



Mangelfuld viden om gas fra gylle	2
Ansøgninger til PSO og EFP	3
Halm og energi-afgrøder i biogasanlæg	4
Forsøgsanlæg for hele branchen	6
De mange muligheds anlæg	7
Energiudbyttet fra biomasse kan fordobles	8
Støver din nabo	10
Ny rekord for brændselsceller	12

## EU satser på vedvarende energi

Forskning i energi bliver et op-prioriteret område i EU. Parlamentet har netop indstillet, at der bliver afsat 2,4 milliarder euro til forskning i energi, hvoraf to tredjedele skal øremærkes til forskning i energieffektivitet og vedvarende energi.

*Af Torben Skøtt*

Den gode nyhed blev præsenteret af Lise Nielson fra Energinet.dk på konferencen Forsk2006, der blev afholdt den 15. juni i DGI-byen i København.

På konferencen skulle næstformand i EU-parlamentets udvalg for industri, energi og forskning, Britta Thomsen (S), have holdt et indlæg om EU's syvende rammeprogram, men hun var forhindret, da programmet netop var til første behandling i parlamentet den dag. I stedet kunne Lise Nielson sidst på dagen meddele, at parlamentet havde bakket op om forslaget til det nye program, der omfatter perioden fra 2007 til 2013.

Danmark har i øvrigt klaret sig rigtigt godt i EU's sjette rammeprogram, hvor vi har fået mere end 100 millioner kroner, svarende til en samlet andel af støttebeløbet på over 10 procent. Bortset fra Holland, der har fået over 150 millioner kroner, er Danmark det land, der i absolutte tal har fået det største støttebeløb. Danmark bidrager imidlertid kun med omkring to procent af budgettet, hvorimod Hollands bidrag er næsten to en halv gange større.

EU's 6. rammeprogram, der løber over perioden 2003-2006, har et samlet budget på 857 millioner Euro svarende til 6,4 milliarder kroner.

Den seneste udbudsrunde inden for energi retter sig mod integrerede demonstrationsanlæg for vedvarende energi og energieffektivitet, hvor danske virksomheder og forskningsinstitutioner har stærke styrkepositioner. Ved vurderingen af de indkomne projektforslag får hver andet dansk forslag en positiv vurdering. Til sammenligning blev kun hvert ottende projektforslag fra Italien vurderet positivt. ■



foto: torben skøtt/biopress

## Mangelfuld viden om gas fra gylle

Vores viden om det praktisk opnåelige gasudbytte fra gylle er for ringe. Det er pinligt, og det skal der rettes op på. Husdyrgødning er langt den største ressource til produktion af biogas i Danmark.

Af Søren Tafdrup

Hvor meget biogas kan man udvinde af gylle? Hvis man slår op i den tilgængelige litteratur på området, er svaret som regel: 22 m<sup>3</sup> biogas/m<sup>3</sup> gylle – uden nærmere detaljer. Detaljerne er ellers uhyre vigtige. Et udsving på plus eller minus 10 procent på gasudbyttet fra gyllen har meget stor betydning for økonomien i et biogasprojekt.

Hvorfor mangler detaljerne? Vi har jo immervæk forsket og udviklet i over 20 år. Svaret er, at stort set alle biogasanlæg af økonomiske grunde bruger en blanding af gylle og organisk affald. Så selvom vi har mange tal for anlæggenes produktion, kan vi ikke sige præcist, hvor meget af gasen der faktisk stammer fra gyllen.

Men det burde forsknings- og udviklingsarbejdet vel have rådet bod på? Ja, det burde det faktisk. Desværre er det ikke sket. Det må vi bare krybe til korset og erkende. Indsatsen er hidtil brugt på andre temaer og projekter.

Men bedre sent end aldrig. I de kommende år skal der skabes langt

*Vegger-anlægget syd for Aalborg, hvor der i 1988 blev gennemført en række interessante forsøg med udrådning af kvæggylle.*

større klarhed over, hvor stort et gasudbytte, der kan opnås i praksis fra en given besætning og fra et givet antal besætninger i de større projekter. Når man igangsætter et nyt projekt, skal man kunne hente viden fra det offentligt finansierede forsknings- og udviklingsarbejde, således at det forventelige gasudbytte fra husdyrgødningen kan forudsiges med forholdsvis stor sikkerhed.

Følgende eksempel kan bruges til illustration: Helt tilbage i 1988 blev der udført fuldskala forsøg med termofil udrådning af kvæggylle på fællesanlægget i Vegger. Det varede flere måneder og blev udført parallelt i to af anlæggets 200 m<sup>3</sup> reaktorer. I den ene blev gyllen udrådnings-

13-14 dages opholdstid. Det gav et udbytte på 17,8 m<sup>3</sup> biogas/m<sup>3</sup> gylle. I den anden reaktor blev gyllen udrådningsnet med omkring 18 dages opholdstid. Det gav et gasudbytte på 20,3 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> gylle, altså et 14 procent højere udbytte. En to-trins udrådning ville have hævet udbyttet fra begge reaktorer med cirka 10 procent.

Hvad skal der ske?

På den ene side skal vi have en præcis viden om, hvad energipotential er fra en given besætning. Hertil skal besætningens sammensætning bruges. Det vil sige antal årskøer, søer med smågrise og hvor mange slagtesvin, der bliver produceret om året. I den mere avancerede udgave kan fodringen også indgå. Det betyder for køernes vedkommende, at gaspotentialet kan relateres til mælkeydelsen fra en given besætning.

Næste punkt handler om, at fortyndingen med vand skal minimeres, og at gyllen skal være så frisk som muligt.

Herefter skal vi kunne vurdere et konkret biogasanlægs evne til at udnytte gaspotentialet i gyllen. Det afhænger især af temperaturen, opholdstiden, og hvorvidt anlægget er udformet med seriekoblede reaktorer eller ej.

Disse ting skal tilsammen kunne give et nyt biogasprojekt en præcis



foto: torben skøtt/biopress

*Om hvor meget gas kan du så lave?*

viden om, hvor stort et gasudbytte der kan opnås med en given mængde husdyr.

### Den største ressource

Det fremgår af tabel 1, hvorfor det er vigtigt at fokusere på husdyrgødning, herunder gylle. Danmark har egnede ressourcer til en ti-dobling af biogasproduktionen fra de nuværende 4 PJ/år til knap 40 PJ/år. 70 procent eller 26 PJ udgøres af husdyrgødning, men foreløbig udnyttes kun en meget begrænset del.

Biogasanlæggene tilsætter som nævnt organisk industriaffald for at øge gasproduktionen og forbedre økonomien. Men det organiske industriaffald er en usikker ressource. Der kan ikke indgås langtidskontrakter med industrien, og usikkerheden forstærkes af, at ressourcerne af egnet, indenlandsk industriaffald "opbruges" hurtigere end husdyrgødningen. Den videre udbygning med gyllebaserede biogasanlæg vil derfor være ledsaget af en øget konkurrence om industriaffaldet.

