
Fra biomasse til biodrivstoff

Et veikart til Norges fremtidige løsninger



Papir- og fiberinstituttet AS – PFI
Zero Emission Resource Organisation - ZERO
Norsk Bioenergiforening - NoBio
Transportøkonomisk institutt - TØI

Bioforsk
KanEnergi
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet - NTNU
SINTEF
Norsk institutt for skog og landskap
Universitetet for miljø- og biovitenskap - UMB

Trondheim/Oslo, mai 2007

Forord

Det er for tiden stor interesse for biodrivstoff i Norge, både når det gjelder bruk og produksjon. Mange bedrifter vurderer å investere i produksjonsanlegg eller i andre deler av verdikjeden. I tillegg må myndighetene i økende grad ta stilling til hvilke økonomiske virkemidler som skal tas i bruk og hvilke aktører som skal få støtte for å komme i gang.

Denne rapporten, "Fra biomasse til biodrivstoff – et veikart til Norges fremtidige løsninger" skal identifisere styrker, svakheter, muligheter og trusler for norsk produksjon av biodrivstoff. Målet er å øke kunnskapsnivået og bidra til et bedre beslutningsgrunnlag (både) for bedrifter og myndigheter. Dokumentet er primært en kartlegging av dagens situasjon og mulighetene som åpner seg for mobil bruk av flytende biodrivstoff de nærmeste årene. For å se lenger inn i fremtiden og på andre mulige anvendelsesområder anbefales Forskningsrådets "Foresight 2007" som offentliggjøres andre halvår 2007.

Proessen startet med workshopen "Biodrivstoff: Norske muligheter og utfordringer" 30 - 31. august 2006, arrangert hos Papir- og fiberinstituttet AS (PFI) i Trondheim i samarbeid med Miljøorganisasjonen ZERO, Norsk Bioenergiforening (NoBio), Transportøkonomisk institutt (TØI) og Forskningsrådet.

Deltakelsen var over all forventning, med over 80 deltakere. De fleste kom fra industri, skogbruk, landbruk og oljenæring. Det ble holdt en rekke innlegg, og deltakerne kom med mange synspunkt og nyttige innspill som gjenspeiles i denne rapporten.

7. mars 2007 ble det arrangert en ny workshop for å følge opp arrangementet i Trondheim høsten 2006. Denne gangen ble arrangementet avholdt hos TØI i Oslo, med ca. 80 deltakere.

Det øvrige arbeidet har vært gjennomført i prosjektmøter og gjennom informasjonsutveksling mellom deltakerne i prosjektet og styringsgruppa.

Den første workshopen representerte starten på veikartprosessen. Det ble satt ned en kjernegruppe som har hatt overordnet ansvar for å drive frem prosessen. Denne gruppen har bestått av Per Nygård (PFI), Johannes Fjell Hojem (ZERO), Rolf Hagman (TØI) og Andreas Bratland (NoBio).

I tillegg har den nødvendige bredden i prosjektet blitt sikret ved opprettelsen av en ressursgruppe bestående av Michael Støcker (SINTEF), Judit Adam (NTNU/SINTEF), Peter Bernhard (KanEnergi), Ragnar Eltun (Bioforsk), Petter H. Heyerdahl (UMB), Bjørn Langerud (Skog og landskap) og Karin Øyaas (PFI).

Økonomisk støtte til arbeidet har i hovedsak vært gitt av

- Norges forskningsråd
- Innovasjon Norge
- Miljøverndepartementet
- Landbruks- og matdepartementet

I tillegg har Norges Skogeierforbund og industribedriftene Statoil, Hydro/Norske Skog og Borregaard bidratt med kompetanse og noe økonomisk støtte. Disse har sammen med Norges forskningsråd og Innovasjon Norge også utgjort en styringsgruppe som har fulgt prosessen med råd og veiledning.

Sammendrag

Global oppvarming som følge av vårt høye bruk av fossil energi er trolig en av vår tids største utfordringer. Skal vi takle denne utfordringen, må vi ta mange ulike løsninger i bruk. På kort og mellomlang sikt vil biodrivstoff trolig være et viktig virkemiddel for å redusere utslippene fra transportsektoren. Med dagens teknologi har ikke Norge de samme naturgitte forutsetningene for å produsere biodrivstoff som mange andre land i verden. Men med satsing på nye typer biodrivstoff kan Norge erstatte en betydelig andel av sitt fossile drivstofforbruk med egenprodusert biodrivstoff.

Norge er i dag i startgropa når det gjelder biodrivstoff. I noen år har biodiesel basert på fiskeavfall dominert, men nå etableres en betydelig produksjon av biodiesel, hovedsakelig basert på importert rapsolje. Forbruket av biodrivstoff har foreløpig knapt vært synlig på statistikken, men lavinnblandet biodiesel blir nå fasett inn av flere oljeselskap.

På utviklingsfronten er det stor interesse og flere aktører utreder mulighetene for produksjon av såkalt andre generasjon biodrivstoff, som i hovedsak vil være basert på celluloseholdige råvarer. Blant de store aktørene er Hydro og Norske Skog – som vurderer produksjon av syntetisk biodiesel fra skogsråvarer – og Borregaard, som utreder etanolproduksjon i forbindelse med sin treforedlingsindustri.



Første generasjon biodrivstoff omfatter i hovedsak biodiesel basert på fettholdige råvarer og bioetanol basert på karbohydratholdige råvarer. I tillegg kan biogass enkelt produseres ved å la energirikt råstoff råtne i store lukkede tanker, men dette vil kreve en ny/egen drivstoffinfrastruktur.

Ved produksjon av andre generasjon biodrivstoff representerer plantematerialer som trevirke, energiskog og landbruksavfall en viktig biomasseressurs. Disse råvarene inneholder betydelige mengder karbohydrater i form av cellulose og hemicellulose, som kan omdannes til etanol. Etanol kan produseres i ulike prosesser, der fysiske (for eksempel maling, dampeksplasjon), kjemiske (for eksempel syrer, baser) og bioteknologiske metoder (for eksempel enzymer, mikroorganismer) er viktige verktøy. Syntetisk biodiesel kan produseres ved å gassifisere hele biomassen til såkalt syntesegass i en luftfri prosess. Denne gassen må så renses og omformes til flytende alkaner i nærvær av ulike katalysatorer. For begge prosesser vil det gå flere år før produksjonsteknologiene er kommersialisert og fullskalaanlegg foreligger. I tillegg til det store råvarepotensialet har andre generasjon biodrivstoff en større klimagevinst enn første generasjon biodrivstoff.

Foreløpig har få bedrifter etablert satsing på biodrivstoff i Norge, men mange miljøer har relevant kompetanse. Et av Norges fortrinn er vår lange erfaring innen prosessindustri, som treforedling og olje/gass. I tillegg har mange norske aktører kunnskap innen høsting, transport og bearbeiding av biomasse.

Norge har i dag relativt lite overskudd av jordbruksareal. Det er derfor først og fremst skog som vil kunne bli et viktig råstoff for biodrivstoff. I tillegg kan det være økonomisk interessant å utnytte en del avfallsfraksjoner fra jordbruket og en del våtorganisk avfall og deponigass. Fra skog vil det anslagsvis være mulig å ta ut så mye som 20 TWh i året, i tillegg til dagens uttak. Ulike avfallsfraksjoner vil i tillegg kunne gi ca. 4 TWh, inklusive halm fra jordbruket. Prisen på

skogsråvarer levert til store sentrale produksjonsanlegg vil være ca 20 øre/kWh inkludert transport. Prisen på avfallsråvarer og halm vil ofte være lavere, men ressursene er mer spredt.

Storskala norsk produksjon av biodrivstoff basert på norske råvarer blir stor sannsynlighet mulig om 4-6 år. Om 10-20 år vil norskprodusert biodrivstoff basert på bærekraftig utnyttelse av norske råvarer kunne dekke 20-30 prosent av behovet i veitrafikken. En slik satsing vil også kunne gi nærmere 10.000 nye arbeidsplasser, primært i distriktene.

For at Norge skal bli en stor produsent av biodrivstoff, er det nødvendig med langsiktige rammevilkår for industrien. Et omsetningspåbud for biodrivstoff kan være et slikt virkemiddel. I tillegg vil både statlige og private investeringer i forskning og utvikling (FoU), og statlig investeringstøtte være viktig for å etablere de første store produksjonsanleggene. Dette vil på sikt kunne gjøre Norge til en leverandør av teknologiløsninger til en stadig voksende internasjonal biodrivstoffindustri.

Innhold

Forord.....	1
Sammendrag.....	2
Innhold	4
1 Innledning.....	6
1.1 Global oppvarming	6
1.2 Biodrivstoff som klimatiltak.....	6
1.3 Norsk produksjon av biodrivstoff.....	7
2 Dagens biodrivstoffstatus i Norge.....	9
2.1 Dagens produksjon	9
2.2 Distribusjon og bilpark	10
2.3 Nye initiativ	11
2.4 Virkemidler og planer om innfasing.....	12
3 Aktuelle biodrivstoff og produksjonsteknologier.....	14
3.1 Første generasjon biodrivstoff	14
3.1.1 Etanol	14
3.1.2 Biodiesel.....	14
3.1.3 Biogass	15
3.2 Andre generasjon biodrivstoff	16
3.2.1 Etanol	16
3.2.2 Andre bioalkoholer.....	17
3.2.3 Syntetisk biodiesel.....	17
3.2.4 DME	18
3.2.5 Algediesel.....	18
4 Norske kompetansemiljøer.....	19
4.1 Aktuelle kompetanseområder	19
5 Biomasseressurser i Norge	21
5.1 Skogbruk.....	21
5.1.1 Ressurser, avvirkning og energipriser	22
5.1.2 Utfordringer for økt avvirkning.....	24
5.2 Jordbruk	24
5.2.1 Ressurser og energipriser	25
5.2.2 Fremtidsutsikter.....	27
5.3 Energiråvarer fra avfall.....	28
5.3.1 Biogass	28

5.3.2	Biogass som drivstoff.....	30
5.3.3	Rivningsavfall.....	30
5.3.4	Fettholdig avfall.....	30
5.4	Samlede biomasseressurser i Norge.....	31
6	Utfordringer for økt produksjon og bruk.....	32
6.1	Global produksjon og utfordringer for vekst.....	32
6.2	Norske råvarers konkurransekraft.....	33
6.3	Økt etterspørsel etter biomasse.....	34
6.4	Konkurransekraft mot andre drivstoff.....	34
6.5	Konkurransekraft mot andre CO ₂ -reduserende tiltak.....	36
6.6	Distribusjon, salg og bruk.....	36
6.6.1	Bioetanol.....	36
6.6.2	Biodiesel.....	37
6.6.3	Biogass.....	38
7	Forventede miljø- og samfunnskonsekvenser.....	39
7.1	Global oppvarming.....	39
7.2	Lokal og regional forurensning.....	40
7.3	Arbeidsplasser og næringsutvikling.....	40
7.4	Behov for sertifiseringssystem.....	41
8	Fremtidig satsing og utvikling.....	42
8.1	Norsk utvikling av andre generasjon biodrivstoff.....	42
8.2	Nødvendige prioriteringer og forvaltningstiltak.....	43
8.3	Norske råstoff egnet for biodrivstoff.....	44
8.4	Aktuelle foredlingsteknologier.....	44
9	Konklusjon.....	46
10	Appendiks: Oversikt over norske kompetansemiljøer.....	47
10.1	Forskningsmiljø.....	47
10.2	Industri.....	48
10.3	Aktører i transportnæringen.....	50
10.4	Organisasjoner.....	50
10.5	Offentlig forvaltning.....	51

1 Innledning

1.1 Global oppvarming

Global oppvarming som følge av menneskeskapte klimagassutslipp kommer stadig høyere på den internasjonale politiske agendaen. FNs klimapanel IPCC la frem sin fjerde hovedrapport 2. februar 2007¹. Rapporten bringer ytterligere dokumentasjon og bekrefter i hovedsak tidligere rapporter. Den konkluderer at hoveddelen av den observerte økningen i verdens gjennomsnittstemperatur siden midten av 1900-tallet svært sannsynlig skyldes økning av menneskeskapte drivhusgasser, og at sannsynligheten for at denne oppvarmingen skyldes naturlige klimaprosesser alene er mindre enn 5 prosent. Globale atmosfæriske konsentrasjoner av karbondioksid, metan og nitrogenoksid har økt markant som et resultat av menneskelig aktivitet siden 1750 og er nå langt over før-industrielle verdier. Rapporten peker også på at både tidligere og fremtidige menneskelige utslipp av drivhusgasser vil fortsette å bidra til oppvarming og stigning i havnivå i mer enn ett tusenår.

Den britiske økonomen Nicholas Stern presenterte 30. oktober 2006 den hittil trolig mest omfattende analysen² av de globale økonomiske konsekvensene forårsaket av menneskeskapte klimaendringer. Hovedkonklusjonen er at verdenssamfunnet fra nå av årlig må investere 1 prosent av den globale produksjonen (GDP) for å motvirke negative økonomiske konsekvenser av menneskeskapte klimaendringer. Rapporten hevder at klimaendringene kan føre til den største og mest omfattende globale økonomiske tilbakegangen noensinne, større enn både de to verdenskrigene og den store depresjonen i 1930-årene.

1.2 Biodrivstoff som klimatiltak

Bærekraftig bruk av biodrivstoff bidrar ikke til å øke konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren. Dette er fordi karbonet i biodrivstoff er del av den levende karbonsyklusen, i motsetning til karbonet i fossilt drivstoff, som har vært tatt ut av kretsløpet og blitt akkumulert i løpet av millioner av år. Utslipp av CO₂ fra forbrenning av bærekraftig produsert biodrivstoff balanseres av et tilsvarende opptak av CO₂ i den levende biomassen på jorda. Slik bruk av biodrivstoff medfører dermed ikke netto tilskudd av CO₂ til atmosfæren.

Graden av bærekraft for en gitt type biodrivstoff avhenger primært av hvor mye fossil energi som brukes i biodrivstoffabrikken og i forbindelse med innhøsting og dyrking av biomassen. I tillegg har utslipp av klimagassen lystgass (N₂O) fra dyrket mark en negativ effekt på gevinsten ved å erstatte fossilt drivstoff med biodrivstoff. Våren 2007 har det både i Norge og internasjonalt vært mange medieoppslag om miljøskadelige biodrivstoff. For å gå i dybden av disse problemstillingene kan rapporten "Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context" anbefales³. Rapporten viser blant annet at biodrivstoffet som produseres i Europa i dag, gir betydelig reduksjon i utslippet av klimagasser, og at de nye produksjonsmetodene gir netto CO₂-reduksjon på over 90 prosent.

Et viktig tiltak for å kutte utslippet av fossilt CO₂ er derfor å erstatte en stadig større andel av det fossile drivstoffet med biodrivstoff. Dette er blant annet nedfelt i EUs biodrivstoff-direktiv

¹ "Climate Change 2007: The Physical Science Basis" IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Paris, February 2, 2007

² "Stern Review Report on the Economics of Climate Change", Cambridge University Press, 2006, ISBN number: 0-521-70080-9

³ "WELL-TO-WHEELS ANALYSIS OF FUTURE AUTOMOTIVE FUELS AND POWERTRAINS IN THE EUROPEAN CONTEXT", WELL-to-WHEELS Report Version 2c, March 2007, http://ies.jrc.cec.eu.int/media/scripts/getfile.php?file=fileadmin/H04/Well_to_Wheels/WTW/WTW_Report_010307.pdf

fra 2003⁴, der et viktig mål er en omsetningsandel på 5,75 prosent målt i energiinnhold innen utgangen av 2010. Soria Moria-erklæringen til inneværende norske regjering sier at *”Regjeringen vil igangsette et introduksjonsprogram for bruk av biodrivstoff i tråd med EU-direktiv 2003/30/EF.”*⁵

Langsiktig stigende priser på olje og andre fossile energiresurser, samt at gjenværende ressurser i økende grad finnes i politisk ustabile områder, er også med på å gjøre biodrivstoff stadig mer interessant. Dette til tross for at produksjonskostnadene for biodrivstoff foreløpig overskrider prisen på fossilt drivstoff. Selv om Norge fortsatt vil utvinne egen olje i mange år, er oljeproduksjonen fra norsk sokkel på vei ned.

Biodrivstoff er foreløpig den eneste fornybare og potensielt klimanøytrale energibæreren som kan erstatte fossilt drivstoff til lange reiser og langtransport utenfor jernbanenettet. Det vil si reiser og transportoppdrag på 150 kilometer eller mer, med personbil, lastebil, buss, skip og fly.

Lavutslippsutvalget påpeker også i sin rapport *”Et klimavennlig Norge”*⁶ at bruk av biodrivstoff vil bli svært viktig for at Norge skal klare å kutte sine klimagassutslipp med to tredeler innen 2050 (se også Figur 1):

I 2050 er kjøretøyflåten således delt 50/50 mellom lavutslipps- og nullutslippskjøretøy.

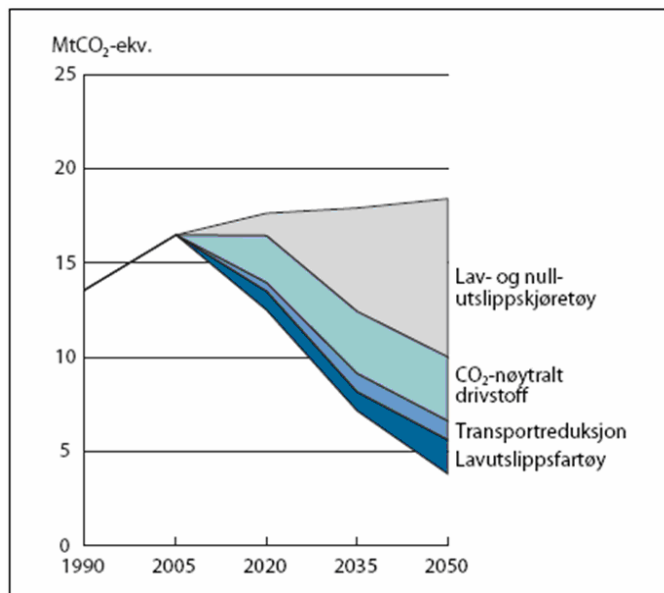
Nullutslippskjøretøy er elbiler og/eller brenselcellebiler basert på hydrogen som drivstoff. Lavutslippskjøretøyene har en biodrivstoffandel på 80 prosent

Den norske veitrafikken bruker nå ca. 40 TWh⁷ fossilt drivstoff og står for ca. 20 prosent av Norges utslipp av fossilt CO₂.

1.3 Norsk produksjon av biodrivstoff

Lavutslippsutvalget skriver også at biodrivstoff *”i noen grad kan produseres i Norge”*. Og det er nettopp mulighetene for norsk produksjon, og da i hovedsak produksjon basert på norske ressurser, som belyses i denne rapporten.

