



NOTAT

---

## Angående sammenhængen mellem fodring og metanproduktion

Peter Lund

Seniorforsker

Dato: 30. oktober 2009

Side 1/13

Statusnotat om hvor langt forskningen er nået omkring sammenhængen mellem fodring og metanproduktion, bestilt af FVM, Departementet

---

Peter Lund\*, Martin Riis Weisbjerg, Maike Johannes, Anne Louise F. Hellwing & Torben Hvelplund

Institut for Husdyrbiologi og Sundhed, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet, P.O. Box 50, 8830 Tjele

\*) E-mail: [Peter.Lund@agrsci.dk](mailto:Peter.Lund@agrsci.dk). Telefon: 89991131. Fax: 89991125

### Indhold:

#### Baggrund

- Produktion af metan fra husdyr i Danmark

- Metan produceres primært i vommen

- Danske modelberegninger

- Fodringsmæssige tiltag

#### Projekter ved DJF vedr. fodring og metanproduktion

- Projekt 1: Nye fodringsstrategier til reduktion af enterisk metanproduktion hos malkekøer

  - Projektets formål

  - Projektets indhold

  - Projektets tidsplan og status

- Projekt 2: Reduktion af metanudskillelsen fra kvægproduktionen

  - Projektets formål

  - Projektets indhold

  - Projektets tidsplan og status

#### Supplerende oplysninger



### Produktion af metan fra husdyr i Danmark

Metan kan dannes i fordøjelseskanalen hos de fleste husdyr, men primært hos drøvtyggere. Som led i fordøjelsen af foderet hos drøvtyggere sker der en forgæring. Metan dannes primært når foderet under iltfrie forhold forgæres af mikroberne i formaverne hos drøvtyggerne (kvæg, får, geder). Især omsætningen i formaverne hos malkekvæg giver anledning til en stor produktion af metan, og en malkeko vil dagligt producere 250–500 liter (167–333 g) metan. En mindre produktion af metan foregår ved mikrobiel forgæring i blind- og tyktarm (ca. 10%), og vil delvist udskilles via endertarmen, delvist via udåndingsluften afhængig af dyreart. Enmavede dyr producerer således også en vis mængde metan, som dog er betydeligt lavere end hos drøvtyggerne. Hos drøvtyggere opræbes metanen hovedsageligt gennem spiserøret. Det er altså ikke korrekt når der i den offentlige debat ofte refereres til ”ko-prutter”, idet langt det meste metan forlader dyret som ”bøvser” og udånding.

Metan er det samme som naturgas og er således energirig. 500 liter metan svarer til ca. ½ l fyringsolie, og det er således en betydelig del af foderets energi, der tabes med metanen. Tabet af energi som metan under forgæringen i vommen er velkendt og har længe været en integreret del af energivurderingssystemer til drøvtyggere, og udgør sammen med energitabet i urinen forskellen mellem fordøjeligt og omsætteligt energi. Tabet af energi som metan er betydeligt, og udgør 2–12% af det samlede bruttoenergi optag, men varierer betydeligt afhængig af fodringen. I Danmark er produktionen af metan fra husdyrs fordøjelsessystem opgjort til i alt 133.000 tons metan i 2002 hvoraf kvægproduktionen er ansvarlig for de 114.000 tons og malkekøer alene 72.000 tons. Produktionen af metan fra kvæg udgør den altovervejende del af metan produceret fra fordøjelsessystemet, mens svin er hovedansvarlige for den betydelige produktion af metan fra gødningslagre (Mikkelsen et al., 2005).

### Metan produceres primært i vommen

Hos malkekvæg produceres metan altså primært i vommen og i mindre grad i blind- og tyktarm. Det er specielle mikroorganismer (metanogene mikroorganismer) der danner metanen på baggrund af slutprodukterne (brint og kuldioxid) fra den mikrobielle forgæring af kulhydrat i vommen. Disse organismer, archaea, hører ikke til bakterierne, og er kendetegnet ved ofte at leve i ekstreme miljøer, inklusiv temperaturer som overstiger kogende vands som i f.eks. [gejsere](#), samt i meget saltet, surt eller alkalisk vand.

