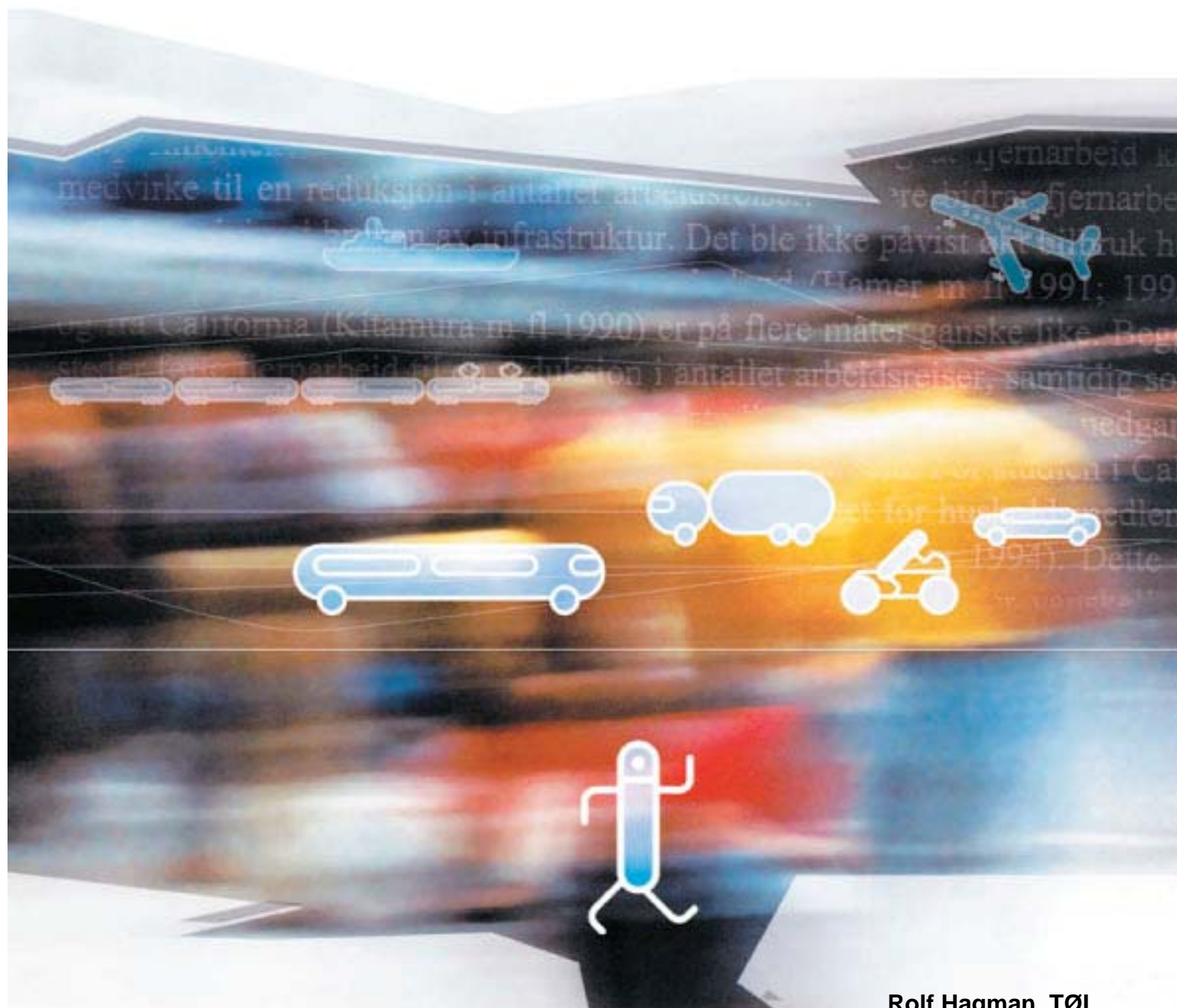


# Tekniske virkemidler for reduksjon av miljøbelastning fra vegtrafikk i Norge

Intervjuer med industri og kunnskapssentre om prioritert forskning og hensiktsmessige miljøtiltak



Rolf Hagman, TØI  
Erik Figenbaum, SFT  
TØI rapport 808/2005



# **Tekniske virkemidler for reduksjon av miljøbelastning fra vegtrafikk i Norge**

**Intervjuer med industri og kunnskapssentre om prioritert forskning og hensiktsmessige miljøtiltak**

Rolf Hagman, TØI

Erik Figenbaum, SFT

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

---

**Tittel:** Tekniske virkemidler for reduksjon av miljøbelastning fra vegtrafikk i Norge. Intervjuer med industri og kunnskapssentre om prioritert forskning og hensiktsmessige miljøtiltak

