



Metanproduktion hos mjölkkor utfodrade med hög andel grovfoder

Methane emissions from dairy cows fed high levels of forage

av
Rebecca Danielsson



**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Examensarbete 282
30hp E-nivå**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Nutrition and Management**

Uppsala 2009



Metanproduktion hos mjölkkor utfodrade med hög andel grovfoder

Methane emissions from dairy cows fed high levels of
forage

av
Rebecca Danielsson

Handledare: Mikaela Patel

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Nutrition and Management**

**Examensarbete 282
30ph E-nivå**

Uppsala 2009

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Abstract	4
Inledning	5
Litteratursammanställning	6
Metanbildning hos idisslare	6
Kolhydrater	7
Flyktiga fettsyror.....	7
Metanbildning	8
Faktorer som kan påverka metanproduktionen.....	8
Kolhydraternas påverkan	9
Grovfoder	9
Fodertillsatser.....	10
<i>Monensin</i>	10
<i>Fett</i>	10
Ökad produktion hos den enskilda kon.....	10
Mikrofloran	10
Metoder för mätning av metan.....	11
In vivo tekniker	11
<i>Inneslutande tekniker</i>	11
Spårgasteknik, SF ₆ metoden	12
<i>Variation av flödesmängden mellan kapslarna</i>	13
Fettsyrasammansättningen.....	13
Empiriska beräkningar	13
<i>Modeller som används i denna studie</i>	13
Material och metoder	14
Försöksupplägg	14
Djurmateriäl	14
Utfodring.....	14
Uppstallning och mjölkning.....	15
Provtagning	15
<i>SF₆spårgasteknik</i>	15
<i>Utrustning på kon</i>	15
<i>Insamling och mätningar</i>	16
<i>Våmvätskeprover</i>	17
<i>Mjölkprover</i>	17
<i>Foderprover</i>	17
Vägning av djur.....	18
Statistisk behandling	18
Etisk prövning.....	19
Resultat	19
Metanproduktion.....	19
Mjölkavkastning	21
Foder	21

Våmvätskeprover	22
pH.....	23
SF ₆ utsöndring från kapsel	23
Kovikter	24
Diskussion.....	24
Metanproduktion.....	25
Periodskillnader	25
Empiriska modeller	25
Mjölmängd.....	26
Foderintag	26
Foderkvalitet	26
<i>Korrelationer av fodersammansättningen och metan.....</i>	26
Fettsyrasammansättningen.....	27
<i>Korrelationer av syror i våmmen och metan</i>	27
pH.....	27
SF ₆ metoden	27
<i>SF₆kapslarna.....</i>	27
Klimatpåverkan.....	28
Slutsatser	28
Litteraturförteckning.....	29
Bilagor.....	34

Sammanfattning

Metan (CH_4) är en växthusgas som bildas vid bland annat idisslarnas foderomvandling. Metan bidrar till den globala uppvärmningen samtidigt som det utgör en energiförlust för idisslaren. Syftet med den här studien var att undersöka hur mycket metan det bildas med olika andelar grovfoder i foderstaten. Grovfodret utgjordes av gräsensilage, baserat på timotej och ängssvingel (omsättbar energi 11,5 MJ/ kg torrs substans (ts)) som är ett typiskt fodermedel i svensk mjölkproduktion. I denna studie användes svavelhexafluorid (SF_6) som spårgas för att mäta metanproduktionen. Värdena jämfördes sedan med empiriska beräkningar samt med värden från analyser av fettsyrasammansättningen i våmmen.

I försöket ingick sex våmfistulerade kor av rasen Svensk rödbrokg boskap (SRB). Korna stod avskilt i en egen avdelning för att mätningarna inte skulle påverkas av andra kor. Korna utfodrades för samma energibehov under hela försöket. De delades in i tre olika behandlingar; låg grovfoderandel (L) 50% grovfoder och 50% kraftfoder, medel grovfoderandel (M) 70% grovfoder och 30% kraftfoder och hög grovfoderandel (H) 90% grovfoder och 10% kraftfoder. Detta var ett change-over försök vilket innebar att alla kor fick alla behandlingar under försökets gång. Försöket delades in i tre perioder och varje mätperiod var 10 dagar där gasprover samlades varje dag. Prover av våmvätska samlades in de fem sista dagarna i varje mätperiod. Mjölkvikter registrerades varje dag under mätperioden och provmjölkning utfördes i varje period, metanproduktionen beräknades per kg mjölk.

Det var inga skillnader i metanproduktion mellan behandlingarna (L = 275,3, M = 300,5 och H = 317,0 g CH_4 /dag, $P = 0,1312$). Det var heller inga skillnader i g CH_4 / kg ts-intag (L = 18,4 , M = 20,1 och H = 20,3 g CH_4 /kg ts-intag). Det var ingen skillnad i totalmängd flyktiga fettsyror (VFA) eller andel ättiksyra, skillnad fanns i andel propionsyra och smörsyra mellan behandlingarna. Resultaten visar att när korna utfodras med ett grovfoder av hög kvalitet blir det inga större skillnader i metanproduktion mellan foderstater med 50 och upp till 70% grovfoder. Det var skillnad i mjölkavkastningen mellan behandlingarna både i kg mjölk och kg energikorrigerad mjölk (ECM). Det var skillnad mellan behandlingar i g CH_4 /kg mjölk och g CH_4 /kg ECM. De empiriska modellerna visade olika värden på metanproduktion beroende på vilka parametrar som innefattades.

Abstract

Methane (CH₄) is a greenhouse gas that is formed during fermentation in the rumen. Methane contributes to the global warming and is also an energy loss to the ruminant. The aim with this study was to investigate the methane production in cows fed different levels of forage. The forage was grass silage based on Timothy and Meadow Fescue (metabolizable energy (ME) of 11.5 MJ/ kg dry matter (DM)) which is a typical feed stuff in Swedish dairy production. In this study a tracer technique involving sulfa hexafluoride (SF₆) was used for measuring methane production. The values were compared with theoretical calculations and with values from the analyses of the fatty acid composition in the rumen.

Six rumen fistulated cows of Swedish red breed (SRB) were in the trial. The cows were in a separate part of the barn so other cows didn't affect the measurements. The cows were fed for the same energy level during the whole trial. They were divided into three different treatments, low level of forage (L) with 50% forage and 50% concentrate, medium level of forage (M) with 70% forage and 30% concentrate and high level of forage (H) with 90% forage and 10% concentrate. This was a change-over trial which means that all cows got all treatments during the trial. The trial was divided into three periods, every measuring period was 10 days, with gas sampling every day. Samples of the rumen fluid were taken during the last five days in every period. Milk weights were recorded every day and there was test milking in every period, methane production was calculated per kg milk.

There were no differences in methane production between treatments (L = 275.3, M = 300.5 and H = 317.0 g CH₄/dag, $P = 0.1312$). No differences in g CH₄/ kg DMI (L = 18.4, M = 20.1 and H = 20.3 g CH₄/kg DMI) were seen. The total content of volatile fatty acids (VFA) and the proportions of acetate did not differ among treatments, there were differences between propionate and butyrate. The results showed that when cows are fed forage of high quality methane production does not differ between levels of 50 and up to 70% of forage. There were differences in milk production both in kg/day and kg energy corrected milk (ECM). There were differences among treatments in g CH₄/kg milk and g CH₄/kg ECM. Empirical models showed different values on methane production depending on parameters included in the model.

Inledning

I dagens samhälle pekas kor ut som miljöbovar då de producerar metan (CH_4) som är en växthusgas som bidrar till den globala uppvärmningen. Man får dock inte glömma bort att kor är värdefulla djur som funnits under lång tid. Kornas främsta fördel är deras unika förmåga att omvandla cellulosa till högkvalitativa produkter som kött och mjölk, de är naturvårdare som hjälper till att hålla öppna landskap och de bidrar till den biologiska mångfalden. Efterfrågan på mjölk och kött ökar i världen idag, samtidigt ökar kraven på att vi ska minska vår negativa påverkan på miljön. Under dessa omständigheter är det viktigt att försöka få fram metoder för att minska utsläppen av växthusgaser.

Totalt sett står alla metanutsläpp för ca 15% av den globala uppvärmningen (IPCC, 2008). 1 kg metan motsvarar 21 kg koldioxid (CO_2), för att kunna jämföra växthusgaserna med varandra räknas utsläppen om till koldioxidekvivalenter. Totala utsläppen i Sverige idag är 70 miljoner ton CO_2 -ekvivalenter. Jordbruket står för 9 miljoner ton CO_2 -ekvivalenter varav våra husdjur står för 3 miljoner ton CO_2 -ekvivalenter (Bertilsson & Börjesson, 2008).

De främsta utsläpsskällorna av metan är våtmarker, risodling, transport, industriella processer och idisslare. Bildningen av metan sker genom biologiska processer som jäsning, rötning och fermentering (Bertilsson & Börjesson, 2008). Hos idisslaren bildas metan vid djurets foderjäsning som en del i den syrefria processen i våmmen. Forskare har länge arbetat med att hitta metoder för att minska utsläppen av metan från idisslare, tidigare främst för att minska energiförlusten hos individen och nu på senare tid har klimatfrågan ökat engagemanget ytterligare. De studier som har gjorts på idisslare visar att grovfoder bidrar till högre metanproduktion jämfört med om de utfodras med kraftfoder. Det har främst att göra med att det bildas olika proportioner av fettsyror beroende på om mikroberna i våmmen bryter ner fibrer eller stärkelse (Johnson & Johnson, 1995).

För att kunna minska metanutsläppen från våra idisslare är det viktigt att först fastställa hur mycket metan som verkligen produceras av kor som utfodras enligt svenska foderstatsnormer. Det finns många olika empiriska modeller för att förutspå hur mycket metan som kommer produceras av ett visst foder, men dessa modeller är inte exakta utan måste utvecklas. Det bästa sättet att förbättra modellerna är att anpassa dem efter parametrar som visas avgörande i de värden som fås fram i uppmätta försök .

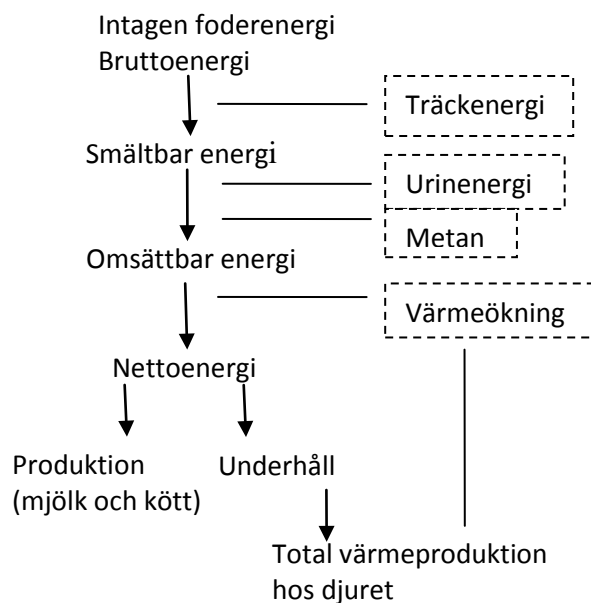
Syftet med denna studie är att undersöka hur mycket metan som produceras beroende på andel grovfoder i foderstaten. Detta examensarbete är en del av ett större projekt där mjölkproduktion vid olika utfodringsnivåer av grovfoder undersöks. I konventionell produktion i Sverige utfodras korna ofta med grovfodernivåer som är lägre än 50% av foderstaten medan det i ekologisk produktion är krav på att grovfodret ska utgöra minst 60% av foderstaten med undantag för de tre första månaderna i laktationen då korna utfodras med minst 50% grovfoder (KRAV, 2009). Typiska svenska foderstater är baserade på gräsensilage och det är det som utgör grovfoderandelen i detta försök. Vår hypotes är att metanproduktionen ökar med ökad andel grovfoder men utfodras korna

med ett ensilage av hög kvalitet ska skillnaden i mängden metan som produceras mellan olika andelar grovfoder inte vara så stor. Studien kommer att genomföras med en spårgasmetod, svavelhexafluorid (SF₆) metoden. Denna metod är framtagen på 1990-talet och i jämförande studier då respirationskammare använts har det visat sig att SF₆metoden mäter 93-96% av den metan som uppmätts i respirationskammare, vilket anses vara exakt mätning (Johnson *et al.*, 1994). I denna studie ska även metanproduktionen jämföras med mängden och proportionerna av de fria fettsyrorna i våmmen. Metanproduktionen per kg mjölk kommer att beräknas för att se vilken påverkan avkastningsnivån har.