Denne problemstilling med fordele og risici ved tilsætning af organisk affald har været centrale i drøftelserne af forsknings- og udviklingsprogrammerne de sidste ti år. I rapporten "BiogASFællesanlæg fra idé til realitet" fra 1995 blev det konkluderet, at hovedmålet for den videre udvikling er "... at forbedre anlæggene, således at de kan fungere økonomisk tilfredsstillende enten alene på grundlag af husdyrgødning eller ved

## Ansøgninger til PSO og EFP

### Så er det tid til at sætte kryds i kalenderen, hvis du skal have en ansøgning af sted til Energiforskningsprogrammet eller PSO-ordningen.

Traditionen tro vil der også i år blive afholdt et fælles informationsmøde for ansøgere til PSO-ordningen under Energinet.dk og Energiforskningsprogrammet (EFP), der administreres af Energistyrelsen.

De to støtteordninger har i mange år kørt parløb med fælles informationsdage og fælles ansøgningsfrister. I år bliver informationsdagen den 15. august, og ansøgningerne skal være indsendt senest den 15. september. Alle ansøgere får en foreløbig status inden den 15. december, og inden udgangen af første kvartal 2007 er alle ansøgninger færdigbehandlet.

– Programmerne ligner hinanden så meget, at vi jævnligt bytter ansøg-

ninger, oplyser Lise Nielson fra Energinet.dk. Det har altså mindre betydning, om ansøgningen sendes til Energi.dk eller Energistyrelsen.

Energiforskningsprogrammet har 72 millioner kroner til udvikling af nye teknologier inden for energiområdet. Der ydes tilskud til forskning, udvikling og demonstration vedrørende produktion, forsyning og effektiv anvendelse af energi. Endvidere ydes tilskud til internationalt samarbejde.

PSO-ordningen råder over 25 millioner kroner til effektiv energianvendelse og 130 millioner kroner til forskning, udvikling og demonstration af miljøvenlige elproduktions-teknologier.

*Yderligere oplysninger:*

[www.energiforskning.dk](http://www.energiforskning.dk)

[www.energinet.dk](http://www.energinet.dk)

[www.ens.dk/sw11648.asp](http://www.ens.dk/sw11648.asp)

*supplering med mindre attraktive affaldstyper, som der er større langsigtet leverancesikkerhed for."* Denne konklusion er fortsat gældende.

Derfor har forsknings- og udviklingsindsatsen til formål at opnå yderligere forbedringer af biogasanlæggenes teknisk-økonomiske formåen, således at sektoren i fremtiden kan klare sig, selvom råvaregrundlaget bliver gradvist mindre økonomisk

attraktivt, i takt med at ressourcerne af organisk affald opbruges.

For at kunne bedømme økonomien i de konkrete projekter og udnytte landets store energipotentialer i husdyrgødningen er det derfor vigtigt at samle og forbedre vores viden om biogas fra husdyrgødningen.

*Søren Tafdrup er fuldmægtig i Energistyrelsen, e-mail: [st@ens.dk](mailto:st@ens.dk).*

Enhed: PJ	Potentiale	Produktion År 2001	Produktion År 2002	Produktion År 2003	Produktion År 2004
Husdyrgødning	26,0	0,61	0,70	0,85	0,91
Spildevandsslam	4,0	0,86	0,87	0,87	0,83
Industriaffald, dansk	2,5	0,59	0,67	0,80	0,86
Industriaffald, importeret		0,40	0,45	0,55	0,65
Kød- og benmælsmateriale	2,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Husholdningsaffald	2,5	0,03	0,05	0,07	0,03
Have- og parkaffald	1,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Lossepladsgas	1,0	0,56	0,62	0,44	0,46
<b>I alt</b>	<b>39,0</b>	<b>3,05</b>	<b>3,36</b>	<b>3,58</b>	<b>3,74</b>

Tabel 1. Potentiale og registreret produktion af biogas i årene 2001 - 2004.

# Halm og energiafgrøder i biogasanlæg

Tilførsel af halm til biogasanlæg kan reducere eller i bedste tilfælde helt fjerne biogasanlæggenes afhængighed af organisk affald. Imidlertid er der stor forskel på udbyttet fra forskellige halmtyper, og noget tyder på, at der i visse tilfælde kan opnås en synenergieffekt, som gør det ekstra attraktivt at supplere husdyrgødningen med halm.

Af Henrik B. Møller og  
Anders M. Nielsen

Halm udgør en betydelig energiresource og anvendes allerede i dag i stort omfang i den danske energiforsyning. Endvidere anvendes en stadig stigende mængde halm som strøelse i husdyrbruget, del på grund af øgede krav om husdyrvelfærd, dels på grund af lovgivningsmæssige krav om rodemateriale til svin.

Anvendelse af halm i biogasanlæg ved direkte tilførsel eller ved indirekte tilførsel som strøelse med gødningen kan være med til at reducere, eller i bedste tilfælde helt fjerne, biogasanlæggenes afhængighed af organisk affald. Samtidig kan anvendelse af halm i biogasanlæg være et godt supplement til direkte afbrænding på

de store kraftværker, hvor det ofte kan være vanskeligt at genanvende næringsstofferne i halmen.

## Forskel på halm

Mulighederne for at anvende halm i biogasanlæg er i det seneste års tid blevet undersøgt ved Danmarks JordbrugsForskning med støtte fra Energistyrelsen. En række metoder til at øge gasudbyttet er blevet belyst, ligesom gasudbyttet fra en række halmtyper og energiafgrøder er blevet undersøgt. Det drejer sig om:

- Halm fra hvede, byg, frøgræs, ærter og raps.
- Energiafgrøder i form af majs, græs og korn.

Gasudbyttet er som forventet generelt højere i korn og grovfoder sammenlignet med halm (se figur 1). Der er imidlertid store individuelle forskelle mellem de forskellige halmarter, når halmen anvendes til produktion af biogas. Halm fra hvede og vårbyg har således et væsentligt lavere gasudbytte end halm fra frøgræs og vinterbyg. Hvorvidt resultatet for vinterbyg gælder for alle typer er dog usikkert, da resultatet kun bygger på en enkelt undersøgelse.

Generelt er udbyttet fra halm som nævnt lavere end fra grovfoder. Udbyttet fra frøgræshalm og vinterbyg-

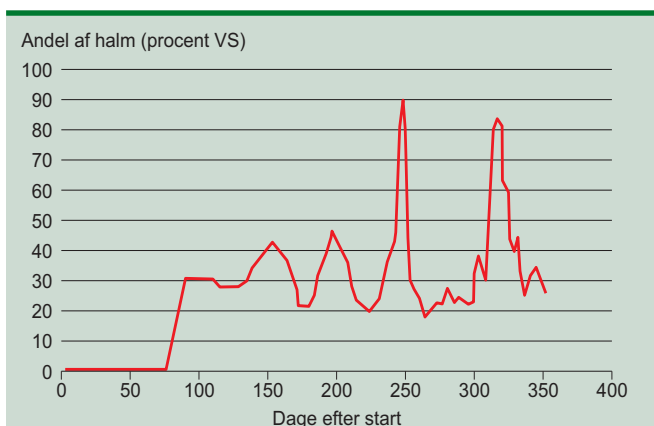
halm nærmer sig dog udbyttet for grovfoder, hvis bidraget fra efterafgasing indregnes – det vil sige en lang opholdstid i reaktortanken og/eller efterafgasing i en lagertank med gasopsamling.

