



# Syntetisk biodiesel fra biogass

En mulighetsstudie

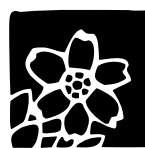
ZERO-RAPPORT - August 2007

Marius Gjerset, Øyvind Vessia  
og Johannes Fjell Hojem



Rapporten er trykket med støtte fra:

**ecopro**  
ecology energy compost



**FREVAR KF**  
Distriktets miljøbedrift



**HABIOL**  
Hadeland Bio-olje AS



**Lindum**  
Ressurs og Gjenvinning

## Om ZERO

Zero Emission Resource Organisation er en miljøstiftelse som skal bidra til å begrense klimaendringene gjennom å vise fram og få gjennomslag for utslippsfrie energiløsninger. Vårt utgangspunkt er at det finnes en utslippsfri løsning for all energibruk. ZERO skal være konsekvente pådrivere for slike løsninger og jobbe for at de realiseres framfor forurensende. [www.zero.no](http://www.zero.no)



# Innhold

1. Innledning.....	6
2. Sammendrag.....	7
3.1 Biodrivstoff i Norge .....	7
3.1.1 Biodiesel.....	8
3.1.1.1 Tekniske egenskaper.....	8
3.1.2 Etanol.....	8
3.1.2.1 Tekniske egenskaper .....	9
3.1.3 Biogass .....	9
3.1.3.1 Tekniske egenskaper .....	9
3.1.4 Biodrivstoff og lokale utslipp .....	9
3.1.5 Fremtidig marked for biodrivstoff i Norge.....	10
3.1.6 Teknisk/økonomisk potensial.....	10
3.1.7 Import .....	10
4. Syntetisk diesel: Tekniske egenskaper og utslipp.....	11
4.1 Aromater.....	12
4.2 Toksisitet.....	12
4.3 Partikler.....	13
4.4 Svovel .....	13
5. Biogass .....	14
6. Syntetisk diesel fra biogass.....	14
6.1 Produksjonsprosessen.....	14
6.2 Biogassoppgradering .....	15
6.2.1 H <sub>2</sub> S-fjerning .....	16
6.2.1.1 Tørr oksidering.....	16
6.2.1.1.1 A) Tilsetning av oksygen i gasstrømmen .....	16
6.2.1.1.2 B) Absorpsjon .....	16
6.2.1.2 Våt oksidering av H <sub>2</sub> S .....	16
6.2.2 Fjerning av CO <sub>2</sub> .....	17
6.2.2.1 Fysisk absorpsjon .....	17
6.2.2.2 Kjemisk absorpsjon .....	17

6.2.2.3 Fjerning av vann (tørking) .....	17
6.2.3 Reformering til syntesegass .....	17
6.2.3.1 Autoterm reformering.....	17
6.2.4 Fischer/Tropsch-syntesen .....	20
6.2.5 Andre produkter fra FT-prosessen .....	22
6.2.5.1 Overskuddsvarme.....	22
6.2.5.2 Voks og alkoholder.....	22
7. Teknologistatus for biogass til syntetisk diesel.....	22
7.1.1 EcoPar AB.....	23
7.1.2 Aviosol AB.....	23
8. Kilder til biogass i Norge .....	23
8.1.1 Bruk av biogass .....	24
8.2 Biogass fra avfall og kloakkslam.....	24
8.2.1 Kloakkslam .....	25
Biprodukter fra biogassproduksjon.....	25
8.3 Biogass fra landbruket.....	26
8.4 Biogass fra avfallsdeponier .....	26
8.5 Andre råstoff for fremstilling av syntetisk biodiesel.....	27
8.5.1 Potensial for andre råstoff.....	28
9. Konklusjon.....	28
9.1 Potensial i Norge .....	29
10. Referanseliste.....	30

# 1. Innledning

Det knytter seg stor forventning til såkalte andregenerasjons biodrivstoff. De kan produseres fra helt nye råstoff, noe som på sikt gir oss mulighet til å produsere mer og trolig billigere biodrivstoff. Syntetisk biodiesel er et slikt biodrivstoff: Det kan i teorien produseres fra et hvilket som helst biologisk råstoff, fra matavfall til tømmer, og er teknisk sett et bedre drivstoff enn dieselen vi benytter i dag.

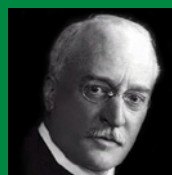
Teknologien vi bruker for å lage syntetisk diesel fra kull og naturgass, er gammel og velkjent. Globalt jobber flere aktører nå med å utvikle teknologi som skal gjøre det mulig å bruke fast biomasse som råstoff. I Tyskland planlegger selskaper å bygge anlegg som skal utnytte treflis og halm som råstoff. I biodrivstoffsammenheng vil disse fabrikkene bli store, med en produksjon på rundt 200.000 tonn syntetisk biodiesel i året.

Også i Norge er det interesse for denne teknologien. Hydro og Norske Skog har nylig innledet en studie der selskapene sammen skal se på muligheten for å bygge et tilsvarende anlegg i Norge, basert på tømmer. De fleste initiativene både her og i utlandet retter seg inn mot å produsere fra fast biomasse i relativt stor skala, og tar i mindre grad sikte på bygging av småskalaanlegg og produksjon fra biogass. Anlegg i liten skala gjør det mulig å bygge nær råstoffet og å utnytte lokale råstoff som kun finnes i relativt begrenset mengde, slik tilfellet ofte er med biogass. I denne rapporten skal vi fokusere mulighetene for slik småskalaproduksjon av syntetisk biodiesel fra biogass i Norge.

Formålet med denne rapporten er å belyse de mange fordelene ved bruk av syntetisk biodiesel. I tillegg ønsker vi også å belyse potensialet som ligger i det å utnytte norsk biogass til produksjon av slik diesel.

Rapporten er utarbeidet med støtte fra Norges Forskningsråd, MESTAs miljøfond, ECOPRO og GLØR.

Øyvind Vessia og Marius Gjerset har bidratt til den tekniske gjennomgangen av produksjonsprosessen, mens Johannes Fjell Hojem har vært hovedansvarlig for det øvrige av rapporten. Spørsmål om rapporten kan rettes til Hojem enten på e-post: [johannes@zero.no](mailto:johannes@zero.no) eller telefon +47 995 32 170.



Rudolf Diesel



Ford modell T

## Biodrivstoff – eldre enn petrodrevstoff

Rudolf Diesel (1858–1913) regnes som dieselmotorens far. Hans første vellykkede demonstrasjon av dieselmotoren ble foretatt med jordnøttolje – ikke fossil diesel – 10. august 1893. Dagen regnes i dag som den internasjonale biodieseldagen.

Ukjent for mange er at bensinmotoren også kjørte på biodrivstoff i sin barndom. Nikolaus August Otto (1832–1891) patenterte i 1877 det vi dag kjenner som bensinmotoren, eller ottomotoren som den også kalles, etter sin opphavsmann. Otto brukte blant annet etanol som drivstoff under utviklingen av sin motor.

I begynnelsen av forrige århundre var etanol ikke uvanlig som drivstoff, både i ren form og som innblanding i bensin. I Tyskland benyttet for eksempel mange bønder seg av etanoldrevne traktorer. I 1906 produserte landet over 100 millioner liter etanol til drivstoff. Da Henry Ford lanserte sin berømte T Ford i USA i 1908, var motoren bygget for å kunne kjøre både på etanol og bensin, og begge drivstoff ble brukt frem til billig bensin etter hvert ble lettere tilgjengelig.

## 2. Sammendrag

Syntetisk biodiesel har egenskaper som gjør den overlegen dagens fossildiesel med hensyn til klima, lokalmiljø og forbrenningsegenskaper. Teknologi til å produsere slik diesel er godt kjent og velprøvd for fossile råstoff, men det gjenstår noe tilpasning før vi kan utnytte fornybare råstoff som biogass og trevirke. Biogass er det råstoffet det trolig vil være enklest å utnytte til syntetisk biodiesel.

I dag blir biogass dårlig utnyttet i Norge. Svært mye av biogassen vi i dag samler opp fra avfallsfyllinger, blir faklet. En bedre utnyttelse av denne ressursen vil ha stor betydning både miljømessig og økonomisk.

Produksjon av syntetisk biodiesel fra biogass er teknologisk mulig, og kan bli kommersielt mulig i løpet av få år.

Utnyttelse av biogass i Norge hemmes av infrastrukturbarriere som manglende gassnett, dårlig utbygget nett for fjernvarme og så godt som ingen infrastruktur for direkte bruk av biogass i kjøretøy. Ved å omdanne biogass til syntetisk diesel unngår man disse barrierene som i dag hindrer utstrakt bruk av gassen. Slik omdannelse kan om noen år gjøres ved minst åtte avfallsfyllinger i Norge. I tillegg kan produksjonen av biogass fra matavfall økes betydelig. Sammenlagt har Norge trolig et potensial til å kunne produsere nok biogass til å fremstille 24 millioner liter diesel og 180 GWh varme.

## 3. Bakgrunn

### 3.1 Biodrivstoff i Norge

Det norske markedet for biodrivstoff er i skrivende stund relativt lite. Ved utgangen av 2006 var det mulig å fylle biodrivstoff ved 14 ulike punkter her i landet. Noe av dette drivstoffet er importert, mens noe er produsert med norske råstoff. Per i dag har noen få norske småprodusenter av biodiesel brukt fiskeolje og frityrfett som råstoff. Det har nylig også åpnet en større fabrikk på Sætre i Hurum som bruker importert bioolje. I tillegg omsettes det små mengder lokalprodusert biogass som drivstoff i Fredrikstad. Alt i alt kan andelen biodrivstoff av total drivstoffomsetning i Norge måles i promille.

Det er grunn til anta og håpe at omsetningen av biodrivstoff i nær fremtid vil øke. Norske myndigheter har tydelig signalisert at de ønsker at biodrivstoff skal ta en større andel av drivstoffmarkedet. Statens forurensningstilsyn (SFT) har på oppdrag fra regjeringen utredet et omsetnings-



Ford som er spesialbygget for å kunne kjøre på etanol (E85).

### Biodrivstoff og klima

Drivstoff produsert med utgangspunkt i fornybar biomasse blir ofte kalt biodrivstoff. Dette er drivstoff fremstilt av fornybare råstoff (som planter), og den samme mengden CO<sub>2</sub> som blir frigjort ved forbrenning, bindes opp når en ny plante vokser opp i den gamles sted. Biodrivstoff inngår derfor i naturens naturlige karbonkretsløp og bidrar ikke til drivhuseffekten på samme måte som ved forbrenning av fossile drivstoff, hvor CO<sub>2</sub> -utslippene kommer i tillegg til CO<sub>2</sub>-en som inngår i karbonkretsløpet.

påbud på 4-5,75 % biodrivstoff innen 2010. Det er ennå uvisst hvilket ambisjonsnivå regjeringen velger, men det er ikke usannsynlig at Norge vil kopiere Sveriges og EU mål om 5,75 % omsetning innen 2010. En andel på rundt 5 % vil være relativt enkelt å dekke ved import, men skal omsetningen baseres på innenlands råstoff, vil det være en utfordring med dagens teknologi.

(Det finnes en rekke ulike biodrivstoff man kan produsere). Noen biodrivstoff kan i stor grad benyttes i allerede eksisterende infrastruktur, andre krever omfattende endringer både i motor og kjøretøy for øvrig. Det kan likevel blandes inn opptil 5 % biodiesel og bioetanol i dagens bensin og diesel uten at dette krever endringer. Biodiesel og bioetanol (kan derfor regnes som de drivstoffene med lavest terskel og) er dermed de drivstoffene som i første omgang er mest aktuelle i norsk sammenheng. Biogass kan være egnet til bruk i større kjøretøyflåter med felles fyllpunkt, for eksempel rutebusser i større byer.

### 3.1.1 Biodiesel

Biodiesel er det best kjente biodrivstoffet i Norge i dag. Dieselen kan grovt sett fremstilles enten fra planteoljer eller dyrefett; dagens norske produksjon av biodiesel er basert på fiskeoljer og brukt fritryfett. Norge importerer også mindre mengder diesel laget av planteoljer. I Europa det vanligst å bruke raps (canola) i produksjonen av planteoljebasert diesel.