I ressurskartleggingen har vi i denne rapporten identifisert til sammen ca. 24 TWh uutnyttet biomasse som innenfor en bærekraftig forvaltning og med dagens teknisk-økonomiske begrensninger kan utnyttes til bioenergi. Dersom vi forutsetter at om lag halvparten av



Figur 1: Illustrasjon av tiltak og reduksjoner i årlige utslipp fra transport. Kilde: Lavutslippsutvalget

⁴ “DIRECTIVE 2003/30/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport”, Official Journal of the European Union, 17.5.2003, http://ec.europa.eu/energy/res/legislation/doc/biofuels/en_final.pdf

⁵ Plattform for regjeringssamarbeidet mellom Arbeiderpartiet, Sosialistisk Venstreparti og Senterpartiet, Soria Moria, 13. oktober 2005,

<http://www.regjeringen.no/upload/kilde/smk/rap/2005/0001/ddd/pdfv/260512-regjeringsplattform.pdf>

⁶ “Et klimavennlig Norge”, Norges offentlige utredninger (NOU), 2006: 18, Oslo, 4. oktober 2006

⁷ En TWh er en milliard kilowattimer - kWh. Energiinnholdet i en desiliter diesel er ca. 1 kWh. I en desiliter etanol er det litt mindre energi. For lettere å kunne sammenlikne energimengder i ulike typer råstoff og ferdigvarer bruker vi i dette dokumentet som oftest TWh.

energiinnholdet kan konverteres til biodrivstoff (resten blir i hovedsak varmeenergi og noe elektrisitet), betyr det at vi kan produsere 12 TWh biodrivstoff basert på norske råvarer.

Det er sannsynlig at både videre vekst i veitrafikken og behovet i skips- (23 TWh) og flytrafikken (8 TWh) tilsier et fremtidig behov for en betydelig andel import, enten av ferdig biodrivstoff eller råvarer til produksjon av biodrivstoff. Men det er også mulig å få et mye større utbytte fra biodrivstofffabrikkene ved å tilføre ekstern energi. Dette vil beskrives nærmere i Forskningsrådets studie "Foresight 2007", som offentliggjøres andre halvår 2007.

Transportsektoren er ikke alene om å konkurrere om en fremtidig økt utnyttelse av norsk biomasse. Fjernvarme, metallindustri og produksjon av papir, sponplater og kjemiske produkter vil konkurrere om de samme ressursene. Men fordi stasjonære utslippskilder i økende grad har CO₂-frie energialternativer og bedre muligheter for å rense og deponere CO₂, vil transportsektoren stå igjen med den høyeste betalingsviljen i fremtiden. Dersom vi da antar at transportsektoren i løpet av noen tiår vil betale den høyeste prisen og representere det største markedet for fornybart karbon, vil det være fornuftig å optimalisere biomasseindustrien for biodrivstoff. Dette kan gjøres ved at man bygger fabrikker som produserer så mye drivstoff som mulig, samtidig som man får ut betydelige mengder restprodukter i form av varmtvann til fjernvarme, kjemiske produkter og biokarbon til metallindustrien.

2 Dagens biodrivstoffstatus i Norge

2.1 Dagens produksjon

Produksjon av første generasjon biodrivstoff trappes nå kraftig opp i Norge. Bakgrunnen for investeringene er at både Norge og de andre landene i Europa i økende grad innfører avgiftslettelser, omsetningspåbud og distribusjonspåbud for biodrivstoff. Her har første generasjon biodrivstoff en viktig funksjon. Dette ikke bare fordi det gir et betydelig bidrag i kampen for CO₂-kutt, men også fordi det bygger markedsmekanismer og er en drivkraft for teknologiutvikling innen andre generasjon biodrivstoff. De mange insentivene og reguleringene har skapt et stort og økende marked for biodrivstoff, både for bruk i Norge og eksport til resten av Europa. Frem til nå er en del biodiesel blitt produsert fra norske råvarer i form av fiskeavfall, men den store produksjonskapasiteten som etableres nå, blir i stor grad basert på importerte råvarer – primært raps og soya.

Estra i Trøndelag har lenge vært Norges største produsent av biodiesel. Bedriften produserte tidligere ca. 10 millioner liter i året basert på fiskeolje. De har nå stoppet denne produksjonen, dels fordi verdien av foredlet fiskeolje har økt og dels fordi biodiesel produsert fra fiskeolje gir for høyt jodtall til å oppfylle den europeiske standarden EN 14214 for biodrivstoff. Estra importerer nå i stedet rapsoljebasert biodiesel fra Danmark som de selger fra sine tankanlegg i Trøndelag.

Rundt Oslofjorden etableres det nå flere store produksjonsanlegg for første generasjon biodiesel. BV Energi er allerede i gang med produksjon på Dyneas tidligere limfabrikk i Sætre på Hurum (se Figur 2). Produksjonen er basert på importert rapsolje. Bedriften regner med å produsere mellom 100 og 200 millioner liter i 2007 og 300 millioner liter når anlegget er fullt utbygd fra og med 2008. I tillegg planlegger Uniol i Fredrikstad å etablere produksjon av første generasjon biodiesel med en årlig kapasitet på ca. 100 millioner liter. I Bergensområdet er det også en viss produksjon og planer om opptrapping både hos Biodrivstoff AS og Milvenn AS. Dersom de nye anleggene blir fullt utbygd som



Figur 2: BV Energi. Foto: Scanpix

planlagt, vil Norge i løpet av et drøyt år ha etablert en produksjonskapasitet på nesten 20 prosent av dagens forbruk av diesel. Ut fra begrensningene i dagens bilpark er det derfor sannsynlig at Norge i en periode vil være netto eksportør av biodiesel, men da basert på import av mesteparten av råvarene.

Bioetanol til drivstoffformål er foreløpig på utrednings- og utviklingsstadiet i Norge. Borregaard har riktignok siden før 2. verdenskrig årlig produsert ca. 20 millioner liter etanol som et biprodukt fra treforedling. Men på grunn av manglende marked, infrastruktur og tollvern blir denne etanolen levert til andre formål.

Biometan, det vil si biogass hvor CO₂ og andre uønskede komponenter er fjernet, har siden desember 2001 blitt produsert av FREVAR i Fredrikstad. Produksjonen er basert på kloakkslam og matavfall og forsyner seks busser og noen personbiler fra egen pumpe. Personbilene er såkalte bi-fuelbiler med både gass- og bensintank og kan dermed veksle mellom biometan, naturgass (fossil metan) og bensin.

2.2 Distribusjon og bilpark

I skrivende stund finnes 15-20 utsalgssteder for rent eller høyinnblandet biodrivstoff i Norge. E85, en blanding av 85 prosent bioetanol og 15 prosent bensin, fås kjøpt på fem Statoil-stasjoner i landet. Biogass selges hos FREVAR i Fredrikstad. Resten av utsalgsstedene tilbyr biodiesel. Estra har ifølge sine nettsider fire utsalgssteder. I tillegg har Hydro Texaco/YX Energi og noen frittstående aktører pumper med ren biodiesel.

Noe av årsaken til den begrensede distribusjonen er at få personbiler er fabrikkgodkjent for å gå



på rent eller høyinnblandet biodrivstoff. Per mars 2007 fantes drøyt 500 fabrikkbygde bioetanolbiler i Norge. Dette er biler der drivstoffsystemet er tilpasset for å kunne veksle mellom ren bensin og inntil 85 prosent etanol.

I tillegg er det anslått at ca 20.000 diesalbiler fra VW, Audi og Skoda fra slutten av 1990-tallet og begynnelsen av 2000-tallet er godkjent for å gå på ren biodiesel. Per mars 2007 har ingen nye diesalbiler på det norske markedet slik fabrikkgodkjennelse.

Derimot er en lang rekke lastebilmodeller nå godkjent for biodiesel. Ifølge biodieselprodusenten BV Energi er alle modeller fra MAN og Scania godkjent for EN 14214-drivstoff. DAF gir garantier på de fleste kjøretøy, mens Mercedes-Benz har godkjent noen av modellene. Volvos lastebiler tillater foreløpig bare fem prosent innblanding.

Det er for tiden stor interesse for å bruke E85 og biodiesel i Norge, og i påvente av at oljeselskapene skal bygge ut flere pumper, vurderer både bilflåteeiere, bilimportører og andre aktører utenfor oljebransjen å sette opp egne pumper.

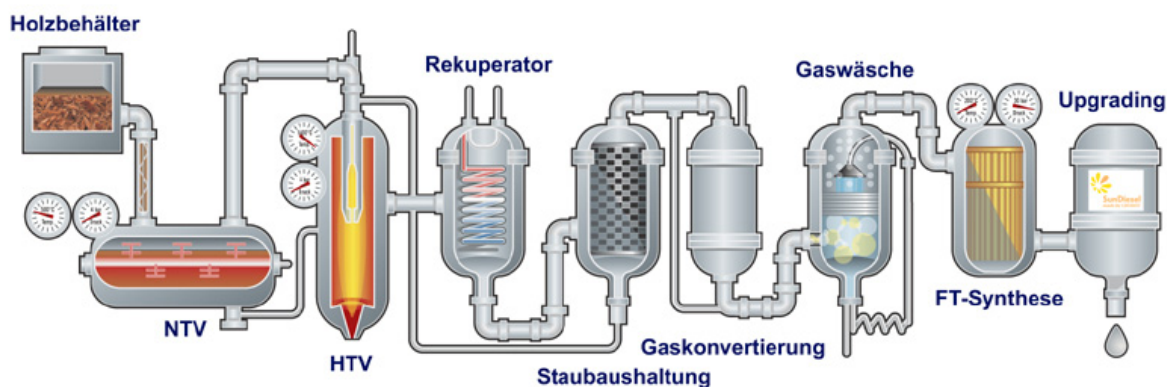
Det største volumet av biodrivstoff vil de første årene trolig bli solgt innblandet i vanlig bensin eller diesel. CEN-standard for drivstoff, som også gjelder for Norge, tillater innblanding av inntil fem volumprosent etanol i vanlig bensin eller EN 14214-biodiesel i vanlig diesel. Teknisk sett er det imidlertid ikke noe i veien for at denne grensen blir satt høyere, noe som muligens vil skje i løpet av de nærmeste årene. I USA har man til sammenlikning valgt å sette 10 prosent som maksimalt innhold av biodrivstoff i vanlig bensin for bruk i biler som ikke er særskilt tilpasset biodrivstoff.

Hydro Texaco/YX Energi har praktisert 2-5 prosent innblanding av biodiesel i Sør Norge siden slutten av 90-tallet. Statoil begynte ved årsskiftet 2006/07 med lavinnblanding av biodiesel i den vanlige autodieselkvaliteten på en del stasjoner på Østlandet. Også flere andre oljeselskap begynner nå med lavinnblanding av biodiesel i den vanlige dieselen. Både myndigheter og oljeselskapene legger opp til at etanol skal blandes inn i vanlig bensin med inntil fem volumprosent.



Das Carbo-V® Verfahren

Gewinnung von SunDiesel aus Biomasse



Figur 3: Prinsippskisse av produksjonsanlegg for andre generasjon biodiesel.

2.3 Nye initiativ

Hydro og Norske Skog gjennomfører nå en mulighetsstudie⁸ for produksjon av biodiesel basert på trevirke, såkalt andre generasjon biodiesel. (Se Figur 3, prinsippskisse for et tilsvarende anlegg fra tyske CHOREN.) Siktemålet er å bygge et fullskala produksjonsanlegg innen drøye fem år. Dersom dette viser seg mulig, vil mye av råvarene være norsk energivirke.

Papir- og fiberinstituttet AS (PFI) koordinerer et prosjekt⁹ som ser på mulighetene for å utnytte lignin-fraksjonen av trevirket til fremstilling av bioolje ved hjelp av pyrolyse. Biooljen kan videreforedles til biodrivstoffkomponenter og andre kjemikalier. Slik teknologi kan gjøre bioetanolfremstilling fra cellulose- og hemicellulosefraksjonen mer lønnsom. Et slikt konsept er et skritt i retning av å etablere et bioraffineri, altså et biomassebasert anlegg for samproduksjon av materialer, kjemikalier og drivstoff, samt kraft og/eller varme. Prosjektet har mange partnere fra industri, FoU-institusjoner og skogsektoren, deriblant Statoil, Estra og Universitetet i Bergen. Prosjektet er støttet av programmet Renergi i Forskningsrådet. I tillegg har en rekke store industrielle aktører den siste tiden deltatt i utredninger organisert av rådgivningsselskapet KanEnergi¹⁰ og i egen regi.

Borregaard er per i dag en av de viktigste aktørene som utvikler ny teknologi for produksjon av bioetanol. I tillegg har det nystartede Bergensfirmaet Weyland AS fått finansiering fra Forskningsrådet og industrien til å bygge et pilotanlegg for en ny prosess for fremstilling av

⁸ "Biodrivstoff fra trevirke – en mulighetsstudie", foredrag ved workshopen "Biodrivstoff: norske muligheter og utfordringer" av Helle Brit Mostad, 30.-31. august 2006
http://www.pfi.no/workshop/Foredrag/Helle_Brit_Mostad.pdf

⁹ "Bioraffineri basert på trevirke", foredrag ved workshopen "Biodrivstoff: norske muligheter og utfordringer" av Karin Øyaas, 30.-31. august 2006,
http://www.pfi.no/workshop/Foredrag/Karin_Øyaas.pdf

¹⁰ "Produksjon og bruk av syntetisk biodiesel i Norge", foredrag ved workshopen "Biodrivstoff: norske muligheter og utfordringer" av Peter Bernhard, 30.-31. august 2006,
http://www.pfi.no/workshop/Foredrag/Peter_Bernhard.pdf

bioetanol fra blant annet rivningsvirke og papir. Weyland har utviklet en prosess der sterksyre brukes til å produsere sukker fra celluloseholdig råstoff som videre kan omformes til etanol. Nylig ble det nordiske forskningsprosjektet "New, innovative pretreatment of Nordic wood for cost-effective fuel-ethanol production" satt i gang. Målsetningen er å utvikle mer effektive forbehandlingsmetoder for å få mest mulig etanol ut av trevirke. Prosjektet er støttet av Nordic Energy Research og pågår frem til 2010. Fra industrien deltar Norges Skogeierforbund, Borregaard, Statoil, Norske Skog, Novozym og SEKAB, mens PFI (koordinator), SINTEF, STFI-Packforsk, VTT og Prokaria deltar på forskningssiden.

Miljøstiftelsen ZERO har med støtte blant annet fra Forskningsrådets RENERGI-program samarbeidet med flere svenske aktører for etablering av en småskala fabrikk for produksjon av syntetisk biodiesel i Norge. En biogassaktør på Lillehammer vurderer nå å bygge en slik fabrikk for å utnytte lokal deponigass.

Blant flere norske initiativ i utlandet bør nevnes BioDiesel Ltd / Biodiesel Norge, som har base i Stavanger. Selskapet jobber for tiden med et planteprosjekt i Ghana der man planter jatropha for å revegetere et område ødelagt av gruvedrift. Jatrophanøtter er ikke spiselige for mennesker eller dyr, gir relativt stort utbytte av olje og kan vokse under svært tørre og næringsfattige forhold (ned til 300 millimeter nedbør pr år) der matproduksjon er uegnet. BioDiesel Norge har allerede begynt å levere biodiesel i EN 14214-kvalitet, basert blant annet på olje fra jatrophanøtter.

2.4 Virkemidler og planer om innfasing

EU har siden 2003 hatt som målsetning at andelen biodrivstoff i transportsektoren innen 2010 skal være 5,75 prosent, målt i energiprosent. Nå fokuserer imidlertid EU mer på det nydefinerte omsetningsmålet på 10 prosent i 2020. I tillegg ser vi økende fokus på Well-to-Wheel-besparelse av klimagasser ("fra kilde til bruk") og bærekraftig produksjon av biodrivstoff.

Når det gjelder offentlige virkemidler for å fase inn biodrivstoff, legges det nå større vekt på avgiftsreduksjoner, og mindre vekt på omsetningsforpliktelser og andre reguleringer. Omsetningspåbud innebærer at en angitt andel av oljeselskapenes drivstoffomsetning skal være biodrivstoff. I skrivende stund har sju EU-land iverksatt et slikt omsetningspåbud, mens en lang rekke land vurderer å gjøre det.

Fem prosent innblanding av biodiesel i vanlig diesel, såkalt B5 og tilsvarende E5 for etanol i bensin, gir størst utslag på omsetningsstatistikken de første årene. Dette er drivstoffkvaliteter som kan brukes i alle kjøretøy uten tekniske endringer.

For å nå en omsetning på 5,75 prosent og etter hvert 10 prosent må også en del av forbruket utgjøres av rent eller høyinnblandet biodrivstoff. De viktigste kvalitetene er foreløpig E85 (85 prosent etanol og resten bensin) og B100 (100 prosent biodiesel). Enkelte bilprodusenter godkjenner alle kjøretøy for E10 og B30, og i løpet av noen år er det mulig at hele bilindustrien som leverer på det europeiske markedet, blir enige om å godkjenne alle kjøretøy for 10 prosent innblanding i alt drivstoff.

I Norge har biodiesel siden 1999 vært fritatt mineraloljeavgift (kr 3,02 per liter) og CO₂-avgift (kr 0,54 per liter). Samlet har dette gitt en klar prisfordel for biodrivstoff, men først det siste året har prisfordelen blitt så stor at oljeselskapene har begynt å selge B5 i større omfang. B100 har vært tilgjengelig på noen få utsalgssteder og er primært blitt solgt til bruk i tunge kjøretøy.



E85 fikk fritak både for bensinavgift (kr 4,17 per liter) og CO₂-avgift (kr 0,80 per liter) med virkning fra 1. juli 2006. Avgiftsfritaket gjelder dersom bioetanol er hovedbestanddel i drivstoffet, og da gjelder fritaket også for andelen bensin. Det finnes imidlertid foreløpig så få bioetanolbiler i Norge at E85 gir et marginalt bidrag til andelen omsatt biodrivstoff.

E5 er foreløpig bare fritatt for CO₂-avgift på andelen innblandet bioetanol. Bensinavgift på kr 4,17 per liter ilegges med full sats også på andelen bioetanol. Så lenge det ikke er omsetningspåbud for biodrivstoff, og bioetanol koster vesentlig mer i innkjøp, vil derfor ikke oljeselskapene begynne med E5.

Avgiftsreduksjoner for enkelte typer biodrivstoff er foreløpig det eneste offentlige virkemiddelet for å fase inn bruk av biodrivstoff i Norge. I forbindelse med revidert nasjonalbudsjett har myndighetene sendt ut på høring et forslag om 2 prosent omsetningspåbud for biodrivstoff i 2008 med opptrapping til 5 prosent i 2009. Videre har regjeringen signalisert et ikke-forpliktende mål om 7 prosent omsetning i 2010 og foreslått å redusere engangsavgiften for bioetanolbiler med kr 10.000.

Fra 2008 innføres differensiert årsavgift på personbiler i Norge. Dette er en mulighet til å stimulere til økt salg og bruk av biler som kan gå på en høyere andel biodrivstoff enn fem prosent.

Sverige er kanskje det landet i verden som har gått lengst i bruken av offentlige virkemidler for å fase inn biodrivstoff. Der har myndighetene gitt en rekke skatte- og avgiftsfordeler både på drivstoff og kjøretøy. Blant annet reduseres fordelsbeskatningen for firmabiler med 20 prosent av bilverdien for bioetanolkjøretøy, og 40 prosent for bi-fuel kjøretøy (bio-/naturgass/bensin). I tillegg har Sverige siden 2005 operert med en definisjon av miljøbiler som blant annet inkluderer bioetanolbiler. En viss andel av bilene i offentlige bilflåter skal være innenfor definisjonen av miljøbil. I tillegg får miljøbilene i mange områder fordeler ved parkering og passering av bomstasjoner. Dette har vært svært viktige faktorer for det store salget av bioetanolbiler i Sverige.