## Halm og gylle

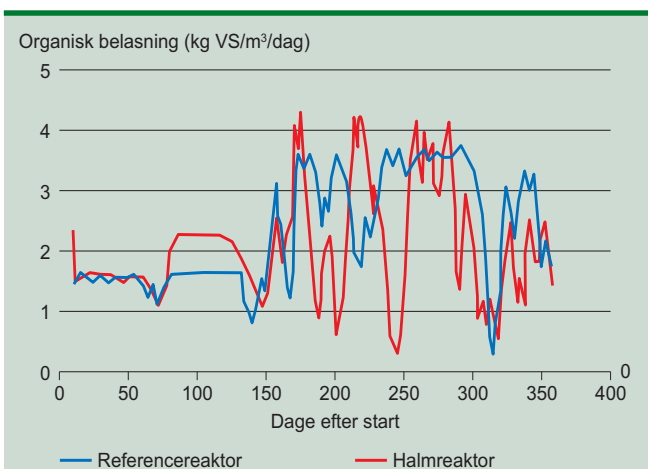
Ved Danmarks JordbrugsForskning er der udført en række forsøg, hvor tilførslen af svinegylle og hvedehalm til en biogasreaktor blev sammenlignet med en referencereaktor, der udelukkende fik tilført svinegylle.

I figur 2 er vist, hvor stor en andel af tørstofindholdet halmen udgør af den samlede mængde tørstof, ligesom den organiske belastning af halmreaktoren er sammenlignet med referencereaktoren.

Halmen blev tilsat separat ved tør indfødning under væskniveau tre gange ugentligt. Som forventet opstod der håndteringsmæssige problemer i form af en kraftig lagdeling, og den oprindelige propelomrøring blev på et tidligt tidspunkt erstattet af omrøring ved hjælp af gas. Gasomrøringen var imidlertid heller ikke i stand til at sikre en tilstrækkelig omrøring med det resultat, at en stor del uomsat materiale blev ophobet i toppen af reaktortanken. Det kan have bidraget til en forbedret omsætning på grund af den lange opholdstid.



Figur 2: Andelen af tilført organisk stof der blev udgjort af halm under forsøget.



Figur 3: Organisk belastning for henholdsvis referencereaktoren og halmreaktoren.

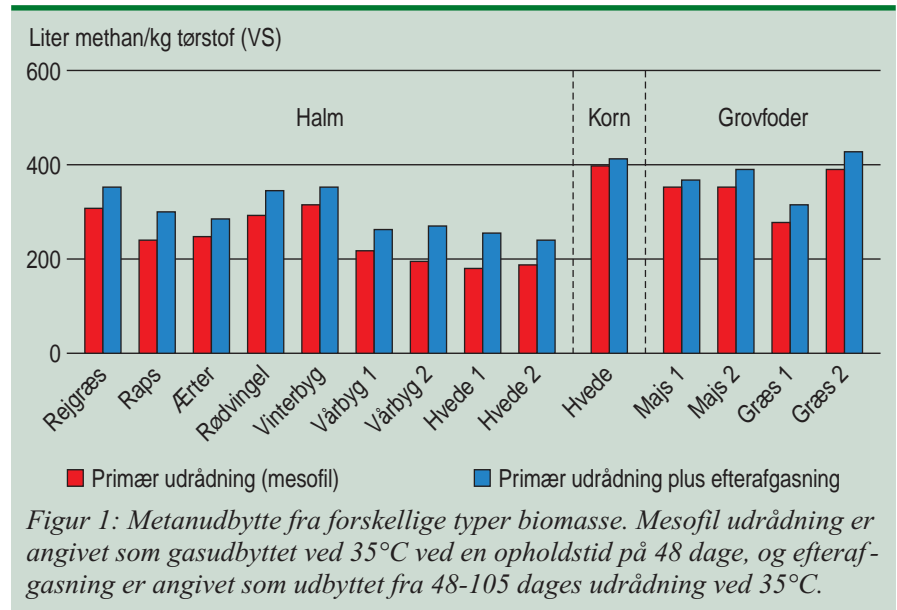
## Procesbalance

I løbet af forsøget blev mængden og sammensætningen af flygtige fede syrer (VFA) målt. Niveaulet viste sig at være forholdsvis lavt og stabilt indtil 230 dage efter opstart, hvor en ny procedure med fjernelse af flydelaget, neddeling og efterfølgende genudråkning blev indført (se figur 3). Ved indførelse af den procedure steg VFA-indholdet i halmreaktoren, hvilket kan forklares med en langvarig ophobning af uomsat organisk materiale, som blev aktiveret ved neddelingen. Efter yderligere cirka 100 dage skete der et mindre fald i VFA-niveaulet, men det kom dog langt fra ned på niveau med referencereaktoren.

## Gasproduktion

Gasproduktionen per kg organisk tørstof (VS) i de to reaktorer fremgår af figur 4. Der opnås generelt et væsentligt bedre udbytte per kg VS i reaktoren med tilførsel af halm i forhold til reaktoren med ren gylle. I gennemsnit gav halmreaktoren således et udbytte på 377 liter  $\text{CH}_4/\text{kg}$  VS, mod et udbytte på kun 278 liter  $\text{CH}_4/\text{kg}$  VS i referencereaktoren.

Det er overraskende, da svinegylle i de fleste undersøgelser har vist et udbytte på 300 liter  $\text{CH}_4/\text{kg}$  VS, mens hvedehalm maksimalt har givet 220 liter  $\text{CH}_4/\text{kg}$  VS. Det tyder således på, at der har været en synergieffekt ved tilsætning af halm – formentlig



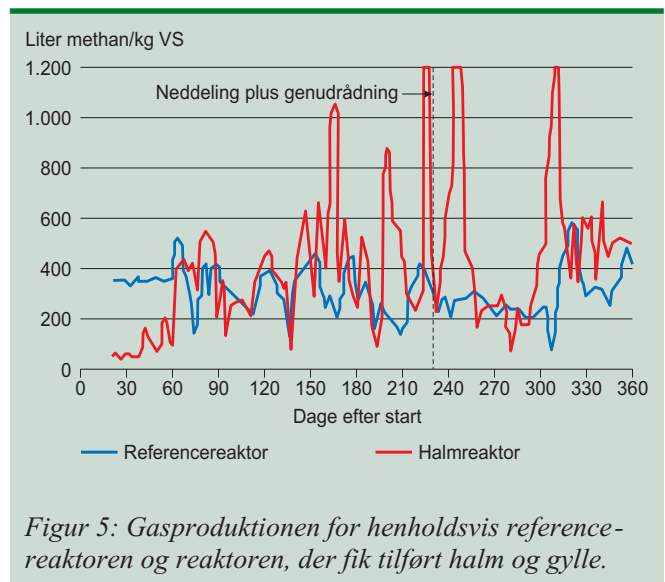
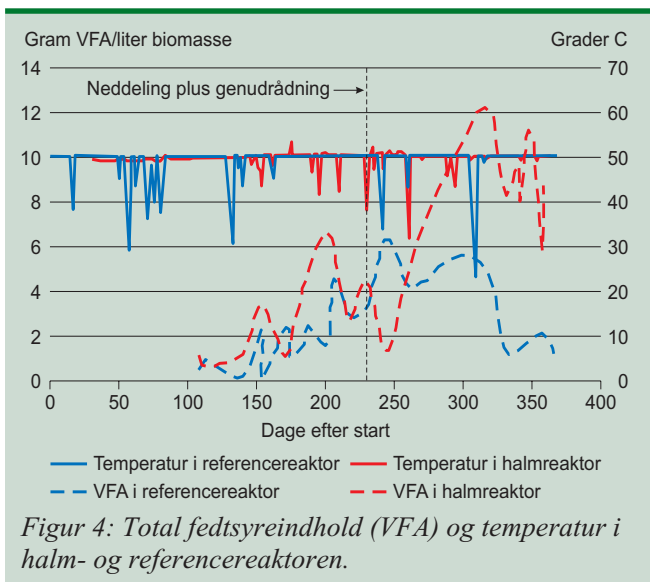
på grund af en betydelig lagdeling i halmreaktoren, der har sikret en meget lang opholdstid af tungtomsætteligt materiale.