Litteratursammanställning

Metanbildning hos idisslare

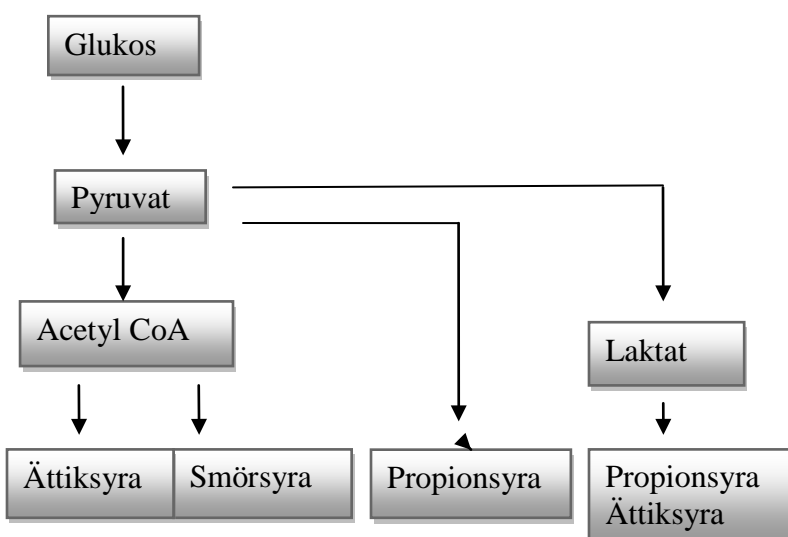
Det är vid idisslarnas foderomvandling av framförallt fiberrika foder som det bildas metan. Metanproduktionen är en slutprodukt från mikrobiell fermentering och den utgör en energiförlust hos idisslarna som har uppmätts till ca 7-9% av energiintaget. Det är efter det att fodret smälts i våmmen som energin går förlorad i form av metan (se figur 1). Metanet utgör då ca 11-13% av den smältbara energin (McDonald *et al.*, 2002). Forskare har länge arbetat med att hitta metoder för att minska utsläppen av metan från idisslare, tidigare främst för att minska energiförlusten hos individen och nu på senare tid har klimatfrågan ökat engagemanget ytterligare (Johnson & Johnson, 1995).



Figur 1. Djurets omsättning av energi i fodret (modifierad från McDonald *et al.*, 2002)

Kolhydrater

Växter innehåller stor andel av olika kolhydrater som kan brytas ner i våmmen. Mikroberna i våmmen fäster på ytan av växtpartiklar och påbörjar nedbrytning av cellulosa samt andra cellväggskolhydrater, när bakteriernas enzymer kommer i kontakt med kolhydratmolekylerna uppstår hydrolys. Hydrolysen ger upphov till frigörande av glukos, andra monosackarider och kortkedjiga polysackarider, substanserna löses upp i våmvätskan. Då de första stegen av nedbrytning sker utanför mikroben så är substanserna inte tillgängliga för idisslaren utan de blir tillgängliga först när de transporterats in i mikroben där de bryts ner genom glykolysen. Glykolysen genererar två pyruvatmolekyler från varje glukosmolekyl (figur 2). Våmmikrobernas fermentering sker utan tillgång till syre, de bildade produkterna blir flyktiga fettsyror (VFA), koldioxid och metan. Metabolismen av kolhydrater förser mikroberna med energi för tillväxt och andra funktioner (Sjaastad *et al.*, 2003).



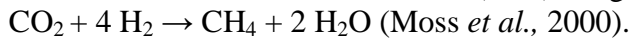
Figur 2. Bildandet av flyktiga fettsyror från glukos (modifierad från Sjaastad *et al.*, 2003).

Flyktiga fettsyror

Restprodukterna vid mikrobernas nedbrytning av cellulosa-fibrer, kolhydrater och stärkelse är främst de flyktiga fettsyror, ättiksyra, propionsyra och smörsyra. De flyktiga fettsyror utgör de huvudsakliga energikällorna för idisslarna vid bildandet av kropps- och mjölkfett (Bertilsson & Börjesson, 2008). Propionsyra genereras från pyruvat via två metaboliska vägar (figur 2), vid normalutfodring så bildas propionat främst från oxaloacetat via succinat och vid utfodring av hög andel kraftfoder stimuleras tillväxten hos mikroorganismerna som bildar propionat via laktat. När fodret innehåller stora andelar stärkelse så är den totala produktionen av flyktiga fettsyror större jämfört med när fodret innehåller stora andelar av fibrer. Mängden propionsyra i förhållande till andra fettsyror ökar med ökat stärkelseinnehåll i fodret (Sjaastad *et al.*, 2003).

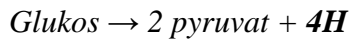
Metanbildning

Våmmiljön är syrefri och där finns ett överskott av väte och kol, metanogenerna som finns i våmmen (tillhör arkéerna) använder sig av överskottet och bildar metan (Moss *et al.*, 2000). När glukos och andra monosackarider bryts ner till pyruvat och laktat genom fermentering bildas NADH från NAD^+ (Sjaastad *et al.*, 2003). H_2 bildas som reagerar med CO_2 och bildar CH_4 och vatten (H_2O) enligt följande formel:

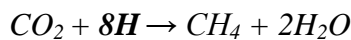
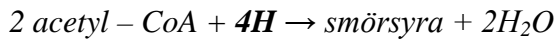
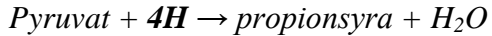


Återgenerering av NADH till NAD^+ är nödvändig för att upprätthålla den metaboliska processen, vätejoner förbrukas och det sker framförallt vid bildningen av propionsyra och smörsyra (Sjaastad *et al.*, 2003). Bildningen av NADH sker framförallt vid bildningen av ättiksyra. Metanbildningen är alltså en vätesänka, vilket är nödvändigt för att nedbrytningen av kolhydrater ska kunna ske i våmmen (Moss *et al.*, 2000).

Reaktioner där H_2 bildas:



Reaktioner där H_2 förbrukas:



(Moss *et al.*, 2000).

Faktorer som kan påverka metanproduktionen

Det är främst två mekanismer som påverkar metanproduktionen. Den första är mängden kolhydrater som fermenteras i våmmen, denna mekanism innefattar ett samspel mellan foder och djur som påverkar balansen mellan mängden fermenterade kolhydrater och passagen genom våmmen. Den andra mekanismen beror på bildandet av de olika fettsyrorerna som reglerar vätetillgången vilken styr metanproduktion. I tabell 1 anges de olika proportionerna av fettsyror som bildas vid olika andelar grovfoder i foderstaten. Det är främst ättiksyra- och propionsyraproportionen som påverkar metanproduktionen (Johnson *et al.*, 1993). När gräsensilage används som grovfoder har man dock sett att andelen propionsyra inte ökar i lika stor utsträckning vid ökad kraftfodergiva, utan det är andelen smörsyra som ökar istället (Jakkola och Huhtanen, 1993).

Tabell 1. Andel i procent av de flyktiga fettsyrorerna i våmmen beroende på olika proportioner grovfoder och kraftfoder (Modifierad från Bondi, 1987).

Grovfoder:Kraftfoder	Ättiksyra	Propionsyra	Smörsyra	Andra syror
60:40	66	20	10	4
30:70	56	30	10	4
10:90	46	40	9	5

Kolhydraternas påverkan

Metanproduktionen varierar beroende på vilken typ av kolhydrat som fermenteras. Detta beror på att olika kolhydrater påverkar våmvätskans pH och mikrobpopulationen i våmmen olika. Fermentering av cellväggsfibrer ger en större proportion mellan ättiksyra och propionsyra jämfört med fermentering av stärkelse (Beever *et al.*, 1989). Generellt gäller att ju högre mängd kolhydrater som fermenteras per dag, både vad det gäller fibrer och stärkelse, desto lägre blir metanproduktionen per kg torrsbstans (ts) intag (Johnson & Johnson, 1995). Samma princip gäller för foderintaget, vid ökat foderintag så minskar energiförlusten av metan i förhållande till ts-intaget eftersom att ett höge intag ökar passagehastigheten vilket gör att mikroberna har mindre tid för nedbrytning av fodret och mindre metan bildas (Johnson *et al.*, 1993). Veldig stora kraftfodergivor, ca 90 % av foderintaget, som vid intensiv köttproduktion har visat ge stora skillnader i metanproduktionen. Vid dessa kraftfodernivåer är energiförlusten som metan runt 2-3% av energiintaget vilket är hälften av den "normalt" förutsädda förlusten som ligger runt 6 % (Hutcheson, 1994; Johnson & Johnson, 1995). Det är dock viktigt att komma ihåg att en för hög andel stärkelseriikt foder kan ge metaboliska problem som t.ex. acetoniemi (Moss *et al.*, 2000).

Grovfoder

Grovfoder som skördas i ett tidigt utvecklingsstadium har oftast högre smältbarhet, högre energiinnehåll och är mer näringsrikt för idisslaren jämfört med ett sent skördat grovfoder, ett mer lättsmält foder ger lägre metanutsläpp per mega joule (MJ) omsättbar energi (ME) (Woodward *et al.*, 2004). Genom att mala eller pelletera grovfoder ökas passagehastigheten i våmmen vilket kan minska metanproduktionen, det gäller främst då det dagliga grovfoderintaget är högt (Blaxter, 1989). En för hög andel pelleterat grovfoder är inte bra för idisslarnas våmmiljö, mikroberna i våmmen behöver fiberstrukturen för att må bra och för att undvika metaboliska sjukdomar. Samtidigt ger för lite fibrer minskad fettandel i mjölken och energiutnyttjandet av fodret försämras (Sudweeks *et al.*, 1981). Det finns studier som visar på att grovfoder med hög andel baljväxter ger lägre metanproduktion jämfört med grovfoder med endast gräs (McCaughey *et al.*, 1999). Grovfoder med högt tanninnehåll eller tillsats av kondenserade tanniner har i vissa studier visat sig minska metanproduktionen (Pinares-Patino *et al.*, 2003). Tanninrikt foder kan dock sänka foderkonsumtionen och sorterna är ännu inte anpassade för odling på alla platser (Beauchemin *et al.*, 2007).

Fodertillsatser

Monensin

Antibiotikaliknande ämnen som t.ex. monensin (en typ av jonofor, en molekyl som transporterar joner över fettfasen hos cellmembranet) minskar proportionen mellan ättiksyra och propionsyra vilket ger lägre metanproduktion. Jonoforer ökar produktionen av propionsyra och på så sätt ökar fodereffektiviteten eftersom det är mer energieffektivt för mikroberna att producera propionat. Denna tillsats är inte tillåten i Sverige men används i andra länder som t.ex. USA (Johnson, 1974).

Fett

Fett kan minska metanproduktionen, speciellt omättade fettsyror, genom att de tar upp vätejoner när de mättas i våmmen (Bertilsson & Emanuelsson, 2007). Fetterna ökar propionsyraproduktionen och inhiberar mikroberna i våmmen (Johnson & Johnson, 1995). Om fetthalten i fodret blir för hög så minskar fetthalten i mjölken, vilket inte eftersträvas (Bertilsson & Emanuelsson, 2007).