3 Aktuelle biodrivstoff og produksjonsteknologier

Globalt produseres ca 35 millioner tonn etanol og 9 millioner tonn biodiesel årlig¹¹, det vil si en total energimengde på ca 360 TWh. Felles for dagens biodrivstoffproduksjon er at "frukten" fra landbruksprodukter som maiskorn og rapsfrø utgjør råstoffet. Dette gjør at den globale produksjonen fort kan begynne å konkurrere med produksjon av mat og dyrefôr. Å utvikle teknologier som gjør det mulig å utnytte energien i hele planten er derfor viktig for å kunne øke produksjonen av biodrivstoff.

Dagens biodrivstoff basert på olje-, sukker- eller stivelsesrike jordbruksvekster kalles ofte første generasjon biodrivstoff. Morgendagens biodrivstoff basert i hovedsak på celluloseholdig biomasse kalles andre generasjon biodrivstoff.

3.1 Første generasjon biodrivstoff

Produksjon av etanol fra karbohydratrike råvarer er trolig en av de eldste kjemiske prosesser utført av mennesker. Bruk av bioetanol og planteoljer som drivstoff har en mer enn hundre år gammel historie; for eksempel gikk de første dieselmotorene på peanøttolje, og T-Forden fra 1908 kunne kjøre på bioetanol.

Fabrikker i industriell størrelse for produksjon av første generasjon bioetanol eller biodiesel baserer seg på kommersielt tilgjengelig teknologi. Kostnadene til investering og drift er derfor forutsigbare.

3.1.1 Etanol

Bioetanol er i hovedsak basert på "frukten" eller margsaften i karbohydratrike planter, hovedsakelig sukker fra sukkerrør og sukkerroer, og stivelse fra mais, hvete og poteter. Karbohydratene må først gjennomgå en hydrolyse, det vil si en nedbryting til enklere sukkerforbindelser som så kan forgjæres til etanol ved hjelp av mikroorganismer.

Etter denne fermenteringen destilleres væsken til 96 prosent konsentrasjon, og ved hjelp av spesielle kjemikalier konsentreres etanolen videre til nesten hundre prosent. Destillasjonen krever mye varme og er således den mest energikrevende prosessen i produksjonsanlegget.

Etanol er i dag primært en bensinerstatning som avhengig av kjøretøyspesifikasjoner kan brukes fra 5 prosent innblanding til ren vare, såkalt E100. Etanol kan også brukes som lavinnblanding i diesel eller i ren form i spesialbygde dieselmotorer.



3.1.2 Biodiesel

FAME (fatty acid methyl ester) er den kjemiske betegnelsen på konvensjonell første generasjon biodiesel. I Europa og Canada er raps den vanligste råvaren, og produktet kalles da RME - rapsmetylester. I USA er det mer vanlig å bruke soya. Første generasjon biodiesel lages ved først å presse ut planteoljen fra oljevekstene. Alternativt kan man fremstille den fornybare oljen fra fiskeavfall, slakteavfall eller brukt frityrfett. Oljen varmes opp og tilsettes ca 10 prosent metanol og lut. I den etterfølgende kjemiske reaksjonen dannes FAME. Ved produksjon av biodiesel utgjør biproduktet glyserol rundt 10 prosent av sluttresultatet. Glyserol kan enten benyttes som råstoff i kjemisk industri eller til energiformål.

¹¹ Erik Eid Hole, Energigården

Biodiesel kan brukes i ren form som erstatning for fossil diesel, med små eller ingen tekniske endringer i motor og drivstoffsystem. Inntil fem prosent biodiesel kan blandes i vanlig diesel for bruk i alle typer eksisterende dieselmotorer.

Såkalt halvannen generasjon biodiesel er en mulig produksjonsvei for marine oljer og andre fettstoffer, som ved konvensjonelle produksjonsprosesser ikke gir en dieselkvalitet i tråd med den europeiske standarden EN 14214 for biodiesel. Fettråvarene oppgraderes da ved såkalt hydrogenering. Prosessen krever mer energi enn tradisjonell biodieselproduksjon. Slik produksjon gjøres i kommersiell skala av Neste i Finland. Prosessen gir en biodiesel som er mer egnet for innblanding enn vanlig biodiesel.

3.1.3 Biogass

Biogass er metangass (CH_4) som oppstår ved forråttelse av biologisk materiale uten oksygentilførsel. Metan har mer enn 20 ganger så kraftig drivhuseffekt som CO_2 , og det er derfor svært viktig at uforbrent metan ikke slippes ut i atmosfæren. I noen tilfeller kan oppsamling og bruk av biogass som drivstoff gi ekstra klimagevinst fordi dette også reduserer utslippet av metan.



Biogass kan samles opp fra avfallsdeponier eller produseres i egne råtnetanker der avløpsslam og annet organisk avfall behandles. I råtnetanker blander man vanligvis en viss mengde kloakkslam eller husdyrgjødsel og en større mengde matavfall eller lett nedbrytbare produkter/avfall fra landbruket. Blandingen varmes opp til 40-50 °C og røres om til den på egenhånd produserer nok varme til å holde relativt stabil temperatur. Biogassen stiger til toppen av tanken og føres videre for oppsamling. Produksjonen kombinerer ulike energiråvarer fordi bakteriekulturen i husdyrgjødsel eller kloakkslam er viktig for råtneprosessen, mens det øvrige avfallet representerer det største energiinnholdet.

Gassen som kommer rett fra råtnetanken, inneholder ca. 60 prosent metan. Før gassen kan brukes som drivstoff, må den oppgraderes ved at hydrogensulfid (H_2S), vanndamp og CO_2 fjernes. H_2S fjernes for å unngå skade på motoren, mens vanndamp og CO_2 fjernes for å øke brennverdien. Full oppgradering til drivstoffkvalitet krever et relativt kostbart oppgraderingsanlegg, men dersom produksjonsvolumet er av en viss størrelse, er det fullt mulig å få økonomi i biogassproduksjon.

I Sverige produserer man primært biogass i tilknytning til avløpsrenseanlegg, avfallsdeponier og anlegg som bruker ulike avfallsfraksjoner som råstoff, men også stadig mer i kombinasjon eller utelukkende med andre lettnedbrytelige avfallsfraksjoner som husholdningsavfall og avfall fra landbruk og næringsmiddelindustri. Mye av den svenske biogassen oppgraderes og blir brukt til produksjon av elektrisk energi og varme. På vestkysten av Sverige ledes oppgradert biogass inn på naturgassnettet. I tillegg brukes en del biogass til bussdrift og såkalte bi-fuelbiler.

I Tyskland har man valgt en strategi der biogass i hovedsak produseres ute på gårdene, i stor grad basert på energivekster. På grunn av en svært gunstig innmatingstariiff – opp til 1,30 kr/kWh – går den tyske biogassen primært til kraftproduksjon.

I Norge benyttes noe biogass til bussdrift (i Fredrikstad-området), samt at enkelte avfallsdeponi og renseanlegg bruker biogass til varme- og/eller kraftproduksjon. Oslo kommune har nå vedtatt å sortere sitt matavfall og produsere biogass i et eget biogassanlegg som skal stå ferdig i 2011. Hvis biogassen fra dette anlegget oppgraderes til ren metan, kan trolig en stor del av Oslos rutebusser kjøres på gass.

3.2 Andre generasjon biodrivstoff

Cellulose, hemicellulose og lignin utgjør de viktigste biokjemiske komponentene i råstoffbasen for andre generasjon biodrivstoff, og er hovedbestanddelene i biomasse som trevirke, halm og kornavrens. Fordelingen varierer noe, men grovt sett er halvparten av tørrstoffet cellulose, mens hemicellulose og lignin står for hver sin firedel. Disse komponentene er bundet sammen i et komplisert nettverk.

Cellulosen er på mange måter plantenes indre, mikroskopiske skjelettet, mens ligninet er bindemiddelet. Begge komponentene er teknisk svært krevende å omforme til et homogent flytende eller gassformig drivstoff. I likhet med cellulose er hemicellulose en type lange sukkermolekyler, men med en oppbygning som gjør den lettere å bryte ned til sukker.

Andre generasjon biodrivstoff gjør det mulig å utnytte flere og billigere typer råstoff. Utfordringen er at produksjonsprosessene er teknologisk sett langt mer avanserte og dermed mye mer kapitalintensive. Siden råvarene baseres på biomasse fra skog og landbruksavfall, blir reduksjonspotensialet for utslipp av klimagasser som regel bedre i andre generasjon produksjonsanlegg.

3.2.1 Etanol

På grunn av lignocellulose-materialets komplekse struktur er det teknisk krevende å omforme til flytende drivstoff. Både hemicellulose og cellulose kan omdannes til etanol, men det krever et teknisk avansert produksjonsanlegg. Denne typen produksjon er foreløpig på pilotstadiet.

Ved etanolproduksjon ligger det spesielt store utfordringer i å etablere forbehandlingsmetoder som effektivt kan åpne opp vedstrukturen slik man kan få løst ut cellulosen og hemicellulosen fra biomassen. Første trinn er å hogge/male biomassen til flis eller partikler på 1-10 millimeters størrelse. Deretter skal hemicellulosen, cellulosen og ligninet løses ut og isoleres. Både fysiske (dampeksplasjon, høy temperatur) og kjemiske metoder (svak/sterk syre, lut) kan benyttes, gjerne i kombinasjon. Utvikling av effektive enzymer for å bryte ned cellulosekjeden til forgjærbare sukker og mikroorganismer som kan omsette de ulike sukkerkomponentene til etanol på en effektiv måte, representerer også viktige utfordringer.

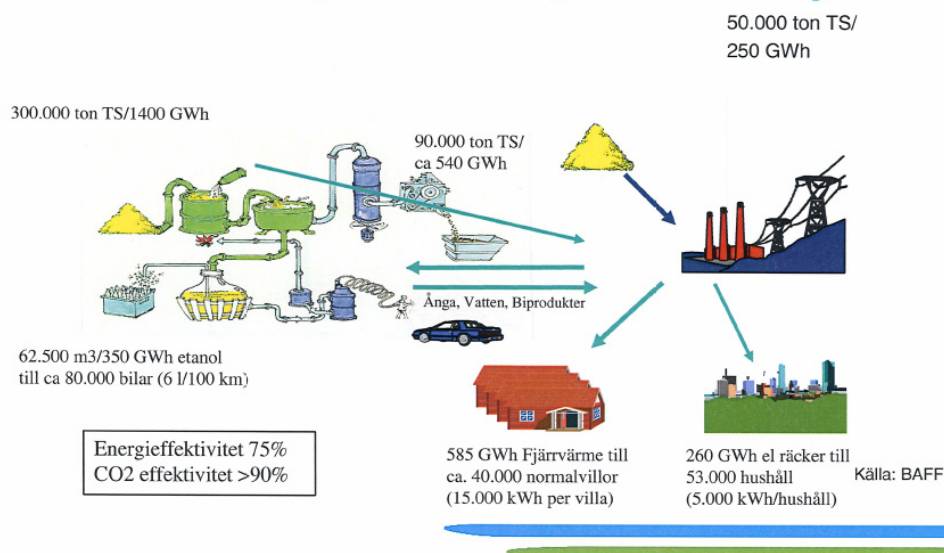
Det gjenstår minst to år med videre optimalisering før mange fullskala produksjonsanlegg av denne typen blir en realitet.

Ligninet i biomassen kan ikke omformes til etanol. Imidlertid kan denne ressursen enten brennes direkte for å gi energi til produksjonsprosessen eller presses til energipellets som kan brukes til varme- eller kraft-varmeproduksjon. Ligninet kan også gassifiseres og omformes til diesel, som omtalt i avsnittet om syntetisk biodiesel. Produksjonsanlegg hvor de ulike komponentene i biomassen omformes til ulike produkter, så som drivstoff, kjemiske stoffer og energi, kalles gjerne bioraffineri.

Det finnes en rekke initiativ internasjonalt for å fremstille andre generasjon etanol. Et av selskapene som har kommet langt i prosessen med å lage etanol fra halm, er kanadiske Iogen. Innen kort tid vil de bygge en kommersiell fabrikk i USA og et pilotanlegg i Tyskland sammen med Shell og Volkswagen¹². I Sverige driver selskapet SEKAB et pilotanlegg i Örnköldsvik som skal utvikle prosesser for å fremstille etanol fra granflis.

¹² Press release: Volkswagen, Shell and Iogen to Study Feasibility of Producing Cellulose Ethanol in Germany, http://www.ioegen.ca/news_events/press_releases/2006_01_08.html

BIORAFFINADERI & ENERGIKOMBINAT (etanol-, el- og fjärrvärmeproduksjon)



Figur 4: Prinsippskisse av produksjonsanlegg for celluloseetanol

3.2.2 Andre bioalkoholer

Etanol er i dag det mest utbredte biodrivstoffet, men også andre bioalkoholer kan være aktuelle. Biometanol har tidligere vært vurdert som drivstoff, men er av ulike årsaker ikke så aktuelt i dag. Biobutanol er derimot et interessant alternativ til bioetanol. Den har en høyere energitetthet og kan blandes med bensin i høyere konsentrasjoner uten endringer av dagens motor- og bilteknologi. Biobutanol er mindre korrosiv enn bioetanol og er således lettere å håndtere på tankanlegg og bensinstasjoner.

Så langt har oljeselskapet BP og kjemikaligiganten DuPont kommet lengst i arbeidet med å fremstille biobutanol effektivt. Selskapene leverer i dag biobutanol til det britiske drivstoffmarkedet fra sitt pilotanlegg der.

3.2.3 Syntetisk biodiesel

Andre generasjon biodiesel kan også produseres fra trevirke. Sluttproduktet kalles da syntetisk biodiesel eller BtL-diesel (biomass-to-liquid). Trevirket tørkes og forbehandles før det varmes opp med begrenset tilgang på luft/oksygen. Da dannes såkalt syntesegass, som i hovedsak er en blanding av hydrogen (H_2) og karbonmonoksid (CO). Syntesegassen renses og kan deretter brukes til produksjon av drivstoff eller kjemikalier.

Den vanligste konverteringsveien fra syntesegass til drivstoff kalles Fischer-Tropsch-prosess og går ut på å føre gassen over en katalysator. I praksis er katalysatoren ofte en pelletaktig masse blant annet bestående av kobolt eller jern, og prosessen omdanner syntesegassen til en rekke forskjellige hydrokarboner. Fraksjoner med kokepunkt $180-380\text{ }^{\circ}C$ kan destilleres fra blandingen. Denne fraksjonen kalles syntetisk biodiesel og har svært høy kvalitet. Syntetisk biodiesel kan brukes direkte i dagens dieselmotorer uten tilpasning i motor eller drivstoffsystem.

Firmaet Choren i Tyskland ferdigstiller i 2007 et mellomstort anlegg for syntetisk diesel basert på trevirke. Anlegget får en kapasitet på 18 millioner liter i året. I tillegg finnes noen få små pilotanlegg for gassifisering, blant annet i Güssing (Østerrike) og Värnamo (Sverige).

De fleste store aktørene innen BtL-produksjon regner med at kommersielle anlegg vil måtte ha en årskapasitet på minst 100-200 millioner liter. En del mindre aktører hevder de har utviklet teknologi som gjør det mulig å produsere kostnadseffektivt i langt mindre skala.

3.2.4 DME

Dimetyleter (DME) er et drivstoff i gassform som først og fremst egner seg i dieselmotorer. Drivstoffet fremstilles av syntesegass, som igjen kan være fremstilt fra naturgass eller energirik svartlut (fra papirmasseproduksjon). Lave utslippsnivåer er, fra et miljø- og helsesynspunkt, en av de fremste fordeler med DME.

Man regner med at DME om få år vil finnes tilgjengelig som drivstoff på markedet. Biler av flexifueltypen kan ikke gå på DME, fordi hele tank- og innsprøytningsystemet da må bygges om. Ved fem bar trykk blir DME flytende.

DME har blant annet blitt brukt som erstatning for miljøfarlig drivgass i spraybokser.

3.2.5 Algediesel

Algediesel kan komme til å utkonkurrere alle andre former for biodrivstoff dersom teknologien lar seg kommersialisere. Alger er fettrike encelleplantene som vokser ekstremt raskt og kan dyrkes i ørkenområder og andre steder hvor jorda ikke kan brukes til matproduksjon. De mest aktuelle algesortene antas å produsere 80 ganger så mye planteolje per arealenhet som for eksempel raps, den vanligste kilden til biodiesel i Europa i dag. Det vil for eksempel si at USA kan erstatte hele sitt fossile oljeforbruk med olje fra alger ved kun å utnytte en liten del av sine ørkenområder.

De mest aktuelle algesortene inneholder opptil 60 vektprosent av fettstoffet triglyserid, i tillegg til en del karbohydrater som kan omdannes til etanol, metan, hydrogen, syntesegass eller tørket fast biomasse. For å fremstille biodiesel tilsettes planteoljen ca 10 prosent metanol, som for vanlig første generasjon biodiesel basert på raps eller andre fettråvarer.

På 80- og 90-tallet ble det forsket mye på dyrking av energialger i det fri, i grunne grønne dammer i sollys. De siste årene har man imidlertid konsentrert seg mer om å dyrke alger i såkalte bioreaktorer, en slags store reagensrør. På den måten har man mer kontroll over blant annet temperatur og pH, og hindrer stor produksjon av uønskede mikroorganismer.

For å øke vekstraten i algene har en del forsøk latt dem vokse i avløpsvann. Dette bidrar også til å rense avløpsvannet. Et annet alternativ som nå er i ferd med å bli kommersialisert, tilfører algene store mengder CO₂ ved å la eksosgassen fra kullfyrte kraftverk boble gjennom algekulturen¹³.

Det krever flere års videre forskning og utvikling før man kan bygge anlegg for produksjon av algediesel i kommersiell skala. Etanol og biodiesel basert på trevirke er nærmere kommersialisering.

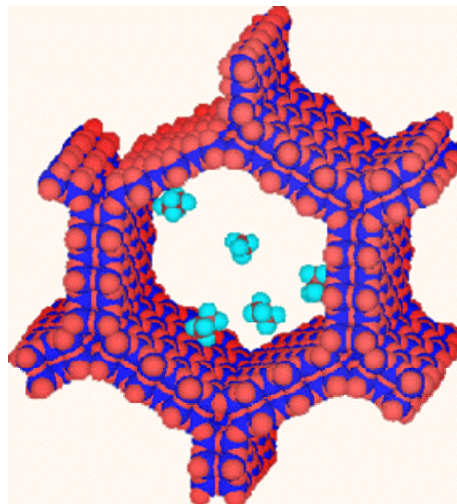
Viltvoksende alger i form av tare langs norskekysten representerer teoretisk sett et betydelig ressurspotensial. Det norske selskapet FMC BioPolymer AS har årlig 100.000 tonn vannholdig tareavfall som restprodukt og vurderer muligheten for å utnytte dette til energiformål. Så langt har selskapet ikke funnet kostnadseffektive metoder for å utnytte taren, men den kan være mulig råstoff for både etanol og biogass.

¹³ GreenFuel Technologies Corporation, USA, <http://www.greenfuelonline.com>

4 Norske kompetansemiljøer

Norge har en godt utbygd instituttsektor. SINTEF er den desidert største aktøren og dekker svært mange ulike fagområder, men i tillegg finnes flere mindre institutter som fokuserer smalere områder. Relevant for biodrivstoffsektoren er for eksempel Skog og Landskap som forsker på norske skogressurser og optimalisering av utnyttelsen av disse. Papir- og fiberinstituttet (PFI) konsentrerer seg om treforedling og trekjemi innen tradisjonelle og nye anvendelser.

I tillegg driver universitetssektoren utdanning og grunnleggende forskning. Ofte samarbeider institutter og universiteter godt, fordi de utfyller hverandre på områdene utdanning, grunnforskning og anvendt forskning.