I halmreaktoren har produktionen endvidere været meget varierende, hvor perioderne med meget høj gasproduktion har været sammenfaldende med, at flydelaget er blevet "aktiveret" ved manuel omrøring. Endvidere har der været et markant højere gasudbytte i perioden efter opstart med regelmæssige udtag af flydelaget, neddeling og genudråkning. Der blev således målt et udbytte på 451 liter  $\text{CH}_4/\text{kg}$  VS i perioden efter opstart med denne procedure, mens produktionen "kun" var på 333 liter

$\text{CH}_4/\text{kg}$  VS i perioden uden neddeling. Det høje udbytte i sidste periode hænger formentlig sammen med, at det er lykkedes at omsætte en del ophobet materiale fra første periode og kan således ikke alene tilskrives effekten af neddeling.

*Henrik B. Møller er centerforsker og ansat ved Danmarks JordbrugsForskning på Afdeling for Jordbrugsteknik og deltager i Videncenter for Husdyrgødning og Biomasseteknologi, henrikb.moller@agrsci.dk.*

*Anders M. Nielsen er Ph.d.-studerende ved Danmarks JordbrugsForskning.*



# Forsøgsanlæg for hele branchen

Danmarks JordbrugsForskning er med års tilløb nu på vej med et fuldskala-biogasforsøgsanlæg, der skal indfri ambitionen om ny, øget forskning og afprøvning inden for biogas og gylleseparation



foto: Flemming Nielsen/biomi

Af Flemming Nielsen

Underskriften er for længst sat på kontrakten, naboerne i Foulum er beroliget, og pengene står på en disponibel konto. Nu er det sikkert og vist: Danmarks JordbrugsForskning (DJF) får sit biogasforsøgsanlæg.

– Udgravningen begynder i begyndelsen af juni, og umiddelbart efter nytår begynder anlægget at producere gas. Xergi, som leverer anlægget, har derefter en tre måneders periode til at indkøre anlægget, lyder det fra Gunnar Hald Mikkelsen, driftschef hos Danmarks JordbrugsForskning.

Med anlægget ser forskningsinstitutionen frem til at få styrket indsatsen på området.

– Med biogasanlægget får vi en platform til at sætte landbruget ind i en energiproduktion. Vi integrerer landbrugsproduktion og energifremstilling, forklarer Gunnar Hald Mikkelsen, der mener, at Danmarks JordbrugsForskning har alle forudsætninger for at kunne gøre en forskel for hele biogasbranchen.

## Nye energimuligheder

– Danmarks JordbrugsForskning er god til at optimere produktionen inden for dyreholdet og jordbruget, og jeg er overbevist om, at vi også bliver gode til at optimere “foderblandingen” til biogasanlægget, vurderer Gunnar Hald Mikkelsen.

Han fremhæver, at Danmarks JordbrugsForskning til stadighed optimerer tabet af næringsstoffer med

*Her ligger allerede et par gylletanke, men om et halvt år står her et biogasforsøgsanlæg.*

minimal afgivelse til luft, jord og vand. Den viden, systematik og erfaring, forventer han, bliver en drivkraft i driften og brugen af forsøgsanlægget.

– Man kan også forestille sig et forskningsområde, der udnytter de strategier med hensyn til at optimere kvælstoffet. Det kan være, at vi kan designe afgrøden til en senere produktion af biogas. Eventuelt kan vi udvikle, forædle eller gensplejse sorter, der er velegnet til energiproduktion direkte, foreslår han.

Et andet fokusområde er opbevaring og håndtering af produkterne.

– Vi ensilerer i dag med snitning og plastoverdækning. Det er ikke sikkert, at vi skal blive ved med det. Det kan være, vi skal udvikle billigere lager og håndtering af afgrøder, siger Gunnar Hald Mikkelsen.

## Prøvestation for virksomheder

Det faktum, at Danmarks JordbrugsForskning kommer til at stå for anlægget, betyder, at det bliver et anlæg med forsøgsfaciliteter, der er åbent for alle med interesse i processer og teknologier i relation til biogas.

– Med anlægget er der mulighed for, at virksomheder kan få afprøvet og testet deres apparater, baseret på ægte forskningshåndværk, fremhæver Gunnar Hald Mikkelsen.

En af fordelene ved at lade sit udstyr teste på Foulum i fremtiden er, at man her kan give statistisk belæg for at udstyret fungerer.

– Vore egne forskningsprojekter, studerende og undervisning vil blive tilknyttet anlægget, så der er basis for, at der kan laves et afsæt for et dansk bioenergieventyr, forudsiger Gunnar Hald Mikkelsen. ■



foto: torben skott/biopress

*I dag ensilerer landmanden med snitning og plastoverdækning, men det er langt fra sikkert, at det er vejen frem.*

# De mange muligheders anlæg

Biogasanlægget hos Danmarks JordbrugsForskning er de mange muligheders anlæg med fire forsøgsreaktorer og en forsøgshal.

Af Flemming Nielsen

Det er en alsidig pakke, som Danmarks JordbrugsForskning har bestilt hos Xergi. Inden i pakken gemmer sig nemlig intet mindre end et fuldt køreklart produktionsanlæg samt fire forsøgsanlæg med et væld af justerings- og tilpasningsmuligheder.

Det er i forsøgsanlæggene, at kreativiteten og mulighederne gemmer sig.

– Forsøgsanlægget består af fire reaktorer, hvoraf to er på 30 kubikmeter og to på 10 kubikmeter. Alle kan køre termofile og mesofile processer og spændet derimellem, fortæller Anders Peter Jensen fra Xergi's udviklingsafdeling.

Med fire fortanke á 30 kubikmeter kan man meget præcist styre, hvad der tilføres anlægget. Derudover er der også tilgang fra substrattanke med for eksempel vegetabiliske eller animalske fedtprodukter.