**Forfatter(e):** Rolf Hagman; Erik Figenbaum

TØI rapport 808/2005

Oslo, 2005-12

30 sider

ISBN                                      Papirversjon

ISBN 82-480-0580-1      Elektronisk versjon

ISSN 0808-1190

**Finansieringskilde:**

Statens Forurensningstilsyn, SFT

**Prosjekt:** 3155   Forskning og tiltak for reduksjon av utslipp fra vegtrafikk

**Prosjektleder:** Rolf Hagman

**Kvalitetsansvarlig:** Ronny Klæboe

**Emneord:**

Miljøvennlig transport; Miljøteknologi; Norsk fornybar energi; Prioritert forskning

**Sammendrag:**

Norsk mulighet til reduksjon av miljøpåvirkning fra transportsektoren ligger i energiforsyning og miljøvennlige drivstoffer. Satsinger bør skje på forskning innen områder hvor Norge har naturlige forutsetninger eller spisskompetanse.

Ledende forskningsinstitutter og representanter for Norges store energiselskaper vurderer satsing på bioenergi og utvikling av effektive prosesser for produksjon av høyverdige drivstoffer med biologisk opprinnelse (BTL) som nødvendig. Hydrogen vurderes som en kandidat til å bli fremtidens energibærer. Norge har spesiell kompetanse innen lagring av hydrogen og materialteknologi for brenselceller. Naturgass er en norsk energiresurs og Norge har spesiell kompetanse om naturgassmotorer.

Rapporten finnes kun i elektronisk utgave

**Title:** Reduction of environmental stress from road traffic in Norway. Interviews with industry and knowledge centra about preferred research and environmental actions

**Author(s):** Rolf Hagman; Erik Figenbaum

TØI report 808/2005

Oslo: 2005-12

30 pages

ISBN                                      Paper version

ISBN 82-480-0580-1      Electronic version

ISSN 0808-1190

**Financed by:**

Norwegian Pollution Control Authority (SFT)

**Project:** 3155   Research and efforts to reduce emissions from road traffic

**Project manager:** Rolf Hagman

**Quality manager:** Ronny Klæboe

**Key words:**

Sustainable Transport; Environmental technology; Norwegian renewable energy,

**Summary:**

This report summarizes interviews with research institutes and representatives for the big energy companies about technological means to get a more sustainable transport.

Norwegian possibilities to reduce emissions from road traffic by technological means, are related to supply of energy and environmental friendly fuels. Commitments should be in areas where Norway have natural resources or special knowledge.

The interviewed persons regard commitment to bioenergy and development of effective processes for production of liquid fuels with biological origin (BTL) as a necessity. Hydrogen is regarded as a candidate to be the energy carrier of the future. Norway has special knowledge in storage of hydrogen and material science for fuel cells. Natural gas is a Norwegian energy resource, and Norway is highly qualified to develop efficient and clean natural gas engines.

This report is available only in electronic version

**Language of report:**      Norwegian

---

Rapporten kan bestilles fra:  
Transportøkonomisk institutt, biblioteket,  
Postboks 6110 Etterstad, 0602 Oslo  
Telefon 22 57 38 00 - Telefax 22 57 02 90  
Pris kr 0

The report can be ordered from:  
Institute of Transport Economics, the library,  
PO Box 6110 Etterstad, N-0602 Oslo, Norway  
Telephone +47 22 57 38 00 Telefax +47 22 57 02 90  
Price € 0

---

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2005

Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961  
Ved gjengivelse av materiale fra publikasjonen, må fullstendig kilde oppgis

# Forord

Norske myndigheter og EU har vedtatt at utslippene av fossil CO<sub>2</sub> fra vegtrafikk skal reduseres. Dette er en utfordring som må møtes med et bredt spekter av virkemidler. I denne rapporten fokuserer vi på de teknologiske muligheter framover. Teknologi for kjøretøy og drivstoffalternativer har en effekt på miljø og et stort potensial for næringsutvikling i Norge, og det satses i dag betydelige resurser investeres i utvikling av fremtidsrettet teknologi som kan bidra til både økonomisk vekst og reduksjon i miljøbelastning fra vegtransport.

Rapporten er en sammenstilling av intervjuer med ledende norske forsknings- og industrimiljøer i Norge satses på forskning, utvikling og tiltak som kan bidra til redusert miljøbelastning fra vegtransport. Hensikten med prosjektet er å formidle kunnskap om seriøst og miljørelatert faglig arbeid som foregår i norske forskningsmiljøer og i norsk industri. Intervjuene gir en oversikt over hva ledende forsknings- og industrimiljøer oppfatter som hensiktsmessige energistrategier framover og hvilke satsingsområder de mener bør prioriteres.