Det er en trend at forskningsinstitutter går sammen for å løse multidisiplinære forsknings- og utviklingsoppgaver. Utvikling på biodrivstoffområdet passer godt for denne arbeidsformen, siden oppgavene spenner fra råstoff, foredling, motorteknologi og forbrenning.

Prosessindustri har lenge vært et stort og viktig kunnskapsområde i Norge. Her finnes det flere viktige kompetansemiljø, både innen forskning og i industri, som kan danne grunnlag for en satsning på biodrivstoff. Norge har også mange kunnskapsarbeidere innen olje- og gassvirksomheten med kompetanse som er relevant for biodrivstoff. På råstoffsidan har vi også mye kunnskap å bygge på, både innen skogbruk og landbruk. På lengre sikt kan man eventuelt tenke seg utnyttelse av Norges akvakulturkannskaper for å gjøre vår rikholdige kystlinje til en produsent av biodrivstoff, basert på for eksempel alger eller andre bioressurser fra havet.

Nøkkelen til suksess ligger i å kombinere eksisterende komplementære kompetansemiljøer for å danne grunnlag for et sterkt og samlet forsknings- og utviklingsmiljø for biodrivstoff. De mest relevante norske kompetansemiljøene er samlet i appendikset til denne rapporten.

4.1 Aktuelle kompetanseområder

Vi har identifisert følgende kompetanseområder som er relevante for biodrivstoff:

Biomasseproduksjon

- Kvantifisering og klassifisering av biomasseressurser
- Produksjon og administrasjon
- Innhøsting/innsamling og logistikk
- Forbehandling før prosessering på fabrikk
- Avfallsinnsamling/håndtering

Biodrivstoffproduksjon

- Biomasseprosessering
- Gassifisering
- Pyrolyse
- Gassfiltrering og -behandling
- Integrasjon med konvensjonell raffinering
- Fischer-Tropsch-katalyse
- Fermentering (inkludert forbehandling, hydrolyse, destillasjon)

- Dieselproduksjon fra vegetabiliske oljer og avfallsfett
- Biogassproduksjon

Motor- og forbrenningsteknologi

- Utvikling av optimerte motorer for biodrivstoff
- Utvikling av tilsetningsstoffer
- Optimal energiutnyttelse av restproduktene fra produksjon av biodrivstoff

Offentlige virkemidler

- Utvikling av avgiftsinsentiver
- Utvikling av reguleringer
- Prognoser for markedsutvikling
- Utvikling og analyser av internasjonale reguleringer

Infrastruktur for biodrivstoff

- Transport og import til grossist
- Installasjoner for innblanding
- Installasjoner og rutiner for lagerhold
- Distribusjon og salg til sluttbruker

Sertifisering og utvikling av standarder

- Utvikling av sertifiseringssystem for naturvern og menneskerettigheter
- Dokumentasjon av klimagassbesparelser
- Utvikling av nye drivstoffstandarder

5 Biomasseressurser i Norge

Målt i energimengde er det samlede ressursuttaket fra jord- og skogbruk i Norge om lag 55 TWh per år. Ca 16 TWh av dette går til energiformål, mens resten går til trelast, treforedling mat og fôr¹⁴.

Den samlede teoretiske tilveksten er på 425 TWh hvorav drøyt 64 TWh i form av skog. Total årlig avvirkning i skogen er nå ca 12 millioner m³. Dette inkluderer 2-3 millioner m³ virke som tas ut til private formål og som det finnes lite statistikk for. Omregnet til energi tilsvarer den siste andelen ca 24 TWh. 40 TWh står altså teoretisk sett ubrukt. Trevirke utgjør dermed en stor andel av det utnyttede råvarepotensialet for biodrivstoff, men en rekke økonomiske, tekniske og miljømessige forhold bestemmer hvor stor andel av de 64 TWh som kan høstes hvert år. Etter våre beregninger er det ledige potensialet i skogen ca 20 TWh.

Bruk av halm- og kornavrens til energiformål er anslått å kunne økes fra dagens 0,1 TWh til ca 2 TWh. I tillegg er det mulig å dyrke energigvekster på arealer som i dag brukes til mat- og fôrproduksjon eller ligger brakk.

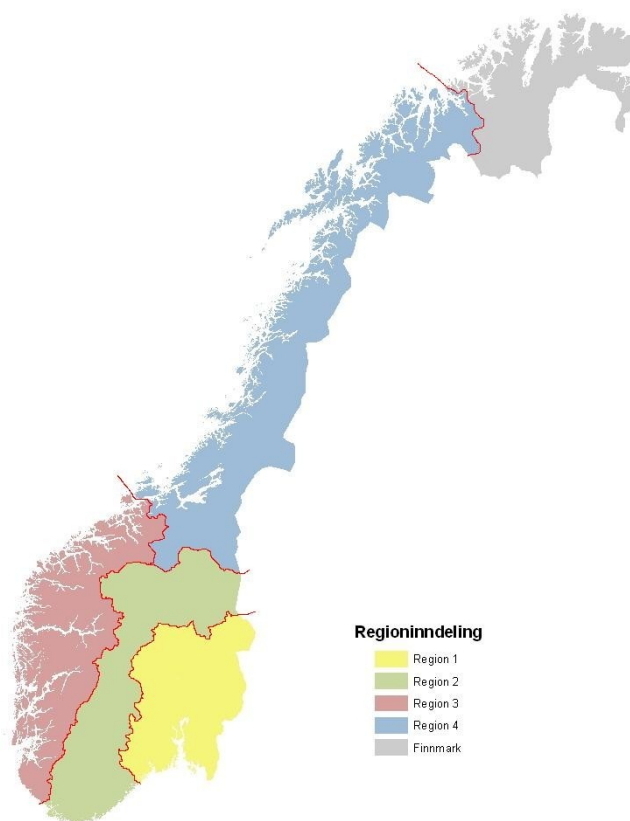
Det teknisk-økonomisk utnyttede råvarepotensialet fra avfall utgjør til sammen ca 2 TWh. Disse energiråvarene består hovedsakelig av bio- og deponigass, rivningsvirke fra bygg og anlegg, samt avfall fra fiskeoppdrett, slakteri og næringsmiddelindustri.

Av den samlede årlige tilveksten på 425 TWh utgjøres ca. 100 TWh av akvatisk biomasse i ferskvann og langs kysten. Dette er tang, tare og mikroalger. På grunn av manglende kunnskap og erfaring fra bruk av akvatisk biomasse som energiressurs har vi valgt ikke å tallfeste en teknisk-økonomisk utnyttbar ressurs på dette området.

Alle energimengder i dette kapittelet er angitt i brutto råstoffall. For skogsråvarer vil ca halvparten av energimengden kunne konverteres til biodrivstoff. For biogass og fettråvarer vil en vesentlig høyere andel av energimengden kunne omgjøres til biodrivstoff.

5.1 Skogbruk

Vår gjennomgang av skogressursene viser at Norge har et ubenyttet potensial på ca 10 millioner m³ per år. Denne biomassen representerer rundt 20 TWh energiråstoff. Dersom biomassen skal leveres store industrielle oppkjøpere, og vi forutsetter dagens norske kostnadsnivå i skogbruk og



Figur 5: Norge inndelt i regioner for beregning av balansekvantum

¹⁴ Tall fra rapporten "Bioenergiressurser i Norge" (2003), <http://www.nve.no/FileArchive/210/oppdragsrapportA7-03.pdf>

transportnæring, medfører det en råstoffkostnad i området 19-23 øre/kWh. Råstoffet er da tømmer og GROT (grener og topper) som verken er tørket eller fliset.

Dersom fremtidens store biodrivstoffprodusenter tilbyr en slik pris, er det også mulig at de vil benytte deler av de ca 8 TWh massevirke som går til dagens treforedlingsindustri (sponplater, papir, kjemiske produkter) og deler av de ca 4 TWh flis og annet treavfall fra sagbrukene og fra møbel- og trevareindustri, som i dag går til treforedling og prosessvarme.

5.1.1 Ressurser, avvirkning og energipriser

I 2004 dekket produktiv skog under barskogsgrensa omtrent 74.000 km², eller 23 prosent av Fastlands-Norge. Løvskog og krattområder regnes også med i dette arealet når tilveksten er over en viss grense. 1,3 prosent av den produktive skogen er vernet areal. Dersom vi fordeler det produktive skogsarealet på antall innbyggere, blir det ca 16 daa per person. Til sammenlikning har svenskene ca 25 daa produktiv skog per person.

Den årlig tilveksten i Norge er beregnet til 25,4 mill m³. Balansekvantumet, det volum som kan tas ut årlig de neste 100 år uten å svekke produksjonspotensialet, er på 19 millioner m³ (se Tabell 1). I disse beregningene er områder over 1,5 km fra vei og arealer brattere enn 90 prosent (økonomiske nullområder) trukket fra. Det er også trukket fra 10 prosent for miljøhensyn. Tallene inkluderer hogstavfall (grener, topper og bark, men uten stubber og røtter). Balansekvantumet er fordelt på regioner: Region 1 er Østfold, Vestfold, og lavereliggende strøk av Hedmark, Oppland og Telemark. Region 2 er Aust- og Vest-Agder, og høyereliggende strøk av Telemark, Hedmark og Oppland. Region 3 er vestlandsfylkene, og Region 4 Midt-Norge og Nord-Norge opp til Finmark. Finmark er ikke med i beregningene.

Tabell 1: Balansekvantum og registrert avvirkning, tall i tusen m³.

Region	Gran	Furu	Løv	Sum
1	6100	3200	1100	10400
2	1200	1800	500	3500
3	900	1000	500	2400
4	1800	400	500	2700
<i>Sum, Norge</i>	<i>10000</i>	<i>6400</i>	<i>2600</i>	<i>19000</i>
Avvirket 2006:	5500	1700	94	7300
Skurtømmer	2800	1000	5	3800
Massevirke	2700	700	88	3500

For å gi et inntrykk av "tilgjengelige" ressurser er avvirkningsvolumet i 2006 tatt med på landsbasis, fordelt på skurtømmer og massevirke.

I tillegg kommer uttak av ved til privatforbruk. Dette volumet vil høyst sannsynlig forbli relativt stabilt.

Tabell 2: Balansekvantum omregnet til energi (TWh). Energiinnhold i bartrevirke er regnet å være 2000 kWh/m³, i løvtrevirke 2300 kWh/m³ og avvirkning.

Region	Gran	Furu	Løv	Sum
1	12,2	6,4	2,5	21,1
2	2,4	3,6	1,2	7,2
3	1,8	2,0	1,2	5,0
4	3,6	0,8	1,2	5,6
Sum, Norge	20,0	12,8	6,1	38,9
Avvirket 2006	11,0	3,4	0,2	14,6

Totalt kan vi hogge tilsvarende 38,9 TWh årlig, mens vi i 2006 avvirket tilsvarende 14,6 TWh. Sammenliknet med uttaket i 2006 har vi altså en ledig reserve på 24,3 TWh. I tråd med vurderinger fra Norsk institutt for skog og landskap bør vi imidlertid trekke fra noe mer enn de 10 prosentene som allerede er trukket fra av miljøhensyn og de økonomiske nullområdene som er brattere enn 90 prosent. I tillegg vil produksjonsevnen øke enda noen år før man har økt avvirkningen til opp mot balansekvantum. Som et grovt anslag for ubenyttet potensial i fremtidige biodrivstofffabrikker vil vi derfor anbefale 20 TWh per år.

Det neste spørsmålet blir da hva fremtidens biodrivstoff-fabrikker vil måtte betale for disse 20 TWh-ene. Prisen på energi- og tørrgran ligger nå på 160 kr/m³ levert ved vei. Det gir en energipris på 7,5 øre/kWh, forutsatt gjennomsnittlig fuktinnhold og gjennomsnittlig miks mellom tresortene. Dagens billige energi- og tørrgran er imidlertid en svært begrenset ressurs. For andre generasjon biodrivstoff er fabrikkene så store at denne ressursen ikke er verdt å regne med. Massevirke til treforedling selges nå for 200-260 kr/m³, mens prisen på sagtømmer ligger fra ca. 400 til drøyt 500 kr/m³. I snitt var tømmerprisen 313 kr/m³ i 2006. Skogeierforeningen AT Skog har mye erfaring med avvirkning i varierende terreng og anslår at tømmerprisen på massevirke må økes med minst 50 prosent for å få frem et vesentlig større uttak. Hvis vi da antar at drivstoff-fabrikkene må betale kr 300-390 per m³, gir det en energipris på 14-18 øre/kWh.



Dersom vi forutsetter at andregenerasjons biodrivstofffabrikker basert på skogsråvarer må være så store at hver av dem trenger 4-5 TWh biomasse per år for å bli lønnsomme, må tømmeret hentes fra et relativt stort geografisk område. Vi antar derfor en gjennomsnittlig transportavstand på 120 kilometer på vei. Transportkostnaden blir vesentlig lavere hvis det viser seg mulig å produsere biodrivstoff fra skogsråvarer i mindre skala.

Følgende modell gir tilnærmet riktig transportkostnad fra leveringssted i skogen til industriell oppkjøper: $\text{Transportkostnad/m}^3 = (20 + 0,65 \times \text{antall km}) \text{ kr}$. Hvis vi regner med en gjennomsnittlig transportavstand på 120 km, gir dette en transportkostnad på kr 98 per m³. Omregnet til transportkostnad per kWh utgjør dette ca 5 øre.

Totalt sett kan dermed fremtidens biodrivstoff-fabrikker regne med en biomassepris (før all tørking og bearbeiding) i området 19-23 øre/kWh. Dette er også i samsvar med andre beregninger Institutt for skog og landskap har gjort av kostnanden ved å levere store kvantum toppe og grener til fabrikk.

5.1.2 Utfordringer for økt avvirkning

Det er vanskelig å gi en enkel oppskrift for å doble avvirkningen i norske skoger. Avvirkningen i Norge har vært svært stabil i flere tiår til tross for at den normerte prisen på tømmer er halvert siden 70-tallet. I den samme perioden har skogsdrift imidlertid blitt langt mer rasjonell og effektiv, mye på grunn av mer effektivt teknisk utstyr. Dette har i stor grad kompensert for de relativt sett fallende prisene på tømmer.

En kanskje viktigere utfordring er å skape forståelse i befolkningen for formålet med en økt avvirkning. Allerede med dagens uttak fra norske skoger møter mange skogeiere motstand fra befolkningen. Hvis Norge skal doble uttaket, er det ikke til å unngå at dette vil synes i landskapet, uansett hvor godt vi kan dokumentere at avvirkningen er bærekraftig.



En annen utfordring er at norske skoger er delt opp i svært mange små eiendommer. For å få til betydelig økt avvirkning er det derfor viktig at skognæringen vier mer oppmerksomhet til de små eiendommene, blant annet gjennom

koordinerte avvirkningsoppdrag på flere eiendommer. I tillegg vil det ta noen år å øke antall personer og maskiner som kan utføre avvirkningen.

Vanskelig terreng er også karakteristisk for store deler av de norske skogressursene. Det aller vanskeligste terrenget regnes riktignok som nullområder og er ikke med i det potensialet vi har kartlagt her. Men for store skogområder i Norge trenger vi å utvikle bedre teknologi og bedre metoder for avvirkning/innhøsting og logistikk.

5.2 Jordbruk

Dersom Norge hadde lagt ned all innenlandsk produksjon av mat og dyrefôr, ville vi kunne produsere 30-40 TWh bioenergi fra vårt eget jordbruksareal. Over halvparten av denne energien ville kunne omdannes til biodrivstoff, noe som ville dekke opp mot halvparten av drivstoffbehovet i den norske veitrafikken.

Energiskog (salix og liknende) er den biomasseproduksjonen som krever minst innsats i form av arbeidstimer og bruk av landbruksmaskiner. Skogen trenger lite gjødsel og kan høstes hvert femte år. Dersom vi plantet energiskog på den beste halvdel av jordbruksarealet, vil det alene produsere ca 20 TWh per år.

Det er imidlertid ingen forhold som tilsier at vi de nærmeste årene kommer til å legge ned den innenlandske produksjonen av mat og dyrefôr. Spørsmålet blir da om det finnes ledig produksjonspotensial og om noe av forbruket til bakere, fôrprodusenter og andre avtakere kan dekkes av importerte jordbruksprodukter. Potensielle produksjonsvolum i Tabell 1 og Tabell 2 er basert på det som finnes av ledig produksjonskapasitet. Dersom vi velger å erstatte noe av den norske mat- og fôrleveransen med importerte varer, vil produksjonen av biodrivstoff kunne økes tilsvarende.



Foto: Bioforsk

Vår gjennomgang viser et produksjonsvolum på 18 millioner liter biodiesel og 47 millioner liter etanol. I tillegg har vi identifisert ca. 1,8 TWh fast biobrensel, hvorav mesteparten er halm. Med andregenerasjons teknologier vil denne biomassen for eksempel kunne gi ca. 0,9 TWh biodiesel,

eller ca. 100 millioner liter. Dersom vi regner at en gjennomsnittlig personbil bruker 1000 liter diesel i året, vil det norske jordbruket i denne oppsummeringen kunne gi drivstoff nok til 3-4 prosent av veitrafikken i Norge.

Om vi derimot går mer radikalt til verks, planter energiskog (for eksempel salix) på den beste halvdel av det norske jordbruksarealet og satser på andregenerasjons teknologi for konvertering, vil det kunne gi drivstoff nok til ca 25 prosent av den norske veitrafikken. Men per 2007 er det fortsatt politisk vilje til å opprettholde innenlandsk produksjon av mat.

Etanol og første generasjon biodiesel produsert i Norge fra norske råvarer kan i dag produseres med litt høyere kostnader enn i EU. Årsaken er noe høyere råvarepriser.

De første fullskala fabrikkene for andre generasjon biodrivstoff vil ha en enda litt høyere produksjonskostnad. Det skyldes imidlertid ikke råvarekostnadene, men at konverteringen krever kostbare fabrikker.

5.2.1 Ressurser og energipriser

Av vekstene som dyrkes i Norge i dag, kan man først og fremst tenke seg at oljevekster, korn og halm, gress og hurtigvoksende energiskog kan nyttes til bioenergi.

Totalt benyttes ca 8,8 mill. daa jordbruksareal til produksjon av mat- og fôrplanter som korn, oljevekster, potet, grønnsaker, frukt, bær, gress og andre fôrvekster. Dette utgjør ca 3 prosent av arealet på det norske fastlandet. I prinsippet kan altså hele dette arealet brukes til produksjon av energivekster, men siden det i dag er ubetydelig overproduksjon av jordbruksvekster i Norge, vil dette føre til at all mat og alt dyrefôr må importeres. Dette er et lite realistisk scenario sett ut fra hensynet til sikker matforsyning, usikkerhet knyttet til fremtidig utvikling av klimaet, landbrukspolitikken og etiske forhold rundt bruken av matjord. I vår vurdering av tilgjengelig areal for energivekster legger vi til grunn at matproduksjonen skal kunne opprettholdes nær dagens nivå. Vi må derfor satse på produksjoner som i minst mulig grad går på bekostning av matproduksjonen.