## Matrixopbygning

Fra fortankene går blandingen til to opvarmnings- og doseringsanlæg, der hver især har en kapacitet, som kan dække behovet i samtlige fire forsøgsreaktorer.

– Doseringsanlægget er indrettet, så man kan tilføre faste produkter med eksempelvis en frontlæsser. Materiale bliver naturligvis vejret alt efter de blandinger, man sammensætter, siger Anders Peter Jensen.

I opvarmningstanken har man frihed til selv at bestemme, hvor lang tids opvarmning og hvilken temperatur man ønsker. Der er fast forbindelse ind til hver af de fire reaktorer med indføding i tre niveauer i reaktoren. Det vil sige, at begge opvarmnings- og doseringsanlæg kan føde ind i tre niveauer i hver af de fire reaktorer.



foto: flemming nielsen/ibmi

– Med biogasforsøgsanlægget er der åbnet op for at udforske mange procesoptimeringer og hardware, vurderer Anders Peter Jensen, procesudvikler i Xergi.

Reaktorerne kan kobles i serie eller parallelt, der kan tages biomasse ud i fem niveauer, og der er mulighed for efterhygiejniserings.

– Der er alle mulige tænkelige frihedsgrader. Naturligvis med en avanceret styring og dokumentation, siger Anders Peter Jensen.

## Forsøgshal bliver prøvestation

Forsøgshallen, der er en del af anlægget, deles ud i seks områder, hvor man kan lave uafhængige aktiviteter. Hallen bliver af en sådan størrelse, at man kan køre ind med en lastbil.

Virksomhederne kan få vurderet deres produkter i forsøgshallen. Her er også et showroom med plads til 30 personer og et panoramavindue, som giver et godt overblik over hallen.

– Ser vi lidt længere frem, kan virksomhederne måske få en art typegodkendelse gennem afprøvning på forsøgsanlægget. Og for Xergis vedkommende vil vi selv kunne optimere vores egne produkter, vurderer Anders Peter Jensen.

## Produktionsanlæg med potentiale

I tilknytning til forsøgsanlægget bygges et fuldskala produktionsanlæg.

– Anlægget vil være opbygget som andre anlæg, vi producerer, men man har mulighed for at implementere teknologierne fra forsøgsanlægget i produktionsanlægget, fortæller Anders Peter Jensen.

Produktionsanlægget får en primærreaktor på 1.200 kubikmeter, der kan arbejde inden for det termofile og mesofile temperaturområde og spændet der i mellem. Der er mulighed for at kunne tilføje en reaktor mere, hvis man på et senere tidspunkt får brug for det.

Gassen fra produktionen udnyttes dels i en biogasmotor i forbindelse med kraftvarmeanlægget hos Dansk JordbrugsForskning og dels i en biogaskedel i forbindelse med biogasanlægget. Derudover er der en fakkel, der i nødstilfælde kan bruges til afbrænding af overskydende gas.

Som en del af anlægget opstilles endvidere et separationsanlæg baseret på en dekantercentrifuge.

Samlet set skal demonstrationsanlægget behandle omkring 29.000 tons husdyrgødning og cirka 2.000 tons anden biomasse om året. Med den tilførte biomasse kan anlægget årligt producere 850.000 m<sup>3</sup> metangas. ■

# Energiudbyttet fra biomasse kan fordobles

Frem til år 2020 kan vi fordoble energiudbyttet fra biomasse og samtidig bevare vores nuværende landbrugsproduktion. Det slår en gruppe forskere fast i en helt ny rapport, hvor man sammenligner forskellige teknologier til udnyttelse af biomasse.

Af Flemming Nielsen

Forskning i Bioenergi har fået lov til at se arbejdsrapporten til en ny rapport om biomasse til energi. Bag rapporten, der ventes afsluttet i løbet af sommeren 2006, står seniorforsker Uffe Jørgensen og Peter Sørensen, begge Danmarks JordbrugsForskning samt Anders Peter Adamsen, APSA Miljø.

– Man kan på nuværende tidspunkt ikke konkludere, at den ene teknologi er klart bedre end den anden. Det kommer an på, hvilke parametre man vægter højest, siger Uffe Jørgensen, der er rapportens hovedforfatter.

Han gør opmærksom på, at man umiddelbart kan anvende tre forskellige målestokke, når de forskellige teknologier skal vurderes.

– Der er dels den politiske, der især lægger vægt på forsyningssikkerhed, og derudover er der en energioekonomisk vinkel, hvor det er energiudbyttet, der spiller en afgørende rolle. Endelig kan man vælge den teknologi, som har den miljømæssigt bedste profil, for eksempel med hensyn til udledning af drivhusgasser eller tab af næringsstoffer, forklarer Uffe Jørgensen, og uddyber:

– Det store skel står mellem biomasse til kraftvarme eller biobrændstoffer, der er vindere på hver deres område. Her kan der ud fra ovenstående ikke udpeges nogen entydig vinder, vurderer han.

## Forskellige udviklingstrin

For at danne sig et overblik over området er det i følge Uffe Jørgensen



foto: torben skott/biopress

*Uffe Jørgensen i en af Foulums pileplantager. Pil er en af de mest effektive afgrøder, hvis det drejer sig om at få mest mulig energi ud af landbrugsjorden. En hektar med pil giver således et energiudbytte på 150 GJ eller femten gange så meget, som hvis man i stedet dyrker raps til produktion af biodiesel.*

vigtigt, at man ser på de forskellige teknologier, som er på vidt forskellige udviklingstrin.

- Rå planteolie og biodiesel er teknologier, der er nemme at gå til, men ressourcerne er begrænsede.
- Ethanol har muligvis større perspektiver, fordi man på sigt forventer en større energieffektivitet.
- Nye brændstoftyper som DME og metanol byder på flere fordele, men teknologien er endnu ikke færdigudviklet, og der vil komme krav om justering af motorerne.
- Biogas er indtil videre for dyrt til transportsektoren, men det er for

tidligt at afvise teknologien. Eksempelvis satser man i Sverige på at gøre biogas rentabelt gennem stordriftsfordele.

I et regionalt og lokalt perspektiv er biogas, rapsolie og stirlingmotorer konkrete teknologier, der har et særligt potentiale.

## Pas på med vindere

Med den ovenstående gennemgang har rapportens forfattere lavet en oversigt, der vurderer udviklingstrin og potentialer for den enkelte teknologi.

– I samfundsdebatten hører man for tiden ethanol fremhævet frem for



	Produkt: Biobrændstof (B) El (E) – Varme (V)	Teknologisk stade	Råvare- grundlag	Afledte miljø- gevinster	Energi- udbytte	Anlæg: Centrale (C) Decentrale (D)
Direkte afbrænding	E – V	***	***	*	***	C – D
Termisk forgasning	E – V	**	***	**	***	C
Omsætning til brint	B – E – V	*	***	**	?	C – D
Biogas	B – E – V	***	***	***	**	C – D
Metanol og MDE	B	*	***	**	**	C
Rå planteolie	B – E – V	***	*	**	*	C – D
Biodiesel	B – E – V	***	*	*	*	C
Ethanol fra stivelse	B	***	**	**	*	C
Ethanol fra lignocellulose	B – E – V	*	***	**	**	C

Figurtekst: I tabellen opsummeres forskelle i udviklingstrin, råvaregrundlag, miljøgevinster, energiudbytte samt central og decentral anvendelse mellem en række teknologier. Karakterene (et til tre stjerner) kan ikke opfattes som absolutte, da der sker en løbende teknologiudvikling. Kilde: Uffe Jørgensen.

andre teknologier, men det er farligt kun at fremhæve en teknologi. Det er særligt vigtigt at rådgive de politikere, der er beslutningstagere og ikke har viden og indsigt i, hvad der bør fremmes.