Ökad produktion hos den enskilda kon

Tillsats av protein eller energi till grovfoder av låg kvalitet ökar produktionen av kött och mjölk hos djuret och på så sätt blir det mindre metan producerat per kilogram produkt. Det är därför bra att arbeta för en hög produktion hos den enskilda individen (Moss *et al.*, 2000). Att öka produktionen på individnivå gör att färre kor behövs för att producera en hög mängd mjölk. Färre kor ger mindre metan även om foderintaget per individ ökas. Detta beror på att varje individ har ett underhållsbehov att täcka innan energin kan användas till produktion, t.ex. mjölk, (se figur 1). Minskas antalet underhållsbehov/individer och energin används till mjölkproduktion istället så blir det mindre metan per kg mjölk. Här följer ett exempel; En ko som väger 600 kg behöver $(0,507 \cdot 600^{0,75})$ ca 61,5 MJ för att täcka underhållsbehovet per dag (Spörndly, 2003). För varje kilo mjölk som produceras krävs ett intag på ca 5 MJ, så en ko som producerar 30 kg mjölk har ett intag på $(61,5 + 30 \cdot 5)$ ca 211,5 MJ per dag. Om en ko (vikt 600 kg) har lägre avkastning, t.ex. 15 kg mjölk så behövs det två kor med denna avkastning för att producera 30 kg mjölk. Dessa två kor har ett gemensamt energibehov på ca 273 MJ ME per dag, vilket kräver en högre utfodringsnivå jämfört med kon som själv producerar 30 kg som då leder till en högre metanproduktion per kg mjölk.

Mikrobloran

Det finns tydliga indikationer på variationer i mikrobloran mellan individer. När individer utfodras med likadan foderstat så kan det finnas en signifikant påverkan av t.ex. fermenteringsgraden. Skillnader i våmmen kan påverkas av skillnader i salivering, tuggning, utfodringsmönster och intag (Waghorn *et al.*, 2006). Variationer i metanproduktion mellan djur har i kalorimetriska studier uppmätts med en

variationskoefficient inom djur på 7% och mellan djur 7-8% (Blaxter & Clapperton, 1965). I en studie gjord av Grainger *et al.* (2007) användes kalorimeter med öppet omlopp (metoden beskrivs nedan), variationskoefficienten var då 4,3% inom djur och 17,8% mellan djur. I studier på bete med SF₆ metoden har det setts stora variationer mellan djur. Vlaming *et al.* (2008) presenterar tre olika studier där variationskoefficienten är 11,5%, 15,5% och 25,5% i respektive studie. Variationen mellan individer kan vara en möjlighet att genom avelsarbete välja de mest lämpade djuren för ett framtida hållbart jordbruk (Waghorn *et al.*, 2006).

Metoder för mätning av metan

Metanproduktion kan mätas med både *in vitro* och *in vivo* tekniker. *In vitro* tekniker utgör det första steget för att undersöka strategier som minskar metanproduktion. *In vitro* teknikerna är oftast billigare och används för att testa olika fodermedel, kombinationer av foder och potentiella inhibitorer av metanproduktion. Foder eller tillsatser som i *in vitro* studier inhiberar metanproduktionen undersöks sedan *in vivo*. *In vivo* tekniker innebär att man mäter metan hos levande djur (Makkar & Vercoe, 2007). Mätningarna *in vivo* delas oftast in i två klasser, indirekta eller direkta mätningar. Direkta mätningar mäter den direkta värmeavgivelsen från djuret genom avdunstning och indirekta mätningar mäter värmeproduktionen från kvantitativa mätningar av material som konsumerats eller producerats genom ämnesomsättningen. De flesta metoderna innefattar mätningar av respiratoriskt gasutbyte och dessa delas in i klasser beroende på hur de används; stängd krets eller öppen krets (McLean & Tobin, 1987).

Stängd krets: Djuret placeras i en lufttät kammare, vattenånga och koldioxid som producerats av djuret samlas upp i kärl för att sedan mätas. Syreåtgången mäts genom mängden syre som behöver tillsättas för att hålla en konstant koncentration i kammaren. Metan som producerats kan mätas genom att luftprov tas inifrån kammaren och analyseras. Den främsta nackdelen är att för stora djur så krävs mycket absorberande material för att samla upp all vattenånga och koldioxid (McDonald *et al.*, 2002).

Öppen krets: Djuret placeras i en kammare, luft med en bestämd flödesgrad passerar genom kammaren. Provet tas på luften innan den kommer in i kammaren och när den kommer ut från kammaren för att mäta skillnader i koncentration, på detta sätt mäts koldioxidproduktion, metanproduktion och syrekonsumtion. Idag används främst öppen krets med analyser baserade på infraröd teknik (McDonald *et al.*, 2002).

In vivo tekniker

Inneslutande tekniker

För att mäta metan från kor används ofta respirationskammare. Det finns olika typer av kammare, antingen hålls hela djuret i en kammare eller endast huvudet.

Helkroppskammare

Öppen krets är vanligast nu för tiden. Kon stängs in i en kammare där luft utifrån kommer i en luftström till djurets huvud, mun och nos. Det är ett litet negativt lufttryck inuti för att undvika eventuella emissionsläckor från kammaren. Kon måste ha möjlighet att röra sig och kunna utföra sina naturliga beteenden så gott det går. Det måste finnas fungerande system för utfodring, vattning, luftkonditionering samt borttagning av gödsel och urin. Fördelarna med denna metod är att man får exakta mätningar av metanproduktionen från djuret eftersom metoden innefattar metanemissioner både från våmjäsningen och från grovtarmsjäsningen. Nackdelarna är att kon hålls ifrån sin naturliga miljö med andra kor. Det är en kostsam och arbetskrävande metod för att få kammaren att fungera. Det krävs tränade djur och metoden gör det svårt att utföra mätningar på flera djur samtidigt (McLean & Tobin, 1987).

Huvudbox

Huvudboxen innefattar samma princip som helkroppskammaren men kon har endast sitt huvud i en lufttät box som inte släpper ut några emissioner, luften som kon andas ut samlas in och boxen är tillräckligt stor för att kon ska kunna röra sitt huvud, äta och dricka. Ett skycke eller draperi är fastsatt runt kons nacke för att minimera luftläckage. Denna metod är billigare än helkroppskammare, men den har samma nackdelar vad det gäller djurets naturliga beteende och dessutom mäts inte metan som kommer från grovtarmsjäsningen (McLean & Tobin, 1987).

Spårgasteknik, SF₆metoden

Vid indirekta mätningar används isotopiska eller icke isotopiska spårare och beräkningarna är baserade på våmmens fermenteringsprocess (Pinares-Patino & Clark, 2008). Med indirekta tekniker kan djuren vara i sin naturliga miljö och behöver inte stängas in. En icke isotopisk spårgasteknik som har använts mycket på senare tid är SF₆metoden (Johnson *et al.*, 1994). I denna metod läggs en kapsel med känd flödesmängd av SF₆ ner i våmmen. Kon utrustas med en gramma som kopplas med en slang till en lufttömd behållare (som suger in luft på grund av vakuumet i behållaren), slangen går ner till kons näsborrar. På sidan av grimman sitter en kapillärtub vilken gör att luft suges med ett jämt flöde in i behållaren. Efter 24 timmar byts behållaren ut mot en ny lufttömd behållare. Gasprover från den använda behållaren analyseras för att få fram koncentrationerna av SF₆ och CH₄. Med hjälp av en ekvation kan det metan som kon producerat räknas fram. Fördelarna med denna metod är att djuret kan vara i sin naturliga miljö och den är framtagen främst för att kunna mäta metanemissioner hos betande djur. Jämfört med respirationskammare är det en mindre kostsam metod. Nackdelarna är att SF₆metoden inte innefattar den metan som produceras i grovtarmen. SF₆metoden är jämförd med kammarmetoder och det har visat sig att den mäter 93 – 96% av det metan som uppmäts i helkroppskammare. Den lägre nivån på mätningarna beror förmodligen på att metanet från grovtarmen inte räknas med (Johnson *et al.*, 1994; Ulyatt *et al.*, 1999., McGinn *et al.*, 2006).

Variation av flödesmängden mellan kapslarna

Kapslarna är ca 12,5 x 40mm och de fylls på med ca, 1200 mg SF₆ gas vid nyladdning. Utflödet av gasen kan inte bestämmas i förväg utan varierar mellan kapslarna beroende på variationen i det teflonmembran som gasen ska tränga igenom. Genom att väga kapslarna under 8-10 veckor så fås ett värde fram på flödet av SF₆/dag (Johnson *et al.*, 2007). Studier har utförts för att undersöka om CH₄värdena påverkas beroende av högt eller lågt utflöde av SF₆. Det har visat sig att högre flöde ger högre värden på metanproduktionen per enhet av foderintag jämfört med ett lägre flöde. Med flöden mellan 1,900–3,600 mg SF₆/dag förväntas endast en liten påverkan på uppmätt metanproduktion (Pinares-Patino & Clark, 2008).

Fettsyrasammansättningen

En annan indirekt metod för att mäta metanproduktion är att mäta mängden fettsyror i våmmen. Detta kan man endast göra på fistulerade kor där man har möjlighet att komma in i våmmen. Man tar prov under ett dygn för att sedan analysera dessa, man antar sedan att mängden fettsyror är proportionell mot mängden metan som bildas (Bertilsson & Börjesson, 2008).

Empiriska beräkningar

För att ta reda på exakt hur mycket metan en ko producerar måste mätningar göras direkt från kon, detta är oftast kostsamt och arbetskrävande. En annan enklare och billigare metod är att räkna fram empiriska värden på kons metanproduktion genom skattningar med avseende på foderstaten, de empiriska skattningarna är baserade på tidigare energiomsättningsförsök. Det finns flera olika empiriska modeller, de skiljer sig åt genom att de innefattar olika parametrar i beräkningarna, en del innefattar mängd smältbara kolhydrater som oberoende variabel, andra har använt konsumerad torrs substans, konsumerad smältbar energi eller konsumerad mängd av olika näringsämnen (Lindgren, 1980).

Modeller som används i denna studie

Den så kallade "Lindgrens modell" är främst beroende av tillförd mängd smältbara kolhydrater samt utfodringsnivå (Lindgren, 1980). Denna modell har använts mycket i Sverige för att beräkna metanproduktion hos svenska kor.

Totalmängd kg ts/dag (Ellis *et al.*, 2007). Ekvationen är baserad på mängd ts/dag.

Andel grovfoder (Ellis *et al.*, 2007). Enkel linjär ekvation som är baserad på andel grovfoder i foderstaten.

Mängden fiber (*neutral detergent fiber*; NDF) (Ellis *et al.*, 2007). Ekvation som är baserad på mängden NDF i foderstaten.

Totalmängd kg ts/dag och andelen grovfoder (Mills *et al.*, 2003). Enkel linjär ekvation som baseras på foderintaget kg ts/dag och andelen grovfoder i foderstaten.

Material och metoder

Studien utfördes från mitten av oktober 2008 fram till mitten av januari 2009 på Kungsängens forskningscentrum Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) i Uppsala.

Försöksupplägg

Försöket bestod av tre perioder och varje period var ca 30 dagar. Varje period bestod av en övergångsperiod på sju dagar till den aktuella foderstaten, en anpassningsperiod på 13-15 dagar samt en mätperiod på 10 dagar. Efter sista mätdagen i varje period gick korna in i nästa period. Studien var designad som ett change-over försök, dvs. alla kor hade alla behandlingar under försökets gång, se tabell 2. Behandlingarna jämförs inom varje individ vilket oftast ger liten residualvarians, detta gör att jämförelserna mellan behandlingarna mycket reella.

Tabell 2. Kornas olika behandlingar i de tre perioderna

Ko nr.	1202	1222	1328	1379	1381	1382
1	M	L	H	M	H	L
2	L	H	M	H	L	M
3	H	M	L	L	M	H

Djurmaterial

I försöket användes sex våmfistulerade kor av rasen svensk rödbrokg boskap (SRB) från SLU:s försöksbesättning vid Kungsängen. Korna var 202 ± 37 dagar in i laktationen och de mjölkade $23,2 \pm 5,1$ kg/dag. I första mätperioden var alla sex korna lakterande och i de två sista mätperioderna var ko nummer 1222 sinlagd.