Av hensyn til produktpris og energieffektivitet i dyrkingen er det viktig med store avlinger. I en fremtidig norsk produksjon av oljevekster til drivstoff bør en derfor satse på høstoljevekster som kan gi dobbel avling i forhold til vårrybs, som blir mest dyrket i dag. I Tabell 3 har vi tatt med det totale oljevekstarealet som i dag er realistisk ut fra agronomiske og klimatiske hensyn. Når det gjelder korn, vil en først og fremst kunne bruke partier som av kvalitetsmessige årsaker ikke kan brukes til mat eller fôr, og i gode kornår kan det være aktuelt å bruke kornoverskuddet. Hvis det blir aktuelt med spesialisert etanolproduksjon basert på korn, er det trolig først og fremst aktuelt å dyrke hvete og rughvete, fordi disse artene gir størst avling. Selv om poteter gir forholdsvis stor etanolproduksjon pr. daa (Tabell 3), viser beregninger at energieffektiviteten er lav og energiprisen blir svært høy. Vi anser derfor potet som lite aktuell for etanolproduksjon til drivstoff i Norge. Gress, energiskog (salix), halm og kornavrens er aktuelle som råstoff til andre generasjon drivstoff. Trolig vil halm være den største råstoffkilden fra jordbruket. Vi ser det som lite aktuelt å starte energiskog- eller gressproduksjon til energiformål på dyrka mark på kort sikt, med mulig unntak av randsoner mot vann og vassdrag, der skog og gress kan ha miljøfremmende effekt.



Jordbruksproduksjon er basert på årlig høsting av hele arealet. Dermed blir den årlige produksjonen utsatt for klimarelaterte svingninger (årsvariasjoner). Vi bør regne med en

svingning fra år til år på pluss/minus 15 prosent på landsbasis. Innenfor en region kan svingningene være større.

I Tabell 3 og Tabell 4 er det anslått hvor mye areal som realistisk er tilgjengelig på kort sikt, samt prisen som energiråvare per produkt. Prisene forutsetter dagens prisnivå, med dagens arealtilskudd til landbruket. Produksjonstilskudd per produsert mengde er imidlertid trukket fra. Dermed må industrielle oppkjøpere betale råvareprisene i Tabell 3 og Tabell 4. De angitte prisene er også på nivå med prisen for tilsvarende importerte råvarer.

Tabell 3: Vekster for produksjon av første generasjon biodrivstoff

Vekst	Areal [daa]	Avling [kg/daa]	Planteolje/ etanol [l/daa ¹⁾]	Produksjons- volum [liter ¹⁾]	Pris Råstoff [kr/kg ²⁾]	Pris råstoff [kr/l ³⁾]	Energipris før foredling [øre/kWh ⁴⁾]
Vårrybs	200 000	175	61	12 200 000	2,71	5,13	57
Vårraps	50 000	200	70	3 500 000	2,71	5,13	57
Høstrybs	15 000	250	88	1 320 000	2,71	5,13	57
Høstraps	10 000	300	105	1 050 000	2,71	5,13	57
Sum oljev.	275 000			18 070 000			
Korn	150 000	500	190	28 500 000	1,30	3,38	56
Potet	0	4 000	470		1,10	9,40	159
Sum etanolv.				28 500 000			

¹⁾ Produksjonsvolum av hhv. planteolje og etanol. 3 kg oljefrø gir 1 l olje, 2,6 kg hvete eller 8,5 kg potet gir 1 l etanol

²⁾ Norsk pris for råvaren pr. kg, hhv. oljefrø, hvete (fôrhvete) og potet, med fradrag for prisnedskrivningstilskudd, her brukt 159 øre/kg for oljefrø og 60 øre/kg for korn. Kostnader til rensing, tørking, lagring og transport kommer også i tillegg.

³⁾ Pris for hhv. planteolje og etanol pr. liter. Kun råvarekostnad, se fotnote 2, prosesseringskostnader er holdt utenfor. For oljevekster forutsettes det at pressresten kan selges for kr 1,50 pr. kg. Ved etanolproduksjon vil man få en proteinrik fermenteringsrest; eventuell verdi av dette er ikke kjent

⁴⁾ Omregnet ut fra kolonnen "kr/l" (se også notasjonspunkt 3). Energiinnholdet i etanol er satt til 6,0 kWh/l og for planteolje 9,0 kWh/l.

Tabell 4: Vekster for produksjon av andre generasjon biodrivstoff

Vekst	Areal [daa]	Produksjon [kg ts/daa]	Produksjon [tonn]	Råstoff- kostnader [kr/kg ¹⁾]	Råstoff- kostnader [øre/kWh ²⁾]
Gress	20 000	700	14 000	1,00	25
Energiskog (plantasje)	0	800	0	0,36	7
Halm	2 000 000	210	420 000	0,40	10
Kornavrens ³⁾			25 000	0,40	10
Sum	520 000		459 000		

¹⁾ Pris for råvaren pr. kg, høstet og sanket sammen, hentet på jorden. For energiskog er svenske priser brukt (omregnet til norske kroner), fordi det ikke finnes et marked for dette i Norge. Trolig vil ingen norske bønder anlegge energiskog-plantasjer med disse prisutsiktene, fordi det a) er bedre pris for korn i Norge enn i Sverige, og b) i Sverige gis betydelig arealtilskudd til energiskog-plantasjer (ca. 140 kr/daa), mens det i Norge ikke er noe tilskudd. Gress omsettes som høy eller ensilasje (konserverte gress) til betydelig høyere pris enn 1 kr pr. kg. Imidlertid er kostnadsnivået betydelig lavere ved produksjon av energigress enn ved produksjon av høy. Dermed vil det trolig være interessant ved en pris på 1 kr pr. kg. Dette er imidlertid et grovt overslag, fordi det ikke finnes marked for dette i Norge eller nabolandene våre.

²⁾ Omregnet ut fra kolonnen "kr/kg" (se også notasjonspunkt 1). Forutsatt 4 kWh/kg for halm, kornavrens og gress, 5,3 kWh/kg for energiskog

³⁾ Beregnet ut fra en avrennsandel på 1,6 % av total årlig kornproduksjon på 1 200 000 tonn. Pris er ikke kjent, her forutsatt samme pris som halm

5.2.2 Fremtidsutsikter

Da jordbruksarealet i Norge er nesten fullt utnyttet til mat- og fôrproduksjon og det er lite realistisk å øke arealet gjennom nydyrking, skal det betydelig omlegging av landbrukspolitikken til før det kan bli aktuelt å ta i bruk store arealer til dyrking av vekster for energiproduksjon. Hvis en slik omlegging fant sted, måtte energimarkedet konkurrere med matmarkedet om ressursene. Bioforsk vurderer at dette er lite aktuelt i et 5-10 års perspektiv og tror jordbruket først og fremst må bidra med vekster som både kan gi energi og mat (oljevekster), ressurser som allerede blir produsert (halm), eller vekster som kan kombinere bioenergiproduksjon og redusert erosjon og avrenning av næringsstoff fra jordbruket (gress og energiskog).



Halm fra kornproduksjon er den eneste ressursen med et volum av betydning som i nokså liten grad nyttes i dag. Det dyrkes korn på ca. 3.300.000 daa. Produksjonen av halm er gjerne 200-500 kg/daa, men mye blir værende igjen på jorden i form av gjenstående stubb og spill ved innhøsting. Gjennomsnittlig kan vi regne omkring 210 kg halm høstet pr. daa (dagens sorter og dagens fordeling av areal mellom kornartene våre). En god del halm brukes som dyrefôr. Noe er ønskelig å pløye ned igjen (strukturesvak jord). Trolig kan man berge 400.000-450.000 tonn halm til bioenergi fra

norske åkrer årlig, med et energiinnhold på ca. 4 kWh pr. kg. Det vil si ca. 1,7 TWh per år. Rapporten "Bioenergiressurser i Norge"¹⁵ fra Norges vassdrags- og energiverk (NVE) beskriver en mulig økt anvendelse av halm og kornavrens på 4,5 TWh. Kornavrens utgjør en svært liten del av dette potensialet, og dermed blir dette tallet etter vår vurdering for høyt. Det kan virke som om NVE ikke har tatt utgangspunkt i hvor mye av halmen som i praksis kan høstes og hvor mye av den høstede halmen som er igjen til energiformål. Men 1,7 TWh er også en svært stor utnyttet energiressurs.

Den enkleste måten å øke landbrukets produksjon av energi vil derfor være å bygge fjernvarmeverk som baseres på fyring med halm i områder med mye kornproduksjon, eller at halmen kan brukes til andre generasjon drivstoff. Norge har store avstander og relativt små driftsenheter. Dette betyr at Norge står overfor store logistiske utfordringer før vi kan få til en effektiv innsamling av halm. Dette vil være avgjørende for økonomien i produksjonen.

For å kunne få til en mest mulig konkurransedyktig produksjon av oljevekster må avlingene økes, og det får vi bare til dersom vi kan dyrke høstoljevekster. Utfordringen med disse under norske klimaforhold er dårlig overvintring, og vi trenger nye og mer vinterherdige sorter og ny kunnskap om dyrkingsteknikker som kan gi sikker avling år etter år. Får vi til dette, kan dyrkingsarealet og den totale produksjonen økes betydelig.

Gressarealer som i fremtiden vil kunne gå ut av produksjon, er trolig lite aktuelle til energiproduksjon, fordi de enkelte jordene ligger spredt over hele landet og kostnadene med innsamling blir store. I enkelte distrikter er erosjon og næringsstofflekkasje fra jordbruksareal til vann og vassdrag et stort problem. Vegetasjonssoner i form av gress eller energiskog kan kanskje være effektive tiltak for å redusere disse problemene. Hvis ny forskning viser at energivekster er aktuelle ut fra miljøhensyn, vil en kunne få et nytt bruksområde for

¹⁵ "Bioenergiressurser i Norge", Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), oktober 2003, www.nve.no/FileArchive/210/oppdragsrapportA7-03.pdf

energivekster her i landet. Dette kan danne grunnlag for nye særskilte arealtilskudd. Her trengs også ny kunnskap om aktuelle arter og dyrking av disse under de aktuelle driftsforhold.

Produksjon av biogass fra husdyrgjødsel er et nytt aktuelt område for norsk jordbruk. I tillegg til energien vil dette også gi en viss positiv miljøeffekt i form av reduserte utslipp av metan. For å få mye gass ut av råtnetanken trengs tilskudd av energirikt materiale som gress, mais eller matavfall.

For all produksjon av vekster til biodrivstoff vil det være vesentlig at tilskuddsordningene og markedsbeskyttelsen opprettholdes også ved energiproduksjon. Uten disse tiltakene vil ikke jordbruket kunne produsere energivekster lønnsomt. For at økonomien i produksjon av energi fra jordbruksvekster skal være tilfredsstillende, er det også viktig at det etableres mottakere av restproduktene fra produksjon av olje, etanol eller gass. Disse produktene er ofte verdifulle som tilskudd til fôr eller gjødsel.

Det høye kostnadsnivået i norsk landbruk gjør det vanskelig å konkurrere med importerte råvarer. Større avlinger og rasjonell produksjon blir svært viktig for å øke konkurranseevnen til norske råvarer i biodrivstoffproduksjonen. For å få til dette trengs forskning og utvikling (FoU) innen dyrkings- og høsteteknikk, logistikk, aktuelle arter og sorter og forbedring av sortene gjennom planteforedling.

5.3 Energiråvarer fra avfall

Avfall som energiråvare til biodrivstoff utgjør en relativt liten, men likevel viktig og verdifull ressurs. Mange av avfallstypene har en lav pris, i noen tilfeller til og med negativ pris. I tillegg er klimagassbesparelsen ofte god. Bruk av biogass gir svært god miljøgevinst. For avfall er det ubenyttede teknisk-økonomiske råstoffpotensialet beregnet til 2,3 TWh. Råstoffprisen varierer da fra 0 til 50 øre/kWh.

Den største utfordringen for fettholdig avfall er at de ulike råvarene gir forskjellig kvalitet på biodieselen. Fiskeavfall gir et for høyt jodtall (angir mengden umettet fett) til å tilfredsstillende dagens standard for biodiesel i Europa, EN 14214. Slakteavfall gir biodiesel med dårlige vinteregenskaper.

For økt bruk av biogass er det primært to viktige utfordringer: Utstyr for oppgradering til drivstoffkvalitet er kostbart, og direkte bruk av oppgradert biogass krever både spesielle kjøretøy og egen infrastruktur (logistikk og fyllestasjoner).

5.3.1 Biogass

De viktigste avfallsfraksjonene som egner seg for biogassproduksjon, er organisk avfall fra husholdninger, fiskeavfall, død oppdrettsfisk, organisk avfall fra slakterier og næringsmiddelindustri, husdyrgjødsel og kloakkslam fra renseanlegg. Den største tilgjengelige kilden til biogass i Norge i dag er gamle avfallsdeponier, men gassen her holder lavere kvalitet enn gass fra råtnetanker. Det er derfor dyrere å oppgradere deponigass til drivstoffkvalitet enn gass fra råtnetank.

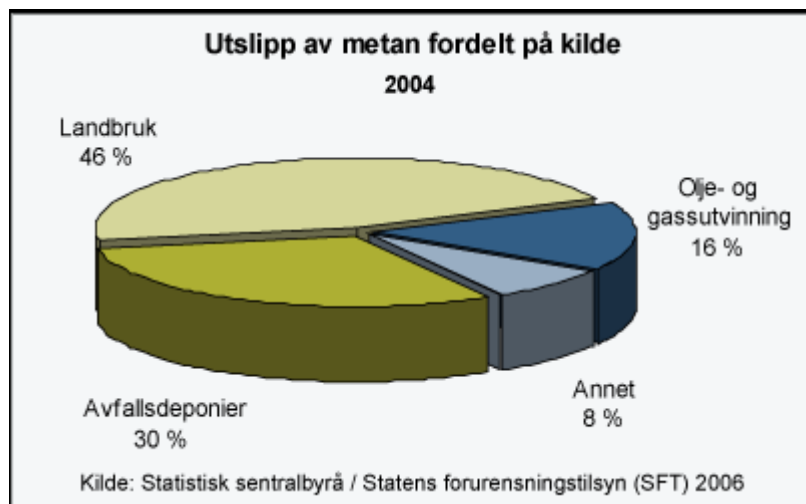
I 2005 var det registrert 18 bioreaktorer for behandling av kloakkslam i renseanlegg her i landet, fire anlegg for behandling av husholdningsavfall og én reaktor av betydning for behandling av husdyrgjødsel. Det ble også samlet deponigass fra over 41 deponier.¹⁶

Kun FREVAR-anlegget i Fredrikstad utnytter i dag biogass til drivstoffmål i Norge.

¹⁶ Lystad, H. *Rent matavfall på tanken – erfaringer fra norske biogassanlegg*, Fordrag Bioenergy 2005, 26.10.05, Trondheim

Det totale biogasspotensialet i Norge er anslått til 4 TWh. Det vil trolig ikke være mulig å utnytte dette fullt ut, da mange av kildene ligger svært spredt. Dersom man skal utnytte biogass til drivstoff, kreves et visst minste tilgjengelig volum per sted for å kunne forsvare investeringene ved et oppgraderingsanlegg. Derfor vil det trolig ikke være særlig aktuelt å samle inn og anvende biogass fra landbruket til drivstoff. Det teknisk-økonomiske potensialet er tidligere beregnet til 1,4 TWh (se Tabell 5 nedenfor).

Fordi produksjonen av biogass er relativt liten og fallende ved hvert anlegg, vil trolig det teknisk-økonomiske potensialet for deponigass være noe lavere enn angitt i Tabell 5. Nyere beregninger viser et teknisk-økonomisk potensial på 0,74 TWh for organisk avfall (husholdning og næring; 915 000 tonn i 2004).¹⁷



Figur 6: Norske utslipp av metan fordelt på kilde. Norske deponier står for en betydelig andel.

Ved produksjon av biodiesel fra plante- og dyrefett og etanol fra stivelse oppstår henholdsvis avfallstoffene glyserol og drank i relativt store kvanta. Begge stoffer er godt egnet for biogassproduksjon. Produksjon av første generasjon biodrivstoff i Norge vil derfor også øke potensialet for biogassproduksjon.

Tabell 5: Kilder til biogass¹⁸

Råstoff/kilde	Tilgjengelig	Teknisk-økonomisk potensial i dag
Landbruk	2,1 TWh	0,2 TWh
Organisk avfall	0,3 TWh	0,1 TWh
Kloakkslam	0,6 TWh	0,1 TWh
Deponigass	1,0 TWh	1,0 TWh
SUM	4,0 TWh	1,4 TWh

Biogass blir utnyttet relativt dårlig i Norge i dag. Svært mye av gassen som blir fanget fra norske deponier, blir faklet. Det som blir utnyttet fra deponier og øvrige kilder blir i all hovedsak brukt til produksjon av elektrisitet med relativt dårlig totalvirkningsgrad. Størstedelen av dagens biogassproduksjon er ikke motivert ut fra energiproduksjon, til det er prisene på elektrisitet for lav. Salg av varme er også vanskelig i mange tilfeller. Den økonomiske gevinsten ved de fleste anlegg skyldes at man får betalt for å håndtere avfall som kloakkslam og matavfall. Mye råstoff benyttes i dag ikke til gassproduksjon, men sluttbehandles på andre måter. Hele

¹⁷ Beregnet av Avfall Norge, basert på tall fra Statistisk sentralbyrå.

¹⁸ Hole, E.E.: Foredrag bioenergikonferanse SFT 25.05.05. Gassmengden som er oppgitt, er biogass med varierende innhold av metan.

Oslo-området brenner for eksempel i dag sitt matavfall, noe som gir et relativt dårlig spesifikt energiutbytte sammenliknet med biogassproduksjon.

Biogass kan også være et aktuelt råstoff for produksjon av syntetisk biodiesel. På denne måten får man et drivstoff som ikke krever en egen infrastruktur for distribusjon og bruk. Flere aktører sier de kan levere denne typen anlegg innen to år, men kommersielle anlegg er foreløpig ikke bygget.

5.3.2 Biogass som drivstoff

Per i dag er biogass den kanskje mest energieffektive og miljøvennlige formen for biodrivstoff i Norge. Fordi biogassproduksjon er basert på avfall og biprodukter, kommer biogassproduksjon ikke i konflikt med for eksempel produksjon av mat. For at biogass skal kunne benyttes som drivstoff, må den renses og komprimeres til drivstoffkvalitet. Anlegg for å utføre denne prosessen har en investeringskostnad som krever en viss tilgang og avsetning av gass for å være lønnsomme. Dette begrenser i stor grad hvor mye av Norges biogasspotensial som kan utnyttes direkte som drivstoff.

Biogass krever samme type kjøretøy som naturgass. En rekke personbilmodeller på markedet kan kjøre både på gass og bensin (bi-fuel). I tillegg er det mulig å bygge om vanlige bensinbiler til overkommelig pris. For tynge kjøretøy kan merkostnadene være relativt store (fra 400.000 til 700.000 per kjøretøy). Merkostnadene for tynge kjøretøy relaterer seg i hovedsak til motor/gasslager som følge av lavt produksjonsvolum.

5.3.3 Rivningsavfall

Rivningsavfall fra bygg og anlegg vil i noen tilfeller kunne benyttes som råstoff til produksjon av biodrivstoff i samme type prosess som for trevirke. Prosesser som er følsomme for urenheter eller krever et svært homogent virke, vil ikke kunne brukes for dette råstoffet. Teknologi for å konvertere rivningsavfall til biodrivstoff er foreløpig ikke kommersielt tilgjengelig. Det er estimert at det vil være ca 0,5 TWh/år tilgjengelig av dette råstoffet,¹⁹ i tillegg til de 0,3 TWh/år som allerede i dag benyttes til energiformål.²⁰

5.3.4 Fettholdig avfall

Fettholdig avfall er i hovedsak brukt frityrolje, slakteavfall og avfall fra fiskeoppdrett og fiskeforedling. Det er vanskelig å finne oppdaterte tall for hvor mye vi har av dette energiråstoffet i Norge, og mengden vil avhenge blant annet av hvor grensen for avfall settes. Dette er særlig relevant for fiskeolje, som også er et råstoff som inngår i annen industri. Råstoffgrunnlaget har vært estimert til 1,4 TWh. Innenfor en prisramme på 3,5-5 kr/l vil rundt 0,4 TWh være tilgjengelig.²¹



I utgangspunktet er fettholdig avfall mulig å konvertere til biodrivstoff med dagens teknologi med relativt lave energikostnader. Dagens kvalitetskrav legger en del begrensninger på hva som kan selges som biodiesel innenfor den europeiske biodieselnormen.