– For der er flere teknologier, der skal fremmes, understreger Uffe Jørgensen.

Han savner blandt andet livscyklusanalyser, der afdækker, hvordan den enkelte teknologi klarer sig i et miljø- og samfundsmæssigt regnskab.

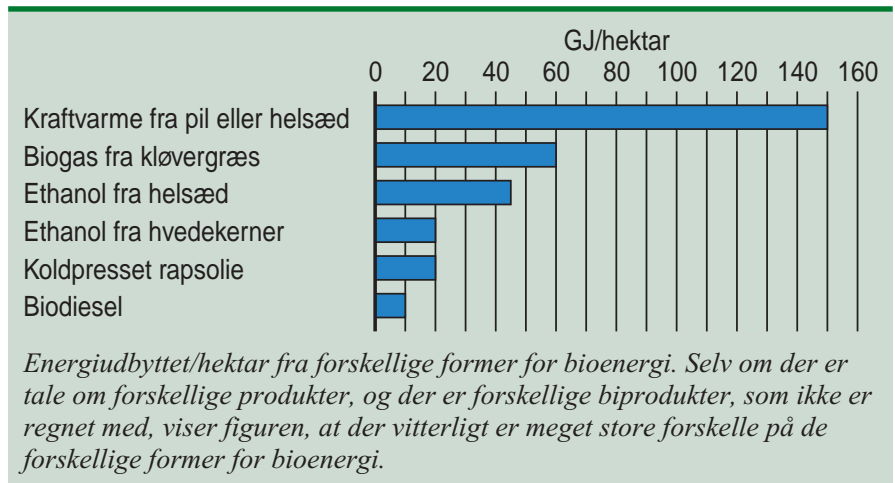
### Fordobling af bioenergi

I rapporten fremhæver forfatterne, at der frem til 2020 er plads til cirka en fordobling af bioenergien fra landbruget.

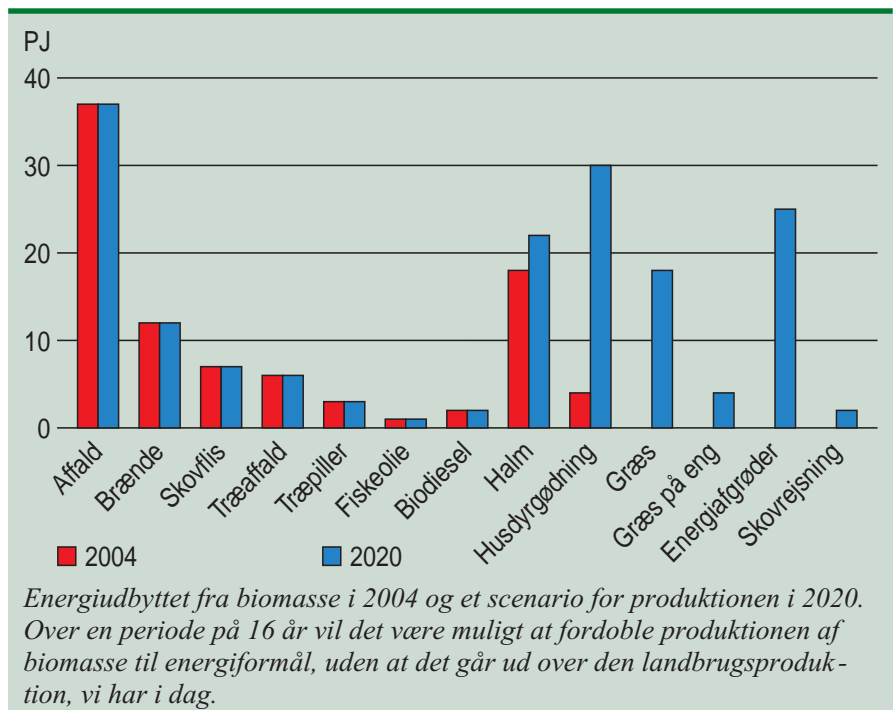
– Vi ser et betydeligt potentiale i at øge udbyttet fra primært halm, husdyrgødning, enggræs og energifgrøder.

– Vi forventer at kunne øge det samlede energiudbytte fra biomasse fra 90 PJ i 2004 til 169 PJ i 2020. Det kan ske samtidig med, at vi bevarer den landbrugsproduktion, vi har i dag, inddrager nye arealer til infrastruktur og naturbeskyttelse og tager højde for en øget befolkningstilvækst, siger Uffe Jørgensen.

Flemming Nielsen er kommunikationsmedarbejder hos Center for Bioenergi og Miljøteknisk Innovation (CBMI), e-mail flemming.nielsen@agrsci.dk.



Energiudbyttet/hektar fra forskellige former for bioenergi. Selv om der er tale om forskellige produkter, og der er forskellige biprodukter, som ikke er regnet med, viser figuren, at der vitterligt er meget store forskelle på de forskellige former for bioenergi.



Energiudbyttet fra biomasse i 2004 og et scenarion for produktionen i 2020. Over en periode på 16 år vil det være muligt at fordoble produktionen af biomasse til energiformål, uden at det går ud over den landbrugsproduktion, vi har i dag.

# Støver din nabo?

Det er velkendt, at mikroorganismer fra blandt andet halm og flis kan give luftvejsproblemer, men naboer til biobrændselværker behøver ikke at frygte for deres helbred. En ny undersøgelse fra Arbejds miljøinstituttet viser, at koncentrationerne generelt er for små til, at de kan give anledning til helbredsproblemer, med mindre man opholder sig i umiddelbar nærhed af et halmlager eller en flisstak.

Af A. M. Madsen, M. Z. Nørgaard og K.G. Jensen

Med støtte fra PSO-midlerne, der i dag administreres af Energinet.dk, har Arbejds miljøinstituttet gennemført en undersøgelse af luftkvaliteten omkring biomassefyrede værker. Ikke mindre end 20 værker har deltaget i undersøgelsen, og resultaterne herfra er sammenlignet med luftkvaliteten i blandt andet et bymiljø.

Det er velkendt, at overalt hvor der findes biobrændsler, er der mikroorganismer i form af skimmelsvampe og bakterier. Svampene afgiver sporer, der kan give helbredsproblemer, og nogle bakterier danner endotoksin, som er giftigt. Bakterier, svampesporer og endotoksin spredes forholdsvist let i luften som støv og vandtåger – de såkaldte bioaerosoler. På grund af mikroorganismernes ringe størrelse kan de trænge helt ned i lungernes finere forgreninger og dermed udgøre en sundhedsrisiko.