Biodiesel fremstilles ved at bioolje blandes med ca 10 % metanol, og deretter oppstår en kjemisk reaksjon med *metylester* som resultat. Biodiesel produsert med raps som råstoff kalles rapsmetylester (RME), mens biodiesel laget av andre ulike fettstoffer kalles FAME (FattyAcidMethylEster). FAME-biodiesel kan for eksempel lages av destruksjonsfett, slakteriavfall, tallolje, fiskeolje eller brukt stekefett.

Brorparten av verdensproduksjonen av biodiesel skjer i Europa. I 2006 produserte EU 3,96 millioner tonn, mens USA var nest største produsent med ca 980 000 tonn. EU er ventet å øke produksjon til 4,72 mill tonn i 2007. Globalt er det ventet at produksjonen i 2007 vil nå 7,9 mill tonn.<sup>1</sup>

#### 3.1.1.1 Tekniske egenskaper

Vanlig diesel kan innblandes opptil 5 % biodiesel uten at dette fører til problemer for vanlige dieselmotorer. Høyere innblanding kan skape komplikasjoner for eldre dieselmotorer uten slanger og pakninger som tåler biodiesel. I tillegg forårsaker ofte biodiesel gjentetting av dieselfiltre, fordi biodieselenes alkaliske egenskaper gjør at den løser opp slam i tank- og slangesystemet. Det er derfor vanlig å ha hyppigere serviceintervall på biler som kjører på ren biodiesel. Det er fullt mulig å skifte slanger og pakninger i eldre dieselmotorer slik at disse også kan kjøre på biodiesel uten problemer. De fleste europeiske biler laget i perioden 1996-2004 vil kunne kjøre på biodiesel uten behov for ombygging.

Biodieselen har dårlige kuldeegenskaper, og det er ikke tilrådelig å kjøre på ren biodiesel i hele landet i vinterhalvåret. Derfor er det vanlig å blande inn vanlig diesel eller parafin i de kaldeste månedene av året.

### 3.1.2 Etanol

Etanol er et utbredt biodrivstoff i vårt naboland Sverige. Etanol kan produseres med utgangspunkt i planter som inneholder sukker, cellulose eller stivelse, for eksempel ulike sorter korn, mais, suk-

---

1. F.O. Licht

kerrør, sukeroer, poteter og til og med trevirke. Slik etanol kalles ofte bioetanol. Etanol kan også produseres fra fossile råstoff, men det gjøres i liten grad.

Verdens to største produsenter av bioetanol er Brasil og USA, som i 2005 sto for om lag 16 milliarder liter hver<sup>2</sup>, henholdsvis produsert med utgangspunkt i sukkerrør og mais. Totalt var verdensproduksjonen av bioetanol mer enn 46 milliarder liter i 2005.<sup>3</sup> Dette tilsvarer ca 15 ganger det norske bensinforbruket.

### 3.1.2.1 Tekniske egenskaper

De aller fleste bensinbiler kan i dag kjøre på opptil 20 % innblanding av etanol uten problemer, men per i dag er det kun tillatt å blande inn 5 %. I Brasil er i dag all bensin som omsettes, innblandet 25 % etanol. Bioetanol kan brukes i ren form i bensinmotorer eller blandet med bensin i forskjellige blandingsforhold. I Sverige får man kjøpt bensin med opptil 85 % etanolinnblanding, såkalt E85. I Brasil går mange biler på ren etanol, eller E100. For å kunne kjøre på E85 eller E100 må bilens drivstoffsystem være spesialtilpasset bioetanol. Hovedgrunnen er at bioetanol har lavere energiinnhold enn bensin, og bilens drivstoffpumpe må ta høyde for denne differansen – ellers kan resultatet bli redusert motorkraft. Slinger, tank og pakninger må også være tilpasset bioetanol.

Også dieselmotorer kan bygges om til å kjøre på ren etanol. I Stockholm kjører 400 busser på slikt drivstoff, og er så langt de eneste i verden.

### 3.1.3 Biogass

Biogass kan ikke blandes verken med diesel eller bensin og krever derfor en helt egen infrastruktur. Imidlertid kan bensinmotorer kjøres på biogass, men det kreves da en egen gasstank. For bruk av biogass i dieselmotorer kreves det også omfattende ombygging av motoren.

Biogass oppstår ved forråtnelse av organisk materiale uten tilførsel av oksygen. Denne prosessen forekommer blant annet i søppelfyllinger. Man kan også fremstille biogass av matavfall, husdyrgjødsel og kloakkslam. I teorien kan alt materiale av biologisk opphav benyttes som råstoff.

#### 3.1.3.1 Tekniske egenskaper

Biogass (CH<sub>4</sub>) er i teorien det samme som naturgass, men sistnevnte er et fossilt drivstoff. Bio- og naturgass har de samme tekniske egenskapene. Er en bil først tilpasset bruk av gass, kan den derfor benytte begge typer. Biogass har ofte en noe lavere energitetthet enn naturgass, og en tank med biogass har ofte kortere rekkevidde enn en med naturgass. De fleste personbiler som kjøres på biogass, har muligheten til å veksle mellom bensin og gass. Normalt vil gass og bensin gi lik motorytelse.

### 3.1.4 Biodrivstoff og lokale utslipp

CO<sub>2</sub> fra forbrenning av biodrivstoff inngår i et naturlig kretslop, men andre utslipp fra forbrenningen er skadelige uavhengig om de kommer fra bio- eller fossile drivstoff. Biogass gir renere utslipp til luft sammenlignet med eldre dieselmotorer på fossildiesel.<sup>4</sup> Sammenlignet med nyere dieselmotorer vil ikke gass representere stor forskjell med hensyn til lokalutslipp.<sup>5</sup> Det samme gjelder i stor

2. Renewable Fuels Association (RFA), <http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#E>

3. Renewable Fuels Association (RFA), <http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#E>

4. Hole, E.E. (red.): Bioenergi – miljø, teknikk og marked, 2001. s. 257.

5. Miljøegenskaper og kostnader for busser – alternative drivstoff og motorteknologier. CIVITAS 2003. (Rapporten bruker utslipp fra naturgasskjøretøy i sin sammenligning med diesel. Det er forventet at biogass vil ha omtrent samme utslippsbilde når det gjelder lokalforurensning.)

grad etanol og biodiesel. I eldre motorer vil det gi noe lavere lokale utslipp, men i nyere motorer er forskjellen marginal.<sup>6</sup>

### 3.1.5 Fremtidig marked for biodrivstoff i Norge

Norge har råstoff i form av biomasse fra skog, jordbruk, vann og hav; mengden er tilstrekkelig til teoretisk å dekke mer enn sju ganger energibehovet i transport-sektoren.<sup>7</sup> I 2005 var det årlige norske forbruket av bensin ca 2,1 milliarder liter (2,1 mill.m<sup>3</sup>) og for diesel ca 2,4 milliarder liter (2,4 mill.m<sup>3</sup>).<sup>8</sup> Omregnet i energi tilsvarer dette et forbruk på rundt 44 TWh i 2005.

De siste fire årene har det norske landbaserte drivstofforbruket økt med 1,74 prosent årlig. Hvis vi antar at den årlige veksten vil fortsatt frem til 2010, vil vi da ha et drivstoffbehov på 48 TWh. I dag er den prosentvise fordelingen mellom bensin og diesel 45/55. Hvis vi antar samme fordeling frem til 2010, får vi et forbruk på ca 2,4 milliarder liter bensin og 2,6 milliarder liter diesel. Tabellen under viser hvor mye 5,75 % biodrivstoff er av forbruket i 2005 og av antatt forbruk i 2010.

År	Forbruk (1000 m <sup>3</sup> )		TWh	Biodrivstoff, 5,75 % av energimengden (1000 m <sup>3</sup> )	
	Bensin	Diesel		Bioetanol	Biodiesel
2005	2138	2431	44	204	140
2010	2360	2640	48	225	152

Som tabellen viser, må Norge i 2010 skaffe minimum 225 millioner liter (178 000 t) etanol og 152 millioner liter (127 000 t) biodiesel for at 5,75 prosent (EUs målsetning) av forbruket skal være biodrivstoff. De fleste europeiske land har ambisjoner om å øke prosentandelen med biodrivstoff ytterligere etter 2010. Dette blir trolig også tilfelle også for Norges del.

### 3.1.6 Teknisk/økonomisk potensial

Norge vil trolig få problemer med å dekke etterspørselen med innenlands produksjon med dagens teknologi. Ifølge en utredning Energigården gjorde for Landbruksdepartementet i 2003, har Norge et teknisk/økonomisk potensial til å dekke 3,1 TWh av drivstofforbruket med biodrivstoff.<sup>9</sup> Det er lite realistisk å tro at hele potensialet vil la seg realisere, siden nesten halvparten av det er biogass med relativt høy infrastrukturbarriere. Hvis vi kun regner med drivstoff som kan erstatte bensin og diesel (ikke biogass), blir potensialet kun 1,7 TWh.<sup>10</sup> Dette tilsvarer i underkant av 4 % av det antatte drivstofforbruket i 2010. Hvorvidt prognosen lar seg realisere, vil avhenge av muligheten for billig import og begrensninger i importavgift og priser på verdensmarkedet.

### 3.1.7 Import

Prisen på import av biodrivstoff og råstoff er avgjørende for hvor mye som blir produsert i Norge. Det er vanskelig å spå prisutviklingen i dette markedet, men det er grunn til å anta prisene på verdensmarkedet vil stige noe, selv om produksjonen vil øke sterkt de kommende årene. Etterspørselen i EU vil øke betydelig i samme periode, ettersom alle medlemsland skal nå målet om 5,75 % innblanding i 2010. I Japan er det i ferd med å åpne seg et stort marked for bioetanol, fordi landet planlegger lavinnblanding i all bensin. Høy oljepris gjør også biodrivstoff aktuelt for markeder som ikke har samme avgiftsinsentiver som vesteuropeiske land.

6. ZERO-notat: Lokale utslipp fra biodrivstoff

7. Biodrivstoff – Produksjonsmuligheter for landbrukssektoren i Norge, Energigården 2003

8. Statistisk sentralbyrå (SSB), tall for 2005 (skipsfart og fly ikke medregnet)

9. Biodrivstoff – Produksjonsmuligheter for landbrukssektoren i Norge, Energigården 2003

10. Biodrivstoff – Produksjonsmuligheter for landbrukssektoren i Norge, Energigården 2003

Tabellene nedenfor viser produksjonskostnaden for henholdsvis biodiesel og bioetanol i Norge og andre deler av verden.

Biodiesel fra ulike råstoff					
Råstoff	Tidsramme	Prod pris kr/l	Anm.	Kilde	
Oljefrø (rybs)	2003	5,5	Norge	Energigården	
Fettavfall	2003	4,0-5,0	Norge	"	
Tallolje TOFA	2003	6,0	Norge	"	
Fiskeolje	2003	3,5-4,5	Norge	"	
Soya	2002	3,8	USA	Department for transport, UK	
Raps	2002	4,7	EU	"	
Oljefrø	2020	4,0	Øst-Europa	"	

