

Bæredygtigt brændstof fra affald

En bæredygtig produktion af biobrændstoffer kræver, at man udnytter affaldsprodukter i stedet for fødevarer. Udviklingen er i fuld gang, og et nyt dansk innovationskonsortium skal sikre, at alle led i processen bliver taget i betragtning.

Af Hans Ove Hansen, Sune D. Nygaard,
Lene Bonde og Anders Theilgaard Madsen

■ Siden 1972 er Danmarks forbrug af olie næsten halveret. Det skyldes, at en stor del af den olie, som før blev brugt i industrien og til boligopvarmning, er blevet erstattet af biomassefyrede fjernvarmeanlæg og naturgas.

Til gengæld er forbruget af olie til transport steget kraftigt. Hvor transportens andel af det samlede danske olieforbrug var 23 % i 1972 er den i 2007 steget til 70 %.

Udslippet af CO₂ fra transportsektoren er i perioden fra 1990 til 2005 steget med 26 % fra 10,3 mio. tons til 13,1 mio. tons. Langt størstedelen af udslippet (93 %) stammer fra vejtransporten, altså lastbiler, varevogne, personbiler og motorcykler.

Fra 1. til 2. generation

Alene for at begrænse udledningen af drivhusgasser er det nødvendigt at se sig om efter

alternativer til de almindelige brændstoffer, der er fremstillet af fossil råolie. Der er et stort potentiale i fremstilling af forskellige typer af flydende brændstoffer ud fra fornybare ressourcer som erstatning for de almindelige fossile brændstoffer.

Såkaldt førstegenerationsbiobrændstoffer er fremstillet ud fra fødevarerressourcer som korn, majs og andre spiselige afgrøder. Da det i sagens natur ikke er hensigtsmæssigt at bruge fødevarer som brændstof, sigter udviklingen af andengenerationsbiobrændstoffer på at bruge affaldsprodukter fra bl.a. fødevarerproduktionen. Et nyt dansk innovationskonsortium Waste-2-value med deltagelse af erhvervsliv, forsknings- og uddannelsesinstitutioner arbejder nu med hele værdikæden fra fremstilling, lagring og distribution til anvendelse af biobrændstof. Det er Europakommissionens målsætning, at bio-

brændstoffer skal udgøre mindst 5,75 % af transportsektorens energiforbrug i 2010. Danmark kan tage et stort skridt på vejen mod som minimum at opfylde denne målsætning, hvis potentialet for fremstilling af andengenerations biodiesel udnyttes. Det arbejder parterne i det nye konsortium for at opfylde.

Fremstilling af biobrændstof

Internationalt arbejdes der i hovedtræk med fire forskellige teknologier, der alle kan anvendes til at fremstille flydende biobrændstof. Ingen af de fire metoder udelukker hinanden, men komplementerer derimod hinanden med hensyn til råvare og slutprodukt. Produkterne fra de fire forskellige metoder er i øvrigt fuldt blandbare med hinanden og kan alle, i større eller mindre omfang anvendes som dieselbrændstoffer. Forskellige betegnelser såsom biodiesel eller green diesel anvendes, afhængig

af brændstoffets kemiske struktur (se figur).

I innovationskonsortiet arbejder vi med to af disse metoder kaldet *omestring* og *superkritisk konvertering*.

Teknikken kaldet omestring er principielt den mest simple måde at lave flydende biobrændstof på, og det er også den metode, der langt overvejende bruges i dag. Den kan anvendes til både planteolier og andre typer fedt. Fedt er kemisk set en triester (et triglycerid) bestående af glycerol bundet kemisk til tre fedtsyrer gennem esterbindinger. Fedt og olie reagerer med træsprit (methanol) ved omtrent 60 °C og normalt tryk, omrøring samt ved brug af en mindre mængde basisk katalysator. Herefter skiftes glycerolen i molekylet ud med methanol, og glycerol og tre fedtsyre-methylestere fås som produkt (se boks på side 3).

Ofte er affaldsfedtstoffer ret urene, og de kan bl.a. have et



Selskabet OK's tankbiler kører på diesel iblandet 5 % biodiesel i Århus-området.