¹⁹ KanEnergi AS, Grønne sertifikater og biobrensel. Rapport for NVE 2004

²⁰ Bioenergiressurser i Norge, NVE 2003

²¹ Biodrivstoff - Produksjonsmuligheter for landbrukssektoren i Norge, Energigården 2003

5.4 Samlede biomasseressurser i Norge

Tabell 6 oppsummerer forbruket av og teknisk-økonomisk potensial for bioenergiressurser i Norge. Anslåtte årlige energimengder er omtrentlige verdier med en usikkerhetsfaktor på opp til +/- 20 prosent.

Tabell 6: *Biomasseressurser i Norge*

Ressurs/anvendelse	Årlig energimengde	Råvarepris inkl. transport
I 2007:		
Treforedling og annen trebasert industri (varme og litt el.)	7 TWh	12-14 øre/kWh
Ved, pellets, briketter mv.	6 TWh	Ikke beregnet
Fjernvarme m.m. fra avfall og skogsflis	2 TWh	0-14 øre/kWh
Sum:	15 TWh	
Ikke utnyttet potensial:		
Rundvirke og GROT	20 TWh	19-23 øre/kWh
Deponigass og annen avfallsenergi	2 TWh	0-50 øre/kWh
Halm	2 TWh	10 øre/kWh
Beitemark, veikanter, gjengroingsarealer og høynet tregrense	Ikke beregnet	
Sum:	Minimum 24 TWh	
Biomasse som kan bli delvis tilgjengelig:		
Jordbruksproduksjon	30-40 TWh	7-159 øre/kWh
Massevirke til treforedling	8 TWh	14-16 øre/kWh
Flis og annet treavfall som går til trebasert industri	4 TWh	Ikke beregnet
Sum:	40-50 TWh	

6 utfordringer for økt produksjon og bruk

6.1 Global produksjon og utfordringer for vekst

Produksjon av førstegenerasjon biodrivstoff, det vil si bioetanol og biodiesel, er i dag hovedsakelig basert på følgende råvarer:

Bioetanol	Biodiesel
Sukkerør i Brasil Mais i USA Korn i EU	Rapsolje i EU Soyanolje i USA Palmeolje i Asia

Fra år 2000 til 2005 har det vært en sterk økning i produksjon av biodrivstoff i verden. For biodiesel har økningen vært på hele 295 prosent og for bioetanol på 95 prosent.

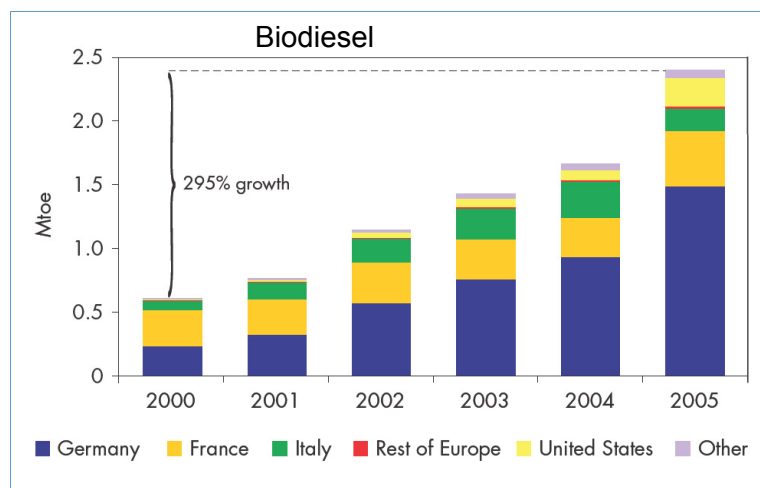
Økt bruk av tradisjonelle landbruksvarer til drivstoffproduksjon har allerede medført en økning i markedspris for råstoff som sukker, mais og rapsolje.

Ifølge beregninger fra det Internasjonale Energibyrået (IEA) er det ventet at årsproduksjon av biodrivstoff i verden doubles innen 2011²².

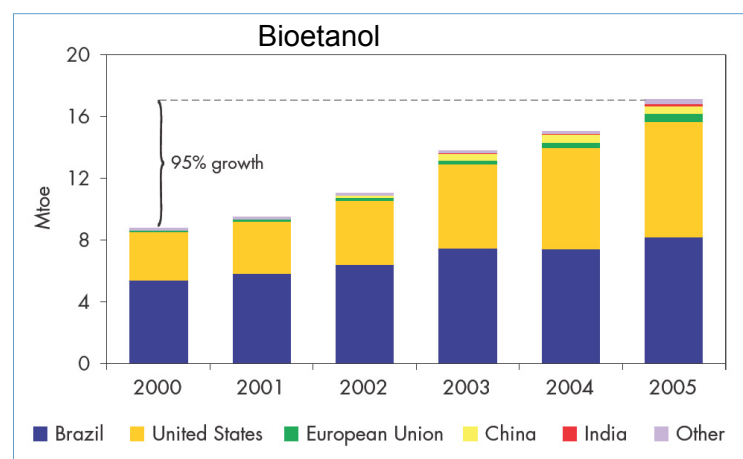
En slik økning i produksjonskapasiteten for biodrivstoff basert på disse råstoffene vil sannsynligvis bidra til en stabil pris de neste årene.

Fra forskjellige steder i verden har det den siste tiden kommet nyhetsmeldinger som tyder på at den økende produksjonen av biodrivstoff er med på å drive opp prisen på enkelte matvarer.

I Mexico har det eksempelvis



Source: E.O.Licht (2006).



Source: IEA analysis based on E.O.Lichts (2006).

Figur 4: Global utvikling i produksjonen av biodiesel (øverst) og bioetanol (nederst)

²² Energy Outlook 2006, IEA, 2006

vært store demonstrasjoner mot høye priser på tortilla, som er basert på mais. Det viser seg imidlertid at den viktigste årsaken til denne prisoppgangen er tørke og dårlig avling i 2006, kombinert med at landet utstedte færre importlisenser enn vanlig. En klarere sammenheng mellom økt produksjon av biodrivstoff og økte landbrukspriser ser vi i USA. Der klager melkebønder over tunge tider etter at prisen på kraftfôr har skutt i været. Også i Europa har blant annet næringsmiddelindustrien vært bekymret for at høye priser på rapsolje bidrar til å øke priser på matvarer.

Til en viss grad vil økt produksjon bidra til å redusere en mulig knapphet, men likevel vil det være klare begrensninger i mulig produksjonskapasitet for første generasjon biodrivstoff.

For 2007 regnes det med en oljeproduksjon på ca 86 millioner fat per dag (mb/d). Produksjonen av bioetanol og biodiesel i 2005 var på henholdsvis 0,579 og 0,064 mb/d. For å kunne nå en markedsandel på 20 eller 30 prosent og opprettholde en bærekraftig produksjon, er det viktig at man satser på en kombinasjon av råstoff og teknologier som:

- *utnytter hele planten*
- *er energieffektiv*
- *gir høyt drivstoffutbytte per arealenhet*

Ved produksjon av biogass fra for eksempel konserverter (ensilert) mais og husdyrgjødsel, som er ganske vanlig i Tyskland, produseres ca 490 liter bensinekvivalent/daa. På det samme arealet kan det til sammenlikning produseres ca 155 liter biodiesel fra raps.²³

- *benytter biomasse fra skogen og fra jordbruksareal som er brakklagt eller står i fare for å bli det*
- *gir et høyt drivstoffutbytte av biomassen*

Til produksjon av 100 liter bioetanol fra sukkerrør trenger man ca 1270 kg biomasse i form av sukkerrør. Dersom man også konverterte avfallet (bagassen), ville drivstoffutbyttet blitt mye høyere.
- *baserer seg på bærekraftig bruk av gjødsel*

6.2 Norske råvarers konkurransekraft

Skogsråvarer og annen biomasse fra skogen representerer det største norske ressurspotensialet som samtidig er relativt konkurransedyktig. I tillegg har vi en del halm som også vil være egnet for produksjon av andre generasjon biodrivstoff.

Skogsråvarer og halm er relativt spredt i Norge. Dersom anleggene for andre generasjon biodrivstoff må være store for å være konkurransedyktige, vil transportkostnaden utgjøre ca 25 prosent av råvarekostnaden. Teknologi som gjør det mulig å produsere konkurransedyktig i mindre skala, eller eventuelt gjøre et første trinn av foredlingen lokalt, vil øke konkurransekraften til denne typen råvarer.

Norsk produksjon av planteolje til biodieselproduksjon og dyrking av korn til etanolproduksjon koster i dag omtrent det samme som tilsvarende importerte varer. Men det forutsetter at man trekker fra statens produksjonstilskudd per produsert mengde jordbruksprodukter. For å kompensere for de høyere produksjonskostnadene betaler eksempelvis staten i dag et prisnedskrivningstilskudd på 159 øre/kg oljefrø og 60 øre/kg korn. Dersom biodrivstoffprodusenter vil kunne kjøpe norske jordbruksprodukter på de samme betingelsene som gjelder for andre industrielle oppkjøpere, skal det derfor være mulig å produsere første

²³ Biokraftstoffe eine vergleichende Analyse, Fachagentur nachwachsende Rohstoffe, 2006

generasjon biodrivstoff til en pris på linje med dagens europeiske produksjon. Foreløpig har vi imidlertid ikke infrastruktur for distribusjon og pressing av råvarene for bruk til biodrivstoff. I dag bruker ingen norske biodrivstoffprodusenter norske landbruksprodukter. Bransjen satser inntil videre på importerte råvarer levert med båt.

I noen grad benyttes i dag avfallsfraksjoner til produksjon av biodrivstoff. Eksempler er FREVAR (biogass) og Milvenn (biodiesel fra brukt frityrolje). I den grad dette er mulig, med hensyn til kvalitet og økonomi, er det miljømessig et meget gunstig alternativ. Kombinasjonen av våtorganisk avfall, husdyrgjødsel eller kloakkslam og en viss andel spesielt dyrkede energivekster, for eksempel gress, vil allerede med dagens teknologi kunne produsere biogass med et svært godt miljøregnskap til konkurransedyktig pris.

6.3 Økt etterspørsel etter biomasse

Behovet for å redusere utslippet av klimagasser gjør biomasse til et stadig mer etterspurt råstoff. Hittil har råstoff fra skogen i hovedsak blitt utnyttet av aktører innenfor trevare-, treforedlings- og sponplateindustrien, men også til vedproduksjon. I fremtiden vil energiprodusenter (som produserer bearbeidet biobrensel, kraft og varme), produsenter av biodrivstoff og aktører innen metallindustrien melde seg på i konkurransen om biomasseressursene. Veksten i eksport av råstoff til svenske bioenergiprodusenter viser at konkurransen tiltar, og at den ikke er avgrenset til norske forhold.

Hvor aktuelle de forskjellige bruksområdene vil bli, henger nært sammen med deres evne til å kunne betale for biomassen i konkurranse med andre kjøpere.

Mindre varmeanlegg ser ut til å ha best betalingsevne for biomasse til energiproduksjon. I neste omgang kommer større nærvarmeanlegg og fjernvarme. El-produksjon basert på biomasse vil neppe oppnå større betalingsevne for tømmer enn tradisjonelle avtakere som sagbruk og treforedling. Et unntak må eventuelt være kraft/varmeverk som finner gunstige avsetningsmuligheter for forholdsvis store mengder varme.

Om noen år kan tømmer være aktuelt råstoff for produksjon av syntetisk diesel (BtL). Teknologi for slik produksjon vil trolig være kommersielt tilgjengelig innen 2009-2010. Et større demonstrasjonsanlegg i Tyskland er under bygging og vil sannsynligvis bli satt i drift i løpet av 2007. Slike anlegg må trolig være meget store for å bli kostnadseffektive. Ett anlegg vil sannsynligvis ha behov for minst 1-2 millioner m³ biomasse per år.

Med dagens oljepris er produksjonskostnadene for syntetisk biodiesel langt høyere enn kostnadene for fossilt basert autodiesel, om lag med en faktor på 2 til 3, eller 6-9 kroner per liter. Det betyr at BtL må introduseres i markedet enten gjennom myndighetskrav om anvendelse, for eksempel krav til innblanding, eller fortsatt avgiftsfritak.

6.4 Konkurranseskraft mot andre drivstoff

Ved en oljepris på 60 dollar per fat koster fossil bensin og diesel henholdsvis ca 2,50 og 3 kr per liter før alle avgifter og kostnader til distribusjon. Bioetanol fra Europa har de siste månedene kostet ca 5 kr per liter. Brasil-etanol kan i prinsippet foreløpig importeres direkte til Norge uten EU-toll og koster kr 3,70 per liter. Dette til tross for en transportkostnad på 0,40-0,50 kr/liter. Første generasjon biodiesel koster litt over 5 kr per liter. Når vi i tillegg tar i betraktning at biodiesel og bioetanol inneholder henholdsvis 10 og 34 prosent mindre energi per liter sammenliknet med de fossile alternativene, er det lett å se at oljeprisen fortsatt må stige mye før biodrivstoff er konkurransedyktig uten reguleringer eller avgiftsinsentiver.

Andre generasjon biodrivstoff finnes foreløpig bare i svært små kvanta fra noen pilotanlegg, og har slik sett ingen reell markedspris.

I Europa produseres det foreløpig omtrent dobbelt så mye biodiesel som bioetanol. Produksjonsvolumene for begge drivstofftyper øker svært raskt, og det er usikkert hvilken type biodrivstoff som vil få størst volum de nærmeste årene. I Europa er det i dag et overskudd av bensin fra raffineriene. Det gjør at noe av bensinen eksporteres til USA. Substitusjon av fossil diesel med biodiesel er derfor det foretrukne alternativet for oljeselskapene i Europa. Det forventes en ytterligere økning i dieselandelen i fremtiden.

Kombinasjonen av avgiftsinsentiver, omsetningspåbud og andre virkemidler, kombinert med klare opptrappingsplaner i de fleste EU-land, har gjort at markedet for biodrivstoff oppfattes som stabilt og langsiktig økende.

For sluttbrukere er flere typer biodrivstoff konkurransedyktige i Norge i dag. Dette gjelder de kvalitetene som har fritak både for CO₂-avgift og drivstoffavgift. Omregnet i bensinekvivalenter er literprisen for E85 omtrent den samme som for blyfri 95 oktan bensin. B100 selges marginalt billigere enn vanlig fossil autodiesel. B5 selges som vanlig diesel til vanlig pris. E5 er foreløpig ikke på markedet. Biogass koster for sluttbruker mindre per energienhet enn bensin.

Det er per i dag umulig å gi et klart svar på hvilken type biodrivstoff som vil være samfunnsøkonomisk og miljømessig best. Trolig vil det produserte volumet av biodrivstoff også om 20-30 år bestå av forskjellige kvaliteter.

Biodrivstoff er i dag konkurransedyktig på verdensmarkedet på grunn av offentlige reguleringer og opptrappingsplaner for biodrivstoff i en rekke land. Politikken synes i stor grad å være motivert av ønsket om å redusere utslippene av fossilt CO₂, men økt leveringssikkerhet og redusert avhengighet av olje, samt positive effekter for landbruket, kan være vel så viktige motivasjonsfaktorer i EU og USA.

Etter hvert som oljeprisen blir høyere, vil også biodrivstoff i økende grad kunne konkurrere med



fossile alternativer på pris uten særskilte reguleringer. Dette kan imidlertid ta noe tid dersom man ikke oppnår en global avtale som effektivt skattlegger og begrenser utslippene av fossilt CO₂. Globalt finnes det kullreserver nok til flere hundre års forbruk, og teknisk sett er det enklere å konvertere kull til syntetisk diesel (såkalt CtL) enn å produsere BtL. I tillegg er kull en svært billig råvare, anslagsvis halve prisen per energienhet sammenliknet med skogsråvarer.

Kjemisk og drivstoffteknisk er de to kvalitetene likeverdige, men i et klimaperspektiv er forskjellene dramatiske. Ifølge en stor europeisk undersøkelse²⁴ gir BtL en reduksjon i utslippet av klimagasser på 91-96 prosent når man ser på hele regnestykket fra kilde til bilhjul sammenliknet med konvensjonelle petroleumsprodukter. CtL gir en økning på 127 prosent. Kina etablerer i disse dager produksjonsanlegg

for CtL. I tillegg etableres det flere steder i verden produksjonsanlegg for såkalt GtL, blant annet i Qatar, der fossil naturgass er svært billig. GtL er syntetisk diesel produsert fra naturgass. GtL gir ifølge den samme undersøkelsen en økning av utslippet av klimagasser på 9 prosent.

²⁴ "Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context", utgitt av CONCAWE, EUCAR European Council for automotive R&D, European Commission Joint Research Centre, <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW>

6.5 Konkurranseskraft mot andre CO₂-reduserende tiltak

Foreløpig har bruk av biodrivstoff en relativt høy pris som CO₂-reduserende tiltak. Det er primært to årsaker til dette:

1. Produksjonskostnader for biodrivstoff er, med dagens oljepris på 60-70 dollar per fat, høyere enn markedspris uten avgifter for de fossile alternativene. Unntaket er bioetanol produsert i Brasil.
2. Det finnes globalt sett svært mange og store CO₂-reduserende tiltak ved stasjonære utslippskilder som er billigere å gjennomføre.

Det er likevel mange gode grunner til å stimulere til økt produksjon og bruk av biodrivstoff allerede i dag. De viktigste er:

- Det tar mange år å bygge opp effektive og miljøvennlige produksjonsteknologier og en stor produksjonskapasitet.
- Biodrivstoff er foreløpig den eneste fornybare og potensielt klimanøytrale energibæreren som gir like stor motoreffekt og rekkevidde uten vesentlig økte kostnader til kjøretøy og distribusjon.
- Globalt sett representerer transportsektoren ca 23 prosent av de fossile CO₂-utslippene²⁵. Vi har snart en milliard kjøretøy i verden. Forbrenningsmotorer vil med stor sannsynlighet også være den mest vanlige motortypen om 20-30 år, og det vil ikke være mulig å fange CO₂ fra hvert enkelt kjøretøy.
- For stasjonær energiproduksjon finnes en lang rekke velfungerende CO₂-frie alternativer. I tillegg er det for stasjonær energiproduksjon muligheter for fangst og lagring av CO₂ selv om dette kan være kostnadskreven. Det betyr at transportsektoren etter hvert vil stå igjen som det vanskeligste området for klimautslippskutt. Man kan derfor forvente at betalingsevnen for CO₂-reduserende tiltak på mobile utslipp vil bli høy i fremtiden.