Prosjektet er finansiert og utført på oppdrag av Statens forurensningstilsyn, SFT. Forsknings- og industrimiljøene er utvalgt, kontaktet og intervjuet av Erik Figenbaum, SFT og Rolf Hagman TØI. Sistnevnte har vært prosjektleder. Rapporten er skrevet av Rolf Hagman med assistanse av Erik Figenbaum. Sekretær Trude C. Rømming har tilrettelagt rapporten og avdelingsleder Marika Kolbenstvedt har hatt ansvaret for kvalitetssikringen.

De representanter for ulike forsknings- og industrimiljøene som har blitt intervjuet har fått anledning til å korrigere og komplettere intervjuene før publisering. Vi vil takke de personer og de bedrifter/institutter som vi fått anledning til å besøke. Overalt har vi møtt en åpen informerende og interessert attityde.

Vi vil også takke SFT for at vi fått anledning til å gjennomføre denne interessante og informative oppgaven.

Oslo, desember 2005  
Transportøkonomisk institutt

*Sønneve Ølnes*  
Assisterende instituttsjef

*Marika Kolbenstvedt*  
Avdelingsleder



# Innhold

<b>Sammendrag.....</b>	<b>I</b>
<b>1 Diskusjon og konklusjoner.....</b>	<b>1</b>
1.1 Behov for nye energiløsninger.....	1
1.2 Oljeselskapene .....	2
1.3 Forskningsinstitutter .....	3
1.4 Brukere.....	4
1.5 Råd til myndighetene .....	5
<b>2 Naturgassbusser - Gaia Trafikk AS i Bergen.....</b>	<b>6</b>
2.1 Status og bakgrunn.....	6
2.2 Erfaringer med naturgassbusser.....	7
2.3 Merknader med naturgassbusser i Bergen .....	7
2.4 Fortsatt utvikling og fremtidig miljøsatsing .....	7
2.5 Råd til myndighetene .....	8
<b>3 Naturgass til kjøretøy - Gasnor i Bergen.....</b>	<b>9</b>
3.1 Status og bakgrunn.....	9
3.2 Fortsatt utvikling og fremtidig miljøsatsing .....	9
3.3 Råd til myndighetene .....	10
<b>4 Miljøtilpassede drivstoffer fra Statoil og Mongstad.....</b>	<b>11</b>
4.1 Status og bakgrunn.....	11
4.2 Generelle synspunkter.....	11
4.3 Fortsatt utvikling og fremtidig miljøsatsing .....	12
<b>5 Elbiler og hydrogen – Institutt for Energiteknikk, IFE.....</b>	<b>15</b>
5.1 Status og bakgrunn.....	15
5.2 Forsking på lagring av hydrogen .....	15
5.3 Utfordringer med brenselceller i kjøretøy .....	16
5.4 Fornybar energi og hydrogen.....	16
5.5 Batterier og elektriske biler .....	17
<b>6 Hydrogen og brenselceller - SINTEF materialforskning .....</b>	<b>18</b>
6.1 Status og bakgrunn.....	18
6.2 Fornybar energi og hydrogen.....	18
6.3 Veien til Hydrogensamfunnet .....	19
6.4 Hydrogenbiler .....	19
6.5 Brenselcelleutvikling.....	20
6.6 Hydrogenlagring .....	20
6.7 Naturgassledninger .....	20
6.8 Råd til myndighetene .....	20
<b>7 Naturgass, motorteknologi og drivstoffer ved Marintek .....</b>	<b>22</b>
7.1 Status og bakgrunn.....	22
7.2 Utvikling av rene og effektive bussmotorer .....	23
7.3 Forbrenningsmotorer til kjøretøy med hydrogen som drivstoff .....	23

7.4 Råd til myndighetene .....	24
<b>8 Norsk Hydro - miljø - ny energi og hydrogen .....</b>	<b>25</b>
8.1 Status og bakgrunn.....	25
8.2 Hydros Venture og satsingsområder.....	25
8.3 Elbiler, batterier og Miljøbil Grenland .....	26
8.4 Fornybar energi.....	26
8.5 Hydrogen .....	26
8.6 Råd til myndighetene .....	27
<b>9 Biodrivstoffer og Universitetet for miljø- og biovitenskap .....</b>	<b>28</b>
9.1 Status og bakgrunn.....	28
9.2 Bioenergi kontra fossil energi.....	29
9.3 Råd til myndighetene og politikerne.....	30
<b>10 Transportøkonomisk institutt.....</b>	<b>31</b>
10.1 Status og bakgrunn.....	31
10.2 Kombinasjon av tekniske tiltak og atferdsendring .....	31
10.3 Strategiske satsinger og offentlig støtte .....	32
10.4 Behov for ny og økt kunnskap .....	32
10.5 Råd til myndighetene .....	32