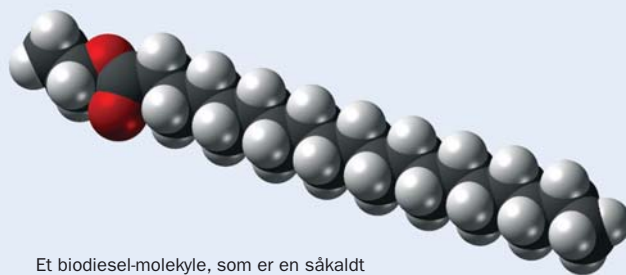
højt indhold af frie fedtsyrer, som vil reagere med basen i processen og danne sæbe, hvilket gør det besværligt at skille produkterne ad efterfølgende.

Biodiesel fremstillet på denne måde har favorable smøreegenskaber og lidt bedre tændingsegenskaber end fossil diesel. Til gengæld kan det være udfordrende at opbevare i længere tid, idet den ved tilstedeværelse af vand og bakterier vil kunne nedbrydes mikrobielt, hvilket dog også i mindre omfang er tilfældet for fossilt diesel. Kuldeegenskaberne af biodiesel er ikke så gode som fossil diesel, idet der ved lave temperaturer kan opstå en udfældning af nogle af biodieselens komponenter i tanken. Men så længe den blandes med fossil diesel i lave forhold på f.eks. 5 eller 10 %, udgør kuldeegenskaberne kun en mindre udfordring, idet den fossile diesels kuldeegenskaber her dominerer. Sandsynligvis vil

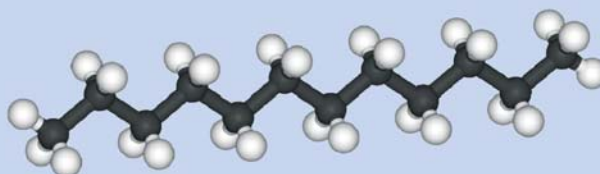
problemet dog kunne løses ved at udvikle tilsætningsstoffer, der kan forhindre udfældning ved lave temperaturer.

Biodiesel fra animalsk fedt

Virksomheden Daka a.m.b.a arbejder med at bortskaffe slakteri- og landbrugsaffald. I denne proces fremkommer et restprodukt, som tidligere kun kunne bruges til afbrænding. Daka har ladet opføre en biodiesel-fabrik, hvor man nu i stedet forædler fedtstofferne og omdanner dem til biodiesel ved hjælp af omestring-teknikken. I den forbindelse er der blevet udarbejdet en livscyklusanalyse med fokus på CO_2 -fortrængning og ressourceforbrug. Analysen viser, at biodiesel fra animalsk fedt medfører en reel CO_2 -besparelse også sammenlignet med anvendelse af animalsk fedt til varmeproduktion. Dette skyldes primært den høje effektivitet i konverteringen af fedt til biodiesel samt

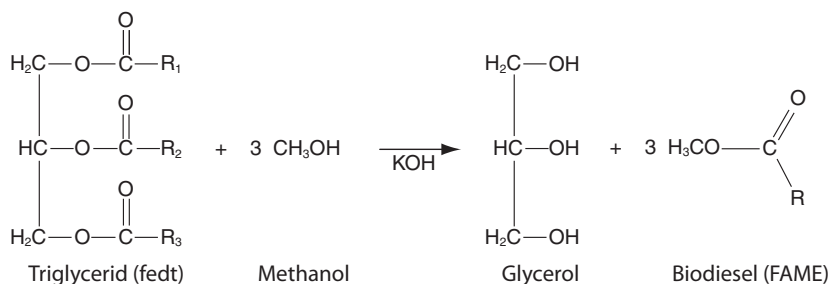


Et biodiesel-molekyle, som er en såkaldt fedtsyremetylester. Grundlæggende kan biodieselmolekylet deles op i to enheder, som også definerer navngivningen af dette. En del af molekylet stammer fra methanol og den anden del stammer fra en fedtsyre, der oftest er enten 16 eller 18 kulstof-atomer lang. De to dele er bundet sammen vha. en esterbinding, og derfor kaldes disse forbindelser med et fælles navn for fedtsyremetylester.



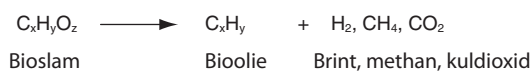
En typisk diesellignende komponent, som er kendetegnet ved den lige kædede alkan-struktur og fraværet af iltatomer. Alkaner er lange lige kædede kulbrinte-forbindelser, der hverken indeholder ilt, svovl eller andre grundstoffer. Denne type kemiske forbindelse er dominerende i såkaldt green diesel eller renewable diesel.

