkonsumtion, ökad urinvolym och ökad totalutsöndring av urinkväve (g N/dag) med ökad saltkonsumtion. Kvävekonsumtionen var lika över behandlingarna, 518 – 532 g N/dag, men utsöndringen av kväve i urinen varierade mellan 185 och 205 g N/dag (Spek et al., 2012). St. Omer & Roberts (1967) gjorde försök med olika nivåer av kaliumkarbonat i fodret och de såg ingen ökad utsöndring av urinkväve när urinvolymen ökade. Inte heller den totala utsöndringen av träckkväve påverkades (St. Omer & Roberts, 1967). Även Fisher et al. (1994) använde kaliumkarbonat i ett försök och fann att andelen kväve i träcken var större hos de kor som fick högst halt kalium i foderstaten jämfört med de som fick lägst halt. 1,6 % K i foderstaten gav 2,8 % kväve på ts-basis medan 4,6 % K gav 3,1 %. Eftersom träckproduktionen minskade med ökad kaliumkonsumtion skilde sig dock inte den totala utsöndringen av träckkväve per dag mellan behandlingarna (Fisher et al., 1994).

I urin finns flera olika komponenter som innehåller kväve, bl.a. allantoin, hippursyra och kreatinin. 52-93 % av kvävet som finns i urinen utgörs dock av urea, och det finns ett starkt samband mellan den totala mängden kväve i urin och koncentrationen av ureakväve (Bristow et al., 1992; Burgos et al., 2005; Dijkstra et al., 2013). Enligt Dijkstra et al. (2013) ger foderstater som överskrider behovet av protein hos djuret generellt en ökad koncentration av urea i blod och urin, och även andelen ureakväve av det totala urinkvävet ökar. Även andra försök (Olmos Colmenero & Broderick, 2006; Pelve et al., 2012) visar att det är kvävet som finns i form av urea som ökar när utsöndringen av urinkväve ökar. I det tidigare nämnda försöket utfört av Bristow et al. (1992) varierade koncentrationen av ureakväve mellan 3,8 och 18,9 g/l urin.

2.5 Mjolkurea

2.5.1 Mjolkurea - våmammoniak

Enligt Nousiainen et al. (2004) är PBV och koncentrationen av råprotein de foderfaktorer som påverkar mjolkurea mest. Figur 3 visar det samband mellan andelen råprotein i foderstaten och koncentrationen av ureakväve i mjölken (MUN, milk urea nitrogen) som Nousiainen et al. (2004) fann vid metaanalys av 50 försök utförda i Finland och Sverige.



Figur 3. Samband mellan råprotein i foderstaten (g/kg ts) och koncentrationen av mjolkureakväve (MUN, mg/dl) (efter Nousiainen et al., 2004).

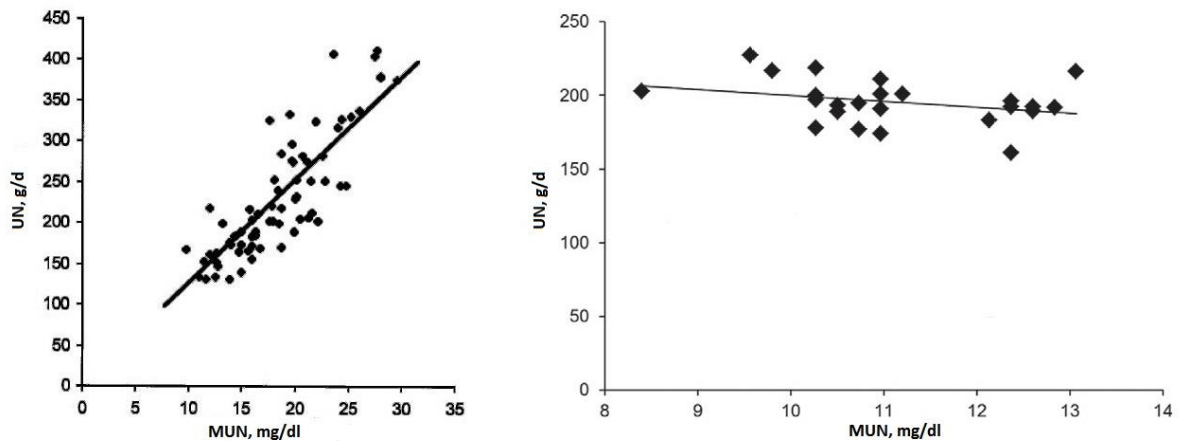
Korrelationen mellan koncentrationen av ammoniak i våmmen och koncentrationen av mjolkurea är enligt Ropstad et al. (1989) 0,75. Broderick & Clayton (1997) fann dock i sin sammanställning att koncentrationen av mjolkurea hade lägre samband med våmammoniak ($r^2=0,57$) än med råproteininnehållet i foderstaten ($r^2=0,84$). Detta beror på att ureapoolen i kroppsvätskorna inte bara fylls på tack vare överskott av nedbrytbart protein i våmmen. Överskott av protein till kroppsvävnader leder till kväveineffektivitet när protein som absorberas och inte används till mjolkprotein bryts ner för energiutvinning och därmed frisätter kväve som även det bidrar till ureapoolen (Broderick & Clayton, 1997).

2.5.2 Mjolkurea - blodurea

Av det kväve som finns i mjölk utgörs nästan 95 % av protein. Resterande 5 % består bl.a. av urea (McDonald et al., 2011). Urea diffunderar lätt från blodet till mjölken, vilket gör att koncentrationen av urea i mjölken speglar koncentrationen i blodet (Roseler et al., 1993). Koncentrationen av blodurea är något högre än koncentrationen av mjolkurea, men korrelationen mellan dem är enligt flera undersökningar hög (Oltner & Wiktorsson, 1983; Oltner et al., 1985; Roseler et al., 1993).

2.5.3 Mjolkurea - urinurea

Mätning av mjolkurea kan användas för att övervaka kväveutsöndring och mäta hur effektivt utnyttjandet av foderkvävet är hos mjölkkor eftersom det enligt flera källor finns ett samband mellan mjolkurea och utsöndringen av kväve i urinen (Broderick & Clayton, 1997; Jonker et al., 1998). I normalfallet ökar urinkvävet när MUN ökar (Figur 4, t.v.), men egenskaper hos olika fodermedel kan påverka hur utsöndringen av urea fördelas mellan mjölk och urin (Jonker et al., 1998; De Campeneere et al., 2006).



Figur 4. Periodmedelvärden för individuella kors samband mellan ureakväve i mjölk (MUN, mg/dl) och utsöndring av urinkväve (UN, g/dag). Till vänster: Resultat från tre kvävebalansstudier (N=70; Jonker et al., 1998). Till höger: Change-overförsök med ökad halt NaCl i foderstaten (N=24; Spek et al., 2012).

Vattenkonsumtionen och urinvolymen kan påverka koncentrationen av MUN. Låg vattenkonsumtion kan ge ökad koncentration och faktorer som ökar urinvolymen, som saltintag, minskar mjölkureakoncentrationen (Kohn, 2007; Spek et al., 2012). I det tidigare nämnda försöket utfört av De Campeneere et al. (2006) var urinproduktionen högre och koncentrationen av urea i mjölken lägre när korna utfodrades med gränsensilage jämfört med majsensilage. Enligt De Campeneere et al. (2006) berodde minskningen i mjölkurea på att den stora urinproduktionen gav ett högt urinflöde och därmed en hög clearance av urea. Eftersom mer urea fördes bort per tidsenhet från kroppens ureapool, och därmed även från mjölken, blev koncentrationen av urea i mjölken lägre för de kor som fick gränsensilage jämfört med de kor som fick majsensilage (De Campeneere et al., 2006). I försöket utfört av Spek et al (2012) där kor utfodrades med foderstater som innehöll olika mängder natrium, ökade utsöndringen av urinkväve per dag samtidigt som innehållet av ureakväve i mjölken minskade när natriumkonsumtionen ökade (Figur 4, t.h). Enligt Spek et al. (2012) bör hänsyn tas till att mineralintaget kan ha effekt på MUN när MUN används för att förutsäga kväveutsöndringen.

2.5.4 Övriga faktorer som påverkar mjölkurea

Ras och mjölkavkastning (både kg mjölk och kg ECM) kan också påverka koncentrationen av mjölkurea. Enligt Rodriguez et al. (1997) har Holsteinkor högre nivåer av urea i mjölken än Jerseykor. Flera försök (Oltner et al., 1985; Hojman et al., 2005) visar att äldre kor har högre koncentration av urea i mjölken än förstakalvare. Broderick & Clayton (1997) fann i stället sänkt mjölkureakoncentration med ökande laktationsnummer i en sammanställning av 35 försök, och föreslår att den sänkta ureakoncentrationen är en effekt av ökad mjölkvolym. I motsats till detta visar Jonker et al. (1998) i en sammanställning av tre försök att koncentrationen av mjölkurea ökar när mjölkproduktionen per laktation ökar. Oltner et al. (1985) har förklarat ökad mjölkureakoncentration vid ökad avkastning med den nära korrelation som finns mellan avkastningen och protein/energikvoten i foderstaten. Enligt Oltner et al. (1985) är det alltså inte avkastningen i sig som påverkar mjölkureakoncentrationen, utan olika foderstater vid olika avkastningsnivåer.

2.5.5 Användning av mjölkurea i praktiken

På gårdar med mjölkproduktion kan mätningar av koncentrationen av mjölkurea användas som indikator på hur väl proteinutfodringen fungerar och identifiera foderstater med för högt eller för lågt proteininnehåll (Roseler et al., 1993; Broderick & Clayton, 1997). Ett högt värde på MUN-koncentrationen visar på att det finns ett överskott av kväve i kon i förhållande till mjölkproduktionen, och att kon är i riskzonen för överutfodring av protein (Kohn, 2007). Enligt Kohn (2007) krävs det dock att det finns tillräckligt med energi i foderstaten för att koncentrationen av MUN ska kunna användas som indikator på proteinstatus, eftersom det är en kombination av faktorer (bl.a. energi/protein-kvoten i foderstaten) som förklarar höga nivåer av MUN.

Förutom att ge ett sämre kväveutnyttjande, kan höga nivåer av protein i foderstaten även påverka kornas fertilitet på ett negativt sätt (Broderick & Clayton, 1997; Butler, 1998). Höga nivåer av ureakväve i mjölk är bl.a. associerat med förändrat pH i livmodern som ger försämrad fertilitet (Butler, 1998). I ett försök av Rajala-Schultz et al. (2001) var det 2,4 gånger större chans att kor med en mjölkureakonzentration under 3,6 mmol/l blev konstaterat dräktiga jämfört med kor som hade över 5,5 mmol/l. Kor vars mjölkureakonzentration låg mellan 3,6 och 4,5 mmol/l hade 1,4 gånger större chans att bli dräktiga jämfört med de kor som hade över 5,5 mmol/l (Rajala-Schultz et al., 2001). Enligt andra källor har mjölkurea begränsad användning som redskap för övervakning av fertilitet, och det finns bara samband mellan koncentrationen av MUN och andelen djur som blir dräktiga vid första insemination efter kalvning (Godden et al., 2001; Guo et al., 2004). Detta beror på att kon i början av laktationen är utsatt för negativ energibalans och löper större risk att drabbas av sjukdomar som kan påverka koncentrationen av MUN (utan förändring av foderstaten) och även fertiliteten. Vid andra och tredje semineringsstillfället har kon bättre näringsstatus, och därmed blir hon friskare och sambandet mellan MUN och fertilitet kan inte längre urskiljas (Guo et al., 2004).