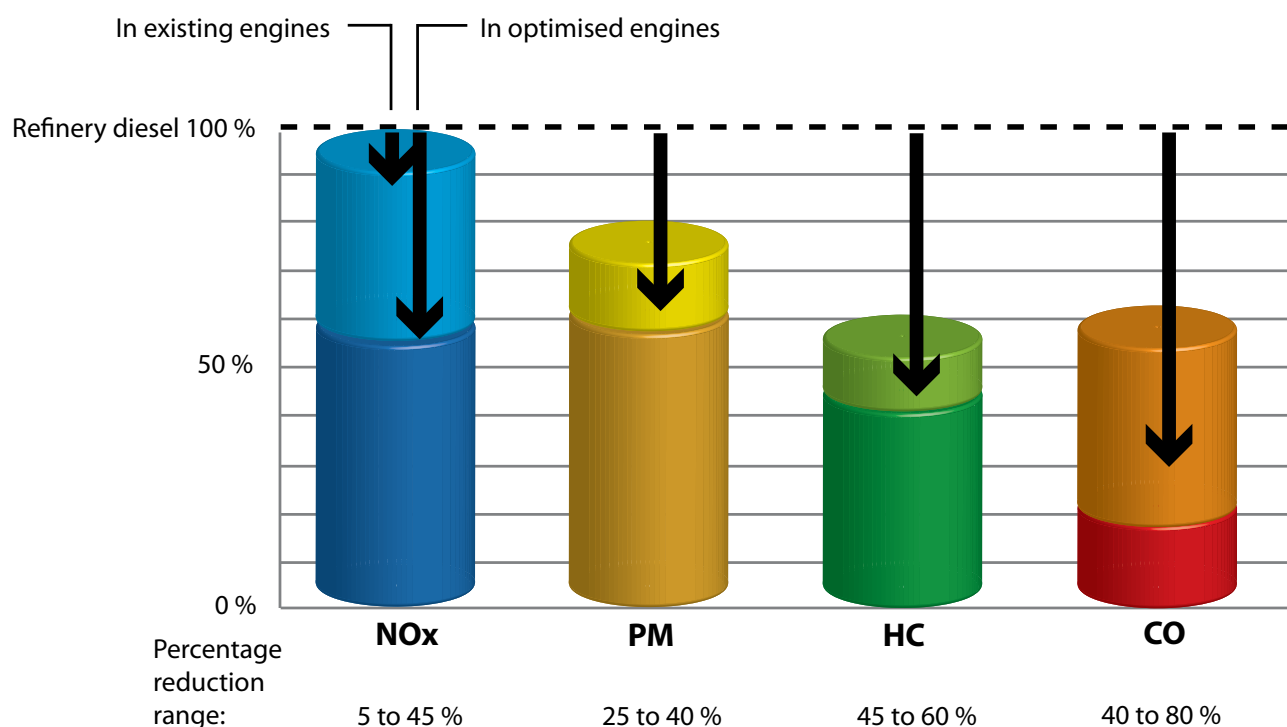
Etanol fra ulike råstoff					
Råstoff	Tidsramme	Prod pris kr/l	kr/l ben-sinekviv.	Anm.	Kilde
Hvete	2000	5,1	7,6	Sverige	FramTidsrånslen
Cellulose	2010	3,9	5,8	Sverige	"
Cellulose	2020	3,2	4,8	Sverige	"
Cellulose	2030	1,0	1,7	Est. Norge	Energigården
Potet	2003	7,0-9,0	10,4-13,4	Norge	"
Mais	2002	1,8	2,6	USA	Department for transport, UK
Sukkerrør	2005	0,8-1,2	1,3-1,8	Brasil	CENBIO
Mais	2020	1,3	1,9	Øst-Europa	Department for transport, UK

Uavhengig av prisutviklingen på verdensmarkedet sier tabellene noe om konkurransesituasjonen for norsk produksjon av biodrivstoff. Norge har i dag begrenset råstoffbase for slik produksjon. Konkurransesituasjonen internasjonalt gjør også norsk produksjon fra jordbruksprodukter lite aktuelt. Derimot kan produksjon fra avfall og skogsvirke vise seg å være gunstig i Norge, men dette forutsetter utvikling av ny teknologi. All satsing på teknologiutvikling som muliggjør produksjon av biodrivstoff med utgangspunkt i skog og avfall, vil derfor styrke mulighetene for norsk produksjon. Men selv med teknologiske gjennombrudd for produksjon av etanol fra trevirke i Norge, vil konkurransen med etanol fra utlandet fortsatt være sterk.

## 4. Syntetisk diesel: Tekniske egenskaper og utslipp

I tillegg til å være laget av fornybare råstoff, er syntetisk biodiesel langt mindre giftig og renere enn tradisjonell diesel. På grunn av den relativt beskjedne mengden syntetisk biodiesel som er produsert i verden til nå, er det gjort få utslippstester av denne typen drivstoff. Det er derimot gjort forsøk med naturgass- og kullbasert syntetisk diesel. Teoretisk sett er syntetisk biodiesel kjemisk identisk med den fossilbaserte utgaven. I vår sammenstilling har vi derfor benyttet data både fra bio- og fossilbasert syntetisk diesel. I mange studier er gjort i USA, kommer syntetisk diesel svært heldig ut sammenlignet med vanlig fossil diesel. Slike studier er ikke nødvendigvis direkte overførbare til norske forhold, da vår fossile autodiesel er langt renere enn dieselen på det amerikanske markedet. Eksempelvis er svovelinnholdet i europeisk diesel en seksdel av det som er standarden i USA, en faktor vi har tatt hensyn til i vår fremstilling. Men også sammenlignet med europeisk autodiesel har syntetisk diesel overlegne egenskaper.

Figuren under viser utslippsreduksjonen ved bruk av syntetisk diesel sammenlignet med vanlig diesel. Den største reduksjonen oppnås ved bruk av en optimalisert motor for syntetisk diesel.



Kilde: Alliance for synthetic fuels in Europe (ASFE), 2006

#### 4.1 Aromater

Syntetisk diesel består i all hovedsak av ikke-sykliske hydrokarboner. Dette er også en viktig bestanddel i vanlig diesel, som ofte inneholder 70-80% av disse forbindelsene. Først og fremst skiller syntetisk diesel seg fra vanlig fossil diesel ved å ha svært lavt innhold av miljøskadelige komponenter som aromater, polyaromater og polysykliske forbindelser. Siden dieseleksos inneholder store mengder halv- eller uforbrente forbindelser, er drivstoffets giftighet også avgjørende for giftigheten av utlippene fra motoren.<sup>11</sup>

Stort sett er flytende hydrokarboner med tetthet over 800 kg/m<sup>3</sup> enten kreftfremkallende eller kan lett danne kreftfremkallende forbindelser ved forbrenning. Generelt har syntetisk diesel egenvekt under 800 kg/m<sup>3</sup>, til forskjell fra vanlig diesel.<sup>12</sup>

#### 4.2 Toksisitet

Tester utført på vannlevende organismer gir ofte en god pekepinn på hvor giftig et stoff er. Forsøk gjort med den syntetiske diesel EcoPar viste at ikke engang ved å tidoble konsentrasjonen var det mulig å påvise samme skadeeffekter av syntetisk diesel som av petrodiesel.<sup>13</sup> En annen måte å måle helseeffekten av et drivstoff på er å spørre brukeren. Sveaskog AB lot 69 av sine maskinførere teste syntetisk biodiesel over en periode på et halvt år i diverse skogsmaskiner som til vanlig gikk på svensk MK 1-diesel. Maskinførerne ble deretter spurt hvordan de oppfattet sin egen helsetilstand.

11. Hedemalm, P.: Ultrarena paraffiniska drivmedel för dieselmotorer, 2006

12. Hedemalm, P.: Ultrarena paraffiniska drivmedel för dieselmotorer, 2006

13. Hedemalm, P.: Ultrarena paraffiniska drivmedel för dieselmotorer, 2006

Resultatet visste at brukerne oppfattet syntetisk diesel som langt mindre ubehagelig enn vanlig diesel. Enkelte av skogsarbeiderne som tidligere hadde vært plaget med hodepine, unngikk dette når det var syntetisk diesel på tanken. Resultatet viste videre en nedgang på mellom 75 og 95 % av ulike helseplager som sår hals, hodepine og såre øyne.<sup>14</sup>

### 4.3 Partikler

Det stilles for tiden stadig strengere krav til partikkelutslipp fra dieseleksos. Flere undersøkelser viser at slike utslipp går *ned* ved bruk av syntetisk diesel. Som figuren på side 25 viser, reduseres partikkelutslippet med mellom 25 og 40 prosent sammenlignet med fossil diesel.

Dette gir en mulighet til å redusere partikkelutslippene fra hele bilparker, ikke bare fra nye biler med partikkelfilter. Laboratorieforsøk utført ved universitetet i Dayton viser at syntetisk diesel trolig gir størst prosentvis reduksjon av partikler i *eldre* dieselmotorer. Utslippsforskjellen mellom syntetisk og vanlig diesel vil trolig være mindre i moderne dieselmotorer.<sup>15</sup>

### 4.4 Svovel

Svovel i bensin og diesel svekker effektiviteten av katalysator og annen avgassrensing i kjøretøy. Redusert svovelinnhold vil derfor øke effektiviteten av rensutstyr og redusere utslipp av nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>), flyktige hydrokarboner (NMVOC) og partikler (PM10). I tillegg gir lavere svovelinnhold i drivstoff direkte reduksjon av svoveldioksid (SO<sub>2</sub>) i avgassene.

	Norsk autodiesel NS-EN 590	Svensk MK 1	Syntetisk diesel, EcoPar
Svovel	50 mg/kg	10 ppm	1 ppm
Polyaromater	11 (masse-%)	200 ppm	10 ppm

Tabell: Norsk autodiesel i henhold til NS-EN 590:2004. (Alle tall er maksverdier). Tabellen viser innholdet av svovel og polyaromater i vanlig diesel sammenlignet med syntetisk diesel.

### 4.5 Tekniske spesifikasjoner

Tabellen viser tekniske egenskaper ved tre typer drivstoff for dieselmotorer. Første kolonne viser vanlig diesel, andre kolonne viser syntetisk diesel (ultrarene parafinbaserte drivstoff, UPD), mens tredje kolonne viser tradisjonell planteoljebasert biodiesel.

	Svensk Miljøklasse 1., autodiesel	UPD (n-parafiner)	FAME (tradisjonell biodiesel)
Energiinnhold[MJ/liter]	36	34	33
Energiinnhold[MJ/kg]	44	44	37
Densitet [kg/liter]	0,81-0,82	0,76-0,77	0,88-0,91
Viskositet [mm <sup>2</sup> /s]	1,8	2,0	2,5
Flammepunkt [°C]	60-70 °C	60-70 °C	>100 °C
CFPP [°C]	-22	-10	-15
Cetantall	50-60	60-80	50-55
Råstoff	Fossil råolje	Naturgass, biomasse	Vegetabilske og animalske oljer

Kilde: Hedemalm, P., Ultrarena paraffiniska drivmedel för dieselmotorer

14. Nilson, Å.: EcoPar – framtidens drivmedel för Sveaskog, 2004

15. Kahandawala, M.S.P, et. al.: Particulate Emission from Combustion of diesel and fischer-tropsch fuels: a shock tube study. Energy&Fuels mars/april 2004

## 5. Biogass

Biogass oppstår ved forråtnelse av biologisk materiale uten tilførsel av oksygen. Denne prosessen finner blant annet sted når matavfall i søppelfyllinger råtner uten tilgang på luft (anaerob forråtnelse). Under denne prosessen dannes metan ( $\text{CH}_4$ ), som er hovedbestanddelen i biogass. Biogass kan fremstilles av innsamlet matavfall, husdyrgjødsel og kloakkslam. Metan dannes også naturlig for eksempel i myrlandskap og i fordøyelsessystemet hos drøvtyggere som sau og ku.

Biogassens sammensetning avhenger av råmateriale, prosessforløp og hvilken forråtnelsesteknologi som benyttes. Det er derfor ikke snakk om en bestemt *form* for biogass, men en rekke forskjellige *sammensetninger* hovedsakelig av metan og  $\text{CO}_2$ . Biogass inneholder mest metan (60-70 %) og  $\text{CO}_2$  (30-40 %). Også  $\text{H}_2\text{S}$  (hydrogensulfid) er til stede, men i mindre mengder, vanligvis 50–2000 ppm. Biogass inneholder i tillegg mindre mengder (mettet) vanddamp, oksygen og spor av andre hydrokarboner.

Komponent (%)	Kommunale rensanlegg	Organisk avfall (husholdninger)	Deponigass (fyllinger)
$\text{CH}_4$	55-75	50-90	40-55
$\text{CO}_2$	25-45	10-50	30-40
$\text{N}_2$	sporstoff	Sporstoff	2-25
$\text{O}_2$	sporstoff	Sporstoff	0-5
$\text{H}_2$	<1	<1	<1
$\text{H}_2\text{S}$	<1	<1	<1
$\text{H}_2\text{O}$	4-7	4-7	4-7

Sammensetningen av ulike typer biogass.<sup>16</sup>

## 6. Syntetisk diesel fra biogass

Teknologi for produksjon av syntetisk drivstoff fra kull og naturgass er velprøvd og relativt godt kjent. Samme teknologi kan med noen modifikasjoner benyttes til å produsere drivstoff av biomasse og biogass. Natur- og biogass er kjemisk sett nokså like. Hovedforskjellen er at de har ulikt opphav. Teknologien for å fremstille diesel av biogass vil derfor i grove trekk være identisk med den som i dag benyttes for naturgass. En betydelig nedskalering vil imidlertid være nødvendig. Her i landet finnes ingen lokaliteter med mer enn 5 millioner  $\text{Nm}^3$  (ren metan) biogass tilgjengelig i året. Denne mengden gass vil i beste fall kunne dekke dagsforbruket i et anlegg av samme skala som i dag bruker fossil naturgass som råstoff.