6.6 Distribusjon, salg og bruk

6.6.1 Bioetanol

De største utfordringene ved distribusjon av biodrivstoff gjelder etanol. Dette drivstoffet fordampes lett til en eksplosjonsfarlig gasskonsentrasjon. Det er svært løselig i vann, slik at lagring i fjellhaller med vannbunn ikke er mulig på samme måte som for bensin og diesel. Etanol er korrosivt, noe som gjør at man ikke kan bruke ståltanker eller andre deler av stål på bensinstasjoner og tankanlegg. I tillegg har etanol lavere energitetthet, slik at den samme energimengden trenger ca 40 prosent større tankkapasitet for lagring og transport. Ved produksjon av E5 må man også gjøre endringer i dagens blyfrie 95 oktan bensin. Damptrykket i basisbensinen må senkes for at E5 skal møte kravene i den europeiske bensinstandarden (EN228).²⁶ Dette medfører en liten økning i bensinkostnaden.

Løsningene som muliggjør innblanding, distribusjon og salg av etanol er imidlertid velkjente og lett tilgjengelige. Det handler primært om å velge løsning, investere og gjennomføre nødvendige ombygginger både av raffinerier, tankanlegg og bensinstasjoner.

Distribusjon av drivstoff i Norge innebærer lange transportstrekninger og mange distribusjonslagre. Over 50 prosent av drivstoffet som selges i Norge, har vært innom en

²⁵ Basert på tall fra IEA: Key World Energy Statistics 2006, www.iea.org/textbase/nppdf/free/2006/key2006.pdf

²⁶ Norsk Petroleumsinstitutt NP

fjellhall med vannbunn. Andre europeiske land bruker i liten grad fjellhaller til lagring av drivstoff, men i Norge vil man måtte gjøre en større engangsinvestering ved tankanleggene for å ta i bruk bioetanol. På bensinstasjonene kan man etter rengjøring og klargjøring bruke de eksisterende tankene og pumpene, så lenge etanolen selges i form av lavinnblanding E5.

Norsk Petroleumsinstitutt har beregnet de totale merkostnadene ved å innføre E5 til henholdsvis 12 øre/liter og 22 øre/liter, avhengig av om bioetanolen er kjøpt innenfor EUs tollsone eller importert tollfritt direkte fra Brasil.

Når det gjelder E85, må man noen ganger skifte tank og som regel rør, pumpe og andre deler av fyllesystemet. Det betyr en kostnad på 100.000-500.000 kroner for en pumpe med tilhørende tank.

Bruk av E85 og E100 i bioetanolbiler innebærer ca 30 prosent kortere rekkevidde for kjøretøyet på grunn av den lavere energitettheten i etanol. Modeller med turbomotor kan få en effektøkning på 5-10 prosent, mens vanlige innsprøytningsystemer gir lik motoreffekt for ren bensin og E85. Ved bruk av E5 vil sjåføren i praksis ikke merke noen forskjell.

Bioetanol har ikke optimale kaldstartegenskaper, på grunn av andre fordampingsegenskaper. Kaldstart blir imidlertid dramatisk lettere ved innblanding av 15 prosent bensin. Dette er hovedårsaken til at E85 i alle ikke-tropiske land foreløpig er høyeste tilgjengelige etanolandel.

6.6.2 Biodiesel

To forhold byr på utfordringer ved bruk av biodiesel. Vinteregenskapene for de vanligste kvalitetene ikke er like gode som for fossil vinterdiesel. Biodieselen er i tillegg mer utsatt for biologisk nedbrytning ved lang tids lagring.

De viktigste tiltakene i Norge er å blande inn en del parafin, fossil diesel og/eller kuldeforbedrende additiver i biodieselen i den kaldeste perioden, unngå å bruke biodiesel basert på tungtflytende planteoljer som palmeolje, og unngå at biodiesel blir levert til tanker med lav omløpshastighet.

Den trolig største hindringen for økt bruk av biodiesel i dag er at ingen personbiler på markedet er fabrikkgodkjente for bruk av biodiesel. Dette har flere årsaker. NO_x -utslippene øker litt når man kjører på biodiesel. Dermed kommer man over utslippskravene i Euro 4-standard. Videre hevdes det at partikkelfiltre ikke fungerer tilfredsstillende med biodiesel og at det ikke finnes gode nok pakninger til innsprøytningsanleggene²⁷. En marginal ulempe er at biodieselen medfører en reduksjon i effekt med tilhørende økt forbruk, anslagsvis fem prosent. Effekttapet vil trolig kunne kompenseres med riktig justering av innsprøytingen.

Syntetisk biodiesel (BtL) omtales ofte som andre generasjon biodiesel og kan håndteres og brukes på samme måte som vanlig fossil diesel. På grunn av høye cetantall (tennkvalitet) og lavere utslipp av lokal forurensning (NO_x og partikler) er dette et ettertraktet produkt. BtL krever ikke ombygging eller spesielle forholdsregler verken i tanker, pumper, drivstoffsystem eller motorer. Til vinterbruk vil BtL være minst like bra som dagens diesel.



²⁷ Bosch

6.6.3 Biogass

Den største utfordringen ved økt bruk av norskprodusert biogass er at råvarepotensialet er relativt beskjedent. På grunn av det store potensialet i skogen er råvarepotensialet for cellulosebasert etanol og andre generasjon biodiesel til sammenlikning mye større enn for biogass. Men det potensialet Norge har, særlig fra avfall, bør selvsagt utnyttes så godt som mulig. Særlig fordi klimagassbesparelsen per energienhet er svært god og råvarene er billige.

Biogass er også kostbart å distribuere til mange utsalgssteder. En biogasspumpe koster ca 2-3 millioner kroner. Dette er trolig hovedårsaken til at man ofte bruker biogass til bussdrift. Da kan man få stor omsetning på ett fyllested, som gjerne får gassen i rør fra et produksjonsanlegg like ved biogasspumpene.

En siste utfordring er at alle tanker, rør og koblinger må være helt tette. Biogass renses til drivstoffkvalitet er nesten hundre prosent metan (CH_4), en klimagass med omtrent 20 ganger så kraftig drivhuseffekt i atmosfæren som CO_2 . Dermed taper man en del av klimagassgevinsten dersom det er lekkasjer i systemet.

7 Forventede miljø- og samfunnskonsekvenser

7.1 Global oppvarming

Den viktigste miljøbegrunnelsen for å produsere og bruke bioenergi er at det bidrar til å redusere utslippet av fossilt CO₂ til atmosfæren. På grunn av dagens ustrakte bruk av kull, olje og naturgass innen stasjonær produksjon av elektrisitet og varme vil biomasse ofte kunne gi en enklere og mer effektiv reduksjon av klimagassutslippene i stasjonær sektor. Men mens stasjonær sektor har en lang rekke utslippsfrie alternativer under opptrapping, slik som vindkraft, solenergi, kjernekraft og fossil energi med CO₂-håndtering, er det fortsatt usikkert når hydrogen, batterier og andre potensielt klimanøytrale energibærere kan erstatte petroleumsprodukter i transportsektoren. Derfor er det viktig å satse på biodrivstoff nå.



Hvis biodrivstoff skal være et effektivt tiltak mot global oppvarming, er det svært viktig å kjenne til netto utslipp av klimagasser fra ”biokilde til bilhjul” – eller well-to-wheel (WtW) – for de forskjellige typene biodrivstoff²⁸. Selv om CO₂ fra eksosrøret har et biologisk opphav og er del av det aktive karbonkretsløpet, slippes det ut en del klimagasser i forbindelse med dyrking, høsting, produksjon og transport av biodrivstoffet. Gjødsling av jorda betyr som oftest bruk av kunstgjødsling, som krever mye energi ved produksjon. Gjødslingen medfører også økt utslipp av lystgass (N₂O) som er over 310 ganger så kraftig som klimagass i atmosfæren enn CO₂. Landbruks- og skogsmaskiner går foreløpig på fossilt drivstoff. Energiforbruket i biodrivstoff-fabrikkene kommer ofte fra naturgass eller kullkraft. Og transport og distribusjon av biodrivstoff skjer foreløpig ved hjelp av fossilt drivstoff. WtW-analyser vil alltid ha visse mangler og unøyaktigheter, men noen konklusjoner er verdt å nevne her.²⁹

- Biomasseproduksjon som krever lite gjødsling og liten direkte energibruk ved dyrking og høsting, er mest effektiv.
- Teknologier som bruker hele planten, har som regel høyest klimagassreduksjon. Dette gjelder såkalte andregenerasjons anlegg, i praksis fabrikker som produserer etanol fra cellulose eller syntetisk biodiesel fra lignocellulose (skogsråvarer, halm osv.)
- Høy klimagassreduksjon er mulig når en størst mulig andel av biomassen konverteres til biodrivstoff, samtidig som energien i spillvarmen og biproduktene utnyttes. Her er det også et stort forbedringspotensial for mange førstegenerasjons produksjonsmetoder.
- De beste WtW-tallene oppnår man foreløpig ved biogass produsert for et lokalt marked, forutsatt at produksjon og bruk av biogass foregår uten lekkasjer. Uforbrent metan er en 21 ganger kraftigere klimagass enn CO₂.
- For flytende biodrivstoff på markedet i dag finner man de beste WtW-tallene for etanol fra Brasil, til tross for den lange transporten og lav energiutnyttelse av biomassen.

²⁸ CONCAWE m. fl:

http://ies.jrc.cec.eu.int/media/scripts/getfile.php?file=fileadmin/H04/Well_to_Wheels/WTW/WTW_Report_010307.pdf

²⁹ Judit Adam: “Possibilities for conversion of biomass to liquid fuels in Norway - background information for a roadmap”, 2006,

<http://www.pfi.no/Biodrivstoff/Bakgrunnsdokument%20Biodrivstoffveikart.pdf>

- Eventuelle engangsutslipp av CO₂ knyttet til omlegging av biomasseproduksjon eller økt uttak av biomasse må tas med i klimagassregnestykket. Dette gjelder særlig regnskog, skog og myrområder.
- For storskala produksjon i Norge vil man få de beste WtW-tallene for trevirke- og avfallsbasert biodrivstoff.

7.2 Lokal og regional forurensning

Biodiesel har stort sett de samme utfordringene med partikkelutslipp som fossil diesel, bortsett fra at partiklene er litt mindre giftige og at syntetisk biodiesel ikke fører til SO_x-utslipp. I tillegg er det for bruk av første generasjon biodiesel ikke etablert kommersielle løsninger som sørger for å justere innsprøytingen slik at man unngår økte utslipp av NO_x. NO_x er regional forurensning som nå blir regulert av Gøteborgprotokollen, den foreløpig siste protokollen under Konvensjonen om langtransporterte luftforurensninger fra 1979³⁰.

Bensinerstatningen bioetanol har en litt annen utslippsprofil enn bensin, men samlet sett er lokal og regional forurensning fra en moderne E85-bil med katalysator på sammenliknbart nivå med en tilsvarende bensinmodell. Sammenliknet med bruk av diesel er den største forskjellen at etanol gir lavere utslippsverdier for NO_x og partikler.

Bruk av biogass reduserer lokal og regional forurensning sammenliknet med fossile drivstoff. Den største gevinsten får vi der bruk av biogass erstatter eldre dieselmotorer. Dette er dokumentert i en rekke svenske byer der busser, renovasjonskjøretøy og taxier har gått over til biogass.³¹ Biogass gir lavest partikkelutslipp også i det finpartikulære området som ifølge Norges Astma- og Allergiforbund er spesielt problematisk for astmatikere. Utslippene fra bensinkjøretøy som går på gass, vil i noen tilfeller også være lavere.

Lokal og regional forurensning endres marginalt ved lavinnblanding av 5-10 prosent biodrivstoff.

7.3 Arbeidsplasser og næringsutvikling

Generelt vil økte leveranser av bioenergi gi grunnlag for næringsutvikling knyttet til investeringer, drift og produksjon. Vi kan forvente en netto økt sysselsetting gjennom økt energiproduksjon fra biomasse fordi:

- Produksjon av bioenergi er mer arbeidsintensiv enn konvensjonell energiproduksjon.
- Økt produksjon av bioenergi synes i noen grad å være mulig uten å redusere sysselsetting i annen landbruks- og skogbruksvirksomhet.

EU regner med økt sysselsetting dersom man skal nå målene om 6 prosent fornybar energi i 1997, 12 prosent i 2010 og 20 prosent i 2020. Mer enn halvdelen av investeringene er antatt å komme innen bioenergiprojekter. I TERES II-prosjektet³² er det gjort beregninger på netto økt sysselsetting som følge av økt produksjon av fornybar energi. Her er både direkte og indirekte sysselsettingseffekter beregnet, inkludert reduksjon i arbeidsplasser i andre energisektorer. Hoveddelen av den økte sysselsettingen vil være innen bioenergi, med 250-450 arbeidsplasser per TWh.

Dette anslaget samsvarer med opplysninger fra Norsk Bioenergiforening, som anslår 300-400 nye, permanente arbeidsplasser per TWh i årlig uttak av biomasse. Siden mye av arbeidet med

³⁰ Miljøstatus i Norge – Gøteborgprotokollen,
http://www.miljostatus.no/templates/themepage_2366.aspx

³¹ Henrik Lystad, Avfall Norge

³² TERES II The European Renewable Energy Study II, Energy for Sustainable Development Ltd., ALTENER Programme, 1996

bioenergi skjer lokalt, som høsting, flising og transport, vil sysselsettingen i stor grad komme i distriktene. Sosiale fordeler lokalt ved bruk av bioenergi vil dermed bli høyere enn ved bruk av tradisjonelle energikilder.

Et anlegg for produksjon av andre generasjon biodiesel eller bioetanol med en kapasitet på 100 millioner liter per år vil skape 40-50 arbeidsplasser. Et slikt anlegg vil trenge ca 2 TWh biomasse per år. Det vil si at denne typen industriell foredling av biomasse gir 20-25 arbeidsplasser per TWh. Dette bekrefter at mesteparten av arbeidsplassene kommer desentralisert i forbindelse med avvirkning og transport.

Jordbruket kan bli både råvareleverandør og produsent av biodrivstoff. Gassproduksjon synes mest aktuelt, med basis i husdyrgjødsel og energivekster som gress og mais. Dette kan bli en viktig tilleggsgnæring for større husdyrprodusenter. I tillegg vil råvareleveranser til biodiesel- og etanolproduksjon kunne opprettholde arbeidsplasser i jordbruket. Det vil imidlertid ikke bli mange nye arbeidsplasser knyttet til biodrivstoff i jordbruket.

Etablerte og nye biodieselfabrikker her i landet har i startfasen vært basert på importerte råvarer. På kort sikt betyr de således lite for arbeidsplasser i distriktene, men dersom vi greier å etablere en konkurransedyktig råvareproduksjon, vil disse fabrikkene bli viktige kunder for norsk jordbruk.

7.4 Behov for sertifiseringssystem

Våren 2007 har blant annet EU-kommisjonen³³ og fire norske miljøorganisasjoner³⁴ pekt på et mulig behov for et sertifiseringssystem for biodrivstoff. Aktuelle målsettinger for slike systemer er å sikre at bruk av biodrivstoff gir høyest mulig netto reduksjon i utslippet av klimagasser og motvirke mulige negative konsekvenser for naturverdier, biologisk mangfold og sosiale forhold.

³³ Biofuel issues in the new legislation on the promotion of renewable energy, Public consultation exercise, April – May 2007, Energy and Transport Directorate-General, European Commission April 2007, http://ec.europa.eu/energy/res/consultation/doc/2007_06_04_biofuels/2007_06_04_public_consultation_biofuels_en.pdf

³⁴ Brev: Behov for føringer for importert biodrivstoff, <http://www.zero.no/transport/bio/Felles%20brev%20om%20krav%20til%20biodrivstoff.pdf>

8 Fremtidig satsing og utvikling

Utfordringen for fremtidig produksjon av biodrivstoff i Norge vil være å satse på det best egnede råstoffet og anvende den beste teknologien for å konvertere biomassen til drivstoff.

De best egnede formene for biomasse vil:

- ha stor råstoffbase
- gi stort utbytte av fornybart karbon per arealenhet
- gi minst mulig miljøbelastning lokalt og regionalt
- kunne utvinnes ved minst mulig bruk av energi



De best egnede teknologiene kjennetegnes ved

- kostnadseffektivitet på investering og drift
- høyt drivstoffutbytte per mengde fornybart karbon
- robusthet i forhold til råvarevariasjoner (arts- og årstidsvariasjoner).
- verdifulle biprodukter

Teknologier som gjør det mulig å utnytte lignocellulosemateriale som trevirke og energivekster, vil være viktig for biodrivstoff-fremstilling i Norge. Selv om det per i dag fortsatt er teknologiske utfordringer som må løses, er det bygget forsøksanlegg både for etanol og syntetisk biodiesel som viser at slik produksjon er mulig i pilotskala.

Ut fra eksisterende teknologiske løsninger for produksjon av andre generasjon biodrivstoff basert på skogsråvarer og eventuelt noe energiskog, vil Norge kunne drive 20-30 prosent av veitrafikken på biodrivstoff.

8.1 Norsk utvikling av andre generasjon biodrivstoff

Foreløpig er bruken av andre generasjon biodrivstoff stort sett begrenset til mulighetsstudier. Det finnes imidlertid mange gode grunner til at myndigheter og investorer bør satse på produksjon av andre generasjon biodrivstoff i Norge:

- Utvikling av ny teknologi for biodrivstoff kan bli en investering med potensielt stor avkastning. Eksport av norskutviklet teknologi kan gi store inntekter.
- Fremtidige strengere miljøkrav vil gjøre norsk produksjon mer konkurransedyktig og utkonkurrere import av ferdig biodrivstoff og import av råvarer til biodrivstoff.
- Den økende globale etterspørselen etter biodrivstoff gjør at tilgang til råstoff etter hvert blir vanskeligere. Da er det en fordel om vi kan produsere biodrivstoff i Norge basert på norske råvarer. Brasils eksport vil trolig ikke øke fra 2006 til 2007, på grunn av økt innenlandsk forbruk³⁵.
- ”Kortreist energi” vil bli høyere verdsatt i fremtiden fordi den gir bedre forsyningssikkerhet og ofte bedre miljøregnskap.

³⁵ Jordbruksaktuelt 13. januar 2007, <http://www.ja.se/nyheter/visanyhet.asp?nyhetID=7666>

- Norge har en betydelig kompetanse innen petrokjemi og prosessindustri som kan danne grunnlag for å utvikle ny teknologi for produksjon av biodrivstoff.
- Høyt kvalifisert arbeidskraft er i et internasjonalt perspektiv relativt rimelig i Norge.

8.2 Nødvendige prioriteringer og forvaltningstiltak

For å komme i gang med andre generasjon biodrivstoff er det nødvendig med både statlige og industrielle investeringer i forskning og utvikling (FoU), samt investeringstilskudd og langsiktig/risikovillig kapital til de første store produksjonsanleggene. Ved etablering av ny teknologi er det også viktig med demonstrasjons- eller pilotanlegg for å teste ut og redusere risikoen ved bygging av store produksjonsanlegg. Støtte til alle ledd i kjeden er viktig. Spørsmålet da blir hvor mye det er nødvendig å investere. I 2007 investerer den norske stat mindre enn 10 millioner kroner i utvikling av ny teknologi for produksjon av biodrivstoff. I Sverige er det tilsvarende beløpet 100 millioner kroner.³⁶ Norske myndigheter bør:

- Øke de offentlige investeringene til FoU på relevante teknologier slik at vi kommer opp på nivå med de ledende landene Sverige og Tyskland, målt i investeringer per innbygger.
- Etablere langsiktige skatte- og avgiftsinsentiver for de første fabrikkene som baseres på ny teknologi. Dette for å avlaste markedsrisikoen tilstrekkelig til at produksjonsanleggene blir bygget.
- Etablere et sertifiseringssystem for biodrivstoff som favoriserer biodrivstoff med dokumentert gode miljøregnskap. Biogass, bioetanol basert på trevirke og avfall og syntetisk diesel basert på trevirke er foreløpig de mest aktuelle teknologiene.
- Stimulere produksjonsteknologier som muliggjør en distribuert produksjon av biodrivstoff.
- Videreføre og videreutvikle en kombinasjon av avgiftslettelser og reguleringer både når det gjelder salg/bruk av biodrivstoff og salg/bruk av kjøretøy som er spesielt tilpasset biodrivstoff.