Arbejds miljøinstituttets undersøgelse omfatter luftkvaliteten hos naboer, der opholder sig cirka 250 meter fra værket samt personer, der opholder sig tæt på et lager af halm eller flis.

Resultaterne viser, at naboer til biobrændselværker er udsat for let forhøjede koncentrationer af bioaerosoler, der indeholder skimmelsvampe og endotoksin. Der er imidlertid tale om betydelige variationer, og generelt



foto: simon skov, skov & sandstøb, kvf

*Det er ikke altid sundt at opholde sig i umiddelbar nærhed af anlæg, hvor man håndterer halm eller flis.*

ligger niveauet langt under de grænseværdier, som man forventer kan give anledning til helbredsproblemer.

Anderledes forholder det sig med personer, der opholder sig uden for en åben port til et halmlager eller tæt på en stak skovflis. Her er der fundet koncentrationer af endotoksin og skimmelsvampe, som kan give problemer – især hvis personerne i forvejen er svækkede.

## 250 meter fra værket

Undersøgelsen fra Arbejds miljøinstituttet viser blandt andet, at luften 250 meter fra et halmfyret værk indeholder forhøjede koncentrationer af endotoksin (se figur 1). Hvis man opholder sig i vinden fra et halmfyret

værk, vil man i gennemsnit blive udsat for 5,3 EU/m<sup>3</sup> luft (EU = Endotoksin Unit). Det er mere end i et bymiljø, men langt under niveauet for et arbejdsmiljø, hvor man arbejder med grænseværdier på mellem 50 og 200 EU/m<sup>3</sup> luft.

Som det fremgår af figur 1, er der tale om betydelige variationer blandt de målinger. Arbejds miljøinstituttet har gennemført. En enkelt måling ligger under det gennemsnitlige niveau for bymiljø, mens en anden måling er oppe på 37 EU/m<sup>3</sup> luft – det vil sige tæt på de laveste foreslåede grænseværdier inden for arbejdsmiljø.

I vinden fra flisfyrede værker er der ikke konstateret forhøjede koncentrationer af endotoksin, men her er der til gengæld hyppige forekomster af skimmelsvampen *Aspergillus fumigatus* (se figur 2). Det er en svamp, der kan give anledning til luftvejsproblemer og allergi – især hos personer, der i forvejen er svækkede. Forekomsten af skimmelsvamp hænger sandsynligvis sammen med, at de flisfyrede værker har udendørs flisstakke. Koncentrationen af støv i vinden fra flisfyrede værker har også vist sig at være lettere forhøjet, men ligger dog langt under grænseværdien for støv i arbejdsmiljøet.

I luften fra halm- og flisfyrede værker er der konstateret skimmelsvampe og actinomyceter (se figur 2). Sidstnævnte er en gruppe bakteri-

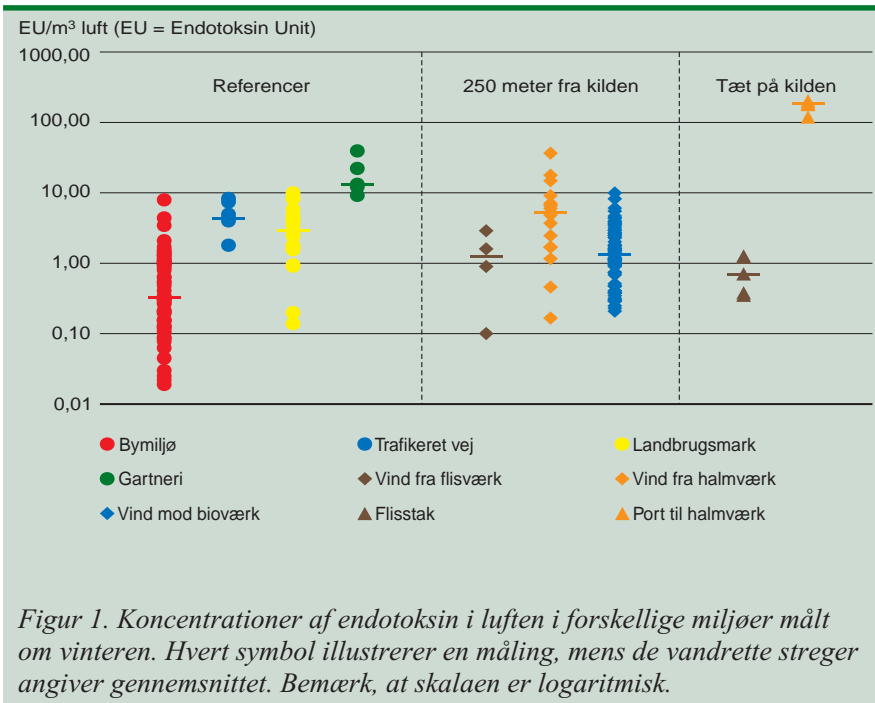
## Fakta

**Endotoksin** – stammer fra bakterier og kan ved høje koncentrationer føre til luftvejsproblemer.

**Aspergillus fumigatus** – er en skimmelsvamp, der kan give luftvejsproblemer og allergi.

**Skimmelsvampe** – indeholder allergifremkaldende stoffer og kan blandt andet give høfeber.

**Actinomyceter** – er en gruppe bakterier, der indeholder allergifremkaldende stoffer.



er, som indeholder allergifremkaldende stoffer. Koncentrationerne er dog lavere end de niveauer, hvor folk normalt får gener, ligesom de er lavere end koncentrationerne i en nyere tysk undersøgelse. Den tyske undersøgelse viser, at naboer, som bor 50-500 meter fra et kompostanlæg, udsættes for forhøjede koncentrationer af bioaerosoler i hjemmet, og at flere naboer klager over luftvejsproblemer.

### Tæt på halmlager og flisstak

Uden for en åben port til et lager, hvor der transporteres halm, er der konstateret forhøjede koncentrationer af en-

dotoksin og skimmelsvampe (figur 1 og 2). Koncentrationerne er så høje, at det er på niveau med de grænseværdier, der er foreslået i andre undersøgelser eller på et niveau, hvor det kan give anledning til helbreds-mæssige problemer.

Der er ligeledes konstateret relativt høje koncentrationer af svampen *Aspergillus fumigatus* og actinomyceter i alle luftprøver omkring flisstakke og halmlagre. Den gennemsnitlige koncentration af skimmelsvampe og actinomyceter uden for et halmlager er på niveau med, hvad der er fundet i den nævnte tyske undersø-

gelse cirka 200 meter fra et komposteringsanlæg.