**Sammendrag:**

# **Tekniske virkemidler for reduksjon av miljøbelastning fra vegtrafikk i Norge**

Norske myndigheter og EU har vedtatt at utslippene av fossil CO<sub>2</sub> fra vegtrafikk skal reduseres. Dette er en utfordring som må møtes med et bredt spekter av virkemidler. I denne rapporten fokuserer vi på teknologiske muligheter. Teknologi for kjøretøy og drivstoffalternativer har en effekt på miljø og et stort potensial for næringsutvikling i Norge. Det satses i dag betydelige ressurser på utvikling av fremtidsrettet teknologi som kan bidra til både økonomisk vekst og reduksjon i miljøbelastning fra vegtransport. For å få et innblikk i dette arbeidet og i fagmiljøenes synspunkter på framtiden, er representanter for ledende norske forsknings- og industrimiljøer i Norge intervjuet. Rapporten er en sammenstilling av disse intervjuene.

Internasjonal bilindustri produserer ikke biler i Norge og produksjon av deler til bilindustrien er begrenset. De tekniske virkemidler Norge kan bruke til reduksjon av miljøpåvirkning fra transportsektoren er i første rekke knyttet til energiforsyning og miljøvennlige drivstoffer. Videre kan vi velge de mest miljøvennlige kjøretøy som finnes på det internasjonale markedet og derved bidra til langsiktig teknisk utvikling.

## **Den store utfordringen – reduksjon av fossil CO<sub>2</sub>**

Norge er en energinasjon og utvinning av fossil energi fra norsk sokkel har betydning for landets økonomi. Bruk av fossil bensin og diesel i kjøretøy gir utslipp av klimagassen CO<sub>2</sub>. Utslippene av lokalt helseskadelige avgasser blir redusert men utslippene av klimagasser øker. Lokal forurensing fra kjøretøy er gått ned takket være strengere avgasskrav, bedre og renere bensin og diesel fra norske raffinerier samt utskifting av gamle sterkt forurensende biler. Utslipet av fossil CO<sub>2</sub> i transportsektoren øker, som følge av et stadig økende transportomfang.

## **Bioenergi**

Bioenergi vil bidra til løsningen av klimagassproblemene da den er CO<sub>2</sub> - nøytral. Innblanding av norskproduserte biodrivstoffer i fossil bensin og diesel kan bidra til arbeidsplasser og verdiskaping i Norge. Universitetet for miljø og biovitenskap (UMB) har ideer om småskalaproduksjon av bioenergi og arbeidsplasser i landbruket. Statoil mener at forskning på prosesser for effektiv produksjon av syntetisk bensin og diesel fra bioenergi (BTL) er ett interessant område.

Alle er positive til biologisk baserte drivstoffer. Utfordringen er at de er dyrere å produsere enn fossil bensin og diesel. Pristillegget varierer med råoljeprisen. På kort sikt kompenserer staten for prisforskjellen ved å unnta biodiesel fra skatt og avgifter. På lengre sikt vil trolig fossile drivstoffer bli så dyre at mer effektivt produserte biologisk baserte drivstoffer vil bli konkurransedyktige i seg selv.

### **Hydrogen som framtidens energibærer i brenselceller**

Hydrogen er en kandidat til å bli fremtidens energibærer i brenselceller. Med brenselceller og hydrogen unngår vi både utslipp av lokalt forurensende avgasser og CO<sub>2</sub>. Norsk Hydro satser på hydrogen som fremtidig miljøvennlig energibærer for kjøretøy og ser dette som en opsjon som kan bli lønnsom i fremtiden.

Hydro Electrolysers utvikler og produserer elektrolysører som splitter vann til oksygen og hydrogen. De anser denne teknologien som viktig i oppstartsfasen av hydrogensamfunnet og fordi den er velegnet til distribuert produksjon av hydrogen. I Norge vil elektrolysører for Norsk Hydro være førstevalget for produksjon av hydrogen.