Utfodring

Korna utfodrades med tre olika foderstater under de tre perioderna. Grovfodret utgjordes av timotej och ängssvingel (Omsättbar energi 11,5 MJ/ kg ts)

Behandling låg (L): 50% vallfoder 50% kraftfoder

Behandling medel (M): 70% vallfoder 30% kraftfoder

Behandling hög (H): 90% vallfoder 10% kraftfoder

Fodergivorna beräknades efter energibehovet vid försökets början. Korna utfodrades fyra gånger per dag, 06.00, 09.00, 12.00 och 17.00. Vid utfodringen mitt på dagen fick de 100

g mineralfoder ("Effekt hög zink"). Under anpassningsveckorna utfodrades korna med hjälp av automatiska fodervagnar, men under mätperioderna utfodrades de manuellt. Restvägning av fodret skedde dagligen.

Uppstallning och mjölkning

Några dagar innan och under mätperioderna stod korna uppbundna i en egen avdelning i ett av stallarna, C-stallet, de stod i detta stall för att det var mindre djur i byggnaden samt bättre ventilation. Korna mjölkades i spann kl. 6.00 och 16.00. Efter mätperioderna flyttades korna tillbaka till sina platser i D-stallet.

Provtagning

SF₆spårgasteknik

För att mäta metanproduktionen hos korna användes SF₆ spårgasteknik. Metoden innebär att en kapsel, se figur 3, innehållande spårgasen SF₆ läggs ned i våmmen ca tio dagar innan försöket börjar. Flödet av SF₆ från kapseln regleras av ett teflonmembran och är konstant och kalibrerat tio veckor före försöket. Numret på kapseln och kon noterades. Kapslarna var beräknade att ge ett konstant flöde av SF₆ under minst fyra månader. Variation mellan de sex kapslarna var 2,200–3,034 mg/dag, se tabell 3. SF₆gasen är en växthusgas som har 23900 gånger större potential för global uppvärmning jämfört med koldioxid (Johnson *et al.*, 1995), detta innebär att gasen hanterades med yttersta försiktighet. Gasen och utrustningen hanterades därför i separata rum.



Figur 3. SF₆kapseln som placeras i våmmen, samt teflonmembranet som bestämmer SF₆flödet (Foto: Mikaela Patel, 2008).

Tabell 3. Utflöde av SF₆ mg/dag

Konummer	1202	1222	1328	1379	1381	1382
Kapsel nummer	34	15	31	136	73	40
Flödesmängd mg/dag	2,200	2,669	3,034	2,423	2,720	2,882

Utrustning på kon

Kon utrustades med en grimma, se figur 4, där en slang satts fast som går ned mellan näsborrarna samt en kapillärtub på sidan som reglerade insuget för att det skulle hållas

konstant. På kons nacke placerades en behållare, ett ok, som var tömd på luft och hade ett vakuumtryck mellan -20 - -23 inHg. Oken tömdes på luft med hjälp av en vakuumpump innan det var dags att sätta på dem på kon. Trycket mättes med en manometer. Oket anslöts genom en koppling till grimman en samlingsventil öppnades upp och på grund av vakuumet i oket så samlades luft runt munhåla och näsborrar in i oket genom ett konstant flöde i 24 timmar. Tiden noterades då slangen kopplades ihop med oket.



Figur 4. Grimma och ok som kon utrustas med (Foto: Mikaela Patel, 2008).

Insamling och mätningar

Efter 24 timmars luftinsamling togs oket av och tiden noterades när slangen på grimman kopplades bort från oket. Ett nytt ok sattes på kons nacke och kopplades ihop med grimman, tiden och numret på nya oket noterades. Vakuumtrycket mättes då oket togs av för att kontrollera att grimman fungerat och inte blivit igensatt eller något annat problem uppstått. Om vakuumtrycket varit mellan -3 - -12 in Hg så hade utrustningen fungerat.

Efter tryckmätning fylldes oket med 1 bar kvävgas (N_2) vilket ger ett övertryck och gör det möjligt att ta ut gasprover. För att gaserna skulle blanda sig väl fick det gå minst en timme mellan tillsatts av N_2 och provinsamlingens början. Efter att tiden gått var det dags att samla in gas. En injektionsspruta på 60 ml användes för att ta ut gas från oket, gasen trycktes sedan in och igenom ett 22 ml provrör. En kanyl var insatt i provrörsmembranet för att släppa ut överskottet av gas som sprutades in, vilket gjordes för att rengöra provrören från luft som fanns i dem från början så att endast luft från oket samlades i röret, denna process utfördes i fem provrör per ok. Efter provinsamlingen tömdes oken på gas och tvättades med 2 bar N_2 i tre omgångar.

Uträkning av metanproduktion kräver även mätning av SF₆ och CH₄ i bakgrundsluften, det vill säga den luft som omger korna, för att kunna se skillnader i den luft som kon andas ut och det som finns i omgivningsluften. Tre ok användes för att mäta bakgrundsluften, dessa byttes vid samma tidpunkt som oken som satt på korna. Bakgrundsoken hanterades likadant som övriga ok.

Koncentrationerna av CH₄, SF₆ och CO₂ i oken analyserades genom Gaskromotografi, GC (Pekin-Elmermodel Claus 530, Shelton, CT, USA). Analyserna utfördes av Gunnar Börjesson, institutionen för mikrobiologi, SLU, Uppsala. Alla prover analyserades i triplikat.

Metanutsläppflödet räknas fram genom följande formel:

$$QCH_4 = QSF_6 \times \frac{([CH_4] - [CH_4b])}{([SF_6] - [SF_6b])}$$

(Johnson *et al.*, 1994)

QCH₄ är metanproduktionen i g/dag, QSF₆ är det kända SF₆flödet från kapseln. [CH₄] och [SF₆] är de uppmätta koncentrationerna från oken. [CH₄b] och [SF₆b] är de uppmätta koncentrationerna i bakgrundsoken (dessa subtraheras från koncentrationerna från oket på djuret).

Våmvätskeprover

Under de fyra sista dagarna i varje mätperiod samlades våmvätska från korna. Proverna samlades in vid 18 av dygnets timmar. Ett 50 ml provrör sänktes ned genom våminnehållet ned till botten av våmmen där röret fylldes. Direkt efter provtagning mättes våmvätskans pH. Våmvätskan silades och hälldes över i mindre provrör, 2 x 7 ml och 1 x 40 ml. Proverna frystes därefter in (-20°C) för senare analys av fettsyrsammansättningen. Analyserna av våmvätska utfördes på laboratoriet på Kungsängen samt Agrilab, Uppsala. Fettsyrorna analyserades med hjälp av HPLC.

Mjolkprover

Under mätperioderna vägdes mjölmängden från varje ko morgon och kväll. Provmjolkning skedde två dagar i rad under varje mätperiod. Analyserna av mjölkproverna utfördes på mjölklaboratoriet på Kungsängen. Mjölken analyserades för fett, protein och laktos med infraröd teknik (Milkoscan FT120, Foss, Danmark).

Foderprover

Under mätperioderna togs kraftfoder- och ensilageprover varje dag. Ensilageproverna frystes in (-20°C) för senare analys. Både ensilage- och kraftfoderproverna slogs ihop till ett prov per mätperiod. Analyserna av foderproverna utfördes på laboratoriet på Kungsängen. Tabell 4 visar det analyserade näringsinnehållet för ensilage och kraftfoder. Tabell 5 visar mängden neutral detergent fiber (NDF) och stärkelse i g/kg ts i de tre behandlingarna.

Tabell 4. Analyserade näringsinnehåll för ensilage och kraftfoder

Näringsinnehåll	Behandling	
	Ensilage 140	Kraftfoder, SLU eko
Torrsubstans %	34,8	89,0
Av torrsubstansen:		
Råprotein %	19,6	16,7
NDF %	40,5	19,7
Stärkelse %		34,0
Omsättbar energi, MJ/kg	11,5	13,2

Tabell 5. NDF och stärkelse g/kg ts i de tre behandlingarna

	Behandling		
	Låg	Medel	Hög
g/kg torrsubstans			
NDF	301,3	342,9	384,4
Stärkelse	170,0	102,0	34,0

Vägning av djur

Djuren vägdes två dagar innan försökets början, samt två dagar i följd de två sista dagarna i varje period.

Statistisk behandling

Uträkningarna av koncentrationerna av CH₄ och SF₆ i oken samt vidare uträkning av metanproduktionen enligt formel (beskriven under insamlingar och mätningar) utfördes i Excel. De statistiska analyserna i studien utfördes med hjälp av statistikprogrammet SAS 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Metanproduktionen, mjölkavkastningen och andelen fettsyror i våmmen beräknades med PROC MIXED och beräknades enligt modellen:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ijk}$$

där

Y_{ijk} = observationen

μ = medelvärdet

α_i = effekt av period

$i = 1, 2, 3$

β_j = effekt av behandling

$j = 1, 2, 3$

e = residualvarians

Ko som slumpvariabel,

Korrelationsberäkningar mellan metan och fodervariabler samt mellan metan, andel fettsyror och pH utfördes med enkla korrelationer, PROC CORR, Pearsons modell.

Etisk prövning

Försöket var godkänt av Uppsalas djurförsöksetiska nämnd.

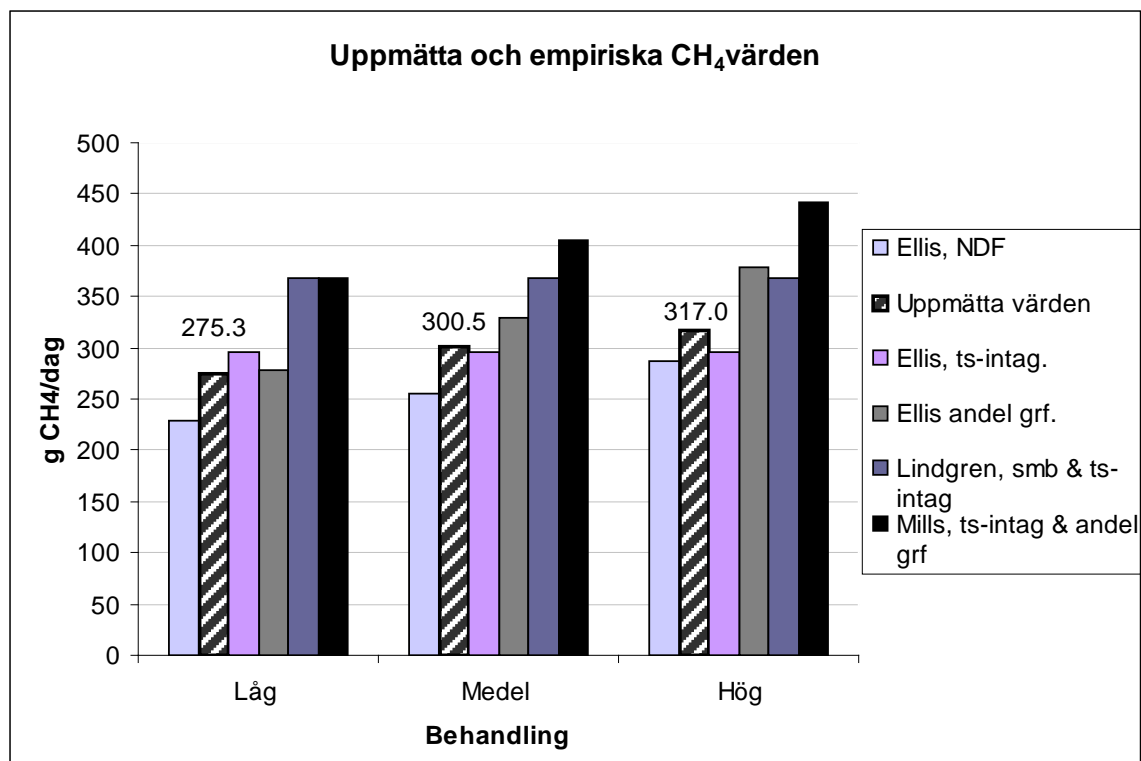
Resultat

Metanproduktion

Metanproduktionen i de tre behandlingarna var i medeltal per ko 275,3 g CH₄/dag i behandling låg, 300,5 g CH₄/dag i behandling medel och 317,0 g CH₄/dag i behandling hög. Det var ingen signifikant skillnad totalt sett mellan behandlingarna (p=0,1312), men skillnad fanns mellan behandling låg och hög (p<0.05). Det var en signifikant skillnad (p<0,0001) mellan perioder och det fanns ett samspel mellan period och behandling (p<0,05), vilket visar att perioden hade en påverkan på behandlingen.