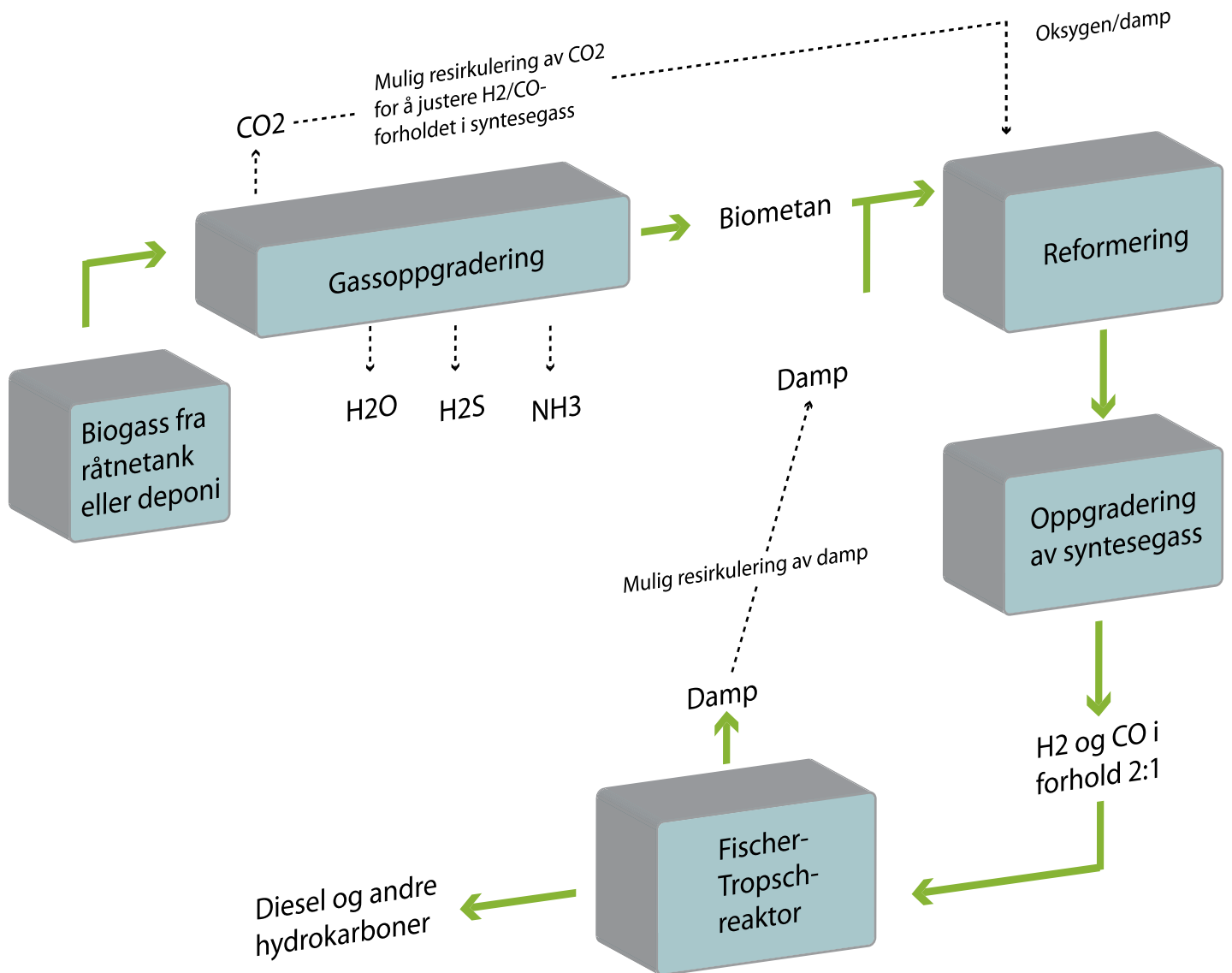
### 6.1 Produksjonsprosessen

Produksjon av syntetisk biodiesel fra biogass skjer hovedsakelig i tre trinn: reformering av metan til syntesegass, gassrensing og hydrokarbonproduksjon i en reaktor. I mange tilfeller vil det også trenge forbehandling av biogassen, men det avhenger av gassens kvalitet. De ulike trinnene i prosessen vil bli beskrevet i dette kapittelet. En oversikt over prosessforløpet er vist i figuren på neste side.

Biogassen renses for urenheter og reformeres til syntesegass ( $\text{H}_2$  og  $\text{CO}$ ). Syntesegassen blir så ledet inn i en Fischer-Tropsch reaktor; der oppstår det en syntesereaksjon som danner hydrokarbonkje-

16. [http://www.ntnu.no/satsingsomraader/energi\\_miljo/dokumenter/Hagg\\_Foredrag\\_LU\\_4-11-03.ppt#269,10](http://www.ntnu.no/satsingsomraader/energi_miljo/dokumenter/Hagg_Foredrag_LU_4-11-03.ppt#269,10)

der. Gjennom etterbehandling blir mesteparten av hydrokarbonene til høykvalitets syntetisk diesel. I de følgende avsnittene skal vi gå litt nøyere inn på de ulike prosessene for å fremstille syntetisk diesel av biogass.



## 6.2 Biogassoppgradering

Rå biogass har relativt lav brennverdi og få bruksområder, med unntak av mindre produksjonsenheter for varme og strøm. For annen bruk kan det, avhengig av kvaliteten på gassen, være nødvendig å oppgradere biogassen ved å fjerne hydrogensulfid ( $H_2S$ ), vanddamp og  $CO_2$ . Mens de to førstnevnte fjernes for å unngå eventuelle skader på utstyr – som kompressor eller turbin – tas  $CO_2$  ut for å øke energitettheten og minke bestanden av inertgass. De fleste gassdrevne installasjoner er konstruert for naturgasskvalitet, og krever derfor oppgradering av biogassen. Produktet av oppgraderingen kalles biometan, dette er for å unngå forveksling med biogass. Per i dag er ikke 'biometan' et innarbeidet begrep, og 'biogass' brukes derfor i mange sammenhenger både om «rå» biogass og foredlet biometan.

## 6.2.1 H<sub>2</sub>S-fjerning

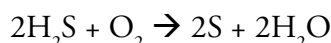
Biogass inneholder gjerne 50–3000 ppm hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S), men vanlige gassinstallasjoner krever ofte et innhold på under 16 ppm. H<sub>2</sub>S er korrosivt, giftig og fører til utslipp av SO<sub>2</sub> ved forbrenning. H<sub>2</sub>S kan fjernes i selve forråtnelsestanken, fra den rå biogassen eller ved oppgradering. De to vanligste metodene er *tørr* og *våt* oksidering (eller væskefase-oksidering). I mindre anlegg er våt kjemisk oksidering å foretrekke.

### 6.2.1.1 Tørr oksidering

Det finnes flere metoder for tørr oksidering. Hovedutfordringen ligger i å fjerne H<sub>2</sub>S ved å omgjøre det til svovel eller svoveloksider. Under er beskrevet to metoder.

#### 6.2.1.1.1 A) Tilsetning av oksygen i gasstrømmen

En liten mengde oksygen (2-6 %) slippes inn i systemet. Resultatet er at sulfidet oksideres til svovel.



Det må påses at det ikke tilsettes for store mengder oksygen; da kan blandingen med metan bli eksplosiv. Konsentrasjonen av H<sub>2</sub>S kan reduseres med 95 % til under 50 ppm.

#### 6.2.1.1.2 B) Absorpsjon

H<sub>2</sub>S kan også fjernes fra gassen ved bruk av en absorbent. For biogass-oppgradering det brukes jernoksid, som H<sub>2</sub>S reagerer med. Når jernoksidet er dekket av svovel, byttes absorbenten ut. Prosessen er enkel, men det går tapt noe energi ved gjenvinning av jernoksidet.

For videre bruk av gassen i dampreforming må innholdet av H<sub>2</sub>S være svært lavt for at ikke katalysatoren i reformeren skal bli ødelagt. En vanlig løsning er å varme gassen til 350-400 C og bruke sinkoksid som absorbent for fjerning av H<sub>2</sub>S-innholdet til under 1ppm.<sup>17</sup>

### 6.2.1.2 Våt oksidering av H<sub>2</sub>S

Våt oksidering av H<sub>2</sub>S fra biogass kan foregå ved fysisk eller kjemisk absorpsjon. Fysisk skjer absorpsjonen ved tilsetning av løsningsmidler. Et slikt middel kan være vann, men det kreves store mengder av det for små mengder H<sub>2</sub>S, og derfor tilsettes (i.e.) ofte NaOH for å øke utskillelsen. Resultatet av denne prosessen er Natriumsulfid. Stoffet kan ikke gjenvinnes, og representerer derfor et avfallsproblem.

Kjemisk absorpsjon kan skje ved hjelp av jernsaltløsninger, for eksempel jernklorid (FeCl<sub>3</sub>). Dette er en effektiv måte å redusere høye konsentrasjoner av H<sub>2</sub>S. FeCl<sub>3</sub> kan tilsettes direkte og fjerner H<sub>2</sub>S ned til 10 ppm.

I større anlegg for H<sub>2</sub>S-fjerning blant annet fra naturgass er det vanlig å bruke amin som absorbent. Amin i væskeform fanger H<sub>2</sub>S fra gassen i en absorber, og amin regenereres i en desorber ved tilføring av varme. Frigjort H<sub>2</sub>S behandles vanligvis videre til ren svovel i en såkalt Claus-prosess<sup>18</sup>, som tilsvarer en av teknologiene brukt i CO<sub>2</sub>-fangst.

17. Reijerkerk, 2001 v.II s.10

18. [http://en.wikipedia.org/wiki/Amine\\_gas\\_treating](http://en.wikipedia.org/wiki/Amine_gas_treating)

## 6.2.2 Fjerning av CO<sub>2</sub>

Petrokjemisk industri har utviklet en rekke teknologier for å skille CO<sub>2</sub> fra naturgass. Disse inkluderer kjemisk og fysisk absorpsjon, adsorpsjon på fast overflate, utskillelse med membran, kryogen-separasjon og kjemisk konvertering. For biogass benyttes oftest kjemisk eller fysisk absorpsjon, fordi det er effektivt ved lave strømningsrater, kostnadseffektivt og lite komplisert.

### 6.2.2.1 Fysisk absorpsjon

Den enkleste og billigste formen for CO<sub>2</sub>-absorpsjon skjer ved hjelp av vann under høyt trykk. Komprimert biogass tilsettes motstrøms av trykksatt vann i en reaktor. Både CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S løses i vannet og tas ut i bunnen av reaktoren. Hvor mye CO<sub>2</sub> som blir separert, avhenger av reaktordesign og prosessforhold. Dette er ofte et optimerings spørsmål, hvor kravet til maks CO<sub>2</sub>-innhold veies mot kostnaden ved ekstra separasjon av CO<sub>2</sub>.

### 6.2.2.2 Kjemisk absorpsjon

Forskjellige absorpsjonsmidler (amin- eller alkaliske løsninger) som fanger opp CO<sub>2</sub>, kan tilsettes biogassen. Absorbenten gjenvinnes ved å tilsette varme i en desorpsjonsprosess. Her kan det oppnås nær 100 % absorpsjon av CO<sub>2</sub>-innholdet.

Øvrige teknologier – adsorpsjon på fast overflate, utskillelse med membran, kryogenisk og kjemisk konvertering – er lite utbredt og blir ikke videre forklart.

### 6.2.2.3 Fjerning av vann (tørking)

For mange formål må biogassen tørkes ved fjerning av vanninnhold. Dette skjer oftest ved kjøling, absorpsjon (som glykol) eller adsorpsjon. Kjøling er den mest vanlige teknikken.