Omsætning af brint er helt centralt i metandannelsen i vommen. Omsætning af kulhydrat i vommen kan henføres til en nedbrydning af polysakkarider (fiber og stivelse) til monosakkarider (glukose), som via en redox-proces oxideres i glykolysen til pyrovat, som så efterfølgende omsættes til kortkædede fedtsyrer, kuldioxid og brint under dannelse af ATP, som er



essentiell for mikrobers energiomsætning. Under iltrige forhold som f.eks. i dyrets egne celler kan oxidation ske ved tilførsel af ilt, men ved den anaerobe energiomsætning i vommen sker oxidationen ved at stoffet mister et brintmolekyle eller mister en elektron. Dette mistede brintmolekyle bruges i redox-reaktionen til en samtidig reduktion af  $\text{NAD}^+$  til  $\text{NADH}$ . For at opretholde fermenteringen skal  $\text{NADH}$  imidlertid efterfølgende re-oxideres til  $\text{NAD}^+$ , og der skal derfor under de anaerobe forhold findes en anden elektronreceptor end ilt. Det kan f.eks. være dannelse af frit brint ud fra to brintioner. Den dannede brint kan så passere ud af bakterien og medvirke til en yderligere reduktion af kuldioxid til metan af de metanogene mikrober eller bruges af bakterien selv til f.eks. mætning af umættede fedtsyrer, de novo fedtsyresyntese eller indgå i dannelsen af propionsyre. Fjernelse af frit brint fra vommen er også til fordel for bakterien, idet re-oxidation af  $\text{NADH}$  til  $\text{NAD}^+$  kun kan ske ved lavt brinttryk.

Eddikesyre, smørsyre og propionsyre udgør størstedelen af den samlede mængde kortkædede flygtige fedtsyrer, som produceres i vommen, og hvor propionsyre primært indgår i dannelsen af sukker (glukoneogenese), bruges eddikesyre og smørsyre i energistofskiftet samt til dannelsen af fedtsyrer (lipogenese). I vommen dannes eddikesyre og smørsyre primært ved omsætning af foderets fiberfraktion, om end smørsyre også kan henføres til forgæring af opløselige kulhydrater. De metanogene mikroorganismer forbruger overskydende brint som er fremkommet ved denne forgæring (reaktion 1 og 3 i nedenstående tabel 2) i en energigivende proces, hvor kuldioxid ( $\text{CO}_2$ ) reduceres (reaktion 4). Denne proces er med til at opretholde et lavt brinttryk i vommen. Brint bruges også af acetogene bakterier, som kan danne eddikesyre fra kuldioxid og brint (reaktion 5). Den fri energi under normale vomforhold ( $\Delta G$ ) er  $-67,4$  kJ/mol for metanogene mikrober og  $-8,8$  kJ/mol for acetogene mikrober. Begge reaktioner kan således forløbe ( $\Delta G < 0$ ), men dannelse af eddikesyre giver mindre energi end metandannelse og vil normalt ikke være konkurrencedygtig under det herskende lave brinttryk i vommen.

Det formodes at foderets lave passagehastighed i koens formavesystem er helt afgørende for vækst og formering af de metanogene mikroorganismer. Metanogene mikroorganismer har en meget langsom vækst. Hos andre dyrearter som f.eks. kænguroen og elefanten, som har en væsentlig højere passagehastighed, kan de metanogene mikroorganismer ikke etablere sig i mavetarm-kanalen, hvilket i stedet giver mulighed for etablering af de acetogene bakterier. Også sulfat-reducerende bakterier forbruger brint i konkurrence med de metanogene mikrober (ligning 6). Reduktionen af sulfat frigiver en energi på  $-84,4$  kJ/mol, og de sulfat-reducerende mikrober kan i modsætningen til de acetogene bakterier trives ved et lavere brinttryk i vommen end de metanogene mikrober kan, og når svovl ikke er begrænsende kan de derfor i teorien udkonkurrere de metanogene mikrober. Desværre udgør sulfat-reducerende mikrober kun en meget lille og ikke særligt



velundersøgt del af den mikrobielle population i vommen. De sulfat-reducerende mikrober fordrer en ration med et højt indhold af svovl, og biprodukter som majs glutenfoder, majs bærme og raps-produkter er kendetegnet ved et højt indhold af svovl. Ligeledes kan reduktion af kvælstofforbindelser forbruge brint.

Mens dannelse af eddikesyre (reaktion 1) og smørsyre (reaktion 3) er forbundet med brintproduktion, så medfører dannelse af propionsyre et forbrug af brint (reaktion 2). De propionsyre-producerende bakterier konkurrerer altså med de metanogene mikroorganismer om brint i vommen. Dannelse af propionsyre kan primært henføres til forgæring af foderets stivelsesfraktion. Derfor vil produktionen af metan afspejle balancen mellem på den ene side foderets indhold af stivelse og på den anden side foderets indhold af fiber, og derfor også afspejle balancen mellem på den ene side produktionen af propionsyre (reaktion 2) og på den anden side produktionen af eddikesyre og smørsyre (reaktion 1 og 3), som det ses af reaktionsligningerne i Tabel 2.