Vid hämtning av mjölk på gården tar mejerierna prov på tankmjölken, där urea är en av de parametrar som analyseras. Mjölken kan även analyseras på individnivå t.ex. med servicen Kokontrollen som tillhandahålls av bl.a. rådgivningsföretaget Växa Sverige. Är lantbrukaren med i Kokontrollen sker provmjölkning en gång i månaden och mjölken analyseras sedan bl.a. med avseende på urea (Växa Sverige, 2013). Urean analyseras med samma IR-teknik som de övriga mjölkanalyserna, därmed blir det billigt att analysera men det innebär också att urearesultatet från provmjölkningen kan vara osäkert. Ureahalterna kan skilja sig beroende på om det är tankmjölken som provtas eller om prov tas på individnivå. Lantbrukaren har möjlighet att välja att provmjölka antingen på morgonen eller på kvällen, eller både morgon och kväll, vilket kan påverka urearesultatet i individprover vid jämförelse med tankmjölk (Åkerlind, 2014, personligt meddelande). Detta eftersom koncentrationen av urea i mjölken varierar under dygnet (Ciszuk et al., 1993).

Rekommendationen i svensk rådgivning (Växa Sverige, 2013) är att under de första femtio dagarna i laktationen bör ureahalten på individnivå ligga mellan 4-6 mmol/l och under den tid seminerings pågår bör den ligga mellan 4-5 mmol/l (Tabell 1). Att följa ureahalten är viktigast i den första halvan av laktationen då mjölkproduktionen, och därmed kraven på utfodring och näringsförsörjning, är störst (Goff & Horst, 1997; Sjaastad et al., 2003; Växa Sverige, 2013).

Tabell 1. Tolkning av ureahalt vid provmjölkning (Växa Sverige, 2013)

Dagar efter kalvning	Ureahalt (mmol/liter)	Effekt på produktion eller fruktsamhet	Rekommenderad åtgärd i utfodringen
1-50	3 eller lägre	Troligen sänkt avkastning. Risk för senare 1:a brunst.	Öka PBV och AAT i foderstaten
	4-6	Ingen	Ingen åtgärd
	7 eller högre	Negativa effekter möjliga genom kväveöverskott i kon.	Sänk PBV och AAT i foderstaten. Öka ev. våmjäsbara kolhydrater i foderstaten.
51-110 *	3 eller lägre	Risk för försvagade fruktsamhetsfunktioner.	Öka PBV och AAT i foderstaten.
	4-5	Ingen	Ingen åtgärd
	6 eller högre	Försämrat dräktighetsresultat.	Sänk PBV och AAT och öka ev. våmjäsbara kolhydrater i foderstaten.
Mer än 110	2 eller lägre	Risk för sänkt avkastning och nedsatt foderutnyttjande.	Öka PBV i foderstaten
	3-6	Ingen	Ingen åtgärd
	7 eller högre	Negativa effekter möjliga genom kväveöverskott i kon.	Sänk PBV i foderstaten.

* Avser perioden då semineringar pågår. Denna period kan variera mellan besättningar vilket bör beaktas vid tolkning.

2.6 Inomdygnsvariation av våmammoniak och urea

Under dygnet varierar koncentrationen av urea i blod och mjölk (Ciszuk et al., 1993; Kohn et al., 1997). Enligt Ciszuk et al. (1993) påverkas variationen huvudsakligen av tidpunkten för utfodring och produktionen av våmammoniak. Efter utfodring ökar koncentrationen av ammoniak i våmmen och når en topp 1 till 3 timmar efter utfodring (Ciszuk et al., 1993; Gustafsson & Palmquist, 1993; Rodriguez et al., 1997). Det finns ett tydligt samband mellan variationen av våmammoniak, blodurea och mjölkurea över dagen, även om variationen av våmammoniak är större är variationen av blod- och mjölkurea där mjölkurea är den parameter som varierar minst (Ciszuk et al., 1993). Toppen i koncentrationen av våmammoniak följs av en topp i blodureakoncentration 1,5 till 2 timmar senare, och ytterligare ca 1 timme senare når koncentrationen av mjölkurea en topp (Gustafsson & Palmquist, 1993). Även urinurea varierar under dygnet och variationen har enligt Ciszuk et al. (1993) närmare samband med våmammoniak än med urea i blod eller mjölk.

I försöket utfört av Gustafsson & Palmquist (1993) hade korna fri tillgång till foder i stora betongtråg (personlig information) och utfodrades en gång per dygn. Den låga utfodringsfrekvensen gav en tydlig topp i koncentrationen av urea i blodet (Gustafsson & Palmquist, 1993). Fler utfodringar under dygnet ger mindre variation i koncentrationen av urea (Kohn et al., 1997). I ett försök utfört av Ciszuk et al. (1993) skedde utfodringen på morgonen och åtta timmar senare på eftermiddagen. Då nådde koncentrationen av urea i blod och mjölk en maximal nivå under dagen och sjönk därefter för att nå minimal nivå under sen natt. Detta ledde till att mjölken från eftermiddagsmjölkningen blev mer påverkad av produktionen av våmammoniak än mjölken från morgonmjölkningen (Ciszuk et al., 1993).

Ett försök där utfodringen skedde med tolv timmars intervall gav däremot två jämnstora toppar i koncentrationen av våmammoniak och i försök där utfodring skett vid fyra tillfällen under dagen kunde inga toppar i mjölkureakoncentrationen ses efter utfodring (Thomas & Kelly, 1976; Ciszuk et al., 1993). Ciszuk et al. (1993) noterade en liten ökning av våmammoniakhalten redan innan utfodringstillfällena både morgon och kväll. Även det tolkades som en effekt av utfodringstid genom att nedbrytningen av mikrober i våmmen då var större än syntesen av mikroprotein på grund av att lång tid förflutit sedan förra utfodringen (Ciszuk et al., 1993).

2.7 Vattenkonsumtion och urinvolym

Kor får i sig vatten genom fodret och genom att dricka, och förlorar vatten från kroppen genom mjölk, urin, träck och avdunstning. I en sammanställning gjord av Paquay et al. (1970) över data från ett flertal försök redovisas totala konsumerade vattenvolymer för kor som producerade 4-22 kg mjölk per dag. Konsumtionen varierade mellan 31-90 kg/ko och dag och av det kom 7-74 kg/ko från dricksvatten. Church et al. (1971) nämner en tumregel som säger att lakterande mjölkkor dricker runt 76 kg vatten/dag. Enligt Murphy (1992) producerar högvastande mjölkkor i medeltal 25 l urin per dag. En sammanställning gjord av Eriksson (2011) visar att en vanlig foderstat i Sverige med 12 kg ts gräs/klöverensilage och 8 kg ts kraftfoder med 20,5 resp. 10 g kalium/kg ts, ger en medelurinproduktion på 20 l urin/dag.

Vattenkonsumtionen påverkas av mängden foder som konsumeras, andelen ts och mängden protein och salt i fodret (Church et al., 1971), omgivningens temperatur och luftfuktighet (Murphy, 1992) och hur mycket vatten som utsöndras via mjölk, träck och urin (Holter & Urban, 1992; Bannink et al., 1999). Hur mycket vatten som förloras genom urinen påverkas också av de ovan nämnda faktorerna, hur mycket av det konsumerade vattnet som absorberas i kroppen och hur mycket kväve och kalium som utsöndras i urinen (Paquay et al., 1970).

Både Broderick (2003) och Wattiaux & Karg (2004) fann ökad urinvolym när foderstatens råproteinhalt ökade. Andelen grovfoder i foderstaten kan också påverka urinvolymen. I ett försök utfört av Gustafson & Olsson (2004) gav foderstater med 100 % grovfoder större urinvolym än foderstater med 15 %, 30 % eller 60 % grovfoder. Även typen av grovfoder kan ha inverkan på urinvolymen. I försöket utfört av De Campeneere et al. (2006) där foderstater med olika andelar majsensilage och gräsensilage jämfördes producerade korna vars grovfoder enbart bestod av gräsensilage 35,0 l urin/dag. Korna vars grovfoder enbart bestod av majsensilage producerade endast 14,4 l urin/dag. Enligt Kume et al. (2004) ger en foderstat med majsensilage mindre mängd utsöndrad urin jämfört med andra grovfoder p.g.a. mindre mängd konsumerad kalium. Detta kan också vara orsaken till att urinproduktionen ökar med ökad andel grovfoder i foderstaten, då Gustafson & Olsson (2004) fann att den totala konsumtionen av kalium var högre ju större andel av foderstaten som utgjordes av grovfoder.

Högproducerande kor kan idag få foderstater som ger ansenliga mängder mineraler som måste utsöndras. I och med att njurarna inte har en obegränsad kapacitet att koncentrera urinen, innebär detta att urinvolymen ökar (Bannink et al., 1999). Spek et al. (2012) undersökte effekten av olika nivåer av tillsatt NaCl i foderstaten och fann att när saltinnehållet ökade, ökade både vattenkonsumtionen och urinproduktionen signifikant (Tabell 2). Varken konsumtionen av kväve eller produktionen av mjölk varierade mellan behandlingarna. Flera försök (Bannink et al., 1999; Kume et al., 2004) visar dock att kalium är en av de foderfaktorer som påverkar urinproduktionen mest.

Tabell 2. Effekten av fodrets innehåll av natrium (% av ts) på vattenkonsumtion och urinproduktion (efter Spek et al., 2012)

	Natriuminnehåll i foderstaten, % av ts			
	0,3 %	0,9 %	1,4 %	1,9 %
Vattenkonsumtion, kg/dag	61,7	82,1	90,9	115,7
Urinproduktion, kg/dag	18,2	30,6	46,6	67,7

I ett försök av Fisher et al. (1994) undersöktes effekten av tre olika nivåer av kalium i foderstaten till mjölkkor. Kaliumkarbonat (K_2CO_3) blandades i tre fullfodermixer till nivåerna 1,6 %, 3,1 % och 4,6 % kalium. Vid de två högre kaliumnivåerna ökade vattenkonsumtionen och urinproduktionen jämfört med den lägsta nivån (Tabell 3). Även St. Omer och Roberts (1967) visade i sitt försök med kvigor att en ökad nivå av K_2CO_3 i fodret gav högre vattenkonsumtion och ökad urinproduktion. Den ökade vattenkonsumtionen antogs bero på att överskottet av kaliumjoner hade en vätskedrivande effekt, och för att bibehålla kroppens vattenbalans ökade kvigor sin vattenkonsumtion (St. Omer & Roberts, 1967). Enligt Fisher et al. (1994) ger den ökade vattenkonsumtionen vid högre kaliuminnehåll i fodret en utspädning av våminnehållet och passagehastigheten från våmmen ökar, liksom urinproduktionen.

Tabell 3. Effekten av fodrets innehåll av kalium (% av ts) på vattenkonsumtion och urinproduktion (efter Fisher et al., 1994)

	Kaliuminnehåll i foderstaten, % av ts		
	1,6 %	3,1 %	4,6 %
Vattenkonsumtion, kg/dag	86,3 ^a	112,8 ^b	119,6 ^b
Urinproduktion, kg/dag	16,2 ^a	37,3 ^b	41,5 ^b

^{a, b} Värderna på samma rad som följs av olika bokstäver skiljer sig signifikant ($p < 0,05$).