Metoder til fremstilling af biobrændstof

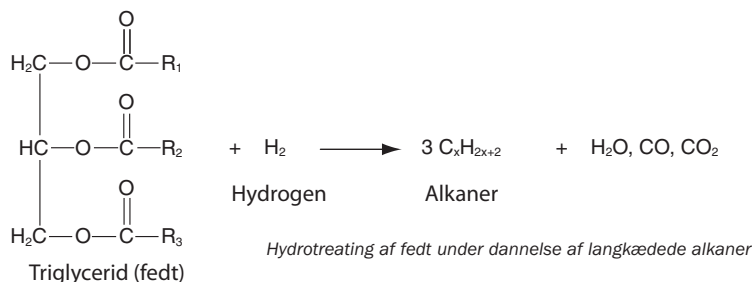


Omestring af fedt til biodiesel vha. basisk katalyse. Herved skiftes glycerolen i molekylet ud med methanol, og glycerol og tre fedtsyre-methylestere fås som produkt.

Udover de to teknikker nævnt i teksten (omestring og superkritisk konvertering), er der to andre metoder, der anvendes til fremstilling af biobrændstoffer. Såkaldt *hydrotreating* er en proces, der indebærer behandling af fedt og planteolier med brint ved et tryk mellem 20 og 100 bar og ved temperaturer mellem 300 og

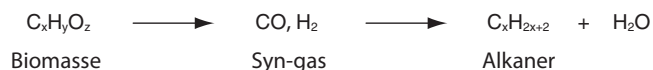


Superkritisk konvertering af vandholdigt slam til bioolie ved opvarmning til næsten 350 °C og et tryk omkring 240 bar samt brug af katalysatorer



450 °C over en fast katalysator. Processen kan i princippet udføres i det samme udstyr, som man i forvejen bruger til afsvovling af fossil dieselolie, og derfor er den ganske velegnet til eksisterende olieaffinerier. Faktisk er det muligt, at den kan udføres sammen med afsvovlingen af fossil diesel med samme katalysator, hvorved man får en blanding af biodiesel og fossil diesel, som er direkte klar til brug. Ikke overraskende er det ofte de eksisterende olieselskaber, der gerne vil benytte denne måde at fremstille biodiesel på.

Ulemperne er den kradse behandling, som man må udsætte fedtstoffet for – temperaturer over 300 °C, tryk over 20 bar og forbruget af brint. Til gengæld skal man ikke bruge træsprit (methanol) til fremstillingen. Det resulterende biobrændstof, ofte kaldet green diesel eller renewable diesel, har pga. sit tætte kemiske slægtskab med fossil diesel ikke biodiesels gode smøreegenskaber, men dette biobrændstof har til gengæld meget bedre tændingsegenskaber og kuldeegenskaber end biodiesel fremstillet ved omestring af fedt.



Dannelse af green diesel ud fra biomasse ved gasificering eller Fischer-Tropsch syntese.

Gasificering og Fischer-Tropsch-syntese er en metode, som kan ses som en slags sidste udvej, hvis andre og mildere processer ikke er gangbare. Alle typer biomasse kan i princippet anvendes, men et højt indhold af næringssalte, svovl eller kvælstof kan komplicere processen.

Biomassen opvarmes til meget høje temperaturer i underskud af ilt og evt. ved tilstedeværelse af damp, hvorved biomassen efterhånden afgasser, primært som CO₂, CO, H₂O og H₂, m.fl. Denne blanding oprenses og reageres, så CO og H₂ er tilbage i et forhold omkring 1:2 – denne blanding kaldes syntesegas eller syn-gas. Dette ledes over en kataly-

sator, hvorved der dannes alkaner af forskellig kædelængde (se figur).

Biobrændstof fremstillet ud fra biomasse ved denne metode kaldes ofte syn-diesel. Denne type biobrændstof har omtrent de samme egenskaber, som det biobrændstof der fremstilles vha. hydrotreating-processen, idet de rent kemisk består af de samme forbindelser – nemlig langkædede alkaner.