Tabel 2. De væsentligste støkiometriske ligninger af betydning for produktionen af metan fra kulhydrat.

1	$C_6H_{12}O_6 + 2H_2O \rightarrow 2CH_3COOH + 2CO_2 + 4H_2$	Eddikesyre
2	$C_6H_{12}O_6 + 2H_2 \rightarrow 2CH_3CH_2COOH + 2H_2O$	Propionsyre
3	$C_6H_{12}O_6 \rightarrow CH_3CH_2CH_2COOH + 2CO_2 + 2H_2$	Smørsyre
4	$4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$	Metan
5	$4H_2 + 2CO_2 \rightarrow CH_3COOH + 2H_2O$	Eddikesyre
6	$SO_4^{2-} + 4H_2 + H^+ \rightarrow HS^- + 4H_2O$	Reduktion af S

Metanproduktionens størrelse vil afhænge af det kemiske og mikrobielle miljø når fodermidlerne fordøjes (f.eks. pH, passagehastighed, brintræk, mikrobiel population), og det er derfor vigtigt at få fastlagt samspillet mellem fordøjelse, mikrobiel population og metanproduktion. F.eks. ses der en lineær sammenhæng mellem antallet af cellulytiske (fibredbrydende) bakterier og antallet af metanogene mikroorganismer på tværs af dyrearterne.

#### Danske modelberegninger

For nærværende er der ingen tilgængelige målte data for emission af metan fra malkekøer under danske forhold, og de nationale estimater for metanproduktion er derfor primært baseret på standardmetoden fra IPCC, hvor metanproduktionen beregnes simpelt som 6% af bruttoenergien. Dette indebærer en betydelig usikkerhed, og tager ikke hensyn til effekten af forskellige fodringsstrategier.

Der er publiceret en række modeller til forudsigelse af metanproduktionen på grundlag af oplysninger om foderrationen. Modellerne varierer i kompleksitet



fra meget simple modeller som f.eks. IPCC (1997), hvor metanproduktionen beregnes som en konstant andel af bruttoenergioptaget, over modeller der tager hensyn til rationens sammensætning (Kirchgeßner et al., 1995; Yates et al., 2001) og fordøjelighed af næringsstoffer (Pelchen et al., 2000; Yan et al., 2000; Hindrichsen et al., 2004) til mere komplicerede modeller, der beskriver vomomsætningen vha. en dynamisk mekanistisk model (Danfær, 2003a). Danske modelberegninger (Weisbjerg et al., 2005) viser at metanproduktionen kan reduceres fra 371 g metan pr. ko pr. dag for en standardration baseret på kløvergræsensilage, rapsskrå og byg til 184 g pr. ko pr. dag ved supplerings med 800 g tilskudsfedt, hvilket næsten er en halvering. Derimod vil en forøgelse af rationens fiberindhold (roepiller) øge metanproduktionen til 439 g pr. ko pr. dag, hvilket er en stigning på 18%. Dermed varierer rationernes metanproduktion fra 184 til 439 g pr. ko pr. dag. Begge disse yderpunkter er rationer, der ikke er urealistiske for mælkeproduktion under danske forhold, og der er således betydelige muligheder for at påvirke metanproduktionen gennem foderrationens sammensætning.

#### Fodringsmæssige tiltag

Selv om metanproduktion ikke fuldstændig kan elimineres, er der flere potentielle fodringsmæssige muligheder for at reducere den. Nogle af disse vil dog samtidig medføre en reduceret foderudnyttelse. Fodersammensætningen påvirker forgæringsmønstret og dermed forholdet mellem de enkelte syrer, der dannes under forgæringen. Produktionen af metan kan således reduceres ved at fremme den mikrobielle forgæring, der producerer propionsyre under samtidig forbrug af brint. Omvendt vil en forgæring, der resulterer i produktion af eddikesyre og smørsyre øge frigørelsen af brint, hvorved metanproduktionen stiger.

#### *Øget produktionsniveau (foderoptagelse), mere kraftfoder/mindre grovfoder*

Omfanget af produktionen af metan pr. ko eller pr. kg fodertørstof kan variere betydeligt. Således vil produktionen af metan stige med øget foderoptagelse, men langt fra proportionalt med øgningen i foderoptagelsen. En større foderoptagelse vil normalt forskubbe forgæringsmønstret i vommen, således at propionsyre udgør en større andel af de producerede syrer på bekostning af eddike- og smørsyre. Effekten opnås især som følge af mere kraftfoder og mindre grovfoder i rationen (Johnson & Johnson, 1995). Effekten ses dog også ved uændret rations sammensætning. Andelen af energi, der tabes som metan, falder således ved øget foderniveau, og faldet afhænger af forholdet mellem kraftfoder og grovfoder og rationens fordøjelighed. Johnson & Johnson (1995) fandt f.eks. et energitab som metan på 6-7% af bruttoenergien for en grovfoderrig ration på vedligeholdelsesniveau, mens tabet var 2-3% på en meget kraftfoderrig ration tildelt ad libitum.