2.8 Kalium i foder

På gårdar där vall är den dominerande grödan är det lätt att det blir stora under- eller överskott av kalium i växtföljden, eftersom det är svårt att sprida stallgödsel vid de tidpunkter då grödans behov är störst. För litet växttillgängligt kalium kan ge brist i grödan vilket kan öka grödans mottaglighet för sjukdomar och skadedjur, och därmed ge minskade skördar. För mycket växttillgängligt kalium kan däremot göra att grödan ”lyxkonsumerar” kalium, och därmed blir kaliuminnehållet högre än det rekommenderade högsta värdet för grovfoder som är 3 % av ts (Öborn et al., 2001; Spörndly, 2003). Stor mängd kalium i fodret kan, förutom att ge ökad vattenkonsumtion och ökad urinproduktion, hämma upptaget av magnesium i mag-tarmkanalen om inte tillgången på magnesium samtidigt är hög (St. Omer & Roberts, 1967; Fisher et al., 1994; Goff, 2008). Magnesium är viktigt för mjölkkor i början av laktationen eftersom det påverkar regleringen av kalciumkoncentrationen i blodet; för litet magnesium ger kalciumbrist i blodet vilket i sin tur ger kalvningsförlamning (Goff, 2008). Kalium kan även ha en positiv inverkan på foderkonsumtion och mjölkavkastning i och med att det motverkar den surgörande effekten på kons syra-basbalans, framförallt när foderstaten innehåller en stor andel kraftfoder (Holtenius, 2006). I försök där effekterna av olika buffrande ämnen i foder har undersökts har det visat sig att när kor utfodras med buffert så ökar ts-konsumtionen (West et al., 1987; Xu et al., 1994). I försöket utfört av Fisher et al. (1994) var förhållandet däremot det omvända, när innehållet av K_2CO_3 i foderstaten ökade minskade foderkonsumtionen.

I försöket utfört av West et al. (1987) utfodrades korna med 1,25–1,85 % K_2CO_3 av den totala foderstaten och det ledde, förutom till ökad konsumtion av ts, även till ökad smältbarhet av ts och NDF jämfört med de kor som inte fick någon tillsatt buffert. För de kor som fick den högsta nivån av K_2CO_3 sjönk inte pH-värdet i våmmen lika mycket efter utfodring som för korna som

fick mindre eller ingen buffert alls. De lägsta pH-värdena uppmättes fyra timmar efter utfodring och var för de kor som inte fick någon buffert 5,6 och för de kor som fick 1,85 % K_2CO_3 var pH-värdet 6. De högsta värdena uppmättes precis vid utfodring och efter tio timmar och låg då runt 6,7 (West et al., 1987). Även försöket utfört av Fisher et al. (1994) visade en trend mot ett högre pH-värde när andelen K_2CO_3 i foderstaten ökade. Till skillnad från detta har det i andra försök inte visat sig vara någon signifikant skillnad i pH-värdet när buffert har adderats till fodret (Miller et al., 1965; West et al., 1986). I försöket utfört av West et al. (1986) var pH-värdet för kontrollgruppen 6,81 och för de kor som fick $KHCO_3$ (1,8 %) eller K_2CO_3 (1,2 %) var pH-värdena 6,65 resp. 6,73. Alla behandlingsgrupper fick samma andel grovfoder i förhållande till kraftfoder; 40:60 på ts-basis. Vid provtagningen av våmvätskan användes strupsondning vilket gjorde att det fanns risk att saliv kontaminerade proverna och gav ett för högt pH-värde (West et al., 1986).

I sammanställningen över kaliumhalter i svenskt vallfoder (Tabell 4) är medelvärdet strax över 20 g K/kg ts i gräs/klöverensilage, vilket även kan ses i NorFors fodertabeller där kaliumvärdena ligger mellan 22-24 g/kg ts för ensilage med 1-50 % klöver (baserat på 26 589 analyser, NorFor, 2014). I en studie av Simonsson et al. (2008) låg 86 % av de 222 analyserade vallproverna i intervallet 10-30 g K/kg ts. Djurtätheten på gården påverkade inte kaliumhalten i marken eller grödan på ett påtagligt sätt, jordarten och lerhalten hade större inverkan (Simonsson et al., 2008). Rekommendationerna för innehållet av kalium i totalfoderstaten är för sinkor 5,2 g K/kg ts och för lakterande kor 10 g K/kg ts. Den högsta tolerabla nivån är 30 g K/kg ts (Spörndly, 2003).

Tabell 4. Sammanställning över kaliumhalt i svenskt vallfoder, g/kg ts (efter Spörndly, 2003)

	Södra Sverige	Norra Sverige	Hela Sverige
Ensilage < 25 % klöver	24 ^{n=3 176, SD=5,4}	20 ^{n=1 792, SD=4,5}	22 ^{n=6 252, SD=5,5}
Ensilage 25-50 % klöver	25 ^{n=888, SD=5,2}	19 ^{n=105, SD=4,1}	24 ^{n=1 169, SD=5,5}

n=antal analyser

SD=standardavvikelse

3. Material och metoder i utfodringsförsöket

3.1 Experimentell design

Sex våmfistulerade SRB-kor (Svensk röd och vit boskap), samtliga andrakalvare (57 till 97 dagar i laktationen, vikt 584-690 kg, avkastning 23,7-46,0 kg ECM/d vid försöksstart), användes i ett change-overförsök med en romersk kvadrat med tre perioder och tre behandlingar. Varje period varade i två veckor med en veckas anpassning till fodret och en veckas provtagning. I varje period fanns två kor per behandling. Korna hölls i ett uppbundet stall på Nationellt forskningscentrum för lantbrukets djur vid Lövsta, Uppsala.

3.2 Foder

Under försöket fick alla kor samma grundfoderstat på en individanpassad nivå för att täcka energibehovet vid försöksstart. Fodermedlen gavs i fasta proportioner för att få en foderstat med ca 12,2 MJ omsättbar energi/kg ts och 170 g rp/kg ts. På ts-basis utgjordes foderstaten av

39,3 % ensilage

60 % SOLID 620 (Lantmännen, Stockholm, Sverige)

0,70 % urea ($CO(NH_2)_2$) med minst 46 % kväve (AB Johan Hansson, Uppsala, Sverige)

För att få ett stabilt intag justerades totalgivan fram till den första provtagningsperioden så att den låg strax under ad lib. Fodermedlens sammansättning ses i Tabell 5.

Tabell 5. Fodermedlens sammansättning

	Ensilage	Kraftfoder	Urea ¹
Torrsubstans (ts), %	55,8 (2,0)	88,3 (0,4)	99,7
Organisk substans, % av ts	94,2 (0,3)	93,6 (0,04)	-
Omsättbar energi, MJ/kg ts	11,0 (0,4)	13,2 ²	0
rp, g/kg ts	106 (4,2)	175 (0,5)	2 900
NDF ³ , g/kg ts	537 (16,3)	232 (11,2)	-
iNDF ⁴ , g/kg NDF	226 (34,1)	193 ²	-
Aska, g/kg ts	59,2 (0,3)	64,3 (0,4)	-
K, g/kg ts	19,11 (0,96)	7,69 (0,5)	-
Na, g/kg ts	0,1 (0,08)	2,42 (0,08)	-

¹ Analysvärde enligt AB Johan Hansson

² Analysvärde enligt Lantmännen.

³ Neutral detergent fibre, fiber som finns kvar efter behandling med pH-neutral lösning.

⁴ Indigestible neutral detergent fibre, osmältbar fiber

Värden inom parentes är standardavvikelser.

Försöksbehandlingarna utgjordes av tillsats av olika mängder kalium i form av kaliumbikarbonat, KHCO_3 , (Univar Europé, Rotterdam, Nederländerna) till foderstaten. Tre olika nivåer användes: Låg (L) – inget tillsatt kalium (foderstatens grundnivå, ca 12 g K/kg ts), medel (M) – kaliumtillskott till dubbla grundnivån (ca 24 g K/kg ts), hög (H) – kaliumtillskott till tredubbla grundnivån (ca 36 g K/kg ts).

Ensilaget var i form av rundbalar från andraskörd av en ekologiskt odlad gräs-klövervall som dominerades av timotej. Balarna sönderdelades i en mixervagn innan utfodring. Foderurean gavs i samband med utfodring av kraftfoder och kaliumbikarbonaten blandades i ensilaget. Allt foder utfodrades manuellt. Utfodring skedde sex gånger per dag enligt följande schema:

05.45	Ensilage + kaliumtillskott (50 % av dagsgivan)
06.00	SOLID (25 % av dagsgivan) + urea (50 % av dagsgivan)
09.00	SOLID (25 % av dagsgivan)
13.00	SOLID (25 % av dagsgivan) + urea (50 % av dagsgivan)
16.45	Ensilage + kaliumtillskott (50 % av dagsgivan)
17.00	SOLID (25 % av dagsgivan)

3.3 Provtagningar

Registrering av foderrester och provtagning av det utfodrade ensilaget och kraftfodret skedde dagligen. Mjölknings skedde kl. 06.00 och 17.00 och mjölmängden registrerades för varje mjölkning under hela försöket (DelPro MU 480 med mjölmätare MM25WC, DeLaval International AB, Tumba, Sverige). Under tre dygn i varje mätperiod skedde provmjölkning. I samband med provmjölkningarna togs även prov om 2x10 ml i provrör som frystes omedelbart utan bromopol för analys av urea. Under en dag i mätperioden togs även handmjölkade prover varannan timme mellan kl. 06.00-24.00. Proverna togs alltid ur vänster bakspene. Ca fem drag mjölkades ur och kasserades och därefter mjölkades 20 ml ut till två provrör som frystes omedelbart för analys av urea. Under tre dagar i mätperioden skedde kvantitativ uppsamling av

urin i dunkar med hjälp av vadderade gummitrattar som hölls på plats av selar. Uppsamlingsdunkarna preparerades med 500 ml 3,87 M HCl (saltsyra) innan byte kl. 06.00 och 18.00. Ytterligare HCl tillsattes när ca 5 l urin fanns i dunkarna. Vid dunkbyte noterades urinvikterna och pH mättes för ev. justering av mängderna HCl för att få pH 3-4. Efter omrörning togs prover om 3x10 ml ut i provrör som frystes. Under mätperioden togs träckprover två gånger per dag, mellan kl. 05.00-08.00 och kl. 16.00-19.00. Proverna togs vid spontangödsling, endast i undantagsfall togs prov rektalt. Ca 6 dl träck frystes in i plastpåse vid varje provtagning. Proverna tinades sedan och blandades för att få ett periodprov per ko. Två petriskålar om ca 200 g frystorkades. Våmvätskeprover togs enligt ett rullande schema vid 18 tillfällen under varje mätperiod för att täcka in de flesta av dygnets timmar. Ett 50 ml centrifugrör fylldes i våmmen, innehållet silades och pH mättes direkt. Provet fördelades i tre Eppendorfrör för HPLC. Rören frystes omedelbart.