## 6.2.3 Reformering til syntesegass

Biometan – produktet man står igjen med etter oppgradering av biogassen – består hovedsakelig av metan, og har dermed liknende egenskaper som naturgass. I dag reformeres naturgass til syntesegass i mange ulike industriprosesser, som i metanolproduksjonen på Tjeldbergodden og ammoniakfabrikken på Herøya. Produksjon av syntesegass fra metangass skjer ved dampreforming (SMR), partiell oksidering (POX) eller autoterm reformering; en kombinasjon av de to førstnevnte. Dampreforming er den mest brukte metoden for reformering av naturgass til hydrogen. De første anleggene for slik produksjon ble tatt i bruk kommersielt på 1930-tallet. Dagens standardanlegg har produksjonskapasitet fra 100 Nm<sup>3</sup>/time til 140 000 Nm<sup>3</sup>/time<sup>19</sup>. Partiell oksidasjon har tradisjonelt blitt brukt i storskala produksjon av hydrogen fra tyngre hydrokarboner som olje og kull, men denne produksjonsmåten fungerer også bra for naturgass.

Verken SMR eller POX er spesielt egnet til reformering i prosessen med å fremstille syntetisk diesel (Fischer/Tropsch-syntese), da POX resulterer i for lavt H<sub>2</sub>/CO-forhold, mens SMR gir for høyt. Kombinasjonen av dampreforming og partiell oksidering kalles autoterm reformering (ATR); H<sub>2</sub>/CO-forholdet denne prosessen gir, er bedre egnet i Fischer/Tropsch-syntese og er derfor den eneste syngass-prosessen vi forklarer nærmere her.

### 6.2.3.1 Autoterm reformering

Autoterm reformering (er en mellomting mellom dampreforming og partiell oksidasjon. Reformeringen) skjer ved tilførsel av vanddamp, og varmebehovet i dampreforming dekket ved

---

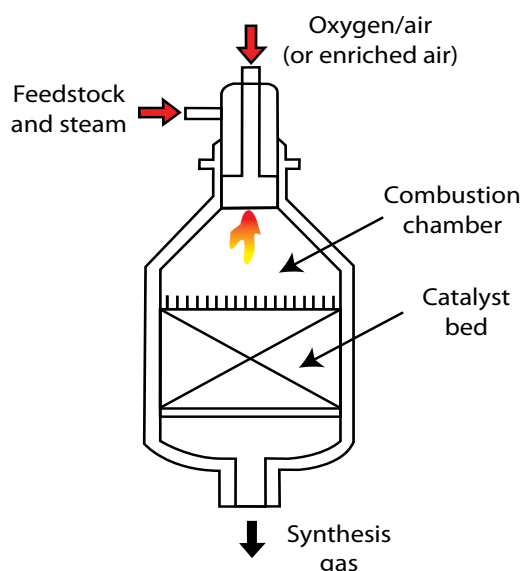
19. Reijerkerk, 2001 v.II s.8

forbrenning inne i reformeringsreaktoren. (En reaktor for autoterm reformering er vist i figur<sup>20</sup>). Løsningen kombinerer det beste fra dampreforming og partiell oksidasjon. Teknologien har god respons på variabel last, raskt oppstart/stans og god energieffektivitet. En perfekt balanse mellom dampreformerings- og partiell oksidasjonsprosessen vil gi best virkningsgrad. I praksis er dette vanskelig å få til.<sup>21</sup>

Autoterm reformering kan gjøres med bruk av luft, slik produksjon av ammoniakk (NH<sub>3</sub>) tilføres luft på grunn av behovet for nitrogen. For andre prosesser, slik som produksjon av syntetisk diesel, er ikke nitrogen ønskelig da det vil gi stor mengde inert gass. Noe som vil redusere utbyttet og øke kostnadene betraktelig, oksygen er derfor å foretrekke foran luft.<sup>22</sup>

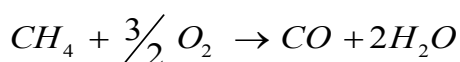
Prosessen for reformering av naturgass har fire hovedtrinn: avsvovling, pre-reforming, autoterm reformering (ATR) og varmegjenvinning. Avsvovling er nødvendig for ikke å skade nedstrøms-installasjoner, som for eksempel katalysatoren i Fischer/Tropsch-reaktoren. I biometan er innholdet av lengre hydrokarboner (etan, propan, butan etc.) beskjedent, og pre-reforming er trolig unødvendig: Dermed trengs bare ATR og varmegjenvinning i reformering av biometan.

En ATR-reaktor består av brenner, forbrenningskammer og katalysator i en ildfast stålbeholder. Oppbygningen av reaktoren er vist skjematisk i figuren til høyre.



Figur: Reaktor for autoterm reformering

I reformeringsprosessen reagerer metan med damp og oksygen i en understøkiometrisk forbrenning (partiell oksidering). Metan og oksygen tilføres separat og blandes i forbrenningskammeret. Reaksjonen er forenklet i likningen under:



Den delvis oksiderte gassen strømmer videre mot katalysatoren, og har en temperatur på 1200–1250 °C. Katalysatoren består av nikkel støttet av magnesium-aluminiumsoksid og har vist stabile reaksjonsforhold. Reaksjonene i kontakt med katalysatoren er vist under:



Sammensetningen av syntesegassen er dermed avhengig av den termodynamiske likevektstilstanden til disse to reaksjonene ved reaktorens trykk og temperatur i enden av reaktoren.<sup>23</sup> Økt tem-

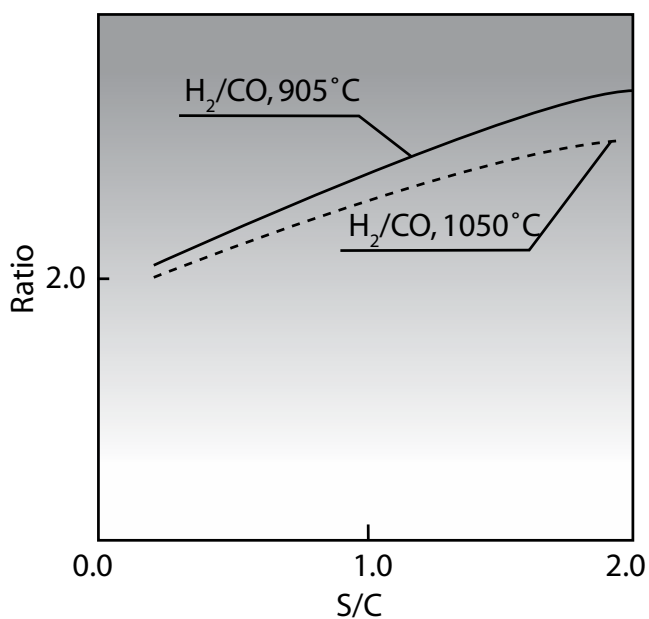
20. Song, Xueping, 2006

21. SINTEF, 2002 s.20

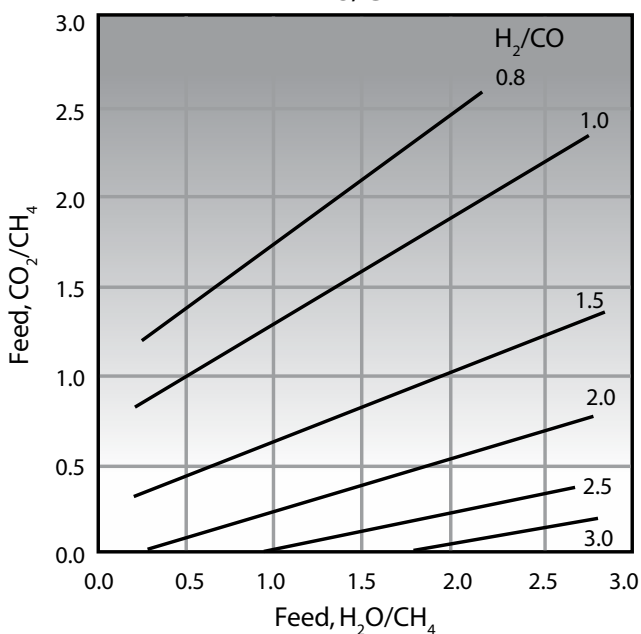
22. Mouljin, 2001 s.140

23. Aasberg-Petersen K, et.al., Recent developments in autothermal reforming and pre-reforming for

peratur gir lavere  $H_2/CO$ -forhold, mens tilsatt damp gir høyere  $H_2/CO$ -forhold. I Fischer/Tropsch-reaktoren, der syntesegasen skal omdannes til hydrokarbonkjeder, er det ønskelig med et  $H_2/CO$ -forhold på 2,0. Sammenhengen mellom tilsatt damp og temperatur for  $H_2/CO$ -forhold er vist i figuren til høyre.



En S/C-ratio (s = steam) på 0,6 er vist industrielt og er implementert i flere kommersielle anlegg for produksjon av syntetisk diesel fra naturgass (Gas to liquid – GTL). Som figuren viser, må S/C-forholdet være svært lavt for å oppnå  $H_2/CO$ -forhold på 2,0. Andre metoder for å oppnå dette er resirkulering eller tilsetning av  $CO_2$ . Sammenhengen er vist i figuren under, der det framgår hvordan økt mengde  $CO_2$  eller mindre mengde  $H_2O$  (damp) gir lavere  $H_2/CO$ -forhold.<sup>24</sup>



Likevel er det ønskelig med et lavere damp/metan-forhold, siden dette gir mindre behov for resirkulering og tilsetning av  $CO_2$ . Risikoen ved lavere damp/karbon-forhold er koksing, men utfordringen har blitt løst i pilotanlegg, og det er ventet at damp/karbon-forholdet i kommersielle anlegg i fremtiden vil nærme seg 0,4.<sup>25</sup>

Tabellen under sammenligner nøkkelparametere for ATR med damp/karbon-forholdet endret fra 0,6 til 0,4.<sup>26</sup>

Damp/karbon-forhold	0,6	0,4
Fødegass	100	101
Oksygen	100	98
Resirkulert $CO_2$	100	56
Syntesegass	100	100
Utgang ATR	100	93

Det er tydelig at behovet for  $CO_2$ -resirkulering er drastisk minket ved lavere damp/karbon-forhold, noe som gir lavere driftskostnader og færre investeringer.<sup>27</sup>

Større konvensjonelle anlegg for autoterm reformering av naturgass har en virkningsgrad på rundt 74 %. I små an-

synthesis gas production in GTL applications, Fuel processing Technology 83 (2003) side: 253-261

24. Song, Xueping, et.al., Technologies for direct production of flexible  $H_2/CO$  synthesis gas, Energy Conversion and Management 47 (2006) side 560 – 569

25. Bakkerud, Per K., Update on synthesis gas production for GTL, Catalysis Today 106 (2005) side: 30 – 33

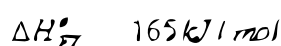
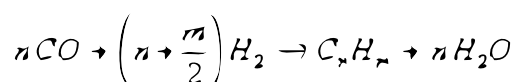
26. Bakkerud, Per K., Update on synthesis gas production for GTL, Catalysis Today 106 (2005) side: 30 – 33

27. Aasberg-Petersen K, et.al., Recent developments in autothermal reforming and pre-reforming for synthesis gas production in GTL applications, Fuel processing Technology 83 (2003) side: 253-261

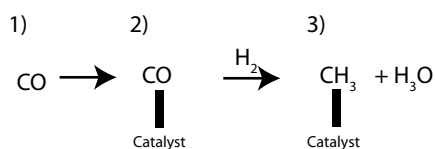
legg vil virkningsgraden være noe lavere. Et anlegg med autoterm reformering har noe lavere virkningsgrad enn ved dampreformering, fordi varmetapet er større ved autoterm reformering. Nedkjølingsprosessen etter reformeringen må gå raskt for å unngå koksing. I denne prosessen er varmetapet større enn ved dampreformering, der varmen gjenvinnes i større grad ved hjelp av et omfattende varmevekslingssystem. Det arbeides med å lage reaktorer med ren katalytisk reformering; dette vil gjøre det mulig å lage mindre og mer effektive reaktorer.<sup>28</sup>

#### 6.2.4 Fischer/Tropsch-syntesen

Siste ledd i prosessen med å fremstille syntetisk diesel er Fischer/Tropsch-syntesen, eller FT-syntesen, som den ofte kalles. I en FT-reaktor reagerer CO med H<sub>2</sub> ved hjelp av en katalysator, enten jern eller kobolt. Jern er billig mens kobolt har større effektivitet og lengre levetid. Kobolt er om lag 1000 ganger så dyrt som jern. Reaksjonen foregår ved 200–240 °C, og for å sikre optimale reaksjons-betingelser er det viktig at temperaturen holdes konstant. Dette er en utfordring ved større anlegg, siden omtrent 25 % av energien i syntesegassen blir frigjort som varme i reaksjonen. FT-reaksjonene kan forenklet framstilles slik:



Dette innebærer at hydrokarbonkjeder, vann og energi dannes av syntesegassen ved hjelp av en katalysator. Nøyaktig hva som skjer med katalysatoren er noe uvisst, men man vet at CO festes til katalysatoren og reagerer med H<sub>2</sub> – dermed starter en utvikling av hydrokarbonkjeder.