Tyskland producerede syntetisk brændstof på denne måde under Anden Verdenskrig ud fra kul, og Sydafrika har ligeledes med kul anvendt teknikken under Apartheidstyret – hvor landet var ramt af olieembargo.

en større CO₂-besparelse ved at erstatte fossilt brændstof med biodiesel, i stedet for at lade fedtet erstatte naturgas i centrale forbrændingsanlæg.

I innovationskonsortiet testes i skrivende stund forskellige blandingsforhold af animalsk biodiesel og fossil diesel under kontrollerede forhold på Teknologisk Institut og i det virkelige liv på både personbiler, lastbiler og busser med almindelige forbrændingsmotorer.

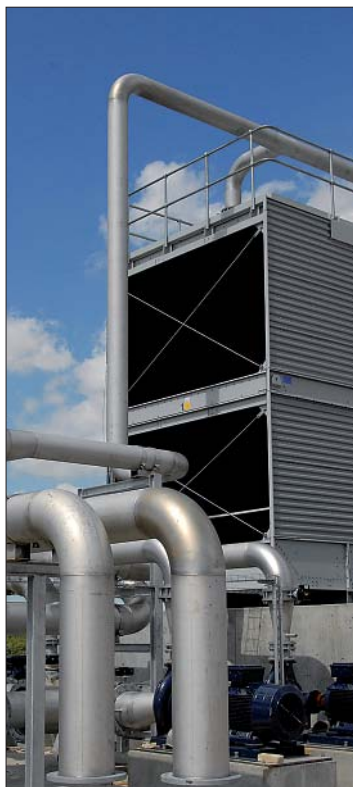
Superkritisk konvertering

Den anden teknik, vi arbejder med i innovationskonsortiet kaldes superkritisk konvertering, der udnytter våd biomasse som f.eks. spildevandsslam og husdyrgødning. Den våde biomasse opvarmes til næsten 350 °C og udsættes for et tryk omkring 240 bar. Ved disse betingelser virker vand meget korrosivt på udstyr og biomasse og ved at anvende en særlig katalysator, begynder biomassen at nedbrydes til små og simple molekyler, der herefter på en anden katalysator samles til længere kæder. Ligeledes produceres en brændbar blanding af gasser. Efter afkøling skiller opløsningen i en bioolfase og en vandfase, hvor bioolfasen har visse ligheder med fossil råolie. Yderligere behandling af bioolien er nødvendig, hvis den skal kunne anvendes som diesel i transportsektoren, men den kan umiddelbart anvendes som fyringsolie i industrianlæg beregnet til heavy fuel olie.

Bioolie fra spildevandsslam

Virksomheden Grundfos arbejder med at omdanne slam fra et biologisk spildevandsrensningsanlæg til bioolie vha. superkritisk konvertering

Grundfos har i 2007 og 2008 gennemført tests på et pilotanlæg til superkritisk konvertering af våd biomasse til bioolie, hvor den første bioolie blev produceret. Indledende test og analyser af den fremstillede bioolie er blevet foretaget på Teknologisk Institut. Herunder er bioolien blevet testet som brændstof i en dieseldrevet generator både i ren form samt i en 50/50 blanding



Waste-2-Value

Waste-2-Value er et nyt innovationskonsortium, som er støttet af Forsknings- og Innovationsstyrelsen og går på tværs af erhvervsliv og forsknings- og uddannelsesinstitutioner. Formålet med konsortiet er at samarbejde om fremstilling, lagring, distribution og anvendelse af andengenerations biodiesel til transportsektoren, der kan erstatte fossilt diesel. Andengenerations biodiesel stammer ikke fra råvarer, der alternativt kunne anvendes til fødevarer som f.eks. raps eller soya, men fremstilles derimod fra animalske eller vegetabiliske restprodukter. Målsætninger er udover fremstilling af andengenerations biodiesel også at etablere en generel forståelse for, hvordan disse brændstoffer bedst opbevares, distribueres og anvendes i motorer samt hvordan de mest effektive partikelfiltre udvikles.