3.4 Analyser

Ensilageresterna frystes in och torkades, maldes och analyserades för mineraler. Under mätperioden frystes prover om ca 2 kg av det utfodrade ensilaget in per dag för att malas ihop i fruset tillstånd på köttkvarn genom 10 mm skiva till ett periodprov. I samband med det togs prover ut för extraktion. Ca 120 g ensilage lades i en ziplockpåse och ensilaget späddes med destillerat vatten, 1:1 på färskviktbasis, förvarades i kyl över natten och pressades i hydraulisk press. pH mättes i extraktet som sedan analyserades för fermentationsprodukter med HPLC (Ericson & Andre, 2010), för Kjeldahlkväve (lösligt råprotein) och för ammoniak och α -aminokväve på en AutoAnalyzer III (SEAL Analytical GmbH, Norderstedt, Tyskland). För ammoniak användes originaluppsättningen enligt Broderick & Kang (1980). Analysen av α -aminokväve anpassades efter samma metod som användes av Moore (1968). Det köttkvarnmalda ensilaget vägdes in i tarerade skålar, frystorkades och maldes på hammarkvarn (KAMAS AB, Malmö, Sverige) genom 1 mm såll. Proven analyserades för Kjeldahlkväve, ts, aska, AIA (acid insoluble ash), mineraler, NDF, WSC (water soluble carbohydrates) och VOS (våmvätskelöslig organisk substans). Kraftfoderproverna sammanslogs till ett periodprov om ca 200 g som torkades vid 60° över natt och maldes och analyserades för Kjeldahlkväve, ts, aska, NDF, AIA, BSN (buffertlösligt råprotein), α -aminokväve och mineraler med samma metoder som för ensilaget, undantaget analysen av buffertlösligt råprotein som gjordes enligt Åkerlind et al. (2011). Kaliumkarbonaten provtogs och analyserades för AIA.

Mjölksproven från provmjölkningarna konserverades med bromopol och analyserades för fett, protein och laktos. De frysta mjölkproverna analyserades för urea med AutoAnalyzer genom en standardmetod med diacetylmonoxim (Technicon, 1974) efter att fett och protein tagits bort på följande sätt: Provrören vändes först flera gånger så att mjölken blandades. Sedan centrifugerades proverna vid 3 000 G i 5 min. i en centrifug (Hermle Z383K, Hermle Labortechnik GmbH, Wehingen, Germany) vid 4° C så att fettet samlades i toppen av rören. Proverna ställdes i ett frigolitställ och placerades i en frys i 7-8 min vid -85° C. Därefter kunde fettlagret tas bort och proverna hällas i behållare för AutoAnalyzer. De frysta urinproverna analyserades för urea och kreatinin. Ett periodprov per ko återskapades vid urea-kreatininanalysen för analys av Kjeldahlkväve och kalium. Den frystorkade träcken analyserades för ts, aska, Kjeldahlkväve, NDF och AIA. Våmvätskeproven analyserades med HPLC för VFA, och med AutoAnalyzer för NH₃-N och α -amino-N.

3.5 Beräkningar och statistisk analys

Bearbetningen av data från försöket gjordes på behandlingsmedelvärden där aritmetiska medelvärden användes. I uträkningarna antogs densiteten för urin vara 1. Data analyserades med Proc. GLM i SAS (Ver 9.2, SAS Institute Inc., Cary, U.S.A.). I modellen ingick ko, period och behandling. För pH och urinureakväve var interaktionen period*behandling signifikant. Behandlingseffekten påverkades för urinureakväve men inte för pH och därmed togs period*behandling med i modellen för urinureakväve men inte för pH. Data för dygnsvariation analyserades med Proc. Mixed i SAS med period, behandling, tid och behandling*tid som fixa faktorer, och ko, ko*period*behandling ingick i modellen som slumpmässig effekt. Eventuella skillnader mellan behandlingarna räknades som signifikanta om $p < 0,05$ och som en tendens om $p < 0,1$. P-värdena justerades inte för multipla jämförelser. Resultaten redovisas som minstakvadratmedelvärden (LSMean) och standard error of difference (SED).

4. Resultat

4.1 Foderkonsumtion och –smältbarhet

Konsumtionen av grundfoderstaten och de ingående näringsämnen skilde sig inte mellan de olika behandlingarna (Tabell 6). Konsumtionen av kalium och därmed den totala ts-konsumtionen varierade dock, så att L gav en lägre ts-konsumtion än M och H. Den totala mängden K som konsumerades per dag var för behandling L 240 g, M 483 g och H 686 g. Detta motsvarade 11,9 g K/kg ts för L, 23,3 g K/kg ts för M och 32,7 g K/kg ts för H. Smältbarheten skilde sig mellan behandlingarna för ts, organisk substans, NDF och K där smältbarheten ökade med ökad kaliumnivå.

Tabell 6. Konsumtion och smältbarhet vid olika kaliumnivåer i foderstaten.

	Kaliumnivå			SED	P-värde ¹
	Låg	Medel	Hög		
Konsumtion					
Grovfoder, kg ts/d	8,0	8,0	7,7	0,12	0,27
Kraftfoder, kg ts/d	12,1	12,1	12,1	0,003	0,99
KHCO ₃ , g/d	0 ^a	616 ^b	1142 ^c	48	<0,0001
Total ts, kg/d	20,1 ^a	20,7 ^b	21,0 ^b	0,16	0,01
N, g/d	533	535	532	2,1	0,46
NDF, g/d	7 103	7 121	7 060	52,0	0,70
K, g/d	240 ^a	483 ^b	686 ^c	20,0	<0,0001
Na, g/d	29,9	30,1	30,1	0,1	0,14
Smältbarhet					
Torrsubstans	0,706 ^a	0,726 ^b	0,740 ^c	0,002	<0,0001
Organisk substans	0,718 ^a	0,732 ^b	0,743 ^c	0,002	0,0002
NDF	0,589 ^a	0,624 ^b	0,642 ^b	0,007	0,0024
Råprotein	0,713	0,714	0,714	0,001	0,70
Kalium	0,893 ^a	0,929 ^b	0,951 ^b	0,008	0,0022

¹ P-värde för F-test av behandlingseffekt.

^{a-c} Värden på samma rad som följs av olika bokstäver skiljer sig signifikant.

4.2 Vattenkonsumtion och urinvolym

Med ökad kaliumkonsumtion ökade både vattenkonsumtionen och urinproduktionen markant. Vattenkonsumtionen ökade med 31 kg och urinproduktionen med 26 kg när korna utfodrades med den högsta kaliumnivån jämfört med foderstatens grundnivå (Tabell 7).

Tabell 7. Vattenkonsumtion och urinproduktion vid olika kaliumnivåer i foderstaten

	Kaliumnivå			SED	P-värde ¹
	Låg	Medel	Hög		
Vattenkonsumtion, kg/d	82,3 ^a	98,7 ^b	113,1 ^c	1,94	<0,0001
Urinproduktion, kg/d	14,0 ^a	27,4 ^b	39,9 ^c	1,65	<0,0001

¹ P-värde för F-test av behandlingseffekt.

^{a-c} Värden på samma rad som följs av olika bokstäver skiljer sig signifikant.

4.3 Ammoniak och pH-värde i våmmen

Av de parametrar våmvätskan analyserades för var det endast pH-värdet som skilde sig signifikant mellan behandlingarna, där ökad kaliumnivå gav högre pH. Det var dock endast L som avvek signifikant från övriga behandlingar, men det fanns en tendens till skillnad även mellan M och H. Koncentrationen av ammoniakkväve (NH₃-N) tenderade att sjunka när kaliumnivån ökade. Det fanns en tendens till ökad andel acetat och minskad andel propionat av VFA när kaliumnivån ökade (Tabell 8).

Tabell 8. Våmvätskevariabler vid olika kaliumnivåer i foderstaten

	Kaliumnivå			SED	P-värde ¹
	Låg	Medel	Hög		
pH	5,86 ^a	5,99 ^b	6,09 ^b	0,04	0,01
NH ₃ -N, mg/dl	7,21	7,02	6,25	0,28	0,09
α-amino-N, mg/dl	6,10	6,31	6,42	0,20	0,53
Total VFA, mM	121,5	120,3	119,9	2,73	0,82
Acetatandel	0,649	0,672	0,672	0,009	0,06
Propionatandel	0,204	0,176	0,178	0,012	0,09
Butyratandel	0,112	0,114	0,114	0,005	0,86
Isovaleratandel	0,020	0,021	0,021	0,001	0,34
Valeratandel	0,015	0,017	0,015	0,001	0,12

¹ P-värde för F-test av behandlingseffekt.

^{a, b} Värden på samma rad som följs av olika bokstäver skiljer sig signifikant.

4.4 Urinurea

De olika kaliumnivåerna hade effekt både på den totala mängden kväve och på mängden ureakväve som utsöndrades med urinen (Tabell 9). För den totala urinkväveutsöndringen var det dock endast behandling M som skilde sig signifikant från de andra med det högsta värdet på 143 g N/dag. För ureakvävet fanns det endast en signifikant skillnad mellan L och H, men det fanns en tendens till skillnad även mellan M och H. Andelen ureakväve av det totala urinkvävet var för L 79 % och för M och H 72 %. Den totala utsöndringen av träckkväve per dag skilde sig inte mellan behandlingarna.

Tabell 9. Kväveutsöndring genom urin och träck vid olika kaliumnivåer i foderstaten

	Kaliumnivå			SED	P-värde ¹
	Låg	Medel	Hög		
Urinkväve, totalt, g/dag	133 ^a	143 ^b	134 ^a	2,31	0,03
Urinreakväve, g/dag	105 ^a	103 ^{a, b}	97 ^b	0,73	0,005
Träckkväve, g/dag	153	153	152	1,24	0,49

¹ P-värde för F-test av behandlingseffekt.

^{a-c} Värden på samma rad som följs av olika bokstäver skiljer sig signifikant.

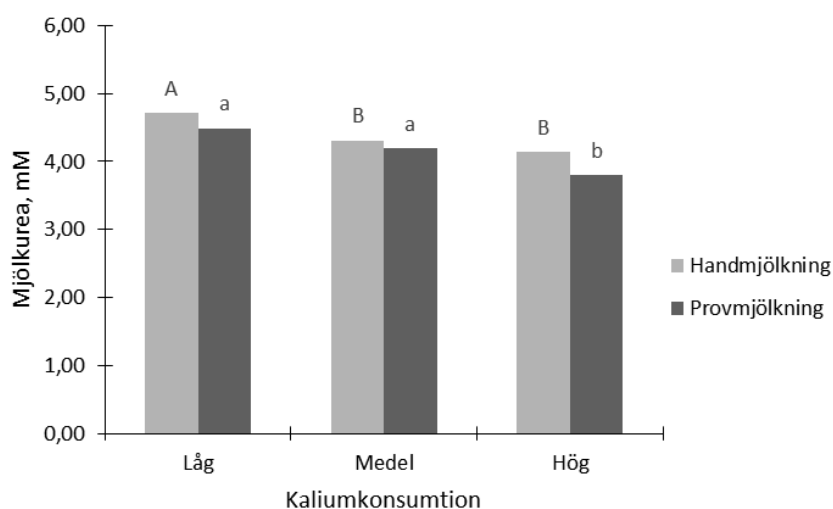
4.5 Mjölkkurea

Produktionen skilde sig inte mellan behandlingarna, varken som kg mjölk eller som kg ECM (Tabell 10). Inte heller produktionen av protein (952 g/dag) eller fett (1230 g/dag) påverkades. Däremot varierade innehållet av mjölkkurea mellan behandlingarna. Mer konsumerat kalium innebar mindre urea i mjölken. Behandling H gav signifikant lägre ureakoncentration (3,80 mM) jämfört med L (4,49 mM) och M (4,20 mM), det fanns även en tendens till att M gav något lägre ureakoncentration jämfört med L. Som mest var skillnaden mellan behandlingarna 0,7 mM för de mjölkprover som togs vid morgon- och kvällsmjölkningsarna. De mjölkprover som togs för hand under ett dygn i varje mätperiod visade på samma resultat, och låg nära värdena från provmjölkningsarna (Figur 5).