Koncentrationen CH₄ och SF₆ i oken hos korna var i medel 16-50 ppm för CH₄ och 1,3×10⁻⁵-3,6×10⁻⁵ ppm för SF₆. I bakgrundsoken var koncentrationen ungefär hälften, se bilaga 1.

Figur 5 visar staplar över medelvärdena av förväntad metanproduktion för de olika empiriska modellerna samt för de uppmätta värdena i detta försök i de tre behandlingarna. De empiriska värdena varierade beroende på vilken modell som användes. I de modeller som tar hänsyn till foderstatens sammansättning stiger värdena linjärt från behandling låg till hög. De modeller som inte tar hänsyn till sammansättningen visar liten variation mellan behandlingarna, dessa modeller stämmer sämre överens med de uppmätta värdena i detta försök.



Figur 5. Förväntad metanproduktion i de olika behandlingarna med olika empiriska modeller, samt de uppmätta värdena i detta försök.

I tabell 6 redovisas medelvärde, standardavvikelse, min- och maxvärde för foderkonsumtionsdata samt metanproduktionen i de tre behandlingarna. Det var signifikanta skillnader i ts-intag och omsättbar energi (ME) mellan behandlingarna ($p < 0,001$).

Tabell 6. Summering av data i de tre behandlingarna

Beh.		ts-intag, kg/d	ME, MJ/d	CH ₄ , g/d	NDF, kg/d	ADF,* kg/d	Stärkelse, kg/d	Andel grf (%)
Låg	medel	15,2	187,8	275,3	4,56	2,82	2,63	49
	stdav.	1,53	19,6	80,4	0,6	0,36	0,29	0,01
	min	12,4	152	125,4	3,53	2,19	2,13	0,478
	max	17,13	211,9	419,3	5,5	3,37	3	0,503
Medel	medel	15,5	186,2	300,5	5,26	3,29	1,63	69,2
	stdav.	1,92	22,5	97,4	0,52	0,33	0,22	0,009
	min	12,1	145,5	159,5	4,49	2,75	1,22	0,681
	max	18	214	464,2	5,84	3,65	1,88	0,703
Hög	medel	15,9	184,6	317,0	6,08	3,81	0,56	89,6
	stdav.	2,3	25,4	109,2	0,94	0,58	0,06	0,004
	min	11,93	140,6	107,5	4,47	2,79	0,45	0,891
	max	18,97	217,9	571	7,36	4,51	0,65	0,901

* ADF = Acid detergent fiber

Mjölkkavkastning

Alla kor var i senare delen av laktationen, de utfodrades för samma energibehov/mjölkmängd genom hela försöket. I tabell 7 redovisas mjölkmängd både som kg mjölk per ko och dag och som kg energikorrigerad mjölk (ECM) per ko och dag. Metanproduktionen redovisas per kg mjölk och per kg ECM. Det var signifikant skillnad mellan behandlingarna i kg mjölk per ko och dag samt i kg ECM per ko och dag. Skillnad i mjölkmängd mellan perioderna fanns ($p < 0,05$) men endast mellan period 1 och 3 (20,9 och 19,4 kg mjölk/ko). Metanproduktionen skilde sig signifikant både som g CH₄ per kg mjölk och g CH₄ per kg ECM.

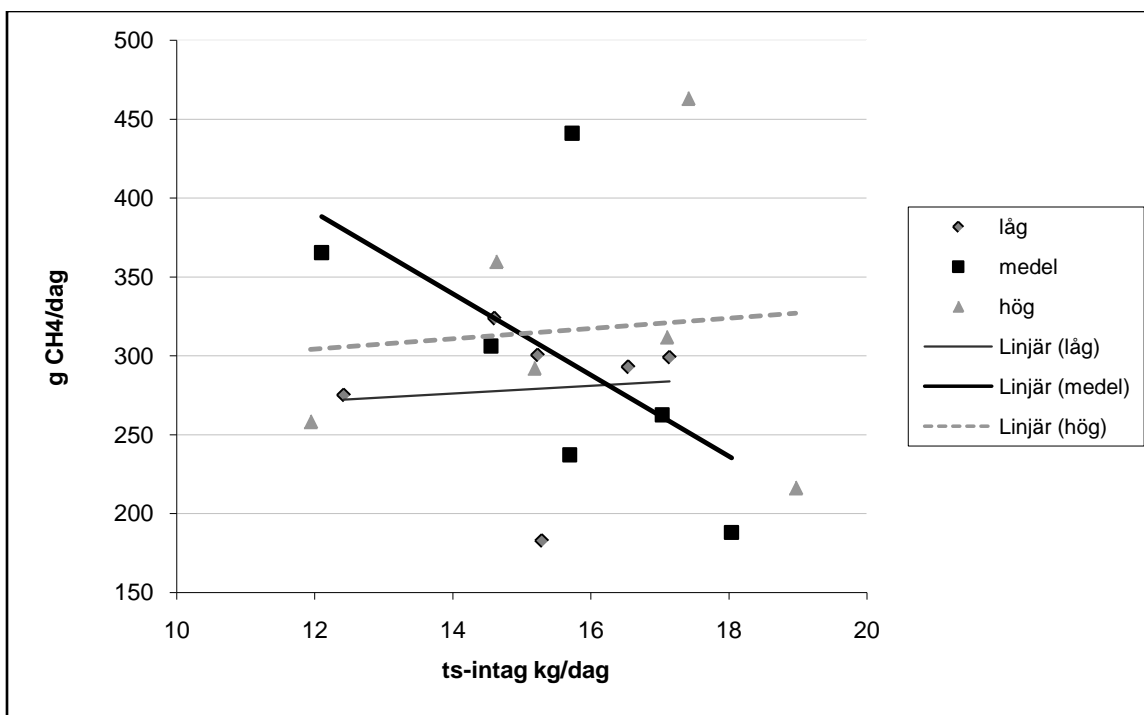
Tabell 7. Minsta kvadratens medelvärde (LSM), standardfel (SE), och antal observationer av kg mjölk, kg ECM, g CH₄/kg mjölk, g CH₄/kg i de tre behandlingarna. P-värdena visar signifikansnivån mellan behandlingarna

	Behandling						P värde
	n	Låg	n	Medel	n	Hög	
<i>Avkastning</i>							
Mjölk (kg/ko)	25	21,8 ± 1,3 ^a	25	19,7 ± 1,3 ^b	25	18,9 ± 1,3 ^b	<0,0001
ECM (kg/ko)	10	23,7 ± 1,3 ^a	10	22,7 ± 1,3 ^{a b}	10	21,7 ± 1,3 ^b	0,02
<i>CH₄ produktion</i>							
g CH ₄ /kg mjölk	23	13,2 ± 2,1 ^a	24	16,3 ± 2,1 ^b	24	18,3 ± 2,1 ^b	0,001
g CH ₄ /kg ECM	10	11,7 ± 1,9 ^a	10	13,8 ± 1,8 ^{a b}	10	15,5 ± 1,8 ^b	0,05

a-b Medelvärden i samma rad med olika bokstäver är signifikant skilda ($p < 0,05$)

Foder

Det totala ts-intaget i medel per ko och dag i de tre behandlingarna var, låg 15,2 kg ts, medel 15,5 kg ts och hög 15,9 kg ts. Det var ingen signifikant skillnad mellan behandlingarna i g CH₄/kg ts. Metanproduktionen per kg ts-intag under de tre behandlingarna varierade i medel från 18,4 i behandling låg, 20,1 i behandling medel och 20,3 g CH₄/kg ts-intag i behandling hög. Figur 6 illustrerar förhållandet mellan ts kg/dag och g CH₄/dag i de tre behandlingarna. Behandling låg och hög ger något ökad metanproduktion med ökat ts-intag samtidigt som behandling medel ger minskad metanproduktion med ökat ts-intag.



Figur 6. Förhållandet mellan ts-intag kg/dag och g CH₄/dag i de tre behandlingarna.

I tabell 8 visas korrelationer av olika variabler mot metan, det var endast NDF som var signifikant korrelerad.

Tabell 8. Korrelationskoefficienter (CC) mellan variablerna och metanproduktionen (g/dag)

Variabel	CC	P-värde
DMI	-0.1022	0.364
MEI	-0.115	0.306
NDF	0.22961	0.0392
ADF	0.1851	0.1068
Stärkelse	-0.194	0.0827

*MEI = intag av omsättbar energi

Våmvätskeprover

Analyserna av våmvätskeproverna visade inga signifikanta skillnader i totalkoncentrationen av flyktiga fettsyror (VFA), andelen ättiksyra eller kvoten mellan ättiksyra + smörsyra och propionsyra mellan behandlingar, se tabell 9. Det fanns dock signifikanta skillnader i andelen propionsyra och smörsyra mellan behandlingar och det fanns skillnader mellan perioder.

Tabell 9. Total mängd VFA (mmol/l), andelen av de olika syrorna i de tre behandlingarna

Variabel	Låg	Medel	Hög	P värde
VFA	123,0	122,4	121,8	0,8777
Ättiksyra (Ä)	58	59	59	0,0893
Propionsyra (P)	22 ^a	23 ^{a,b}	23 ^b	0,0347
Smörsyra (S)	12 ^a	11 ^b	10 ^c	<0,0001
Andra syror	8	7	8	
Kvot (Ä + S)/P	3,2	3,1	3,1	0,1240

a-c Medelvärden i samma rad med olika bokstäver är signifikant skilda ($p < 0.05$)

Tabell 10 visar enkla korrelationer mellan metan, VFA, andel av olika syror och pH. Alla värden som visas i tabellen är signifikanta ($p < 0,0001$). En ökad mängd av VFA ger en högre metanproduktion. En ökad andel ättiksyra ger en ökad metanproduktion medan ökade andelar propionsyra och smörsyra minskar mängden metan.

Tabell 10. Enkla korrelationer mellan VFA, andelen syror, pH i våmmen samt metan

	CH4 g/d	Ättiksyra (mM)	Propionsyra (mM)	Smörsyra (mM)	VFA (mM)	pH
CH4 g/d	1	0,3666	-0,2223	-0,5423	0,3275	
Ättiksyra (mM)		1	-0,7515	-0,5935	-0,3341	0,51
Propionsyra (mM)			1	0,4058	0,3262	-0,4030
Smörsyra (mM)				1		-0,2278
VFA (mM)					1	-0,7008
pH						1

pH

I tabell 11 redovisas pH i våmmen i de tre behandlingarna. pH skilde sig signifikant mellan behandlingarna

Tabell 11. Minsta kvadratens medelvärde och standardfel hos pH (n=108)

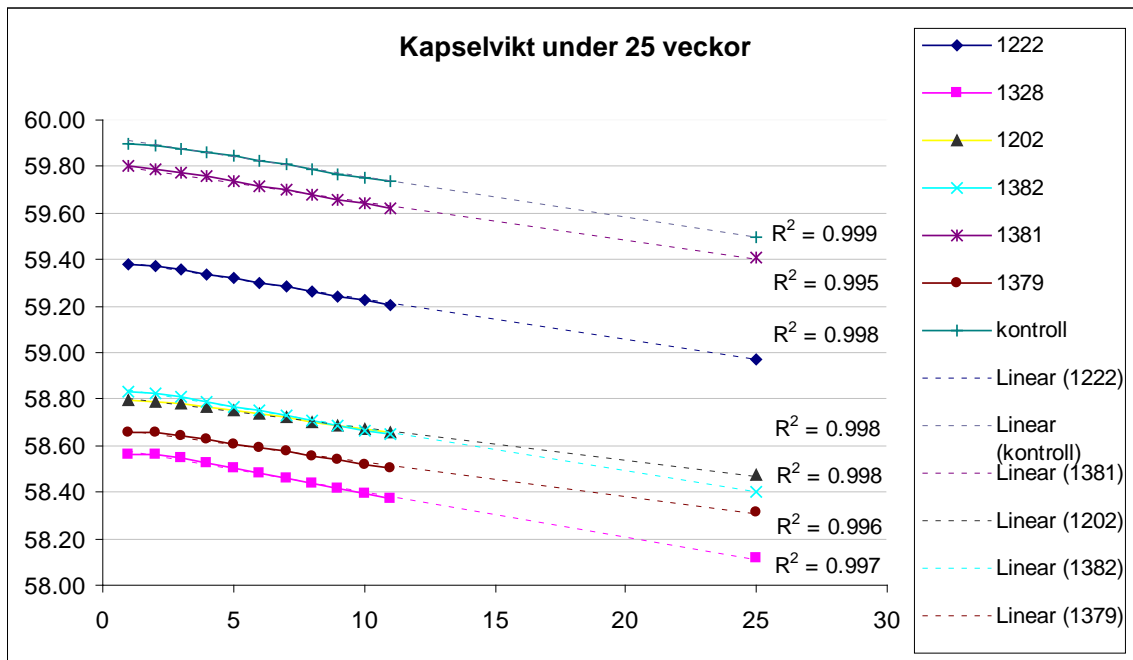
Variabel	Låg	Medel	Hög	P värde
pH	6,1± 0,07 ^a	6,2± 0,07 ^b	6,3± 0,07 ^c	0,0001

a-c Medelvärden i samma rad med olika bokstäver är signifikant skilda ($p < 0.05$).