Desuden medfører et øget foderniveau også en større passagehastighed af foder og mikrober ud af vommen, og dermed en lavere fordøjelighed af foderet i vommen (lavere fodereffektivitet). Derved bliver passagen af mikrobielt stof til tarmen forøget (reduceret omsætning af mikrobielt stof i vommen), og forholdet mellem produceret mikrobielt stof og kortkædede syrer bliver forskubbet i retning af mikrobielt stof, hvilket også reducerer det afledte metantab. Endvidere er de metanogene mikrober kendetegnet ved en forholdsvis lang generationstid, hvilket gør dem ekstra følsomme for en kortere opholdstid i vommen som en følge af højere foderniveau. Propionsyre sænker metanproduktionen som følge af konkurrence om brint-molekylerne i vommen. En høj propionsyreandel i vommen er ofte sammenkædet med en høj kraftfoderandel og et lavt pH. Van Kessel & Russel (1996) påviste at metanogene mikrober som var isoleret fra køer fodret med en grovfoder-rig ration taber evnen til at danne metan ud fra brint ved lavt pH. En høj propionsyre andel og et lavt pH har derfor både en direkte konkurrencebetings effekt på metanproduktionen og en indirekte hæmmende effekt via lavt pH som er uafhængig af tilstedeværelse af propionsyre-producerende bakterier.

#### *Fodring med fedt*

I modsætning til kulhydrater (cellevægskulhydrater, stivelse, sukker) forgæres fedtsyrer ikke i vommen og vil således ikke i sig selv resultere i produktion af metan. Dette er den væsentligste grund til, at man altid vil kunne forvente at fedttilskud reducerer metanproduktionen.

Men derudover påvirker fedttilskud også den øvrige omsætning i vommen. Især umættede fedtsyrer (linol- og især linolensyre) og mellem-langkædede fedtsyrer (laurin- og myristinsyre) har en betydelig effekt på forgæringsmønstret i vommen i retning af mere propionsyre. Disse fedtsyrer har sandsynligvis en direkte toksisk effekt på især de cellulolytiske bakterier og hæmmer forgæringen af cellevægskulhydrater (der betinger produktion af eddikesyre) og hæmmer ligeledes de metanogene bakterier. Umættede fedtsyrer har desuden en eller flere dobbeltbindinger, dvs. kapacitet til at binde brint (mætning). De umættede fedtsyrer mættes i vid udstrækning i vommen, idet typisk omkring 80% af fedtsyrenes dobbeltbindinger mættes, og udnytter derved brint der ellers ville være blevet brugt til produktion af metan. I modsætning til de umættede fedtsyrer har mættede langkædede fedtsyrer som palmitinsyre og stearinsyre kun en meget begrænset effekt på omsætningen i vommen, og derfor kan der kun forventes en meget begrænset effekt af disse fedtsyrer på produktionen af metan ud over effekten af at fedtsyrene ikke forgæres i vommen. Fedtsyrer reducerer antallet af protozoer i vommen. Dette vil medføre en reduceret produktion af metan, dels fordi mange metanproducerende bakterier lever tæt sammen med protozoer (symbiose), delvist fordi protozoer danner meget smørsyre og eddikesyre, som giver brintoverskud og dermed grundlag for



produktion af metan. Tilstedeværelsen af metanogene mikrober i symbiose med protozoer afhænger af brintrykket i vommen. Når brintrykket i vommen er højt som f.eks. efter en fodring hvor der er meget substrat til rådighed i vommen ses en stor del af de metanogene mikrober frit i vommen, mens der ved lavt brintræk og lav substrattilgængelighed ses en større andel af metanogene mikrober på eller inden i protozoerne. Antallet af metanogene mikrober som er i symbiose med protozoerne stiger således med en faktor 100-1000 efter at et måltid er afsluttet, og disse metanogene mikrober lever så af protozoernes fermentering af lagrede næringsstoffer. Fjernelse af protozoer og tilhørende metanogene mikrober (defaunation) vil derfor sænke produktionen af metan.