Tabell 10. Mjölkkvariabler vid olika kaliumnivåer i foderstaten

	Kaliumnivå			SED	P-värde ¹
	Låg	Medel	Hög		
Mjölk, kg/d	27,4	28,0	27,9	0,43	0,55
ECM, kg/d	28,7	29,3	29,4	0,58	0,68
Mjölprotein, g/d	945	959	951	17,6	0,84
Mjölkfett, g/d	1 206	1 233	1 251	31,0	0,61

¹ P-värde för F-test av behandlingseffekt.

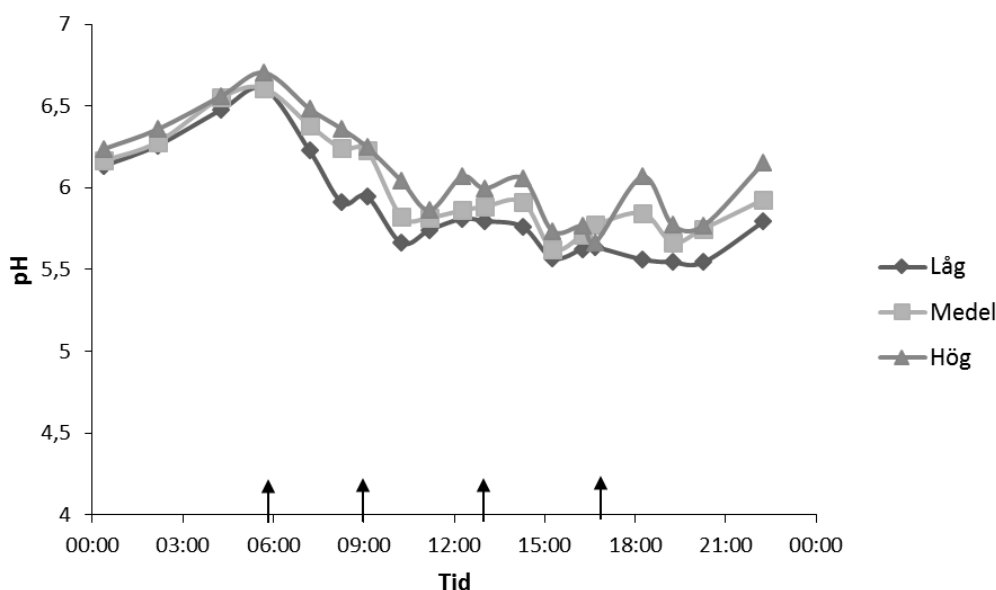


Figur 5. Mjölkkureavärden (mM) för handmjölkning (11 prover om 20 ml tagna mellan 06.00-24.00) resp. provmjölkning morgon och kväll vid låg (240 g/dag), medel (483 g/dag) och hög (686 g/dag) konsumtion av kalium. Värden för handmjölkning resp. provmjölkning där staplarna har olika bokstäver skiljer sig signifikant. SED var för handmjölkning 0,09 och för provmjölkning 0,10. P-värde för behandlingsskillnader var för handmjölkning 0,004 och för provmjölkning 0,003.

4.6 Inomdygnsvariation av våmpH, våmammoniak och mjölkurea

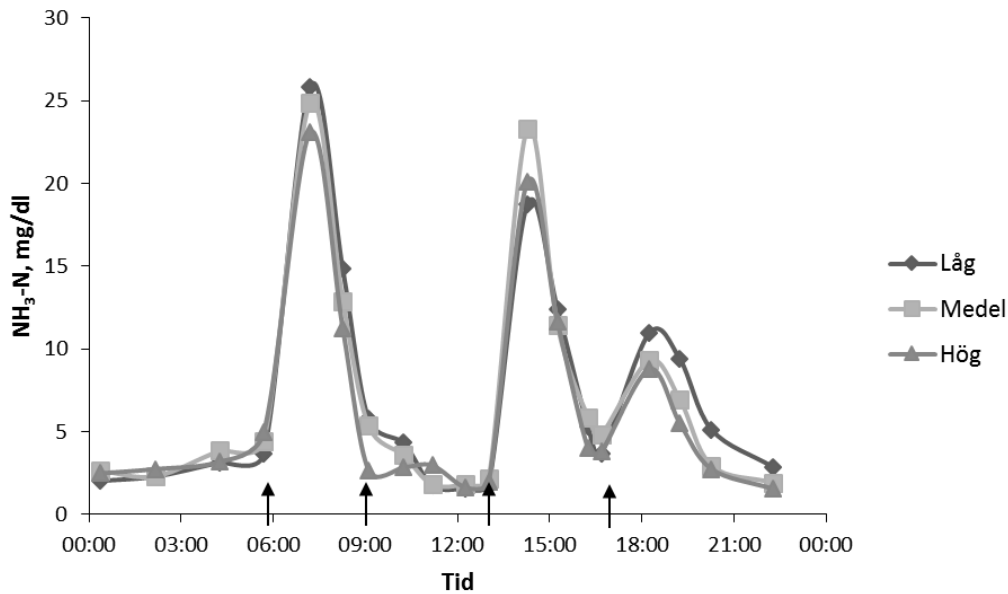
Figur 6 visar hur pH-värdet för våmvätskan varierade över dygnet. De högsta nivåerna uppmättes precis innan morgonutfodringen och var då 6,61 för L och M och 6,70 för H. pH-värdena sjönk därefter och varierade under dagen med märkbara sänkningar efter utfodring. Drygt två timmar efter utfodring ökade pH-värdena igen.

Det lägsta värdet för L uppmättes drygt två timmar efter den sista utfodringen kl.17.00. För M och H uppmättes de lägsta värdena drygt två timmar respektive tre och en halv timme efter utfodringen kl. 13.00. Den största variationen i pH-värdet hade behandling L, med en skillnad på 1,06 enheter mellan det högsta och det lägsta värdet. Det fanns, som tidigare nämnts, en signifikant skillnad mellan behandlingarna där ökad kaliumkonsumtion gav ett högre pH-värde på våmvätskan. Som mest var skillnaden 0,51 enheter mellan H och L.



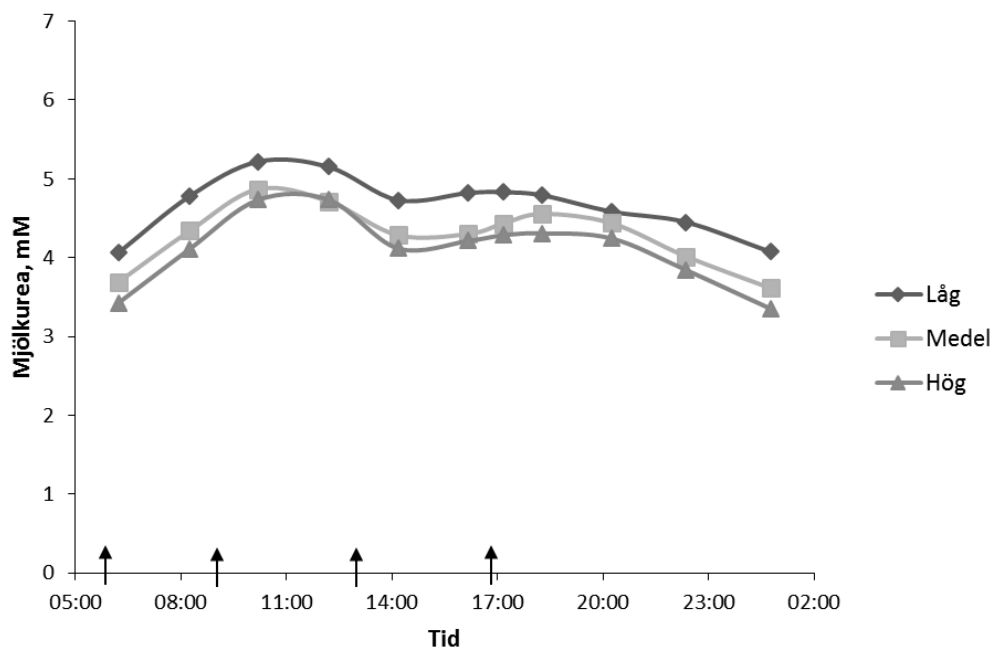
Figur 6. Variation i pH-värde för våmvätska över dygnet vid låg (240 g/dag), medel (483 g/dag) och hög (686 g/dag) konsumtion av kalium. SED=0,11. Pilarna visar utfodringstillfällen.

Det fanns, som tidigare nämnts, ingen signifikant skillnad mellan behandlingsnivåerna vad gäller ammoniakkväve i våmvätskan. Däremot fanns en stor variation över dygnet (Figur 7). Den högsta koncentrationen av $\text{NH}_3\text{-N}$ uppmättes en och en halv timme efter morgonutfodringen, med värden på 25,8 mg/dl, 24,9 mg/dl och 23,1 mg/dl för L, M och H. Därefter sjönk koncentrationen till nästa utfodring, och nådde den lägsta nivån strax innan eftermiddagsutfodringen med kraftfoder och urea. Skillnaden under dagen var som mest 24,3 mg/dl, denna variation uppmättes för behandling L. Varje utfodringstillfälle gav upphov till en ökning i koncentrationen, med högst toppar då det utfodrats med kraftfoder och urea.



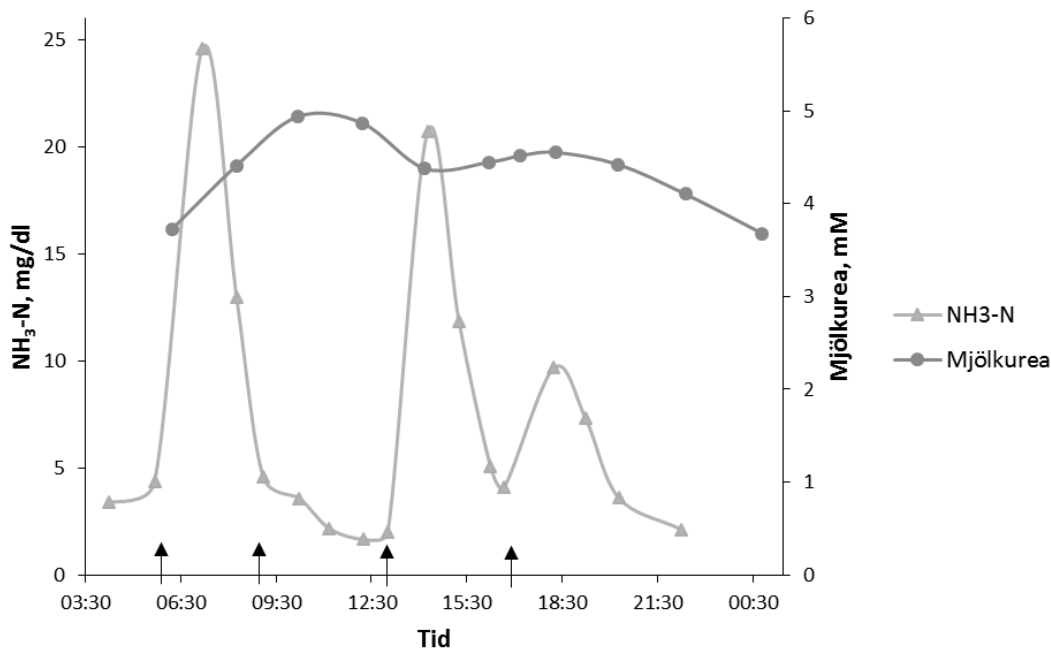
Figur 7. Koncentration av ammoniakkväve ($\text{NH}_3\text{-N}$, mg/dl) i våmvätska över dygnet vid låg (240 g/dag), medel (483 g/dag) och hög (686 g/dag) konsumtion av kalium. $\text{SED}=2,01$. Pilarna visar utfodringstillfällena (ensilage: 05.45 och 16.45, kraftfoder och urea: 06.00 och 13.00, kraftfoder: 9.00 och 17.00).