SF₆utsöndring från kapsel

SF₆kapslarna vägdes efter uttag från våmmen för att kontrollera om väntad mängd gas utsöndrats från kapslarna under försöket. Figur 7 illustrerar kapslarnas viktändring under 25 veckor. Kapslarna vägdes varje onsdag vecka 1-10 (för att kunna bestämma hur mycket gas som utsöndrades per dygn), mellan vecka 10 och 25 var det ingen vägning då kapslarna låg i våmmen. Vecka 25 togs kapslarna ut ur våmmen och vägdes igen. Kapsel

110 (kontrollkapsel) var placerad i värmeskåp i 39°C under försöken och vägdes samtidigt som övriga kapslar.



Figur 7. Uppmätt vikt av kapslar vecka 1-10 och vecka 25. Mellan vecka 10-25 låg kapslarna i våmmen.

Kovikter

Det var inga signifikanta skillnader i kornas vikt mellan försökets början och slut.

Diskussion

Metanmätningarna pågick i tio dagar i varje period, men vi valde att i detta examensarbete titta på resultaten från de fem första dagarna i varje mätperiod. Detta gjordes för att vi ansåg att det var en större spridning på värdena de fem sista dagarna och det var många mätningar där vi inte fick några värden på grund av att utrustningen blev sliten under tiden som korna hade den på sig. Vissa grimmor blev det stopp i vilket gjorde att insamlingen inte fungerade, i en del av oken samlades vatten som förmodligen också berodde på att grimmorna sattes igen. I de flesta studier med SF₆metoden har mätningar utförts mellan 4-5 dagar, vi ansåg därför att fem dagar skulle ge användbara resultat.

Metanproduktion

Hypotesen i denna studie var att det inte är någon större skillnad i metanproduktion beroende på om korna utfodras med hög eller låg grovfoderandel i foderstaten om grovfodret är av hög kvalitet. Genom att utfodra korna med tre behandlingar med olika grovfoderandelar ville vi utifrån vår hypotes undersöka om det blev några skillnader i metanproduktion.

Denna studie gav inga skillnader i metanproduktionen mellan behandlingarna. Dessa resultat skiljer sig jämfört med tidigare studier där det har visat sig att högre grovfoderandel ger mer metan (Johnson & Johnson, 1995; Harper *et al.*, 1999; Beauchemin & McGinn, 2005). Det fanns skillnad mellan behandling låg och hög på lägsta signifikansnivå troligen beroende på att det var stor skillnad i mängd NDF.

Periodskillnader

Samspelet mellan period och behandling som visade sig i metanvärdena kan ha olika förklaringar, dels så var inte ventilationen igång under period 1, vilket vi fick reda på i periodens slut och det gick då inte att reglera förrän till period 2. Period 1 har lägre medelvärden än vad de övriga perioderna har och det beror förmodligen på att när ventilationen inte var igång så blev det en upplagring av både CH₄- och SF₆ gas för varje dag som kan ha påverkat bakgrundsvärdena.

Eftersom att det var få djur som användes i försöket och alla kor utfodrades på individnivå, med olika energibehov, kan skillnader i ts-intag påverka beroende på vilka kor som hamnat i samma behandling i samma period.

Empiriska modeller

De flesta studier (Johnson och Johnson, 1995; Grainger *et al.*, 2007; Ellis *et al.*, 2007) har visat att ts-intaget (kg/d) och energiintaget (ME MJ/d) i genomsnitt är de bästa parametrarna att förutspå metanproduktionen. Det är svårt att i denna studie räkna med empiriska modeller som hänvisar till ts-intag och energiintag då korna utfodras för samma energibehov i alla behandlingarna och det visade sig att ts-intaget inte är korrelerat med metanproduktionen.

Lindgrens modell som använts mycket i Sverige för att förutspå metanproduktionen från olika foder tar inte hänsyn till fodrets sammansättning och med foderstaterna i detta försök blir det inte några skillnader alls mellan behandlingar. För att kunna förutspå mer exakta värden av metanproduktion hos individen krävs det att fodrets sammansättning innefattas i modellen.

Modellerna som använts i denna studie är alla lätta att hitta underlag till. Nackdelen är att det endast är en till två faktorer som påverkar (detta gäller inte Lindgrens modell) vilket

gör att modellerna inte är så komplexa. Det är viktigt att utveckla de empiriska modellerna så att det inte blir för stora felskattningar av metanproduktion hos mjölkkor.

Mjölmängd

Det var skillnad i mjölmängd och g CH₄/kg mjölk mellan behandlingar. Behandling låg gav högst mjölmängd och lägst g CH₄/ kg mjölk. Högre mjölmängd i behandling låg överensstämmer med tidigare studier som visat att stärkelserikt foder ger högre mjölmängd jämfört med fiberrikt foder (Palmquist & Beaulieu, 1993). Eftersom att det inte är någon skillnad mellan behandlingar i metanproduktion så blir det mindre metan per kilo mjölk ju mer mjölk som bildas vilket visar på att högre mjölkproduktion hos individen ger mindre metan per kg mjölk.

Det var även skillnad i kg ECM och g CH₄/ kg ECM mellan behandlingarna. Man skulle kunna tänka sig att det inte skulle vara någon skillnad i ECM med tanke på att fiberandelen påverkar fetthalten i mjölken positivt och ger då mer ECM i behandlingar med högre grovfoderandel (McDonald et al., 2002). Eftersom att det inte var några skillnader i ättiksyraandel som visar på att det inte var någon större skillnad i fiberandel mellan behandlingarna så blir det ingen skillnad i påverkan på mjölkfett vilket gör att det inte blir mer ECM i behandling hög. Skillnad fanns i mjölmängd mellan perioder ($p < 0,05$), men endast mellan period 1 och 3, detta beror troligtvis på att korna är senare i laktationen i period 3 och mjölkar mindre även om de utfodras för samma mjölmängd som i period 1.

Foderintag

Resultaten visar inga skillnader mellan behandlingar i g CH₄/kg ts. I denna studie var medelvärdet 19,6 g CH₄/kg ts. I en studie av Pinares-Patino *et al.*, (2007) med kor som utfodrades med betesgräs var medelvärdet 26,4 g/kg ts vilket ansågs vara ganska högt. I en annan studie av Grainger *et al.*, (2007) där korna var utfodrade med fri tillgång på betesgräs och fem kilo spannmål per dag var medelvärdet 20,8 g CH₄/kg ts. Värdena i detta försök ligger något lägre vilket förmodligen beror på ett högre energiinnehåll/ kg ts.

Foderkvalitet

Eftersom ensilaget är av hög kvalitet, med högt energiinnehåll och hög smältbarhet, blir det inte blir så stora skillnader jämfört med kraftfodret, det är förmodligen detta som gör att det inte blir några skillnader i metanproduktion eller VFA mellan behandlingarna. Boadi *et al.*, (2001) visar liknande resultat i sin studie där det inte blir skillnad i metanproduktion med ökat intag utav spannmål men skillnad när grovfoderkvaliteten varierar.

Korrelationer av fodersammansättningen och metan

NDF var den enda variabeln som var korrelerad med metan (0,23) och visar att ett ökat NDF-intag ger högre metanproduktion, NDF är fiberfraktionen i fodret och som sagts

tidigare så är det fibrer som ger högre metanproduktion. Eftersom ensilaget innehöll låg andel NDF (40,5 %) så blir det inte så stora skillnader i NDF-intag mellan de olika behandlingarna även om det är signifikant skillnad. I många andra studier exempelvis Grainger *et al.*, (2007), så är ts-intag och energiintag positivt korrelerat med metanproduktionen. I denna studie visades inga korrelationer mellan dessa variabler, det kan bero på att korna utfodras för samma energibehov i alla behandlingarna.

Fettsyrasammansättningen

Det var ingen skillnad på mängden totala fettsyror och andel ättiksyra mellan behandlingarna. Många studier visar att ett ökat intag av stärkelse ökar mängden fettsyror och minskar förhållandet mellan ättiksyra och propionat, men detta visades inte i denna studie däremot så var det skillnad i andelen propionat mellan behandling låg och hög och skillnad i andelen smörsyra mellan alla behandlingarna. Ättiksyra utgör den största andelen av de flyktiga fettsyrorna i våmmen, det var inga skillnader mellan behandlingar vilket stämmer överens med att det heller inte var några skillnader i metanproduktionen.

Korrelationer av syror i våmmen och metan

Metanproduktionen var positivt korrelerad med totalmängden fettsyror och andelen ättiksyra, men eftersom det inte var någon skillnad mellan behandlingarna så var det inget som kunde visas på behandlingsnivå. Metanproduktionen var negativt korrelerad med andel propionsyra och smörsyra men samma sak är det som ovan, att skillnader inte kan visas på behandlingsnivå.

pH

pH-värdena skilde sig mellan behandlingarna och värdena ligger lägst i behandling låg och högst i behandling hög, vilket stämmer bra överens med tidigare studier och litteratur för stärkelseriikt foder sänker pH. pH var positivt korrelerat med andel ättiksyra och negativt korrelerat med totalmängda fettsyror och andel propionsyra och smörsyra. Att pH visar skillnad i behandling beror på skillnad i stärkelseandel mellan behandlingarna, men det betyder inte att skillnaden är så stor så att den påverkar metanproduktionen.

SF₆metoden

Metoden har utvärderats i många studier och den anses vara tillförlitlig. Med denna metod går man som tidigare nämnts miste om att mäta det metan som bildas i grovtarmen. Det är svårt att veta om bakgrunden är tillförlitlig i inomhusförsök då det är fler faktorer att ta hänsyn till jämfört med mätningar utomhus där bakgrunden inte påverkar gasinsamlingen från kon.

SF₆kapslarna

Vikterna på kapslarna efter uttag visade att SF₆avgivelsen har varit konstant under hela försöket. För att en kapsel ska ha godkänd viktändring ska värdet vara $R^2 > 0,997$

(Pinares-Patino & Clark, 2008). Alla kapslarna hade ett godkänt R^2 -värde utom 1381 och 1379:s kapsel som hade $R^2=0,995$ och $0,996$, men det var så liten avvikelse att det förmodligen inte gör någon skillnad. Denna kontroll gör att vi kan utesluta att kapslarna har påverkat mätningarna åt något håll. Intervallet på kapslarnas utflöde i detta försök låg mellan 1,900–3,600 mg/dag vilket inte anses ha någon påverkan på de uppmätta värdena av metanproduktionen.