Da fedtsyresammensætningen kan være meget forskellig afhængig af fedtkilde, kan der forventes en stor forskel mellem fedtkilder, og der er en stor variation i de fedtkilder (fedt og olier), der anvendes til fodring af drøvtyggere. Således er kokos- og palmekerneolie rig på mellem-langkædede fedtsyrer som laurinsyre (C12:0, hvor 12 er antallet af kulstofatomer og 0 er antallet af dobbeltbindinger) og myristinsyre (C14:0). Palmeolie, der er meget anvendt som tilskudsfedt, er rig på palmitinsyre (C16:0) og oliesyre (C18:1). Fedtrige rapskager er også en betydelig fedtkilde, og rapsolie er rig på oliesyre (C18:1). Olien fra bomuld, soja og solsikkeprodukter er ligesom kornprodukter og helsædsensilage rig på linolsyre (C18:2). Olie fra hørfrøprodukter samt græsmarksprodukter er rig på linolensyre (C18:3).

Den nuværende mælkekvote med fedtregulering betyder imidlertid, at det er økonomisk fordelagtigt at minimere brugen af tilskudsfedt, idet øget brug af tilskudsfedt reducerer proteinprocenten i mælken, og dermed den økonomiske værdi af den mælk, der kan sælges under kvoten. Samtidig vil fedttilskud til malkekøer påvirke mælkens kvalitetsmæssige egenskaber, herunder fedtsyresammensætning, hvilket skal tages i betragtning, hvis fedttilskud bruges som 'metanbegrænser'.

#### Nye fodermidler

Erstatning af fossile brændstoffer med bio-brændstof baseret på bl.a. sukker og stivelsesholdige fodermidler som f.eks. korn og majs er en strategi til reduktion af emission af drivhusgasser, og produktionen af bio-brændstof er allerede steget markant de seneste år og forventes også at stige fremover. Som en konsekvens heraf ser man allerede nu en konflikt mellem anvendelse af land til produktion af bioenergi og til produktion af husdyrfoder (og fødevarer), hvorfor kornprisen på verdensmarkedet er fordoblet i 2007. I fremtiden forventes der, bl.a. på grund af stigende bio-ethanol produktion, et højt udbud af nye biprodukter med lavt sukker og/eller stivelsesindhold og dermed højere fedt- og proteinindhold, og samtidig vil grovfoder sandsynligvis komme til at udgøre en højere andel af foderrationen, hvilket kunne øge emissionen af metan. Samtidig vil flere og nye biprodukter fra majs og raps med et højt sulfat indhold blive til rådighed som kvægfoder og vil kunne stimulere de



sulfat-reducerende mikrober på bekostning af de metanogene mikrober, og dermed få indflydelse på tabet af metan, men samtidig sandsynligvis medføre øgede lugt-problemer og kan have en negativ sundhedsmæssig effekt for dyret.

#### Tilsætningsstoffer

En række stoffer kan påvirke produktionen af metan, enten gennem påvirkning af sammensætningen af mikroberne i vommen eller ved forbrug af brint. Mange af de kemiske stoffer, som er afprøvet, vil ikke være acceptable til generel anvendelse i kvægbruget, og anvendelsen af de fleste af de biologiske metoder er endnu teknologisk umodne eller med de nuværende prisrelationer for omkostningstunge.

#### Projekter ved DJF vedr. fodring og metanproduktion

Ved DJF er der i 2009 igangsat to projekter vedrørende sammenhængen mellem fodring og metanproduktion. Begge projekter har ophæng i Institut for HusdyrBiologi og Sundhed, men er projekter på tværs af institutter og universiteter og er i samarbejde med kvægbrugserhvervet.

#### Projekt 1: Nye fodringsstrategier til reduktion af enterisk metanproduktion hos malkekøer (Projektleder: Peter Lund)

##### Projektets formål

Projektets hovedformål er at udvikle fodringsstrategier der reducerer metanemission fra malkekvæg. Metanemission vil blive bestemt i både dyre- og laboratorieforsøg. Undersøgelserne omfatter desuden sammenhængen mellem metanproduktion, næringsstoffernes fordøjelighed og mælkeproduktion.

##### Projektets indhold (arbejdsplaner som beskrevet i ansøgning)

##### Arbejdsplan 1 (Peter Lund, DJF): Effekten af nye fodermidler, grovfoder:kraftfoder forhold, grovfoderkvalitet og kulhydratkilde på emission af metan (dyreforsøg)