Den videre kjedeutviklingen pågår helt til kjeden blir løst fra katalysatoren og danner enten et alkan eller alken. Karbonkjeden kan enten ta til seg en CH<sub>2</sub>-gruppe, eller ta opp en H<sub>2</sub>-gruppe og avslutte kjedeutviklingen. Karbonkjeden kan også avslutte veksten uten å ta opp en H<sub>2</sub>-gruppe – da dannes

#### Fischer/Tropsch-syntesen

Fischer/Tropsch-prosessen ble patentert av tyskerne Franz Fischer og Hans Tropsch på 1920-tallet. Fra 1930-tallet til 1945 ble det bygget flere anlegg for produksjon av FT-drivstoff i Tyskland. Disse anleggene brukte kull som råstoff. Teknologien ble også eksportert til Japan. Drivstoffproduksjonen var svært viktig for aksemaktene, som hadde begrenset tilgang til olje.

Etter 2. verdenskrig ble de fleste anleggene stengt, da de ikke ble ansett for å kunne konkurrere med vanlige bensin- og dieselproduksjon fra råolje. På 1950-tallet ble det bygget et stort FT-anlegg i Sør-Afrika, som produserte drivstoff med utgangspunkt i kull. Dette anlegget forsynte i sin tid nesten hele transportsektoren i Sør-Afrika, og drives fortsatt. I 1993 ble det første storskala FT-anlegget med naturgass som råstoffbase bygget av Shell i Malaysia. Det er nå en rekke anlegg for naturgass under bygging flere steder i verden. Det er også flere anlegg for kull på planstadiet. I Tyskland er et anlegg for biomasse under bygging.



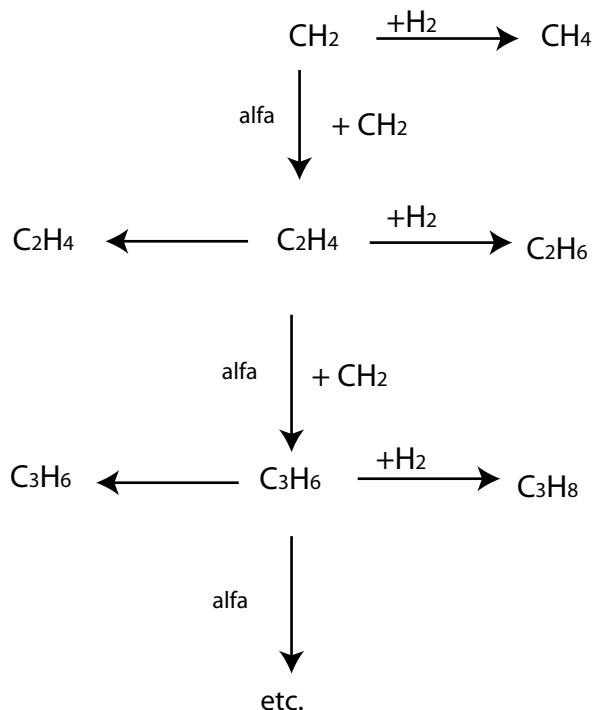
Franz Fischer



Hans Tropsch

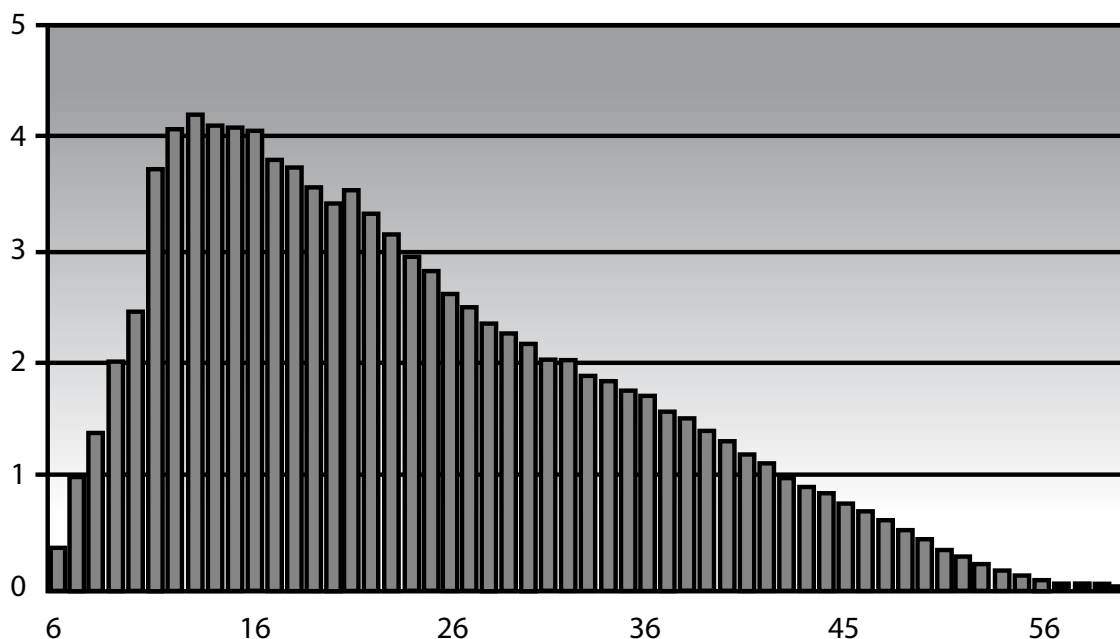
28. Gjerset, 2005 s.54

et alken. I modellering av FT-reaksjonen er sannsynligheten for videre vekst benevnt alfa, og er ofte rundt 0,85. Dette er vist i figuren under.



Sannsynligheten for kjedeutvikling, eller alfa, er bestemt av en rekke parametere, som temperatur, trykk, syntesegassens sammensetning, katalysatorstype, katalysatorsammensetning og reaktordesign. For produksjon av diesel, som har karbonkjedelengde fra 13 til 20, er det viktig med høy alfa, slik at det blir dannet mange lange karbonkjeder. De kjedene som er lenger enn de ønskede 20 atomene, kan enkelt «crackes» til kortere kjeder.

Forsøk utført ved universitet i Wien (TU-Wien) med kobolt som katalysator, gir følgende produktfordeling av hydrokarbonkjeder:



Antall karbonatomer er angitt langs x-aksen, og vektprosent er langs y-aksen. Grafen viser at FT-reaktoren produserer en rekke ulike hydrokarboner. De korte kjedene som ikke har alternativ bruk, kan enten omdannes til ny syntesegass, eller omdannes til dieselkvalitet hjelp av polymerisering eller alkylering. Dette er en mer komplisert prosess enn å «cracke» lange kjeder til dieselkvalitet. Lange hydrokarbonkjeder blir derfor etterstrebet i prosessen.

## 6.2.5 Andre produkter fra FT-prosessen

### 6.2.5.1 Overskuddsvarme

Om lag 20-30 % av innsatsenergien vil være tilgjengelig som overskuddsvarme fra prosessen.<sup>29</sup> En del av denne varmen vil ha høy temperatur og kunne benyttes til strømproduksjon i en damp-turbine. Dette vil være lite aktuelt for et anlegg med effekt på 1-3 MW. Småskalaanlegg vil derfor kun kunne levere varme. I Norge er infrastrukturen for utnyttelse av varme lite utbygd, og biogasskilden er ofte lokalisert langt fra potensielle varmekunder. Det er derfor en utfordring å finne fornuftig anvendelse av spillvarme fra produksjonen av syntetisk biodiesel.

### 6.2.5.2 Voks og alkoholder

I syntesereaksjonen i Fischer-Tropsch-reaktoren dannes en rekke ulike hydrokarboner, fra gass til fast form. Denne prosessen kan til en viss grad justeres, slik at for eksempel får høyest forekomst av forbindelser som egner seg best til diesel. Men prosessen vil uansett avstedkomme en del produkter som ikke kan nyttegjøres som diesel. Som beskrevet i prosesskapittelet, kan lette forbindelser som metan resirkuleres til ny syntesegass. Noen lettere forbindelser, som alkoholer, kan også benyttes som bensintilsetning.

En del av produktet fra prosessen består i voks. Den kan videreforedles til diesel, men gir i mange tilfeller bedre betalt som voks enn diesel. Visse kvaliteter av FT-voks kan gi betalt over fire ganger så mye som drivstoff.<sup>30</sup>

FT-voks er et ettertraktet produkt til en rekke industrielle formål, som overflatebehandling og impregnering. Norge importerer i dag FT-voks blant annet fra Sør-Afrika.<sup>31</sup>

## 7. Teknologistatus for biogass til syntetisk diesel

Det knytter seg som nevnt stor interesse til produksjon av syntetisk biodiesel internasjonalt. Flere aktører arbeider parallelt med å utvikle teknologi til dette formålet. Det fleste jobber med fast biomasse som råstoff, noen få også med biogass. I Sverige jobber for tiden to aktører med å kommersialisere teknologi for biogass til diesel.

Tradisjonelt har produksjon av syntetisk diesel foregått i anlegg av relativt stor skala. Ved produksjon av syntetisk biodiesel fra biogass vil anleggene nødvendigvis bli mindre: Kun få steder i Norge finnes mer enn 1 mill. Nm<sup>3</sup> ren metan tilgjengelig i form av biogass, og større mengder enn 5 mill. Nm<sup>3</sup> finnes knapt. Det vil være mulig å øke produksjonen noe der man fremstiller biogass i råtnetank eller bioceller, men der gassen kommer fra deponi, er muligheten for økt produksjon ikke til stede. Dersom biogass skal benyttes som råstoff, må anlegget derfor skaleres etter råstofftilgangen – ikke omvendt.

29. Oroboros AB, Driftskalkyl

30. SEL-TRADE 2005

31. SEL-TRADE 2005

### 7.1.1 EcoPar AB

Selskapet EcoPar AB (tidl. Oroboros AB) forhandler i dag syntetisk diesel fra naturgass under merkenavnet EcoPar. Produktet blandes i Sverige av syntetiske komponenter kjøpt på verdensmarkedet. Dieselen er testet og spesialutviklet for skandinaviske forhold og har derfor bedre kuldeegenskaper enn andre typer syntetisk diesel på markedet. Produktet leveres til kunder i Sverige, Norge og Tyskland. EcoPar AB har også utviklet en egen fyringsolje de kaller BioPar Wärme; en blanding av tradisjonell bioolje og syntetisk diesel. Produktet selges nå på det svenske markedet. I tillegg har EcoPar AB jobbet med å utvikle og teste syntetisk drivstoff i jetturbiner for fly.

Selskapet vurderer også å starte produksjon av syntetisk diesel fra bioråstoff. Konkret har man jobbet med et teknologiutviklingsprosjekt der formålet er å bygge små nok fabrikker til å utnytte biogassforekomster helt ned til ca 1 million Nm<sup>3</sup> ren metan i året.

### 7.1.2 Aviosol AB

Aviosol bygget sin første pilotreaktor for biodiesel i 2006. De bygger nå sin første fullskala pilotmodul, som skal stå ferdig første halvdel av 2007. Fra annen halvdel av 2007 venter selskapet å kunne levere anlegg i ulike størrelser – fra 250 til 5.000 m<sup>3</sup> drivstoff i året – til sine kunder. De minste anleggstypene vil være best egnet for biogass, mens de store vil være for fastbiomasse.

Etter det Aviosol opplyser, vil totalvirkningsgraden på deres anlegg ligge på mellom 90 og 95 %. Av den totale energimengden vil drivstoffet utgjøre 50-65 %, resten vil være tilgjengelig i form av varme.