Klimatpåverkan

Det är en fördel om korna inte producerade mer metan av grovfoder, dels för att de själva mår bra av hög grovfoderandel i foderstaten då de behöver fiber och de behöver idissla, dels är det bättre för miljön att korna utnyttjar det som andra djur och människor inte kan utnyttja. Metanproduktionen från korna måste dock ses i ett helhetsperspektiv och jag har inte tittat utanför ladugården eller gjort någon livscykelanalys på hela kedjan från grovfoder/kraftfoder till produkter som mjölk och kött. Detsamma gäller frågan om ekologisk produktion jämfört med konventionell produktion. I ekologisk produktion används inte bekämpningsmedel och handelsgödsel som belastar miljön, däremot åtgår det mer fossila bränslen för ökad traktorkörning samtidigt som de ekologiska korna oftast producerar något mindre mängd mjölk per ko. För att kunna göra någon vidare bedömning av vad som i slutändan med alla aspekter inräknade blir mest gynnsamt för miljön krävs det mera forskning och arbete.

Många olika fodertillsatser har testats för att minska metanbildningen men inget har riktigt visat resultat. Metanproduktionen per kg produkt reduceras genom att produktionen ökar hos den enskilda kon så att färre djur behövs för att producera samma mängd produkt. Att öka produktionen hos varje individ gäller inte så mycket för svenska kor eftersom vi idag redan har en så pass hög produktion utan detta skulle vara en bättre lösning för länder som har djur med låg produktion men det är viktigt att alltid jobba för att ha hållbara kor. I Sverige är däremot trenden att antalet mjölkkor minskar varje år och blir minskningen ännu större så kommer Sverige att bli tvunget att importera mjölk och kött vilket inte bidrar till den globala minskningen av metan (Kumm & Larsson, 2007).

Slutsatser

Denna studie överensstämde med vår hypotes, det är inga större skillnader i metanproduktion om korna utfodras med 50 och upp till 70% grovfoder av hög kvalitet. För att få mer säkra värden från empiriska modeller så bör dessa utvecklas och inkludera fler parametrar. Mer forskning krävs för att ta reda på faktorer som kan minska metanproduktionen hos idisslare. Idag verkar den bästa metoden vara en ökad mjölkproduktion på individnivå som ger mindre metan per kg mjölk.

Tack

Jag vill först och främst tacka min handledare Mikaela Patel för all hjälp och ett roligt samarbete. Tack till Jan Bertilsson, Eva Spörndly och Eva Wredle som har hjälpt till med praktiska och teoretiska kunskaper.

Tack till Alan Iwaasa och Ed Birkedal som kom till Kungsängen från Kanada för introduktion av tekniken och installering av mätutrustningen.

Tack LRF som varit delaktiga i det här projektet genom klimatskolan, ett samarbete mellan SLU och LRF.

Tack Gunnar Börjesson för all analys av gasproverna. Tack till personalen i stallet och personalen på Kungsängens labb.

Tack till korna som var med i försöket.

Litteraturförteckning

Beauchemin, K. A. och McGinn, S. M. 2005. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. *Journal of animal science*. 83:653-661

Beauchemin, K. A., McGinn, S. M., Martinez, T. F. and McAllister, T. A. 2007. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. *Journal of animal science*. 85:1990-1996

Beever, D. E., Camrnell, S. B., Sutton, J. D., Spooner, M. C., Haines, M. J. and Harland, J. I. 1989. The effect of concentrate type on energy utilization in lactating cows. Proc. 11th Symp. on Energy Metabolism EAAP Publication No. 43:33.

Bertilsson, J., och Emanuelson, M. 2007. Kor som mår bra rapar metan. *Husdjur*, 8. pp. 26-27.

Bertilsson, J., och Börjesson, G. 2008. Mindre metan från högvakastande kor. I *Klimat frågan på bordet*, 249 -260. Stockholm, Formas.

Blaxter, K.L., and Clapperton, J. L. 1965. Prediction of the amount of methane produced by ruminants, *British Journal of Nutrition*, 19: 511-522.

Blaxter, K. L. 1989. *Energy metabolism in animal and man*. Cambridge University press, New York. pp, 25-37.

- Boadi, D. A., Wittenberg, K. M. och McCaughey, W. P. 2001. Effects of grain supplementation of grazing steers using the sulphur (SF₆) tracer gas technique. *Canadian Journal of animal science*. 82: 151-157.
- Bondi A. A. 1987. *Animal Nutrition*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, U.K. pp, 71.
- Ellis, J. L., Kebreab, E., Odongo, N. E., Mc Bride, B. W., Okine, E. K. och France. J. 2007. Prediction of methane production from dairy and beef cattle. *Journal of Dairy Science* 90:3456-3467.
- Grainger, C., Clarke, T., McGinn, S. M., Auldist, M. J., Beauchemin, K.A., Hannah, M. C., Waghorn, G. C., Clark, H. and Eckard, R. J. 2007. Methane emissions from dairy cows measured using the sulfur hexafluoride (SF₆) tracer and chamber techniques. *Journal of Dairy Science*. 90:2755–2766.
- Harper, L.A., Denmead, O. T., Freney, J. R. och Byers, F. M. 1999. Direct measurement of methane emissions from grazing and feedlot cattle. *Journal of animal science*. 77:1392-1401.
- Hutcheson, J. P. 1994. Anabolic implant effects on body composition, visceral organ mass and energetics of beef steers. Ph.D. Dissertation. Colorado State University. Fort Collins.
- IPCC, 2008. Intergovernmental Panel on Climate Change. www.ipcc.ch
- Jakkola, S. och Huhtanen, P. 1993. The effects of forage preservation method and proportion of concentrate on nitrogen digestion and rumen fermentation in cattle. *Grass and forage science*.48:146-154
- Johnson, D. E. 1974. Adaptational responses in nitrogen and energy balance of lambs fed a methane inhibitor. *Journal of Animal Science*. 38:154
- Johnson, D. E., Hill, T. M., Ward, G. M. Johnson, K. A. Branine, M. E., Carmean, B. R. and Lodman, D. W. 1993. Principle factors varying methane emissions from ruminants and other animals. In: M.A.K Khali (Ed.). Atmospheric Methane: Sources, sinks and role in global change. NATO ADI series Vol 113, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Johnson, K. A., Huyler, M. T., Westberg, H. H., Lamb, B. K. and Zimmerman, P. 1994. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. *Environ. Science and technology*. 28:359

- Johnson, K. A. and Johnson, D. E. 1995. Methane emissions from cattle. *Journal of animal science*. 73: 2483-2492
- Johnson, K. A., Westberg, H. H., Michal, J. J. and Cossalman, M. W. 2007. The SF₆ tracer technique: Methane measurement from ruminants. *In Measuring methane production from ruminants* (ed. H. P. S. Makkar och P. E. Vercoe, 33-67. Austria, Vienna. IAEA
- KRAV. 2009, Regler för KRAV-certifierad produktion. Uppsala
- Kumm, K. och Larsson. M. 2007. Import av kött- export av miljöpåverkan. Naturvårdsverket, rapport 5671.
- Lindgren, E. 1980. Skattning av energiförluster i metan och urin hos idisslare, En litteraturstudie. Rapport 47. SLU. Avdelningen för husdjurens näringsfysiologi.
- Makkar, Harinder, P. S. och Vercoe., 2007. *Measuring methane production from ruminants*. pp, ix-xi. Austria, Vienna. IAEA
- McCaughy, W. P., Wittenberg, W. and Corrigan, D. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Canadian Journal of animal science*. 79:221-226
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. and Morgan, C.A. 2002. *Animal nutrition*. 6th edition. Pearson Education Limited. Harlow. Essex, UK. pp, 266-277.
- McGinn, S. M., Beauchemin, K. A., Iwaasa, A. D. and McAllister, T. A. 2006. Assessment of the sulfur hexafluoride (SF₆) tracer technique for measuring enteric methane emissions from cattle. *J. Environ. Qual.* 35:1686–1691.
- McLean, J. A. and Tobin, G. 1987. *Animal and Human calorimetry*. Cambridge University Press. New York. pp, 50-51, 93-96.
- Mills, J. A. N., Kebreab, E. Yates, C. M., Crompton, L. A., Cammel, S. B., Dhanoa, M. S., Agnew, E och France, J. 2003. Alternative approach to predicting methane emissions from dairy cows. *Journal of dairy science*. 81:3141-3150.
- Moss, A. R., Jouany, J. and Newbold, J. 2000. Methane production by ruminants: Its contribution to global warming. *Ann. Zootech.* 49:231–253.