I arbejdsplan 1 vil produktionen af metan blive bestemt i kvier/malkekøer vha. fire nyinstallerede respirationskamre, som er udstyret til at måle udskillelse af metan og kuldioxid på enkeltdyrs niveau. Disse åbne respirationkamre fungerer som et telt og er valgt på bekostning af lukkede respirationskamre. Lukkede respirationskamre har i et tidligere projekt været problematiske for malkekvæg af dyrevelfærdsmæssige årsager, og er derfor fravalgt for at sikre en normal adfærd og foderoptagelse. Første del af delprojektet vil være en indledende kalibrering af systemet, hvor der anvendes rationer som forventes at variere i metanproduktion. Anden del af delprojektet vil bestå af tre intensive studier (4x4 romerkvadrat, 21 dage) med 4 højtydende vomfistulerede





malkekøer. Køerne er vomfistulerede for at bestemme sammenhængen mellem produktion af metan og fermenterings-profil i vommen. I fremtiden forventes der et højt udbud af nye biprodukter bl.a. fra produktion af bioethanol, og i det første af disse forsøg vil produktionen af metan blive bestemt i rationer med et højt indhold af fremtidens kraftfodermidler (oliekager, bæreme, glycerol m.m.). Det forventes at grovfoder i fremtiden vil udgøre en højere andel af foderrationen, og grovfoder:kraftfoder forhold vil derfor sammen med grovfoderkvalitet (fordøjelighed) indgå i det næste forsøg. I det sidste forsøg vil kulhydratkildens (stivelse vs. sukker vs. fiber) effekt på produktion af metan blive bestemt. Målingerne vil være daglig foderoptagelse, fodersammensætning og næringsstofoptag, mælkeproduktion, vom pH, produktion af metan og kuldioxid, total organisk stof samt fiber fordøjelighed, og forgærmingsmønster (VFA-profil) i vommen. Den mikrobielle population i vomindhold vil blive undersøgt vha. molekylærbiologiske metoder med henblik på at karakterisere den mikrobielle population som helhed og mere specifikt kvantificere de metanogene mikrober. Der indskrives en Ph.D.-studerende ved DJF i 2009.

**Arbejdspakke 2 (Ida Hindrichsen, KU-LIFE): Effekten af ekstreme vommiljøer på metan emission (in vitro forsøg og respirationskamre)**

I arbejdsopgave 2 vil produktion af metan og kuldioxid fra de anvendte foderrationer fra dyreforsøgene og fra mere specielle fodermidler og rationer blive målt vha. laboratoriemetoder (in vitro gasmåling). Vha. in vitro-metoden er det muligt at etablere forskellige kemiske og mikrobielle vommiljøer ved f.eks. at ændre pH, brinttryk, osmolaritet mv., ved at anvende forskellige ionoforer og andre tilsætningsstoffer, samt ved evt. at tilsætte stoffer der hæmmer forskellige vommikroorganismer. Yderligere kan effekten af vomvæske fra dyr fodret med forskellige rationer eller fra forskellige dyrearter blive bestemt. Metoden giver således muligheden for at scanne en række rationer samt for at undersøge ekstreme situationer for at finde nye veje. Selvom respirationskamrene kan være problematisk at gennemføre med malkekvæg er der på LIFE en betydelig erfaring med brug af respirationskamre. For at kunne relatere resultaterne til publicerede data vil der på LIFE blive udført et 3x3 romersk kvadrat forsøg i eksisterende respirationskamre med hhv. den standardration der anvendes i arbejdsopgave 1 samt to ekstreme rationer fra arbejdsopgave 1 for at opnå den bedste kalibrering af de to nye metoder (respiration pens og in vitro gas produktion). In vitro gasmetoden kan håndtere mange analyser med en forholdsvis lav omkostning, hvorfor der vil blive analyseret på vomvæske opsamlet fra køer i forskellige besætninger for at få et indtryk af variationen mellem køer og besætninger med hensyn til metanproduktion.

**Arbejdspakke 3 (Ole Aaes, Dansk Kvæg): Implementering i praksis**

Resultaterne fra arbejdsopgave 1 og 2, skal implementeres i de redskaber der anvendes i rådgivningen. Ud over en fælles nordisk implementering i foder-



vurderingssystemet NORFOR, skal de nationale værktøjer kunne præsentere beregning af drivhusgasser i forbindelse med foderplanlægning og produktionskontrol. Med udgangspunkt i dette projektet introduceres problemstillingerne med drivhusgasser for kvægbrugeren, og de muligheder den enkelte har for at reducere udledningen.