Koncentrationen av mjölkurea varierade över dygnet enligt Figur 8. Nivåerna var som lägst när provtagningarna började och slutade, vilket var efter morgonutfodringen kl. 06.14 och kl. 00.46. De högsta nivåerna av mjölkurea uppmättes fyra och en halv timme efter den första utfodringen för alla behandlingarna. Efter toppen minskade koncentrationen något men ökade igen efter eftermiddagsutfodringarna. Den största variationen under dagen uppmättes för H och var 1,4 mM. Den största skillnaden mellan behandlingarna uppmättes mellan L och H till 0,72 mM. Medelvärde för L (4,72 mM) var signifikant högre än medelvärdet för M (4,31 mM) och H (4,14 mM).



Figur 8. Koncentration av mjölkurea (mM) över dygnet vid låg (240 g/dag), medel (483 g/dag) och hög (686 g/dag) konsumtion av kalium. $\text{SED}=0,19$. Pilarna visar utfodringstillfällena.

Figur 9 visar variationen i våmammoniak och mjölkurea över dygnet för medelvärden över de tre behandlingarna. De två högsta topparna i koncentrationen av våmammoniak följdes av toppar i mjölkurean ca 3 timmar senare.



Figur 9. Variation av ammoniakkväve (NH₃-N, mg/dl) i våmvätskan och mjölkurea (mM) under dygnet. Grafen visar medelvärden över de tre behandlingsnivåerna. Pilarna visar utfodringstillfällena.

5. Diskussion

5.1 Foderkonsumtion och –smältbarhet

Kaliuminnehållet i gräs-klöverensilaget i försöket var i nivå med både NorFors (2014) och Spörndly (2003) tabellvärden över analyserade gräs-klöverensilage med 1-50 % klöver. Den eftersträlvade kaliumnivån nåddes för L, och för M fattades det endast 0,7 g/kg ts för att nivån skulle varit nådd. För H var nivån 3,3 g/kg ts lägre än vad som eftersträvades. Dessa små skillnader var dock inget som borde påverkat resultaten, kanske hade några jämförelser mellan H och övriga behandlingar som nu endast visade tendens till skillnad istället blivit signifikanta. Alla behandlingsnivåerna låg över den rekommendation som finns på minst 10 g K/kg ts i totalfoderstaten för lakterande kor (Spörndly, 2003). H gav nästan tre gånger den rekommenderade mängden (32,7 g K/kg ts) och gav därmed även mer kalium än den rekommenderade maximihalten på 30 g/kg ts (Spörndly, 2003).

Det finns många parametrar som påverkar kornas konsumtion av foder. Enligt flera källor (West et al., 1987; Xu et al., 1994; Holtenius, 2006) kan buffrande ämnen i fodret ha en positiv inverkan på foderkonsumtionen. I försöket med K₂CO₃ utfört av Fisher et al. (1994) minskade däremot ts-konsumtionen när kaliuminnehållet ökade. I detta försök var utfodringsnivån satt för att inte ge några rester. Varken grovfoder- eller kraftfoderkonsumtionen varierade mellan behandlingarna, hade korna haft fri tillgång hade konsumtionen kanske ökat. Den totala ts-konsumtionen skilde mellan behandlingarna men detta berodde på att korna utfodrades med olika mängder KHCO₃.

Den ökade smältbarheten av ts, organisk substans och NDF med ökad nivå av KHCO_3 kan bero på att pH-värdet inte sjunker lika mycket när konsumtionen av karbonat eller bikarbonat ökar, och när pH-värdet inte sjunker så mycket så trivs de cellulolytiska organismerna i våmmen bättre. Även West et al. (1987) såg i sitt försök där korna utfodrades med K_2CO_3 att smältbarheten av ts och NDF ökade när buffertnivån i foderstaten ökade.

5.2 Vattenkonsumtion och urinvolymer

Att vattenkonsumtionen och urinproduktionen ökade med ökad nivå av KHCO_3 kan ha påverkats av den högre konsumtionen av ts (p.g.a. tillsatsen av KHCO_3), då övriga faktorer som påverkar vattenkonsumtionen och urinproduktionen inte skilde mellan behandlingarna. Dock var det antagligen kaliumnivåerna i sig och inte den något högre ts-konsumtionen som gav högre vattenkonsumtion och urinproduktion eftersom vattenkonsumtionen och urinproduktionen skilde sig signifikant mellan alla tre behandlingsnivåer, men ts-konsumtionen för L var den enda som var signifikant lägre än de övriga.

Resultaten från försöket visar att korna som inte fick något tillsatt kalium drack mer än Churchs tumregel på 76 kg per dag (som visserligen är från 1970-talet då korna troligen inte producerade lika mycket mjölk som dagens kor). Resultaten ligger på samma nivå som för den lägsta nivån av kalium i försöket av Fisher et al. (1994), där foderstaten motsvarade den i det här försöket m.a.p. proteininnehåll och andel grovfoder. För H var vattenkonsumtionen lika hög som den vattenkonsumtion som registrerades för kor som fick motsvarande kaliumandel i fodret i försöket av Fisher et al. (1994). Att vattenkonsumtionen ökar när konsumtionen av K ökar har även visats i försök av St. Omer & Roberts (1967). I detta försök var urinproduktionen något lägre när inget K tillsattes till foderstaten än vad som anges i litteraturen (Murphy, 1992; Eriksson, 2011). L och H gav dock samma mängd urin som motsvarande behandlingsnivåer i försöket utfört av Fisher et al. (1994).

5.3 Ammoniak och pH-värde i våmmen

Att koncentrationen av ammoniakkväve i våmmen inte skilde sig signifikant mellan behandlingarna stämmer överens med genomgången litteratur, då behandlingarna inte skilde sig m.a.p. mängden konsumerat foder eller innehållet av kväve och energi, faktorer som kan påverka förekomsten av ammoniakkväve (Anniston et al., 1954; Roffler & Satter, 1975). Med ökad kaliumgiva steg pH-värdet i våmvätskan, liksom i försöket utfört av West et al. (1987). I andra försök har det dock inte visats någon signifikant skillnad i pH när korna utfodrats med buffert (Miller et al., 1965; West et al., 1986). Nivån på pH-värdena var lägre än i försöken utförda av West et al. (1986) och Bertilsson & Murphy (2003). I försöket utfört av Bertilsson & Murphy (2003) var grovfoderandelen större än i detta försök, vilket kan ha påverkat pH-värdet. Andelen grovfoder var lika stor som i försöket utfört av West et al. (1986) men de ingående fodermedlen i foderstaten skilde sig antagligen, vilket kan ha påverkat idisslingen och därmed salivproduktionen och pH-värdet (McDonald et al., 2011). Även det faktum att West et al. (1986) använde strupsond vid provtagningen ledde antagligen till ett högre pH-värde. Att nivåerna låg lägre i detta försök än i försöket utfört av West et al. (1986) kan ha inverkat på att det blev en effekt på pH-värdet när KHCO_3 tillsattes, till skillnad från resultaten i försöket av West et al. (1986).

5.4 Urinurea

Även Spek et al. (2012) såg i sitt försök att den totala utsöndringen av kväve ökar när urinvolymen ökar. I det försöket konsumerade korna jämförbara nivåer av kväve och vatten som i detta försök, men de utsöndrade mer urin och mer urinkväve per dag. Den totala utsöndringen av urinkväve skilde dock inte mellan L och H i detta försök, trots att urinvolymen var nästan tre gånger så stor för H. Att en ökad urinvolym inte resulterar i en ökning i den totala kväveutsöndringen har även visat sig i försök av St. Omer & Roberts (1967) och De Campeneere et al. (2006). Det fanns ingen tydlig förklaring till den något större urinkväveutsöndringen med behandling M. Resultaten för andelen ureakväve av kvävet som finns i urinen stämde överens med värden från litteraturen. Enligt flera källor (Olmos Colmenero & Broderick, 2006; Pelve et al., 2012; Dijkstra et al., 2013) är det kvävet som finns i form av urea som ökar när den totala utsöndringen av urinkväve ökar. I försöket syntes dock inga sådana tendenser, snarare var förhållandet det omvända. Liksom i försöken utförda av St. Omer & Roberts (1967) och Fisher et al. (1994) varierade inte den totala utsöndringen av kväve i träcken när konsumtionen av kalium ändrades.

5.5 Mjölkkurea

Eftersom foderstaten och foderkonsumtionen inte skulle variera mellan behandlingarna var det väntat att varken produktionen av mjölk, mjölkfett eller mjölkprotein skilde mellan behandlingarna. Att smältbarheten ökade med ökad kaliumgiva skulle ha kunnat påverka kornas avkastning då mer av fodret teoretiskt sett utnyttjades, men skillnaderna i smältbarhet var relativt små. Den ökade smältbarheten gjorde att H teoretiskt sett kunde smälta drygt 500 g organisk substans mer per dag jämfört med L. Denna ökning motsvarar ett tillskott av knappt 7 MJ omsättbar energi per dag om man tillämpar värden för växttråd (Spörndly, 2003). Det skulle ha räckt till att öka mjölkproduktionen med ca 1,4 kg ECM per dag.

Detta försök var ett change-overförsök där alla kor genomgick samma behandlingar och jämförelserna gjordes "inom ko". Därmed ska inte djuregenskaper, som ras och laktationsnummer, eller foderstaten ha påverkat resultaten. Foderstaten var designad så att alla kor fick samma grundfoderstat och därmed skulle energi- och proteininnehållet inte skilja mellan behandlingarna, endast mellan individerna efter deras näringsbehov grundat på avkastning. Varken konsumtionen av kväve eller koncentrationen av ammoniakkväve i våmvätskan skilde mellan behandlingarna. Därmed var det inte dessa parametrar som var orsak till variationen i mjölkureakoncentrationen. Den faktor som därmed gav upphov till skillnaden i mjölkureakoncentrationen mellan behandlingarna var mängden konsumerad kalium, mer konsumerad kalium gav mindre urea i mjölken. Att ureakoncentrationen i mjölken minskar med ökad konsumtion av kalium beror på att när mineralintaget ökar, ökar vattenkonsumtionen och därmed även urinvolymen (Fisher et al., 1994; Kohn, 2007; Spek et al., 2012). Det höga urinflödet för bort urea från kroppens ureapool, och därmed från mjölken (De Campeneere et al., 2006). Eftersom vattenkonsumtionen påverkar mjölkureakoncentrationen och urinkväveutsöndringen bör detta tas i beaktande när koncentrationen av mjölkurea används för att förutsäga kors kväveutsöndring. I försök där relationen mellan vattenkonsumtion-mjölkureakoncentration-urinureakoncentration har studerats har vattenkonsumtionen påverkats genom tillsats av mineraler i fodret. Ett ökat mineralintag leder till att utsöndringen av mineralerna ökar vilket kräver vätska och därmed dricker djuren mer. En intressant fråga att studera vore om ökad vattenkonsumtion p.g.a. varmt väder har någon effekt på koncentrationerna av mjölkurea och urinurea.