### Vil du vide mere

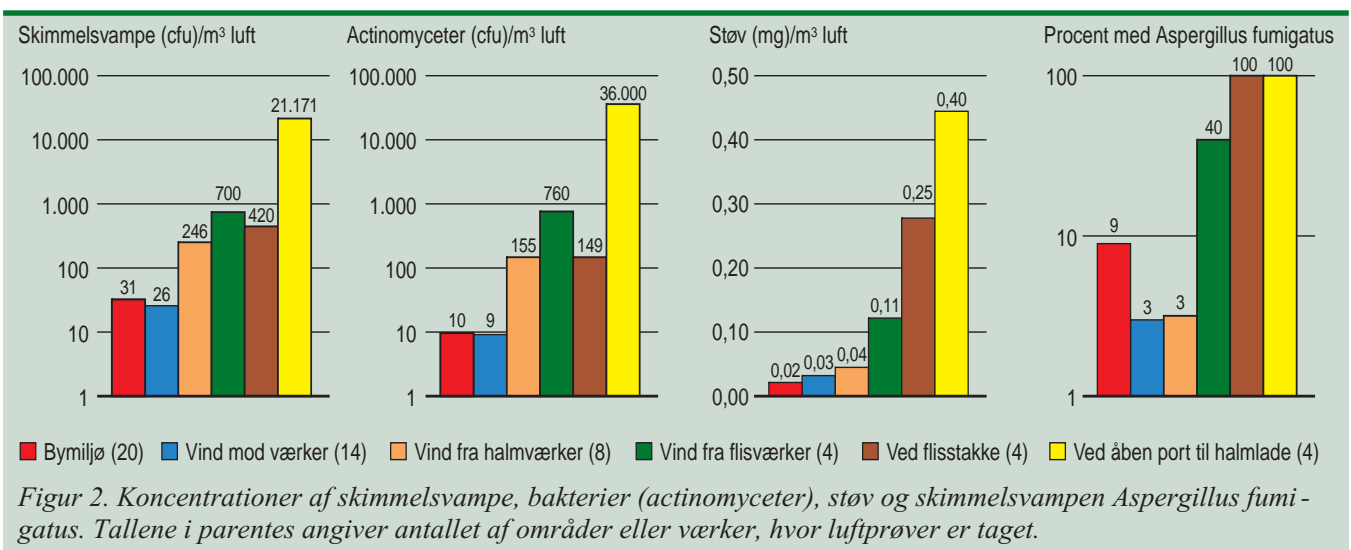
Vil du vide mere om eksponering for bioaerosoler ved håndtering af bio-brændsler, kan du finde yderligere oplysninger i: *Madsen AM, Eduard W, Blomquist G, Midtgaard U. Bio-fuels and Occupational Health - with special focus on microbial factors. NMR-publikation 2003 (74 pp.).*

Vil du vide mere om den tyske undersøgelse om naboerne til kompostanlæg, kan du finde yderligere oplysninger i: *Herr CE, Zur NA, Jan-kofsky M, Stilianakis NI, Boedeker RH, Eikmann TF: Effects of bioaerosol polluted outdoor air on airways of residents: a cross sectional study. Occup Environ Med 2003, 60:336-342.*

Resultater vedrørende koncentrationer af endotoksin i forskellige miljøer, herunder omkring biobrændselsværker, trykkes i juni i: *Annals of Agricultural and Environmental Medicine, hjemmeside <http://www.aaem.pl/>. Artiklen hedder: Airborne endotoxin in different background environments and seasons, af A.M. Madsen.*

Tak til Energinet.dk og Arbejdsmiljøinstituttet, som har finansieret undersøgelsen.

*Anne Mette Madsen er seniorforsker i mikrobiologi og ansat på Arbejdsmiljøinstituttet, e-mail [amm@ami.dk](mailto:amm@ami.dk). M. Z. Nørsgaard og K.G. Jensen er begge studerende.*



**FIB** – Forskning i Bioenergi udgives med støtte fra Energiforskningsprogrammet, Elsam og Energi E2. Nyhedsbrevet, der er gratis, udkommer seks gange om året i en dansk og en engelsk udgave. Begge udgaver kan downloades fra Internettet på adressen [www.biopress.dk](http://www.biopress.dk)

**Den danske version** af nyhedsbrevet findes endvidere i en trykt version, der leveres som et indstik i tidsskriftet Dansk BioEnergi. Yderligere eksemplarer af den danske udgave kan rekvireres hos BioPress, e-mail [biopress@biopress.dk](mailto:biopress@biopress.dk), telefon 8617 3407.

**Ansvarshavende redaktør:**

Journalist Torben Skøtt

**ISSN:** 1604-6331

**Produktion:**

BioPress

Vestre Skovvej 8

8240 Risskov

Telefon 8617 3407

Telefax 8617 8507

E-mail: [biopress@biopress.dk](mailto:biopress@biopress.dk)

Hjemmeside: [www.biopress.dk](http://www.biopress.dk)

**Forsidefoto:**

Flemming Nielsen, CBMI og Torben Skøtt, BioPress.

**Oplag:** 4.000 stk.

**Tryk:**

CS Grafisk. Bladet er trykt på svanemærket offset papir.

**Gengivelse** af artikler og illustrationer må kun ske efter aftale med BioPress. Citater fra artikler må gerne bruges med tydelig kildeangivelse.

**Næste nummer:**

– udkommer medio august 2006. Deadline for redaktionelt stof er den 17. juli 2006.

## Ny rekord for brændselsceller



foto: dtu – institut for mekanik, energi og konstruktion

**Ph.d.-studerende Jesper Ahrenfeldt og lektor Ulrik Henriksen fra Danmarks Tekniske Universitets institut for Mekanik, Energi og Konstruktion har slået rekorden for drift af brændselsceller på gas.**

Brændselscellerne blev drevet af gas, der er fremstillet ved forgasning af træflis på institutets såkaldte Viking-forgasser, som vi tidligere har omtalt her i bladet.

Den tidligere rekord er, i følge den tilgængelige litteratur, på 48 timer, hvorefter brændselscellens ydeevne faldt drastisk. Den nye rekord er på henholdsvis 150 timer for den ene celle og 168 timer for den anden.

Begge celler blev slukket uden tab af ydeevne, men af tidsmæssige årsager, idet forskerne fra München og Athen, der arbejder med disse celler, skulle hjem. Jesper Ahrenfeldt og Ulrik Henriksen overvejer nu at gennemføre en 1.000 timers test med brændselscellerne.

Succesen tilskrives især den meget rene trægas, som Viking-forgasseren er i stand til at producere. Normalt bliver gassen brugt i et lille kraftvarme-

*Viking-forgasseren på Danmarks Tekniske Universitet.*

anlæg med en eleffekt på 25 kW, men derudover er der udført en række forsøg med at anvende gassen til produktion af metanol og nu også til drift af brændselsceller.

Viking-forgasseren har i øvrigt sin helt egen verdensrekord med en el-virkningsgrad på 25 procent, når gassen anvendes til kraftvarme – det er der ingen andre anlæg i den størrelsesorden, der har kunnet præstere. I samarbejde med kedelfabrikanten Weiss er forskerne nu i gang med at opskalere teknologien, så det bliver muligt at bygge anlæg med en eleffekt på 250 kW.

Den 16. juni kunne et andet dansk forskningsprojekt inden for forgasningsteknologi ligeledes notere en ny rekord. Klokker et om natten kunne Henrik Houmann Jakobsen fra Bio-Synergi Proces konstatere, at hans "open-core" forgasser havde rundet 1.000 driftstimer, heraf 480 timer med elproduktion. Og som han skriver i en mail til redaktionen: Med hensyn til optimismen – så er den rigtig, rigtig høj!

TS