#### Projektets tidsplan og status

Arbejdsplanen er startet i efteråret 2009, hvor der indkøbes udstyr til måling af metanproduktion på enkelt dyr, indstilles 4 metankamre på DJF, samt sker en kalibrering og indkøring af udstyret. Pr. 1/6 er der indskrevet en ph.d.-studerende, Maik Johannes, som skal være ansvarlig for gennemførelse af dyreforsøgene i arbejdsplanen 1, endvidere er der pr. 1/9 ansat en post.doc., Anne Louise F. Hellwing, som er ansvarlig for opbygning af metankamrene. Projektet er blevet forsinket pga. forsinket levering af måleudstyr, som forventes leveret i oktober måned. For nærværende er der bygget en prototype på metankamrene, hvor der har været indsat dyr. På baggrund af erfaringerne herfra er bygning af de tre resterende kamre igangsat. Kalibrering og indkøring af udstyret forventes afsluttet ultimo 2009/primus 2010, således at de planlagte intensive forsøg med fistulerede dyr kan startes primus 2010. Fistulering af dyr til disse forsøg er igangsat. I de oprindelige ansøgninger til Mælkeafgiftsfonden og forskningsprogrammet Fremtidens Husdyrproduktion var der lagt op til en række intensive forsøg i projekt 1 med bl.a. nye fodermidler, kulhydratkilde, grovfoderkvalitet og grovfoderkraftfoderforhold, mens der i projekt 2 var lagt op til det forsøg med fedttildeling, for samlet set at få afklaret variationen i metanproduktionen under danske forhold. Vi har imidlertid erfaret at der er stor interesse både fra erhvervet og offentlige myndigheder i effekten af tildeling af fedt. Vi har derfor besluttet (hvis det kan godkendes af bevillingsgiverne) at tildeling af fedt skal indgå i flere af de intensive forsøg end oprindeligt planlagt. Vi vil derfor koncentrere projektet omkring vekselvirkningen mellem fedttildeling og grovfodertype/kvalitet, dvs. vi vil undersøge om fedt har den samme effekt når majsensilage eller græsensilage er det dominerende grovfodermiddel, og om effekten af fedttildeling er afhængig af grovfoderets kvalitet. Vi mener at det er afgørende at få belyst disse vekselvirkninger før der kan gives en generel anbefaling ang. tildeling af fedt.

Start på arbejdsplanen 2 på KU-Life er udskudt til 2010.

Projekt 2: Reduktion af metanudskillelsen fra kvægproduktionen  
(Projektleder: Martin R. Weisbjerg)

Projektets formål



Drøvtyggenes omsætning af foder i vommen er knyttet til metanproduktion. Omsætningen i vommen er anaerob (iltfri forgæring), og metanproduktionen er en nødvendig reaktionsvej til at fjerne et brintoverskud. Tilsvarende sker der under lagring af gylle en anaerob omsætning af tilgængeligt organisk stof, der ligeledes resulterer i en metanproduktion. Selv om metanproduktion uløseligt er bundet sammen med omsætningen i vommen og ikke fuldstændig kan elimineres, er der flere potentielle muligheder for at reducere denne metanproduktion. Nogle af disse vil medføre en reduceret foderudnyttelse, og dermed et øget potentiale for metanproduktion i gyllelagrene, med risiko for at man taber hvad man har vundet i kørne. Er der et biogas anlæg i systemet, er der derimod mulighed for, at man ved fodringsmæssige tiltag både kan reducere metan tabet fra kørne, og samtidig få en gylle, der har større potentiale for biogasproduktion.

På baggrund af kædebetragtninger fra foder til biogasanlæg er formålet med projektet at undersøge mulighederne for reduktion i kørnes metanproduktion, og samtidig belyse om dette medfører øget metanproduktion fra gyllelagrene, alternativt øger gyllens potentiale for biogasproduktion.

#### Projektets indhold

Projektet er en udbygning på projekt 'Nye fodringsstrategier til reduktion af enterisk metanproduktion hos malkekøer ', som er beskrevet ovenfor. Nedenfor er arbejdspakkerne givet som uddrag fra ansøgningen.

Projektet består af 4 arbejdspakker, henholdsvis

- 1) intensive undersøgelser af metanproduktion hos malkekøer,
- 2) undersøgelser af udvalgte strategiers effekt på kørnes mælkeproduktion og produktion af gylle,
- 3) undersøgelser af de producerede gyllepartiers biogas potentiale,
- 4) konsekvensberegninger på nationalt niveau.

#### Arbejdspakke 1 (Peter Lund, HBS, DJF): Intensiv forsøg.

Arbejdspakke 1 vil undersøge mulighederne for via fodringen at påvirke metanproduktionen hos malkekøer. Der er en række muligheder for via fodringen at påvirke metanproduktionen, heraf indgår en del i allerede ansøgt projekt (se nedenfor), i dette projekt vil der fokuseres på forsyningen med fedtsyrer. Forsøget gennemføres som beskrevet i projekt 1. Sammen med de 3 forsøg beskrevet i projekt 1 vil dette forsøg danne baggrund for formulering af de 3 strategier, der skal indgå i arbejdspakke 2. Fra alle 4 intensive forsøg (projekt 1 og 2) vil der blive opsamlet gødning til anvendelse til batchforsøg i arbejdspakke 3, til bestemmelse af gødningens metanpotentiale i gyllelagre (Bo bestemmelse).