5.6 Inomdygnsvariation av våmpH, våmammoniak och mjölkurea

Variationen av ammoniak i våmmen över dygnet var likartad för alla tre behandlingsnivåerna. Det fanns ett tydligt mönster med ökande koncentrationer efter utfodring. I Figur 7 finns två toppar på kurvorna där koncentrationerna ökade markant. Dessa toppar uppmättes drygt en timme efter att korna utfodrats med ensilage, kraftfoder och urea kl. 06.00 och med kraftfoder och urea kl. 13.00. Dessa resultat stämmer väl överens med resultat från andra försök som visar att koncentrationen av ammoniak i våmmen når en topp en till tre timmar efter utfodring (Ciszuk et al., 1993; Gustafsson & Palmquist, 1993; Rodriguez et al., 1997). Att de högsta koncentrationerna av ammoniakväve uppmättes efter utfodringen med kraftfoder och urea beror på att dessa fodermedel gav mer råprotein till våmmens mikrober än ensilaget, och att urea dessutom bryts ner snabbt i våmmen (Broderick & Wallace, 1988). Att pH-värdet sjönk efter varje utfodringstillfälle berodde på att kolhydraterna i fodret bröts ner och VFA bildades som sänkte pH-värdet (McDonald et al., 2011). Innan morgonutfodringen var pH-värdet i våmvätskan som högst eftersom korna ännu inte utfodrats och därmed hade inga höga nivåer av VFA ännu bildats.

Effekten av kalium på mjölkureakoncentrationen var bara hälften så stor som variationen över dygnet. Variationen i mjölkurea under dygnet påverkas av tidpunkten för utfodringar och därmed av produktionen av våmammoniak (Ciszuk et al., 1993). Enligt Ciszuk et al. (1993) finns ett tydligt samband mellan variationen av våmammoniak, blodurea och mjölkurea över dygnet, där våmammoniak har en större variation än mjölkurea. I detta försök mättes inte blodurea, men det fanns ett samband mellan variationen i våmammoniak och mjölkurea (Figur 9). De två högsta topparna i koncentrationen av våmammoniak följdes av toppar i mjölkurean ca tre timmar senare. Även Gustafsson & Palmquist (1993) såg i sitt försök att mjölkurean nådde en topp ca tre timmar efter att koncentrationen av våmammoniak nått en topp.

Antalet utfodringar under dygnet påverkar variationen i våmammoniak, och därmed även variationen i mjölkurea; fler utfodringar ger mindre variation (Gustafsson & Palmquist, 1993; Kohn et al., 1997). I ett försök utfört av Thomas & Kelly (1976) utfodrades korna fyra gånger under dagen, och då syntes inga toppar i ureakoncentrationen. Även i detta försök utfodrades korna vid fyra tillfällen och ändå noterades två toppar i koncentrationen av mjölkurea. Topparna uppmättes ca tre timmar efter utfodringarna med kraftfoder och urea, de utfodringar som gav högst toppar i koncentrationen av våmammoniak.

När utfodring sker i förhållande till mjölkning kan ha betydelse dels vid provmjölkning (särskilt om prov endast tas ut vid ett mjölkningstillfälle) men även för de ureaanalyser som sker på tankmjölken. Sker mjölkningarna innan korna utfodras kan urean visa ett för lågt värde. Även om korna har fri tillgång på foder är det kanske inte säkert att foderintaget är jämnt över dygnet, särskilt inte om utfodring med nytt, friskt foder endast sker en eller två gånger per dygn. I försöket utfört av Gustafsson & Palmquist (1993) hade korna fri tillgång till foder men utfodrades endast en gång per dygn. Där syntes en stor variation i både våmammoniak- och mjölkureakoncentrationen efter utfodringen. Att utfodra flera gånger per dygn kan eventuellt göra korna mer aktiva vilket kan leda till att de äter oftare, vilket i sin tur kan ge mindre variation i våmammoniak och mjölkurea.

Kväveomsättning hos mjölkkor är ett komplext ämne med många faktorer som samverkar och påverkar. När nu lantbruksbranschen tittar på möjligheter att använda mer inhemskt protein i foderstaterna kunde det vara intressant att titta vidare på sambandet mellan urea i mjölk och urin när olika proteinfodermedel används. Även om en viktig aspekt för de lantbrukare som producerar mjölk är att få rimligt betalt för sina produkter, är det även viktigt att se över sina

kostnader. För att bibehålla produktion och hälsa vid eventuell övergång till inhemska eller mindre kostsamma proteinfodermedel behövs kunskap om hur en förändrad foderstat påverkar de parametrar som traditionellt används som indikator på hur väl proteinutfodringen fungerar, t.ex. ureakoncentrationen i mjölk.

6. Slutsatser

Tidigare försök har visat att vattenkonsumtionen och urinproduktionen ökar när innehållet av kalium i fodret ökar. Även detta försök visar på samma resultat då inga andra parametrar som påverkar vattenkonsumtionen eller urinproduktionen varierade mellan behandlingsnivåerna. Med en foderstat som gav stor urinmängd sjönk mjölkureakoncentrationen, vilket antydde mindre urinkväveavgång än vad som var fallet. Därmed stämde hypotesen att sambandet mellan mjölkurea och urinkväve påverkas av foderstater som inverkar på urinmängden. Även hypotesen att förhållandet mellan våmammoniak och mjölkurea inte påverkas av om foderstaten ger stor eller liten urinmängd stämde.

Det finns alltså signifikanta skillnader i utsöndringen av mjölkurea när kor utfodras med olika mängder kalium, men skillnaderna är måttliga och variationen över dygnet är större. Eftersom en stor del av mjölkkors foderstater utgörs av grovfoder, och det är grovfodret som innehåller störst mängd kalium, kan det vara bra att vara observant på mineralinnehållet i grovfodret och ha med i bedömningen vid tolkning av mjölkureavärden och foderstatsplanering att kalium påverkar ureahalten. Men det är också viktigt att tänka på vid vilken tid provmjölkning sker i förhållande till utfodring, särskilt om provmjölkning bara utförs vid ett tillfälle på dygnet.

7. Tack till

Först vill jag tacka min handledare Torsten Eriksson för all hjälp jag har fått med detta examensarbete. Jag vill också tacka Bengt-Ove Rustas som var med under försöket och fanns till hands när frågor dök upp. Personalen på Lövsta forskningscentrum, särskilt Gunilla Helmersson, förtjänar också ett tack för hjälpen med korna och registrering av data vid utfodring och mjölkning. Jag vill även tacka familj och arbetskamrater som kommit med synpunkter och peppat mig att bli färdig. Till sist vill jag rikta ett tack till Emelie Carlsson som gjorde sitt examensarbete under samma försök. Alla diskussioner och skratt underlättade de intensiva försöksveckorna och skrivandet.

8. Referenser

- Annisson, E. F., Chalmers, M. I., Marshall, S. B. M. & Synge, R. L. M. 1954. Abstract: Ruminant ammonia formation in relation to the protein requirement of sheep: III. Ruminant ammonia formation with various diets. *The Journal of Agricultural Science* 44:270–273.
<http://dx.doi.org/10.1017/S0021859600044737>
- Bailey, C. B. & Balch, C. C. 1961. Saliva secretion and its relation to feeding in cattle 2. The composition and rate of secretion of mixed saliva in the cow during rest. *British Journal of Nutrition* 15:383–402.
- Bannink, A., Valk, H. & Van Vuuren, A. M. 1999. Intake and excretion of sodium, potassium, and nitrogen and the effects on urine production by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82:1008–1018.
- Bertilsson, J. & Murphy, M. 2003. Effects of feeding clover silages on feed intake, milk production and digestion in dairy cows. *Grass and Forage Science* 58:309–322.
- Bristow, A. W., Whitehead, D. C. & Cockburn, J. E. 1992. Nitrogenous constituents in the urine of cattle, sheep and goats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 59:387–394.
- Broderick, G. A. 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86:1370–1381.
- Broderick, G. A. & Clayton, M. K. 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *Journal of Dairy Science* 80:2964–2971.
- Broderick, G. A. & Kang, J. H. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science* 63:64–75.
- Broderick, G. A. & Wallace, R. J. 1988. Effects of dietary nitrogen source on concentrations of ammonia, free amino acids and fluorescamine-reactive peptides in the sheep rumen. *Journal of Animal Science* 66:2233–2238.
- Burgos, S. A., Robinson, P. H., Fadel, J.G. & DePeters, E.J. 2005. Ammonia volatilization potential: Prediction of urinary urea nitrogen output in lactating dairy cows. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 111:261–269.
- Butler, W. R. 1998. Symposium: Optimizing protein nutrition for reproduction and lactation. Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 81:2533–2539.
- Bödeker, D., Shen, Y., Kemkowski, J. & Holler, H. 1992. Influence of short-chain fatty acids on ammonia absorption across the rumen wall in sheep. *Experimental physiology* 77:369–376.
- Church, D. C., Smith, G. E., Fontenot, J. P. & Ralston, A. T. 1971. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Volume 2 – Nutrition. Corvallis. O & B Books. S. 410.
- Ciszuk, P., Spöndly, E., Gebregziabher, T. & Oltner, R. 1993. Diurnal variation in urea content of blood, milk and urine in lactating dairy cows and goats. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för husdjurens utfodring och vård, Rapport 224.
- Clark, J. H., Klusmeyer, T. H. & Cameron, M. R. 1992. Symposium: nitrogen metabolism and amino acid nutrition in dairy cattle. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 75:2304–2323.
- De Campeneere, S., De Brabander, D. L. & Vanacker, J. M. 2006. Milk urea concentrations as affected by the roughage type offered to dairy cattle. *Livestock Science* 103:30–39.
- Denniston, K. J., Topping, J. J. & Caret, R. L. 2008. General, organic and biochemistry. 6th Ed. New York. McGraw-Hill. S. 786–788.
- Dijkstra, J., Oenema, O., van Groenigen, J. W., Spek, J. W., van Vuuren, A. M. & Bannink, A. 2013. Diet effects on urine composition of cattle and N₂O emissions. *Animal* 7, Supplement 2:292–302.
- Emmanuel, B. 1981. Autoregulation of urea cycle by urea in mammalian species. *Comparative Biochemistry and Physiology* 70A:79–81.