Selskapet jobber også med å utvikle småskala etterbehandlingsutstyr som vil gjøre det mulig behandle alt av hydrokarboner fra prosessen, slik at ressursen kan utnyttes lokalt blant annet som syntetisk diesel og alkylatbensin.

Ifølge kostnads kalkyler fra Aviosol vil produksjonskostnaden for et anlegg med årlig produksjon på 500 m<sup>3</sup> hydrokarboner ligge på ca 5,0 kr/l.<sup>32</sup> For et anlegg som er fire ganger større, vil kostnaden komme helt ned under 3,50 kr/l.

## 8. Kilder til biogass i Norge

Noen typiske avfallsfraksjoner som egner seg i biogassproduksjon, er husdyrgjødsel, kloakkslam fra renseanlegg, organisk avfall fra slakterier og næringsmiddelindustri, fiskeavfall, død oppdrettsfisk og organisk avfall fra husholdninger. Den største tilgjengelige produksjonen av biogass i Norge i dag kommer fra gamle avfallsdeponier. Siden hovedbestanddelen i biogass er metan – en over 20 ganger så effektiv drivhusgass enn CO<sub>2</sub> – er norske deponier pålagt



Labskala FT-reaktor hos EcoPar AB



Aviosols første fullskalomodul. Fra venstre Albin og Krystyna Czernichowski og Dr. Fei-Xiang Long i Aviosol AB.

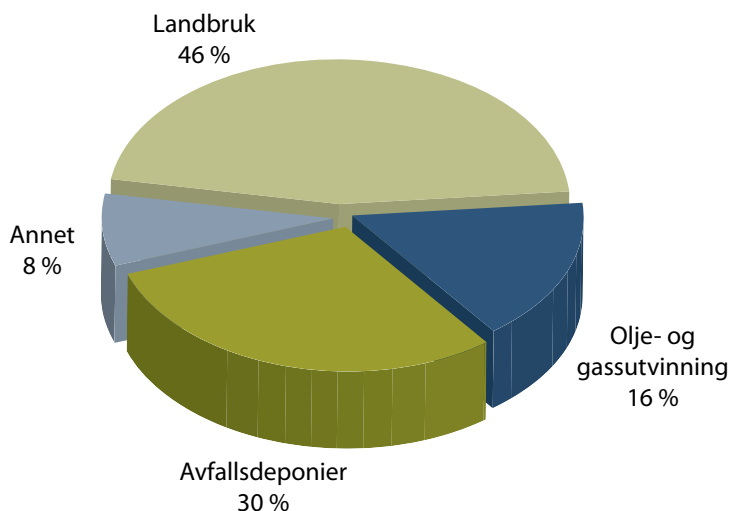
32. Kostnaden forutsetter en biogasskostnad på null.

å samle opp metangassen. Noen anlegg bruker gassen til å produsere strøm, men mange steder blir den faklet. Landbruket er riktignok en større kilde til utslipp av metan enn avfallsdeponier. Noe av gassen stammer fra selve gjødselhåndteringen, noe fra fordøyelsessystemet hos hvert enkelt husdyr. Utslipp fra landbruket er derfor fordelt på svært mange kilder, noe som også gjør det vanskelig å dra nytte av gassen.

I 2005 var det registrert 18 bioreaktorer for behandling av kloakkslam i renseanlegg her i landet, 4 anlegg for behandling av husholdningsavfall og 1 reaktor av betydning for behandling av husdyrgjødsel. Det ble også samlet deponigass fra over 41 deponier rundt om i landet.<sup>33</sup>

Det totale biogasspotensialet i Norge er beregnet til 4 TWh<sup>34</sup>. Det er trolig ikke mulig å utnytte dette fullt ut, da mange av kildene er svært spredt. Det teknisk/økonomiske potensialet er derfor anslått til 1,4 TWh.

**Utslipp av metan fordelt på kilde  
2004**



Kilde: Statistisk sentralbyrå/Statens forurensningstilsyn (SFT) 2006  
Figuren viser norske utslipp av metan fordelt på kilde. Norske deponier står for en ikke ubetydelig andel.

Biogass		
Råstoff/kilde	Tilgjengelig	Teknisk/økonomisk potensial i dag
Landbruk	2,1 TWh (361 mill Nm <sup>3</sup> )	0,2 TWh (25 mill Nm <sup>3</sup> )
Organisk avfall	0,3 TWh (55 mill Nm <sup>3</sup> )	0,1 TWh (12 mill Nm <sup>3</sup> )
Kloakkslam	0,6 TWh (90 mill Nm <sup>3</sup> )	0,1 TWh (22 mill Nm <sup>3</sup> )
Deponigass	1,0 TWh (200 mill Nm <sup>3</sup> )	1,0 TWh (200 mill Nm <sup>3</sup> )
<b>SUM</b>	<b>4,0 TWh (706 mill Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,4 TWh (259 mill Nm<sup>3</sup>)</b>

### 8.1.1 Bruk av biogass

Biogass kan benyttes direkte til koking og oppvarming, i fjernvarmeanlegg, til strømproduksjon i motor/gassturbin eller i oppgradert form som drivstoff. Det siste alternativet har fått en viss utbredelse i Sverige, der man i dag kan fylle biogass ved 68 tankstasjoner.<sup>35</sup> I Norge blir biogass i mindre grad benyttet til varme og elektrisetsproduksjon. Store deler av biogassen som fanges fra norske deponier, blir kun faklet.<sup>36</sup> Dette fordi eierne av avfallsdeponiet er pålagt å fange gassen, men i mange tilfeller lønner det seg ikke å utnytte den.

## 8.2 Biogass fra avfall og kloakkslam

Matavfall fra storkjøkken og husholdninger er godt egnet som råstoff for biogassproduksjon. Ved å

33. Lystad, H. Rent matavfall på tanken – erfaringer fra norske biogassanlegg, Fordrag Bioenergy 2005, 26.10.05, Trondheim

34. Hole, E.E.: Foredrag bioenergikonferanse SFT 25.05.05. Gass mengden som er oppgitt er biogass med varierende innhold av metan.

35. [www.miljofordon.se](http://www.miljofordon.se) 16.06.07

36. Eilev Gjerdal, SFT

samle matavfall i egne anlegg får man en kontrollert gassproduksjon, i motsetning til hva tilfellet er på et vanlig avfallsdeponi. I tillegg kan råtnerestene benyttes til jordforbedring. Denne muligheten går tapt dersom det organiske avfallet blandes med restavfall og deponeres eller brennes.

Før matavfall kan omdannes til biogass, må det behandles i en bioreaktor. Dette er en tank der avfallet gjennomgår en foråtnelsesprosess uten tilgang på oksygen. I prinsippet er dette den samme prosessen som på et avfallsdeponi, men den foregår under kontrollerte forhold.

Norske bioreaktorer er først og fremst bygget for å håndtere et avfallsproblem, ikke primært for energiproduksjon. Dette skyldes at det ikke er spesielt lønnsomt å produsere elektrisitet, og at Norge har et dårlig utbygd system for salg av varme.

### 8.2.1 Kloakkslam

Kloakk inneholder mye organisk avfall. Det er store kostnader forbundet med sluttbehandling av kloakkslam, og derfor er det å utnytte kloakk til energiformål gunstig i mange henseende. Behandlet kloakkslam er også mindre problematisk å deponere eller benytte som gjødsel enn ubehandlet slam. Slam fra kloakkrensning kan behandles i samme type anlegg som i dag behandler matavfall.

I 2001 åpnet Norges første biogassanlegg i Fredrikstad. Anlegget er bygget med gassoppgradering og er det eneste i Norge som produserer biogass med drivstoffkvalitet. Direktebruk av biogass som drivstoff er en energieffektiv måte å utnytte gassen på, men den krever store investeringer og egne gasskjøretøyer, som er om lag en halv million dyrere enn en dieslbuss. I dag går bare seks norske busser på biogass. Ekstrakostnadene har trolig også medvirket til at det ikke er bygd flere slike anlegg i Norge.



Bildet viser Mjøsanlegget ved Lillehammer. Anlegget behandler årlig 14.000 tonn matavfall fra 200.000 innbyggere i mjøsregionen.

### Biprodukter fra biogassproduksjon

Råtneresten fra en bioreaktor er godt egnet som gjødsel og kan brukes som erstatning for dagens mineralgjødsel.

Norge forbruker i dag ca 100.000 tonn mineralgjødsel årlig. Dette krever ca 1 000 GWh energi å produsere.

Det er estimert at om lag halvparten av Norges gjødselforbruk kan erstattes av råtnerest fra biogassproduksjon. Dette ville gi en energibesparelse på om lag 500 GWh, tilsvarende energien fra et Altakraftverk. En slik omlegging vil også redusere behovet for transport og forbruket av vann.

Kilde: Berg L.N, et.al. Bioenergiressurser i Norge, NVE-rapport 2003

### 8.3 Biogass fra landbruket

Det er ulike måter å utvinne biogass fra husdyrgjødsel på. De billigste og enkleste metodene for oppsamling av biogass er varianter av såkalt «tildekkede laguner», som består av en lufttett membran med innebygd system for gassoppsamling. Teknologien passer godt til store volum av delvis flytende ekskrementer med mindre mengder faste materialer; typisk avfall fra gårdsbruk med gris eller storfe. Anlegg av denne typen er utbredt, og biogassen som utvinnes, brukes til elektrisitets- eller varmeproduksjon.

En annen løsning er såkalte «complete mix digesters» som kan utnytte ekskrementer og annet organisk avfall med 2-10 % fast materiale. Disse er bedre egnet for kaldt klima, ettersom prosessen foregår i en lukket tank.

I desember 2002 åpnet det første større biogassanlegget i Norge basert på gjødsel. Anlegget ligger ved Åna kretsfengsel i Rogaland og skal produsere ca. 1 GWh energi årlig. Anlegget mottar gjødsel fra gårdsbruk i nærheten, slik at samlet mengde er 5000 m<sup>3</sup> gjødsel i året. For at driften av anlegget skal lønne seg, bør det ha tilgang til ekskrementer fra minst 300 kuer.

Husdyrgjødsel er en ressurs som grunnet geografiske forhold og små enheter er svært spredt i Norge. Gjødsel inneholder ofte mye vann, noe som fordyrer eventuell transport. Disse faktorene gjør det vanskelig å utnytte gjødsel som ressurs her til lands. Det teoretiske potensialet fra husdyrgjødsel er anslått å være hele 2 100 GWh/år, men teknisk/økonomisk er potensialet trolig ikke mer enn 200 GWh per år.<sup>37</sup> Dette tilsvarer 200 anlegg av Åna-typen.

Det teknisk/økonomiske potensialet for husdyrgjødsel vil avhenge mye av prisen på elektrisk kraft og statlige støtteordninger for grønn varme og kraftproduksjon; to faktorer som har endret seg noe siden potensialet sist ble estimert. Det er derfor grunn til å tro at potensialet for energiproduksjon av husdyrgjødsel i øyeblikket er noe høyere.

### 8.4 Biogass fra avfallsdeponier

I gamle avfallsdeponier ligger store mengder avfall og råtner. Tidligere gikk denne gassen rett opp i atmosfæren. Fordi metan er en kraftig klimagass, krever staten nå at gassen skal samles opp og behandles. Gassen fra deponiene fanges ved å legge et tett dekke på fyllingen; deretter borer man brønner hvor gassen tappes ut. Den blir deretter brent direkte i en fakkel eller benyttet til energiformål.

I 2002 ble det fanget over 30 millioner nm<sup>3</sup> ren metan fra norske deponier, noe som tilsvarer nesten 340 GWh energi. Men bare 28 prosent av gassen ble utnyttet til energiformål; resten ble faklet.<sup>38</sup> I 2006 har situasjonen bedret seg noe. Flere deponier har startet strømproduksjon, men fortsatt fakles store mengder biogass som kunne blitt utnyttet til energiformål.