### Arbejdspakke 2 (Martin Riis Weisbjerg, HBS, DJF). Produktionsforsøg og produktion af gylle

Baseret på arbejdsplan 1 gennemføres der et holdforsøg med intakte malkekøer. 30-45 malkekøer fordeles på 3 hold, der fodres efter de i arbejdsplan 1 udvalgte 3 strategier. Dette forsøg vil have en varighed af 5 uger. De første 2 uger vil være forperiode, hvor alle køerne tildeles en standard ration, og hvor køernes respons efterfølgende kan anvendes til korrektion for mellem køer variation. Desuden opsamles gyllen i denne periode til efterfølgende biogas måling på 'standardrations-gyllen'. De følgende 3 uger vil køerne blive behandlet efter de 3 strategier, og foderoptagelse og mælkeproduktion vil blive målt på enkeltdyr niveau, således at strategiernes mælkeproduktionspotentiale dokumenteres.

For hver af de 3 hold vil gyllen blive opsamlet på holdniveau, til anvendelse i arbejdsplan 3.

Disse forsøg vil foregå i DJF's nyrenoverede forsøgsstald (K43) hvor der er muligheder for at opsamle gylle separat fra 3 hold.

### Arbejdspakke 3 (Henrik B. Møller, JBT, DJF). Gyllens biogaspotentiale

Aarhus universitet (DJF) har investeret i et biogasanlæg der består af en fuldskala reaktor på 1000 m<sup>3</sup> og 4 forsøgsreaktorer på henholdsvis 2x10 og 2x20m<sup>3</sup>. Derudover er der 4 forsøgsreaktorer på 120 liters reaktor volumen til rådighed og der kan udføres batch udrådninger i mindre skala.

De i arbejdsplan 2 producerede gyller vil blive undersøgt for biogaspotentiale ved såvel batch udrådning som ved kontinuert udrådning i de nybyggede forsøgs reaktorer på Forskningscenter Foulum, DJF.

Batch udrådningerne anvendes til at bestemme det ultimative metan potentiale (Bo) og er den værdi der sammen med en emissionsfaktor bruges til at bestemme hvor meget metan der udesendes ved lagring af gylle. Bo bestemmes ved batch udrådning af den ubehandlede gylle og efter afgang i en kontinuert reaktor af gyllen opsamlet ved forskellig fodring, for derved at fastslå hvor meget afgangningen reducerer metan udslippet under lagring.

Biogaspotentialet ved forskellig fodring bestemmes ved såvel batch som kontinuert afgangning, for derved at kunne fastslå både den teoretisk og praktisk opnåelige gasproduktion. Endvidere udføres der batchudrådninger af gødning fra de 16 rationer der indgår i arbejdsplan 1, for derved at øge datamaterialet.

### Arbejdspakke 4 (Ole Aaes, Dansk Kvæg). Konsekvensberegninger

Baseret på resultaterne opnået i de ovenstående arbejdsplaner, vil der i arbejdsplan 4 blive lavet konsekvensberegninger, hvor der ses på dansk mælkeproduktion som helhed. Der vil blive sat fokus på hvordan en ændring fra strategier der optimerer fodringen med henblik på mælkeproduktion til strategier der optimerer både med hensyn til mælkeproduktion, metantab hos



køerne og biogasproduktion, påvirker kvægsektoren. Der skal laves en beregning og vurdering af om de foderremner der er behov for kan fremskaffes. Det kan være dyrkningsmuligheder samt mængder af naturlige biprodukter. De økonomiske konsekvenser af en strategiændring skal ligeledes undersøges på sektorniveau.

Et meget vigtigt element i arbejdspakken er betydningen for miljøet i relation til tab af næringsstoffer til det omgivende miljø.

#### Projektets tidsplan og status

Projektet planlægges til perioden 2009-2011, med følgende tidsforløb for de 4 arbejdspakker:

1: 2009-2010

2: 2010-2011

3: 2010-2011 (umiddelbart efter 2)

4: 2010-2011

Mht. status henvises til status for projekt 1. Pga. forsinket opstart af projekt 1 (pga. langtrukken ansøgningsfase), og da nærværende projekt er lænket til projekt 1, har vi ansøgt om forlængelse af projektperiode med 1/2 år, svar ikke modtaget endnu.

#### Supplerende oplysninger

Der foreligger et kort arbejdsnotat på engelsk, "Nutritional strategies to reduce methane production from dairy cows" som er et litteratur review udarbejdet af Maike Johannes. Dette kan eftersendes hvis der er interesse for det.