I tillegg bør vi prioritere:

- Produksjonsteknologier hvor norsk produksjon basert på norske råvarer kan bli konkurransedyktig med importerte biodrivstoff.
- Teknologier som gir høyest mulig reduksjon i utslippet av klimagasser i et well-to-wheels-perspektiv.
- Teknologier og produksjonsanlegg som konverterer mest mulig biomasse til biodrivstoff og utnytter mest mulig spillvarme.
- Produksjonsteknologier, drivstofftyper og kjøretøytyper som det også satses på i resten av Europa, både for å kunne utveksle FoU og ha eksport- og importmuligheter for det produserte drivstoffet.
- Å delta i internasjonale fora for å sikre og dokumentere bærekraftig produksjon av biodrivstoff.
- Å samarbeide med de fremste forskningsmiljøene innen biodrivstoff, særlig i Sverige, Tyskland, USA og Canada. På den måten kan vi finne de områdene hvor norske forskningsmiljøer og norske bedrifter kan innta en internasjonal posisjon.

³⁶ Energistyrelsen i Sverige

En slik satsing vil kunne bidra til å utvikle teknologi og bedrifter som gir nye arbeidsplasser i Norge og finansiell avkastning for bedrifter og staten. Kunnskap om miljøvennlige og fornybare løsninger vil bli stadig mer etterspurt, og resultater fra forskning og utvikling innen biodrivstoff vil kunne eksporteres. I tillegg vil forsyningssikkerhet for biodrivstoff ha økende verdi for samfunnet.

8.3 Norske råstoff egnet for biodrivstoff

Massevirke og GROT (grener og topper) vil trolig bli den viktigste råvaren for produksjon av biodrivstoff i Norge. Det er to viktige årsaker til dette: Det utnyttede bærekraftige råstoffpotensialet er relativt stort, anslagsvis 20 TWh biomasse. I tillegg innebærer andre generasjon biodrivstoff basert på skogsråvarer svært store besparelser i utslippet av klimagasser – opp mot 100 prosent.

Fett- og/eller karbohydratrikt avfall fra husholdninger, industri og jordbruk vil, i tillegg til tradisjonelle jordbruksprodukter, også kunne gi et visst råstoffbidrag til norsk produksjon av biodrivstoff. Vi har i denne rapporten beregnet det utnyttede råstoffpotensialet til ca 5 TWh. Prisen og miljøgevinsten ved å bruke disse råvarene varierer sterkt. Avfall til biogassproduksjon kommer best ut, med en lav eller negativ råvarepris og mulig klimagassbesparelse på langt over hundre prosent.

Dersom Norge i fremtiden skulle velge å produsere vesentlig mindre jordbruksprodukter til mat og dyrefôr, kan man raskt etablere en stor produksjon av salix eller annen energiskog. Halvparten av det norske jordbruksarealet vil alene kunne produsere 20 TWh per år. Dette er biomasse som vokser med liten bruk av gjødsel og som bare høstes rundt hvert femte år. Selv uten arealtilskudd og prisnedskrivningstilskudd ville produksjonen gi en biomassepris til fabrikk omtrent på nivå med prisen på skogsråvarer. Klimagassbesparelsen ved bruk av energiskog og andre generasjon biodrivstoff er på nivå med bruk av skogsråvarer – opp mot 100 prosent.

8.4 Aktuelle foredlingsteknologier

Teknologier for å konvertere lignocellulose til biodrivstoff blir viktige for å etablere norsk produksjon basert på norske råvarer. Dette gjelder både for skogsråvarer, energiskog, halm, rivningsavfall og papir.

De to mest aktuelle teknologiene synes å være:

1. Gassifisering og Fischer/Tropsch-katalyse for å fremstille syntetisk biodiesel
2. Enzymatisk, syrebasert og/eller mikrobiologisk omforming av cellulose og hemicellulose til etanol og andre produkter, ofte kalt bioraffineri.



Førstnevnte er kanskje nærmest kommersialisering i Europa, mens celluloseetanol er nær et gjennombrudd i USA/Canada. Begge konverteringsteknologiene antas å kreve svært store anlegg for å bli kostnadseffektive, men en rekke mindre aktører hevder de har teknologier som muliggjør lønnsom produksjon i liten skala. Pyrolyse er en mulig teknologi for småskala produksjon av bioolje. Her kvitter man seg med vannet og komprimerer biomassen, slik at videre transport til biodrivstoff-fabrikk blir billigere. Annen småskala produksjon av biodrivstoff fra lignocellulose er ikke kartlagt i dette arbeidet, men her kan det dukke opp interessante muligheter for norske aktører. Så spredt som

biomassen og forbrukerne er i Norge, ville det være en stor fordel å etablere en desentralisert produksjon av biodrivstoff.

Biogassproduksjon i råtnetanker er også en aktuell foredlingsteknologi i Norge. Teknologier for å konvertere biogass til syntetisk biodiesel kan også bli nyttig.

Konvensjonell produksjon av biodiesel fra fettholdige råvarer er allerede i gang, og konvensjonell produksjon av etanol fra korn, frukt eller jordbruksprodukter kan bli aktuell.

9 Konklusjon

Norges klima og natur krever en tilpasset og målrettet biodrivstoffsatsing. God oversikt over råstofftilgang, kunnskap om tilgjengelige og fremtidige teknologier samt effektiv FoU-innsats for optimal utnyttelse av norske råvarer er nødvendig for å lykkes

Mye av vår biomasse er spredt og vanskelig tilgjengelig. Dette krever både innhøstingsteknikker tilpasset terrenget og fokus på effektiv logistikk.

Norge har relativt stort råstoffpotensial for biodrivstoff. Etter en nøye gjennomgang av skogressursene har vi valgt å oppjustere tidligere estimater for uutnyttet potensial til 20 TWh. Ved et så stort økt uttak må man, på grunn av til dels utfordrende terreng og spredte ressurser, forvente en høyere pris enn for dagens energivirke. Vi anslår framtidig råstoffpris for storskala produksjon av biodrivstoff til 14-18 øre/kWh. Transportkostnader på inntil 5 øre/kWh kommer i tillegg.

I tillegg til det uutnyttede råstoffpotensialet i skogen har vi identifisert en ledig ressurs på ca 5 TWh i form av fett- og/eller karbohydratrikt avfall fra husholdninger, industri og jordbruk, samt en viss mengde tradisjonelle jordbruksprodukter.

Basert på denne råstofftilgangen og framtidig teknologi vil Norge kunne dekke 20-30 prosent av energibruken i veitrafikken med biodrivstoff basert på norske råvarer.

Per i dag er vi i en tidlig fase av utviklingen av en biodrivstoffindustri. Ved en målrettet utnyttelse av Norges betydelige kompetanse innen petrokjemi og prosessindustri kombinert med høyt kvalifisert arbeidskraft og internasjonalt samarbeid, kan Norge utvikle ny teknologi for produksjon av biodrivstoff – både for oppbygging av en betydelig industri i Norge og for eksport av teknologi. En slik satsing vil også kunne gi opptil 10.000 nye arbeidsplasser, primært i distriktene.

Biogass fremstilt fra avfall har stor klimamessig gevinst og bør utnyttes langt bedre enn i dag. Siden distribusjon av biogass koster mer enn for flytende drivstoff, er ”flåtedrift” av busser trolig best egnet. Biogassen bør da fremstilles nær slike ”flåteknutepunkt”.

Vurdert ut fra nasjonal ressurstilgang har Norge størst potensial for fremstilling av andre generasjon biodrivstoff. Både fremstilling av cellulosebasert bioetanol og syntetisk biodiesel er mulig å tilpasse norske forhold. For å komme i gang med produksjon av denne typen biodrivstoff er det nødvendig med gunstige og langsiktige rammevilkår. To aktuelle virkemidler er garantert avgiftsfritak for en definert periode og omsetningspåbud med miljøkrav som favoriserer biodrivstoff med de beste miljøegenskapene.

Myndigheter og industri bør gjennomføre en målrettet opptrapping i FoU-investeringene innen biodrivstoff. Vi bør i løpet av kort tid komme opp på samme investeringsnivå innen FoU som Sverige, altså tidoble dagens nivå. Spesielt vil en betydelig satsing på grunnleggende kompetansebyggende forskning sikre mottak av kunnskap fra utlandet, og danne det nødvendige grunnlaget for at etablering av produksjonsenheter lykkes. Dette vil også på sikt kunne gjøre Norge til leverandør av teknologiløsninger til den stadig voksende biodrivstoffindustrien.

Dette dokumentet er primært en kartlegging av dagens situasjon og muligheter som åpner seg de nærmeste årene. For å se lenger inn i fremtiden anbefaler vi Forskningsrådets ”Forsight 2007” som offentliggjøres i andre halvår 2007.

10 Appendiks: Oversikt over norske kompetansemiljøer

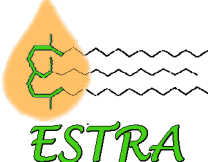
10.1 Forskningsmiljø

Navn	Relevante fagområder
 NTNU	Institutt for energi- og prosesseteknikk: Kraftproduksjon og omforming, overføring / distribusjon og sluttbruk av energi. Institutt for Industriell økonomi og teknologiledelse: Insentiver, reguleringer og markedsutvikling. Program for industriell økologi: Livssyklusanalyser www.ntnu.no
 SINTEF	SINTEF Materialer og kjemi: Fermentering og utvikling av mikroorganismer, separasjon, energikonvertering, økonomisk analyse. www.sintef.no SINTEF Energiforskning AS: Termisk konvertering: gassifisering og pyrolyse, brenselkunnskap, forbrenning (også i motorer), energisystemanalyse. www.sintef.no
Papir- og fiberinstituttet AS Paper and Fibre Research Institute  PFI	Har lang erfaring innen treforedling og fiber/trekjemi. Arbeider med nye anvendelser av biomasseressursen fra skogen der bioenergi/drivstoff er et viktig område. Hovedfokus på forbehandlingsmetoder av trevirke (dampeksplasjon, enzymer, syre etc.). www.pfi.no
 toi	Miljømessige og samfunnsøkonomiske konsekvenser ved bruk av biodrivstoff. Sammenhengen mellom kombinasjonen motorteknologier og drivstofftyper og lokale, regionale og globale miljøkonsekvenser. www.toi.no
 UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIODIVERSITET	Grunnleggende forståelse av fotosyntese, genetikk, avl og foredling, dyrkingsteknikk, sorter, økonomi, økologi, teknologi, biokjemi, enzymteknologi, biogassproduksjon, mikrobielle prosesser, alger, plantesykdommer, skogfag, gjødsling, forurensing, undervisning, forskning, produktutvikling, pyrolyse. www.umb.no
 skog+landskap	Råvarepotensialet i skogen. Ressurser, avvirkning, energipriser og forutsetningene for bærekraftig forvaltning www.skogoglandskap.no
 kanenergi	Utfører utredninger om teknologiske og foretningmessige muligheter innen fornybar energi og energieffektivisering. www.kanenergi.no
 Bioforsk	Råvarepotensialet i landbruket. Ressurser, produksjon og jordfaglige problemstillinger. www.bioforsk.no
 VESTLANDSFORSKING	Biodrivstoffforskning. Potensialvurderinger, livsløpsvurderinger, fokus på ikke-teknologiske barrierer som for eksempel holdninger. www.vestforsk.no

	Utredning muligheter for etablering av biodrivstoffproduksjon i Nord-Norge. www.utviklingssenteret.no
	Pyrolyse, olje og gass generering. Hydrogenproduksjon fra biomasse. Nasjonale analyser og modeller, prognoser for hvilke drivstoff som er aktuelle de neste hundre år. www.ife.no
	Kjemisk institutt: Driver utstrakt forskning på pyrolyse av biomasse. www.uib.no
	Fokuserer forebyggende miljøvern og virksomhets- og næringsutvikling. Livsløpsanalyser. www.sto.no
	Driver forskning og utredning innen nærings- og foretaksøkonomi i landbruk og landbruksbasert industri, landbrukspolitikk, marked og bygdeutvikling. www.nilf.no
	www.ssb.no
	Miljørelaterte utredninger og markedsanalyse. Rådgivning til bedriftsparter. www.bergfald.no

10.2 Industri

Navn	Relevante fagområder
	Olje- og gasselskap. Vurderer ulike former for prosesseteknologi og forretningsutvikling basert på nye energiformer. Har også aktivitet innen infrastruktur for biodrivstoff. www.statoil.no
	Energiselskap. Har kunnskaper om prosesseteknologi og forretningsutvikling basert på nye energiformer. Betydelig FoU-innsats. www.hydro.com
	Har omfattende kunnskaper om trekjemi og lager i dag ulike produkter fra trevirke. Vurderer ulike teknologiløsninger for fremstilling av biodrivstoff. www.borregaard.no
	Har lang erfaring innen treforedling og relevante kunnskaper om råstoff – kartlegging, logistikk og innkjøp. www.norskeskog.com
	Leverandør av apparater for å brenne blant annet biomasse til oppvarmingsformål. Leverer også brennere for flytende brensel som i dag er tilpasset fyringsparafin. www.jotul.no
	Energileverandør. Er i tidlig fase av forretningsutvikling innen bioenergi/-drivstoff. www.skagerakenergi.no

 Statkraft	Energileverandør. . Er i tidlig fase av forretningsutvikling innen bioenergi/-drivstoff.. www.statkraft.no
 HABIOL Hadeland Bio-olje AS	Har mål om å starte produksjon av biodiesel basert på planteoljer. Utviklingen har vist at grunnlaget for produksjon av biodiesel ikke bare kan skje fra raps/ryps, men også fra slakteriavfall etc. Omsetter biodiesel importert ADM Connemann i Tyskland. www.habiol.no
Weyland AS	Nystiftet selskap som skal bygge et pilotanlegg for produksjon av etanol basert på rivningstrevirke.
	Produserer biologisk drivstoff. Nylig etablert og produserer i dag biodiesel av raps til det europeiske markedet. www.bvenergi.no
	Produserer biodiesel fra brukt fritryolje og andre vegetabiliske oljer. www.milvenn.no
	Har siden 2001 produsert egen biodiesel i Lysøysund, mesteparten fra fiskeolje. Har innstilt denne produksjonen og distribuerer nå biodiesel produsert av dansk produsent. www.estra.net
Biodrivstoff AS	Etterfølger av Biosystem Norge (www.biosystem.no) som produserte 3000 liter biodiesel daglig. Biodrivstoff AS bygger et anlegg for større produksjon basert på raps, soya og resirkulert fritryolje.
Uniol (Fredrikstad)	Uniol AS eies av Habiol, Unikorn AS, Borregaard Industrier AS og Østfoldkornredning. Har som mål å etablere storskala biodieselproduksjon i det nedlagte fabrikanlegg til Denofa i Fredrikstad.
 FREVAR KF Distriktets miljøbedrift Fredrikstad Biogass AS	Produksjon og salg av biogass
	Driftsselskap for flere skogeiendommer i Kongsvingerområdet. Leier maskiner og skogsarbeidere, men har ansvar for driften. Lokale kunnskaper om avvirking og logistikk.
 Graminor	Graminor er et planteforedlingsselskap som arbeider med å skaffe nye gode plantesorter innen de viktigste jord- og hagebruksvekstene. www.graminor.no

10.3 Aktører i transportnæringen

Navn	Relevante fagområder
	Scania har en rekke tunge kjøretøyer som er godkjente for å gå på B100. www.scania.no
	Driver persontrafikk med tog og buss, samt godstrafikk på bane. www.nsb.no
 Jernbaneverket	Skal sikre et konkurransedyktig og samfunnsnyttig trafikksystem for togtransport. www.jernbaneverket.no
 Statens vegvesen	Regelverksutvikling, virkemidler, avgifter og tekniske reguleringer. www.vegvesen.no
Norgesbuss Vedlikehold AS	Driver blant annet biodiesel-prosjekt for busselskapet SL (ett års varighet, ti busser). www.norgesbusser.no

10.4 Organisasjoner

Navn	Relevante fagområder
 NORGES SKOGEIERFORBUND	Jobber for økt verdiskaping og økonomisk forvaltning av skogsressurser. Sentral overbygning for åtte skogeierandelslag. • Viken Skog BA. www.viken.skog.no • Havass Skog BA. www.havass.no • Glommen Skog BA. www.glommen.no • AT Skog BA. www.at.skog.no • Vestskog BA. www.vestskog.no • Sogn og Fjordane Skogeigarlag BA. www.sfskog.no • Allskog BA. www.sn.no • Mjøsen Skog BA. www.mjosen.no • www.skog.no
 NORSKOG NORSK SKOGBRUKSFORENING	Sentral medlemsorganisasjon for skogeiere. Har 220 medlemmer. www.norskog.no
 NORGES BONDELAG	Interesseorganisasjon for jordbruket. www.bondelaget.no
	Interesseorganisasjon for jordbruket. www.smabrukarlaget.no
	Interesseorganisasjon for avfallsbransjen. Arbeider med avfall som energiråstoff og behandling i biogassanlegg. www.avfallnorge.no

	Interesseorganisasjon for vann- og avløpsbransjen. Driver behandling av slam fra kommunale renseanlegg og utnyttelse av biogass. www.norvar.no
	Arbeider med utnyttelse av bioenergi/biobrensel og problemstillinger rundt gjengroing av landskapet.
	Bransjeforening for markedsførende oljeselskaper. www.np.no
	Interesseforeningen for norsk bioenergiindustri. Jobber for å fremme økt produksjon og bruk av bioenergi i Norge. www.nobio.no
	Formidler informasjon og arbeider som pådrivere for utslippsfrie teknologiløsninger. Er særlig opptatt av klimaskadelige utslipp. www.zero.no
	Miljøorganisasjon. www.bellona.no

10.5 Offentlig forvaltning

Navn	Relevante fagområder
	Ansvar for å bidra til bedrifts- og samfunnsøkonomisk lønnsom næringsutvikling i hele landet. www.innovasjon Norge.no
	Peker ut satsingsområder, tildeler forskningsmidler og vurderer forskningen som utføres. Er myndighetenes sentrale rådgiver i forskningspolitiske spørsmål og fungerer som møteplass og nettverksbygger for norsk forskning. www.forskningsradet.no
	Arbeider med å bidra til en bærekraftig utvikling. Virkemiddelutvikling, forskrift til drivstoffkvalitet. www.sft.no
	Konsentrert om god beredskap og effektiv ulykkes- og krisehåndtering. Krav til depoter og fyllestasjoner. www.dsb.no
SAMFERDELSDEPARTEMENTET	Ansvar for transport av personer og gods, telekommunikasjon og posttjenester.
OLJE- OG ENERGIDEPARTEMENTET	Ansvar for å tilrettelegge en samordnet og helhetlig energipolitikk
LANDBRUKS- OG MATDEPARTEMENTET	Ansvar for mat- og landbrukspolitikken
MILJØVERNDEPARTEMENTET	Ansvar for å gjennomføre regjeringens mål i miljøvernpolitikken.
Fylkeskommuner og kommuner	Driver prosjekter for å øke bruken av bioenergi