Partnerne i konsortiet er:

- ♦ Daka Amba – producerer biodiesel ud fra animalsk fedt
- ♦ Grundfos New Business A/S – udvikler processer til konvertering af spildevandsslam til biobrændstof
- ♦ Dinex Emission Technology A/S – udvikler partikelfiltre
- ♦ Peugeot Danmark A/S – afprøver biobrændstoffer til biler
- ♦ OK Amba – rådgiver omkring brændstoffer og smøreolier samt formidler resultater opnået i projektet
- ♦ Danmark Tekniske Universitet (DTU) – udvikler nye katalysatorer til biodiesel fremstilling
- ♦ Teknologisk Institut – etablerer et test- og videnscenter for biobrændstoffer

med fossil diesel. Grundfos er nu ved at konstruere det første fuldskala-demonstrationsanlæg, der vil danne basis for kommercialisering af teknologien som industrielle slambehandlingsanlæg. Dette anlæg ventes at stå færdigt i første halvdel af 2009.

Videncenter for biobrændstof

Der findes som nævnt også andre metoder end de her nævnte til fremstilling af biobrændstoffer (se boks). Et af målene med det nye innovationskonsortium er at medvirke til at opbygge et videncenter for biobrændstof i Danmark, som kan deltage i standardiseringsarbejdet omkring de mange nye forskellige typer biobrændstoffer. I Europa er standardiseringen af biodiesel primært baseret på erfaringer med fremstilling af biodiesel ud fra planteolier via teknikken omestring. Man må derfor forvente, at de gældende standarder for biodiesel ikke nødvendigvis kan tage højde for alle de forskellige råvarer og forskellige konverteringsmetoder, der i dag ses anvendt til fremstillingen af biobrændstof med diesellignende egenskaber.

På Teknologisk Institut samles kompetencerne omkring fremstilling, lagring og anvendelse af biobrændstoffer, hvor der også forefindes faciliteter til omfattende fysisk og kemisk karakterisering af biobrændstoffer af denne type.

Som en del af konsortiet har Teknologisk Institut foretaget kemisk og fysisk karakterisering af den fremstillede biodiesel. Der er f.eks. blevet foretaget motorforsøg med biodiesel i forskellige blandingsforhold med fossil diesel, hvor der er blevet målt både gas- og partikel emissioner. Der er i dag meget stor fokus på udledningen af partikler og herunder specielt ultrafine partikler med en størrelse under 0,1 µm. Der er derfor foretaget analyser af partikelstørrelsesfordelingen under forskellige driftsforhold. Resultaterne af de analyser der bliver foretaget hos Teknologisk Institut vil løbende blive offentliggjort på konsortiets hjemmeside.

Biodiesel kan dække 8,2 % af Danmarks forbrug

Olie- og energiselskabet OK arbejder i konsortiet med markedsmodning af biodiesel gen-

nem indsamling af erfaring omkring lagring, håndtering og distribution. Samtidig kører OK's tankbiler i Århus-området på diesel iblandet 5 % biodiesel. OK er i samarbejde med Peugeot Danmark og Teknologisk Institut i gang med afprøvning af biodiesel i personbiler, hvor der løbende bliver udtaget olieprøver til analyse samt foretaget effektmålinger på de enkelte køretøjer. Dinex Emission Technology A/S arbejder med at udvikle partikelfiltre, som er tilpasset de nye biobrændstoffer, som udvikles på baggrund af konsortiesamarbejdet.

Alene omdannelse af animalsk fedt til biodiesel ved hjælp af kendte kemiske processer udgør en kilde på min. 100.000 tons/år svarende til 3,8 Petajoule (PJ). Det er estimeret, at spildevandsslam udgør en kilde til biodiesel svarende til 2,7 PJ. Eftersom Danmarks årlige energiforbrug i form af diesel til vejtransport er 79,7 PJ (2005), har biodiesel fra de to nævnte kilder et potentiale svarende til 8,2 % af Danmarks dieselforbrug til vejtransport. ■

Om forfatterne



Hans Ove Hansen er projektleder Center for Vedvarende Energi og Transport Teknologisk Institut Tlf.: 72 20 13 16 E-mail: hans.ove.hansen@teknologisk.dk



Sune D. Nygaard er udviklingskonsulent, Center for Kemi- og Vandteknik Teknologisk Institut



Lene Bonde er Informationschef OK a.m.b.a. Tlf.: 23 31 06 19 E-mail: lbo@ok.dk



Anders Theilgaard Madsen er ph.d. studerende, Center for Bæredygtig og Grøn Kemi, Danmarks Tekniske Universitet

Læs mere på:
www.waste2value.dk