37. Hole, E.E.: Foredrag bioenergikonferanse SFT 25.05.05.

38. Kilde: SFT 2002

### Oppsamlet gass ved de ti største deponiene i Norge i 2002

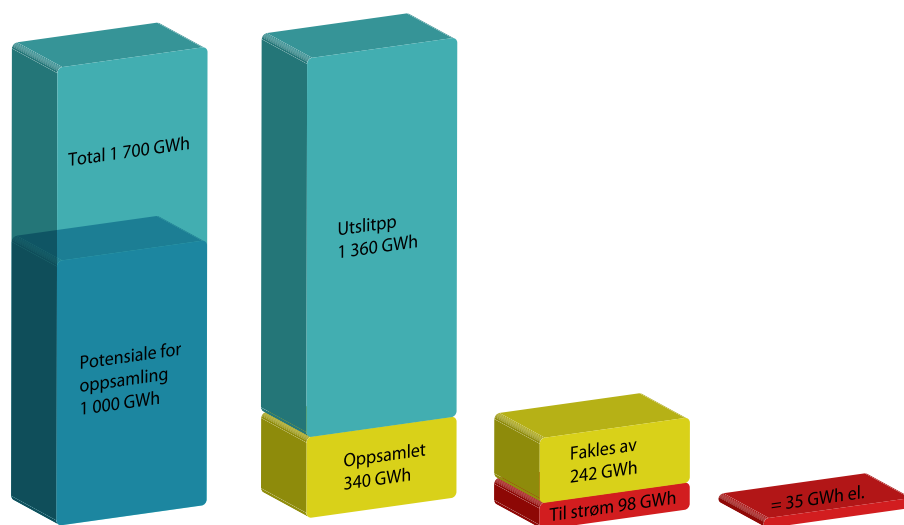
Deponi	Deponigass nm3	Metan nm3	Energi (GWh)
Grønmo avfallsdeponi (Oslo)	10 128 200	4 456 408	50
Lindum avfallsanlegg (Drammen)	6 500 000	3 315 000	38
Bøler avfallsdeponi (Skedsmo)	4 798 574	2 351 301	27
Rådalen (Bergen)	4 798 574	2 102 400	24
Sele fyllplass (Stavanger)	4 300 000	1 978 000	22
Tønsberg fyllplass (Tønsberg)	2 968 260	1 484 130	17
Bjorstaddalen (Skien)	2 495 541	1 098 038	12
Dal Skog avfallsanl. (Romerike)	1 791 361	841 939	10
Dalborgmarka (Gjøvik)	1 497 864	763 910	9
Ødegård (Årnes)	1 403 436	729 786	8

Mengden biogass som slippes ut ved avfallsdeponiene uten å fanges opp, er vanskelig å måle nøyaktig. Ifølge Stortingsmelding nr 29 (1997-98) Norges oppfølging av Kyotoprotokollen utgjorde utslippene av metan fra norske avfallsdeponier 7 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, eller 11-12 % av Norges samlede utslipp.<sup>39</sup> I dag er utslippene estimert til 2 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter årlig.<sup>40</sup> Den store reduksjonen skyldes at man har tatt i bruk nye metoder for beregning av utslipp, at mindre organisk avfall sendes til deponi og at mer av det samles opp. Utslippene tilsvarer ca 120 millioner nm<sup>3</sup> ren metan, eller ca 1 360 GWh (1,36 TWh) omregnet i energi.

Det er selvsagt ikke mulig å samle opp all gass fra norske deponier, men dersom alle store og middels store deponier drev avgassoppsamling, vil det anslagsvis kunne øke antallet biogassanlegg til 150, og den samlede energiproduksjonen til 1 000 GWh.<sup>41</sup>

Figuren til høyre viser at deponigass representerer et stort uutnyttet potensial for energiproduksjon; spesielt har vi mye å hente på å fange mer gass, men også med hensyn til utnyttelse av gassen som allerede blir samlet opp.

### Energiflyt for deponigass 2002\*



\*Utslippene fra deponigass er justert noe ned etter 2002 i henhold til nye data. Ifølge Statens forurensingstilsyn (SFT) var estimatet av 2002-utslippene for høye.

## 8.5 Andre råstoff for fremstilling av syntetisk biodiesel

Dersom fast biomasse skal anvendes som råstoff for produksjon av syntetisk diesel, vil det stort sett

39. St meld nr 29 (1997-98) Norges oppfølging av Kyotoprotokollen

40. [http://www.miljostatus.no/templates/PageWithRightListing\\_\\_\\_\\_2307.aspx](http://www.miljostatus.no/templates/PageWithRightListing____2307.aspx)

41. Martinsen, A.K. Potensial for biogass. Bioenergi 3/2002

kunne skje med samme teknologi som for biogass. Hovedforskjellen er at biogass reformeres direkte til syntesegass, mens fast biomasse – som for eksempel treflis – omdannes til syntesegass gjennom en forgassingsprosess.

I Norge peker trevirke seg ut som det viktigste råstoffet for produksjon av syntetisk diesel; her ligger det virkelig store produksjonspotensialet. Men også en rekke andre råstoff er aktuelle, for eksempel halm. Det er også mulig å dyrke spesielle energivekster til produksjonen (andre enn de vi dag benytter til matproduksjon). Det kan enten dreie seg om ulike gressarter som høstes hvert år eller energiskog som høstes hvert tredje til femte år. Dette vil gi langt større drivstoffproduksjon per hektar enn ved dyrking av rapsolje til tradisjonell biodiesel. Ifølge studier gjort i Tyskland, kan drivstoffproduksjonen firedobles ved bruk av spesialvekster.<sup>42</sup> Dette skyldes blant annet at man utnytter energien fra hele planten i produksjonen av syntetisk diesel, mens tradisjonell biodiesel-produksjon bare er i stand til å benytte seg av energien fra oljen i frøene.

### 8.5.1 Potensial for andre råstoff

For hvert tre som i dag hentes ut i norsk skogsdrift, vokser det opp tre nye. Store deler av denne skogen er ikke kommersielt tilgjengelig, likevel råtner mye skog på rot i Norge som kunne ha vært utnyttet. Norges vassdrags- og energiverk (NVE) anslår i rapport fra 2003 at økt utnyttelse av trebasert biomasse og halm i Norge har et årlig teknisk/økonomisk potensial på 22 TWh energi.<sup>43</sup> Med en moderat virkningsgrad på 40 % i en FT-prosess, tilsvarer dette 880 millioner liter diesel, eller rundt en tredel av det årlige salget av diesel i Norge. I tillegg kommer potensialet i dyrking av energivekster på brakklagt jordbruksjord.

## 9. Konklusjon

Syntetisk biodiesel gir ikke bare reduserte utslipp av klimagasser, men representerer også en betydelig forbedring av lokal utslipp sammenlignet med dagens fossile diesel. Dette vil blant annet kunne bety en forbedring av arbeidsmiljøet for de som til daglig jobber i nærheten av dieselmotorer.

Sammenlignet med dagens biodrivstoff fra jordbruksvekster har syntetisk biodiesel også den fordel at det kan produseres fra en rekke råstoff, alt fra treflis til biogass. Dette gir et langt større ressursgrunnlag for produksjon av biodrivstoff enn det vi har med dagens tradisjonelle produksjonsmetoder.

Det later ikke til å være noen teknologiske hindre for å kunne omdanne biogass til syntetisk biodiesel. Teknologien er kjent, men det er behov for nedskalering av en del av løsningene. Dette er det flere aktører som jobber med. Med litt satsning fra myndigheter og private aktører, vil det kunne leveres kommersielle anlegg i løpet av få år.

Biogass er i dag en relativt billig ressurs som blir dårlig utnyttet i Norge. Det vil derfor ikke bare være miljømessig interessant å utnytte gassen til drivstoff, men også av økonomisk interesse for de som i dag eier biogassressurser. En rekke av landets nedlagte avfallsfyllinger, som i dag er en utgift for norske avfallselskap, kan vise seg å bli kilder til høykvalitets biodrivstoff og således en inntektskilde. Større lønnsomhet ved produksjon av biogass vil også på sikt gjøre det mer interessant å øke utsorteringen av matavfall og andre fraksjoner som i dag ikke blir utnyttet optimalt.

42. [www.choren.de](http://www.choren.de)

43. Berg, L.N. m.fl.: Bioenergiressurser i Norge, NVE 2003

## 9.1 Potensial i Norge

Med utgangspunkt i anlegg med minimumstørrelse på ca 500 m<sup>3</sup>/år, vil ikke Norge være i stand til å utnytte all tilgjengelig biogass. Slike anlegg vil kreve ca 1 mill. Nm<sup>3</sup> ren metan årlig. Med depognigass som råstoff vil tilgjengelig mengde kun være ca 160 GWh, fordelt på åtte lokaliteter.

For produksjon med våtorganisk avfall og kloakkslam som råstoff er potensialet noe vanskeligere å bedømme, fordi det avhenger av behandlingsløsning og hvor mange kommuner som velger å innføre kildesortering. Hvis vi antar at det kan bygges 15 anlegg av samme type som dagens anlegg på Lillehammer, kan matavfallet til tre millioner nordmenn bli omdannet til biogass. Hvis anleggene i tillegg behandler kloakkslam og en del annet organisk avfall, kan det innebære ca 450 GWh tilgjengelig energi i form av biogass. Med hensyn til produksjon fra husdyrgjødsel er det med dagens rammebetingelser urealistisk å kunne bygge store nok anlegg til å levere 1 mill. Nm<sup>3</sup> metan. Man kan derfor ikke regne med å kunne utnytte noe av potensialet i landbrukssektoren til produksjon av biodrivstoff.

Dette betyr at vi i Norge vil kunne generere rundt 610 GWh biogass tilgjengelig i store nok mengder for produksjon av syntetisk diesel. Med en moderat virkningsgrad på 70 % (40/30 drivstoff/varme) tilsvarer dette 24 millioner liter diesel og 180 GWh varme. Dette er nok diesel til å dekke forbruket til ca 24 000 personbiler eller ca en prosent av det norske dieselforbruket.

## 10. Referanseliste

- Bakkerud, Per K.**, Update on synthesis gas production for GTL, *Catalysis Today* 106 (2005)
- Berg, L.N. m.fl.:** Bioenergiressurser i Norge, NVE 2003
- CIVITAS**, Miljøegenskaper og kostnader for busser – alternative drivstoff og motorteknologier. 2003.
- Energigården**, Biodrivstoff – Produksjonsmuligheter for landbrukssektoren i Norge, 2003
- Giltun og Lileng**, Biogass som drivstoff er ikke en fremtidsvisjon, [http://www.sft.no/arbeidsomr/luft/drivstoff/biodrivstoff250405\\_fredrikstadbiogass.pdf](http://www.sft.no/arbeidsomr/luft/drivstoff/biodrivstoff250405_fredrikstadbiogass.pdf)
- Gjerset, 2003:** Prosjektoppgave NTNU, Hydrogenprosjekt i Stavanger
- Hedemalm, P.:** Ultrarena paraffiniska drivmedel för dieselmotorer, 2006
- Hojem, Johannes F.:** ZERO-Notat: Lokale utslipp fra biodrivstoff, 2007
- Hole, E.E.:** Foredrag bioenergikonferanse SFT 25.05.05. Gassmengden som er oppgitt, er biogass med varierende metaninnhold.
- Hole, E.E. (red.):** Bioenergi – miljø, teknikk og marked, 2001.
- Kahandawala, M.S.P, et. al.:** Particulate Emission from Combustion of diesel and fischer-tropsch fuels: a shock tube study. *Energy&Fuels* mars/april 2004
- Lystad, H.** Rent matavfall på tanken – erfaringer fra norske biogassanlegg, Fordrag Bioenergy 2005, 26.10.05, Trondheim
- Martinsen, A.K.** Potensial for biogass. *Bioenergi* 3/2002
- Moulijn m.fl. 2001:** *Chemical Process Technology*, Wiley
- Nilson, Å.:** EcoPar – framtidens drivmedel för Sveaskog, 2004
- Reijerkerk, 2001:** Hydrogen filling stations commercialization, University of Hertfordshire. Volum I Hovedrapport. Volum II Appendiks
- Renewable Fuels Association (RFA)**, <http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#E>
- Sintef, 2002:** Hydrogen som energibærer. Energi- og utslippsregnskap for utvalgte energikjeder. TR A5713
- Song, Xueping, et.al.,** *Technologies for direct production of flexible H<sub>2</sub>/CO synthesis gas*, *Energy Conversion and Management* 47 (2006)
- Aasberg-Petersen K, et.al.,** Recent developments in autothermal reforming and pre-reforming for synthesis gas production in GTL applications, *Fuel processing Technology* 83 (2003)



[www.zero.no](http://www.zero.no)

**ZERO**