- Ericson, B. & Andre, J. 2010. HPLC-applications for agricultural and animal science. Proceedings of the 1st Nordic Feed Science Conference, 22–23 June, 2010. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för husdjurens utfodring och vård, Rapport 274, 23–26.
- Eriksson, T. 2011. Urine excretion relative to K intake in Swedish Red cattle. Proceedings of the 2nd Nordic Feed Science Conference, 15–16 June, 2011. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för husdjurens utfodring och vård, Rapport 277, 15–19.
- Fisher, L. J., Dinn, N., Tait, R. M. & Shelford, J. A. 1994. Effect of level of dietary potassium on the absorption and excretion of calcium and magnesium by lactating cows. *Canadian Journal of Animal Science* 74:503–509.
- Godden, S. M., Kelton, D. F., Lissemore, K. D., Walton, J. S., Leslie, K. E. & Lumsden, J.H. 2001. Milk urea testing as a tool to monitor reproductive performance in Ontario dairy herds. *Journal of Dairy Science* 84:1397–1406.
- Goff, J. P. 2008. The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *The Veterinary Journal* 176:50–57.
- Goff, J. P. & Horst, R. L. 1997. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *Journal of Dairy Science* 80:1260–1268.
- Guo, K., Russek-Cohen, E., Varner, M. A., & Kohn, R. A. 2004. Effects of milk urea nitrogen and other factors on probability of conception of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 87:1878–1885.
- Gustafson, G. M. & Olsson, I. 2004. Partitioning of nutrient and trace elements in feed between body retention, faeces and urine by growing dairy-breed steers. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*, 54:1, 10–19.
- Gustafsson, A. H. & Palmquist, D. L. 1993. Diurnal variation of rumen ammonia, serum urea and milk urea in dairy cows at high and low yields. *Journal of Dairy Science* 76:475–484.
- Hojman, D., Gips, M. & Ezra, E. 2005. Association between live body weight and milk urea concentration in holstein cows. *Journal of Dairy Science* 88:580–584.
- Holtenius, K. 2006. Kalium i utfodringen av mjölkkor. *Svenska Vallbrev* 6:2-3.
- Holter, J. B. & Urban, JR., W. E. 1992. Water partitioning and intake prediction in dry and lactating holstein cows. *Journal of Dairy Science* 75:1472–1479.
- Huntington, G. B. 1989. Hepatic urea synthesis and site and rate of urea removal from blood of beef steers fed alfalfa hay or a high concentrate diet. *Canadian Journal of Animal Science* 69:215–223.
- Jonker, J. S., Kohn, R. A. & Erdman, R. A. 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 81:2681–2692.
- Jordbruksverket. 2005. Spridning av flytgödsel. http://www2.sjv.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo05_15.pdf [2014-01-19].
- Jordbruksverket. September 2013. Åtgärder för minskade växtnäring förluster från jordbruket. http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr125b.pdf [2014-01-19].
- Kohn, R. 2007. Use of milk or blood urea nitrogen to identify feed management inefficiencies and estimate nitrogen excretion by dairy cattle and other animals. Florida Ruminant Nutrition Symposium, University of Maryland, January 30–31, 2007.
- Kohn, R., Jonker, J. & Erdman, R. 1997. Milk urea nitrogen: theory and practice. Proceedings of the Maryland Nutrition Conference, University of Maryland, March 20–23, 1997.
- Kume, S., Nonaka, K., Oshita, T., Kozakai, T. & Kojima, H. 2004. Abstract: Potassium excretion of dry, pregnant and lactating cows fed forage. *Nihon Chikusan Gakkaiho* 75:179–184. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=JP2004007597>
- Lantmännen Lantbruk. 2014. Ko färdigfoder. <http://lantmannenlantbruk.se/sv/Produktkatalog/Foder/Kalv-fardigfoder/> [2014-01-19].

- Lapierre, H., Berthiaume, R., Raggio, G., Thivierge, M. C., Doepel, L., Pacheco, D., Dubreuil, P. & Lobley, G. E. 2005. The route of absorbed nitrogen into milk protein. *Animal Science* 80:11–22.
- Lapierre, H. & Lobley G. E. 2001. Nitrogen recycling in the ruminant: A review. *Journal of Dairy Science* 84:223–236.
- Licitra, G., Hernandez, T.M. & Van Soest, P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57:347–358.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. 2011. *Animal nutrition*. 7th ed. Harlow. Pearson Education Limited. S. 4-5, 179–182, 211, 627.
- Miller, R. W., Hemken, R. W., Waldo, D. R., Okamoto, M. & Moore, L. A. 1965. Effect of feeding buffers to dairy cows fed a high-concentrate, low-roughage ration. *Journal of Dairy Science* 48:1455.
- Moore, S. 1968. Amino acid analysis - aqueous dimethyl sulfoxide as solvent for ninhydrin reaction. *Journal of Biological Chemistry* 243:6281–6283.
- Murphy, M. R. 1992. Symposium: nutritional factors affecting animal water and waste quality. Water metabolism of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 75:326–333.
- NorFor, Nordic Feed Evaluation System. 2014. NorFor Feedtable. <http://norfor.info> [2013-07-22].
- Nousiainen, J., Shingfield, K. J. & Huhtanen, P. 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *Journal of Dairy Science* 87:386–398.
- Olmos Colmenero, J. J. & Broderick, G. A. 2006. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89:1704–1712.
- Oltner, R., Emanuelson, M. & Wiktorsson, H. 1985. Urea concentrations in milk in relation to milk yield, live weight, lactation number and amount and composition of feed given to dairy cows. *Livestock Production Science* 12:47–57.
- Oltner, R. & Wiktorsson, H. 1983. Urea concentrations in milk and blood as influenced by feeding varying amounts of protein and energy to dairy cows. *Livestock Production Science* 10:457–467.
- Owens, F. N. & Bergen, W. G. 1983. Nitrogen metabolism of ruminant animals: Historical perspective, current understanding and future implications. *Journal of Animal Science* 57:498–518.
- Paquay, R., De Baere, R. & Lousse, A. 1970. Statistical research on the fate of water in the adult cow. II. The lactating cow. *The Journal of Agricultural Science* 75:251–255.
- Parker, D. S., Lomax, M. A., Seal, C. J. & Wilton, J. C. 1995. Metabolic implications of ammonia production in the ruminant. *Proceedings of the Nutrition Society* 54:549–563.
- Patel, M. & Kumm, K-I. 2010. Stora vallfodergivor - Hur mycket kan kon äta och vad är ekonomiskt? Svensk Mjölks Djurhälso- & Utfodringskonferens, Linköping, 1-2 September 2010.
- Pelve, M. E., Olsson, I., Spörndly, E. & Eriksson, T. 2012. In vivo and in vitro digestibility, nitrogen balance and methane production in non-lactating cows and heifers fed forage harvested from heterogeneous semi-natural pastures. *Livestock Science* 144:48–56.
- Putnam, P. A., Yarns, D. A. & Davis, R. E. 1966. Effect of pelleting rations and hay:grain ratio on salivary secretion and ruminal characteristics of steers. *Journal of Animal Science* 25:1176–1180.
- Rajala-Schultz, P. J., Saville, W. J. A., Frazer, G. S. & Wittum, T. E. 2001. Association between milk urea nitrogen and fertility in Ohio dairy cows. *Journal of Dairy Science* 84:482–489.
- Rodriguez, L. A., Stallings, C. C., Herbein, J. H. & McGilliard, M. L. 1997. Diurnal variation in milk and plasma urea nitrogen in Holstein and Jersey cows in response to degradable dietary protein and added fat. *Journal of Dairy Science* 80:3368–3376.
- Roffler, R. E. & Satter, L. D. 1975. Relationship between ruminal ammonia and nonprotein nitrogen utilization by ruminants. I. Development of a model for predicting nonprotein nitrogen utilization by cattle. *Journal of Dairy Science* 58:1880–1888.

- Ropstad, E., Vik-Mo, L. & Refsdal, A. O. 1989. Abstract: Levels of milk urea, plasma constituents and rumen liquid ammonia in relation to the feeding of dairy cows during early lactation. *Acta Veterinaria Scandinavica* 30:199–208.
<http://europepmc.org/abstract/MED/2596387/reload=0;jsessionid=c1FTJy5Ju3uUcEhDSyNO.14>
- Roseler, D. K., Ferguson, J. D., Sniffen, C. J & Herrema, J. 1993. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 76:525–534.
- Simonsson, M., Eriksson, J. & Öborn, I. 2008. Kaliumtillståndet i mark och gröda- regionala mönster och betydelsen av jordart och modermaterial. Slutrapport SLF-projekt H0648338. Institutionen för mark och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Sjaastad, Ø. V., Hove, K. & Sand, O. 2003. *Physiology of domestic animals*. 1st ed. Oslo. Scandinavian Veterinary Press. S. 504, 520–526, 692.
- Spek, J. W., Bannink, A., Gort, G., Hendriks, W. H. & Dijkstra, J. 2012. Effect of sodium chloride intake on urine volume, urinary urea excretion, and milk urea concentration in lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 95:7288–7298.
- Spörndly, R. (red.). 2003. *Fodertabeller för idisslare*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för husdjurens utfodring och vård, Rapport 257.
- Spörndly, E. & Kumm, K-I. 2010. Lönar det sig med mer ensilage och bete till korna? Ekonomiska beräkningar på gårdsnivå. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för husdjurens utfodring och vård, Rapport 275.
- St. Omer, V. V. E. & Roberts, W. K. 1967. Some effects of dietary potassium upon digestibility, serum electrolytes and utilization of potassium, sodium, nitrogen and water in heifers. *Canadian Journal of Animal Science* 47:39–46.
- Svenska Foder. 2013-10-07. Färdigfoder för mjölkkor.
<http://www.svenskafoder.se/?p=31095&m=4420> [2014-01-19].
- Swensson, C. 2003. Ekonomiska effekter av utfodringsåtgärder för ökad kväveeffektivitet på mjölkgårdar. *Svensk Mjölk Forskning*. Rapport 7018-P.
- Technicon. 1974. Technicon method No. SE40001FD4. Technicon Instruments Corporation, Tarrytown, NY.
- Thomas, P. C. & Kelly, M. E. 1976. Abstract: The effect of frequency of feeding on milk secretion in the Ayrshire cow. *Journal of Dairy Research* 43:1-7.
<http://dx.doi.org/10.1017/S0022029900015533>
- Tillman, A. D. & Sidhu, K. S. 1969. Nitrogen metabolism in ruminants: Rate of ruminal ammonia production and nitrogen utilization by ruminants - A review. *Journal of Animal Science* 28:689–697.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed. Ithaca. Cornell University Press. S. 300.
- Växa Sverige. Tolkningsguide för Kokontrollen.
http://www.vxa.se/Global/Dokument/Dokumentarkiv/Produkter_och_tjanster/Produktblad/Tolkningsguide_for_Kokontrollen.pdf [2013-07-22].
- Wattiaux, M. A. & Karg, K. L. 2004. Protein level for alfalfa and corn silage-based diets: II. Nitrogen balance and manure characteristics. *Journal of Dairy Science* 87:3492–3502.
- West, J. W., Coppock, C. E., Nave, D. H., Labore, J. M., Greene, L. W. & Odom, T. W. 1987. Effects of potassium carbonate and sodium bicarbonate on rumen function in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 70:81–90.
- West, J. W., Coppock, C. E., Nave, D. H. & Schelling, G. T. 1986. Effects of potassium buffers on feed intake in lactating dairy cows and on rumen fermentation in vivo and in vitro. *Journal of Dairy Science* 69:124–134.

Xu, S., Harrison, J. H., Riley, R. E. & Loney K. A. 1994. Effect of buffer addition to high grain total mixed rations on rumen pH, feed intake, milk production and milk composition. *Journal of Dairy Science* 77:782–788.

Åkerlind, M. Mars 2014. Personligt meddelande. Växa Sverige.

Åkerlind, M., Weisbjerg, M., Eriksson, T., Thøgersen, R., Udén, P., Ólafsson, B. L., Harstad, O. M. & Volden, H. 2011. Feed analyses and digestion methods. I: Volden, H. (ed) *NorFor – The nordic feed evaluation system*. EAAP publication No. 130. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Nederländerna. S. 41-54.

Öborn, I., Holmqvist, J. & Witter, E. 2001. Vittring kan täcka kaliumbrist på vissa jordar. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Fakta Jordbruk 17.

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionens examensarbeten finns publicerade på SLUs hemsida www.slu.se.

In this series Degree projects (corresponding 15, 30, 45 or 60 credits) at the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. The department's degree projects are published on the SLU website www.slu.se.

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och
husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 Uppsala
Tel. 018/67 10 00
Hemsida: www.slu.se/husdjur-utfodring-varld

*Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal
Science
Department of Animal Nutrition and Management
PO Box 7024
SE-750 07 Uppsala
Phone +46 (0) 18 67 10 00
Homepage: www.slu.se/animal-nutrition-management*