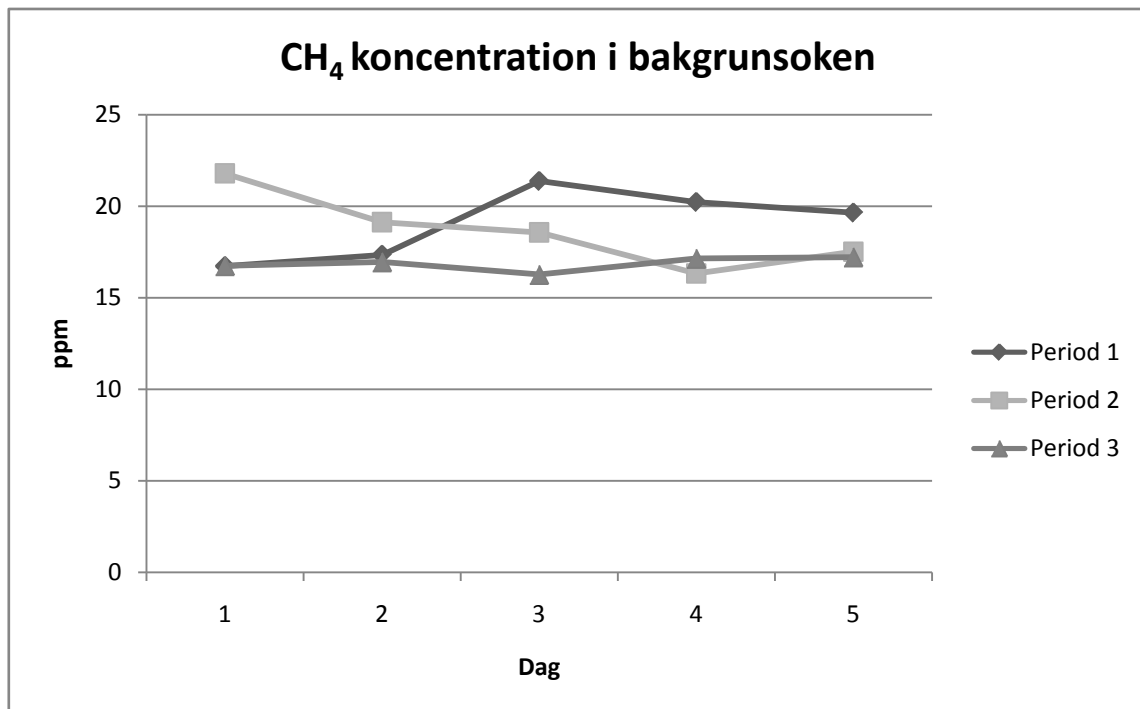
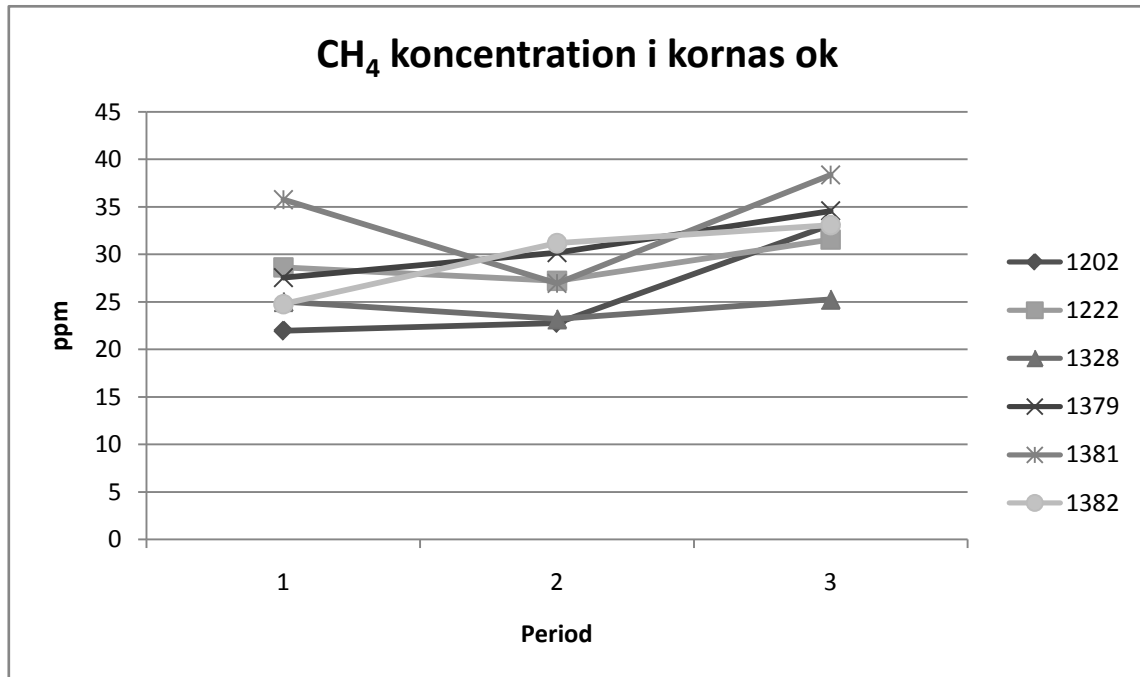
- Palmquist, D. L och Denise Beaulieu, A. 1993. ADSA foundation symposium: milk fat synthesis and modification. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *Journal of Dairy Science*. 76: 1753-1771.
- Pinares-Patino, C. S., Ulyatt, M. J. Waghorn, G. C. Lassey, K. R. Barry, T. N. Holmes, C. W. and Johnson, D. E. 2003. Methane emission by alpaca and sheep fed on lucerne hay 400 or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birdsfoot trefoil. *Journal of ariculture science*. 140:215–226.
- Pinares-Patino, C. S., Waghorn, G. C., Machmüller, A., Vlaming, B., Molano, G., Cavanagh, A. och Clark, H. 2007. Mrthane emissions from pasture-fed cows. *Canadian Journal of animal science*. 87: 601-613
- Pinares-Patino, C. S. and Clark, H. 2008. Realibility of the sulfur hexafluoride tracer technique for methane emission measurement from individual animals: an overview. *Australian Journal of Agricultural Research*. 48:223-229.
- SAS 2003, SAS for Windows 9.1, TS Level 1M3. SAS Institute. Inc. Cary. NC. U.S.A.
- Sjaastad, Ö. V., Hove, K. and Sand, O. 2003. Physiology of domestic animals, Oslo, Scandinavian Veterinary Press.
- Spörndly, R. (red.) 2003. Fodertabeller för idisslare. Rapport 257. Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU, Uppsala.
- Sudweeks, E. M., Ely, L.O., Mertens D.R. and Sisk L.R. 1981. Assessing Minimum Amounts and Form of Roughages in Ruminant Diets: Roughage Value Index System. *Journal of Animal Science*. 53:1406-1411.
- Ulyatt, M. J., Baker, S. K., McCrabb, G. J. and Lassey, K. R. 1999. Accuracy of SF6 tracer technology and alternatives for field measurements. *Australian Journal of Agricultural Research* 50:1329–1334.
- Vlaming, J. B., Lopez-Villalobos, N., Brookes, I. M., Hoskin, S. O. and Clark, H. 2008. Within- and between-animal variance in methane emissions in non-lacting dairy cows. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48:124-127
- Waghorn, G. C., Clark, D. A., Tavendale. M. and Woodward, S. L. 2006. Inconsistencies in rumen methane production – effects of forage composition and animal genotype. Elsevier, International congress series 1293:115-118

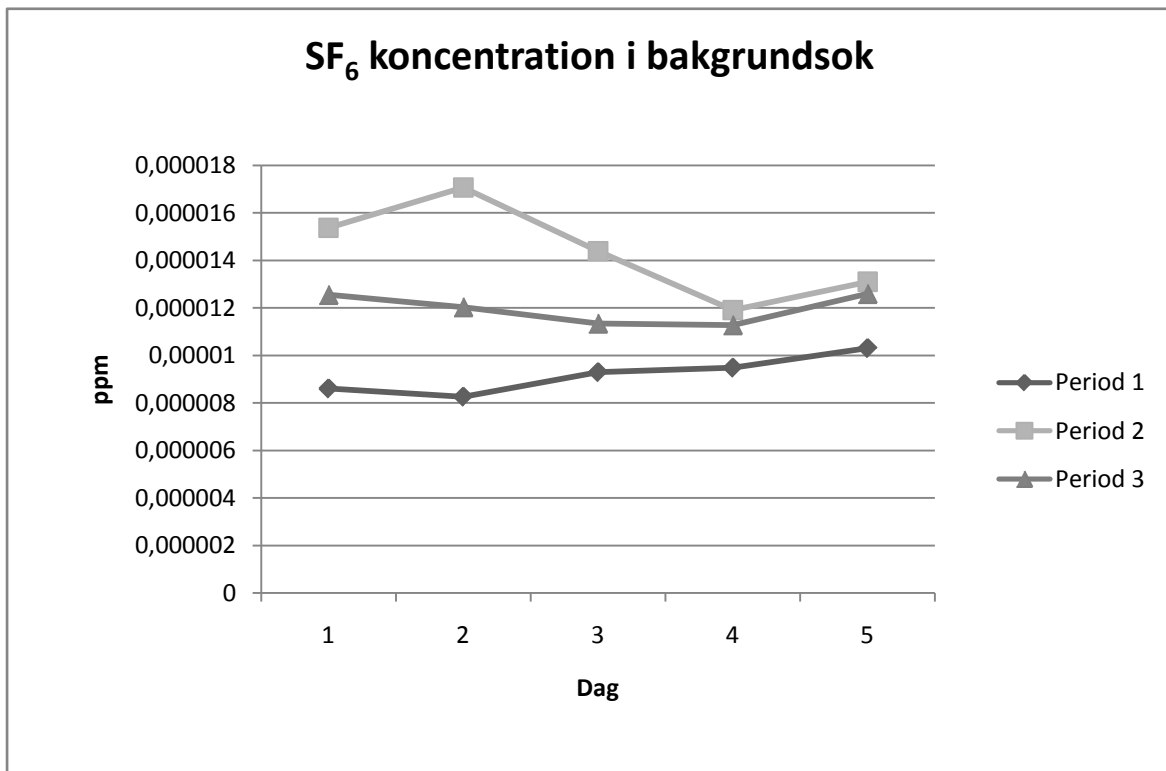
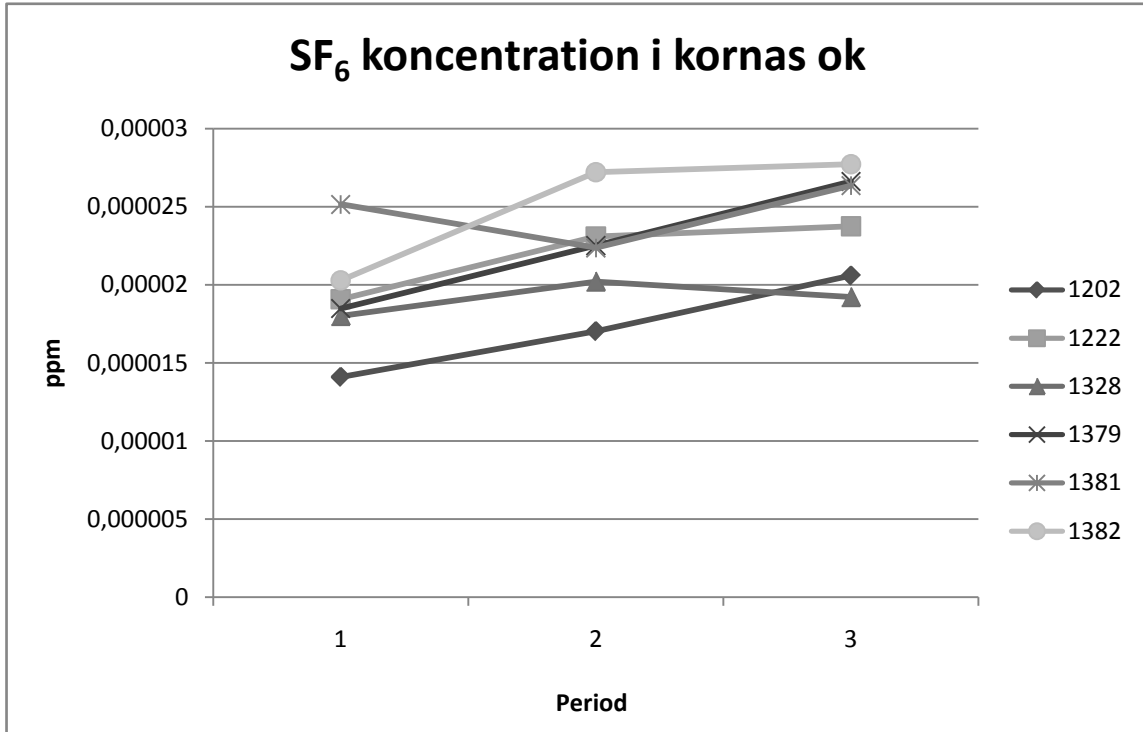
Woodward, S. L., Waghorn, G. C. and Laboyrie, P. G. 2004. Condensed tannins in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) reduce methane emissions from dairy cows. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 64

Bilagor

Bilaga 1.

Diagram som visar koncentrationen av CH₄ och SF₆ i kornas ok samt i bakgrundsoken. Medelvärden per period för kornas ok och medelvärden per dag i period för bakgrundsoken.





Nr	Titel och författare	År
271	Plansilo och rundbal som ensileringsystem för vallfoder – en lönsamhetsjämförelse Johanna Svensson	2008
272	A field study comparing the use of antibiotics to prevent diarrhoea in household land commercial pig farms in the north of Vietnam Therese Olsson	2008
273	Effekten av olika stora mjölkgivor på kalvars tillväxt och konsumtion av kraftfoder och hö Effect of milk feeding level on the weight gain of calves and their intake of concentrate and hay Jessica Wessberg	2008
274	The effect of a high energy forage only diet on exercising Standard-bred trotters Helena Gidlund	2009
275	Riskfaktorer för <i>Staphylococcus aureus</i> i mjölk och på has hos mjölkkor Risk factors for <i>Staphylococcus aureus</i> in milk and on hocks of dairy cows Karin Andersson	2009
276	Smältbarhet på ensilage och hö hos hästar i träning Digestibility of silage and hay for horses in training Sara Gunnarsson	2009
277	Buffalo Production in North Vietnam Wiveca Sveen	2009
278	Optimal group size for calves fed in transponder-controlled milk feeders Optimal gruppstorlek för kalvar som utfodras i transponderstyrda kalvammor Ida Eriksson	2009
279	Böklåda med torv på rastgårdsytan i ekologisk slaktsvinsproduktion - Effekter på beteende och emission av kväve (NH ₃ och N ₂ O) 30 hp E-nivå Emma Selberg Nygren	2009
280	Use of market crop wastes as feed for livestock in urban/periurban areas of Kampala, Uganda 15 hp C-nivå Emma Selberg Nygren	2009
281	Capacity studies on DeLaval's sort gate DSG10 30 hp E-nivå Johanna Karlsson	2009

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15 eller 30 högskolepoäng) samt större enskilda arbeten (15-30 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet. En förteckning över senast utgivna arbeten i denna serie återfinns sist i häftet. Dessa samt tidigare arbeten kan i mån av tillgång erhållas från institutionen.

DISTRIBUTION:
Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 28 17