Norsk spisskompetanse på IFE innen materialteknologi og lagring av hydrogen kan bidra til at problemene med lagring av hydrogen i brenselceller blir løst. SINTEF Materialer og kjemi, Energikonvertering har kompetanse på materialteknologi som kan bidra til utvikling av membraner som er nødvendige i brenselceller. IFE og SINTEF mener at myndighetene må være utholdende i sin støtte til hydrogen og brenselcelleforskning. Norge har et meget høyt potensial for hydrogenproduksjon og vi bør fokusere og renyrke våre sterke sider.

### **Satsing på fornybar energi må også til**

Inntil brenselceller kan produseres til akseptabel kostnad og med akseptabel driftsikkerhet mener Institutt for energiteknikk (IFE) at satsing på fornybar energi er riktig for Norge. Fornybare energikilder som vind og bioenergi gir mulighet til produksjon av CO<sub>2</sub> - nøytrale energibærere til transportsektoren nå og produksjon av hydrogen i fremtiden.

### **Ulik oppfatning om naturgass som drivstoff til transport**

Naturgass er et drivstoff som til en viss grad og på kort sikt kan bidra til reduserte utslipp av så vel lokalt forurensende eksosutslipp som CO<sub>2</sub>. Naturgass er en stor og rimelig norsk ressurs, og også en viktig energiressurs globalt. Distribusjon og bruk av naturgass som drivstoff til busser i Bergen er et eksempel på en norsk satsing som oppleves som vellykket av gassleverandøren og busselskapet Gaia.

Forskningsinstituttet Marintek i Trondheim har spisskompetanse på naturgass som energibærer i skip og til bruk i tunge kjøretøy. Spørsmålet er om kompetansen ved Marintek kan kombineres med finansiering og utvikling av nye og effektive naturgasmotorer til det internasjonale bussmarkedet.

De ulike fagmiljøene har forskjellige synspunkter på naturgass som miljøtiltak for veitransport i Norge er splittet. Vil rimelig naturgass være en hindring for enda

mer miljøvennlige og fremtidsrettede løsninger basert på biomasse og annen fornybar energi eller en hensiktsmessig ressurs på vei mot hydrogensamfunnet?

### **Sats der Norge har spesielle forutsetninger**

De fleste institutter og industrien ønsker støtte og bidrag til sin egen forskning, utvikling og satsingsområder. Dette er naturlig. Samtidig er det stor enighet om de generelle prinsipper for satsinger på teknologiutvikling. Intervjupersonenes felles råd eller anbefalinger til myndighetene kan oppsummeres som følger;

- Myndighetene må styrke satsingen på miljøer som er engasjerte, som vil noe og som også satser egne ressurser. Eksemplet ScanWafer som nå har verdensledende produksjon av silisiumskiver til solcellemarkedet, viser at det er viktig med pionerer og entusiasme.
- Dannelse av lokale interessefellesskap mellom lokale bedrifter og myndigheter, der det etableres enighet om langsiktige strategier for innføring av mer miljøvennlige teknologier i lokal transportsektor, er en viktig suksessfaktor for å få til økt anvendelse av ny teknologi.
- Myndighetene bør satse på forskning og utvikling innen områder hvor Norge har naturlige forutsetninger, spesiell kompetanse eller andre fortrinn. Satsinger bør skje med tanke på eksport og verdiskapning samt innen områder med internasjonal interesse.

### **Kunnskap om implementering er nødvendig**

Transportøkonomisk institutt legger vekt på at en må ha et bredt samfunnsøkonomisk perspektiv på satsinger, og analysere både de samfunnsmessige og bedriftsøkonomiske kostnader og gevinster. En må også etablere kunnskap om hvilke prosesser som kan bidra til at ny energieffektiv bilteknologi og nye fornybare energibærere, som er mer kostbare, skal kunne ta over for tradisjonell teknologi og rimelig fossil energi.

I arbeidet med miljøteknologiske løsninger må en definere hva som skal være samfunnets oppgaver og hva som er næringslivets og individets ansvar. Videre er det viktig å se teknologiske og andre virkemidler i sammenheng, slik at gevinstene ved teknologiforbedring ikke blir spist opp av trafikkvekst.



# 1 Diskusjon og konklusjoner

Norske myndigheter og EU har vedtatt at utslippene av fossil CO<sub>2</sub> fra vegtrafikk skal reduseres. Dette er en utfordring som må møtes med et bredt spekter av virkemidler. I denne rapporten fokuserer vi på teknologiske muligheter.

Norske forskningsinstitutter og norsk industri har aktiviteter og produkter som i høy grad påvirker og kan bidra til å redusere miljøpåvirkning fra vegtransport. For å få innsikt i arbeidet på feltet har vi intervjuet representanter for ledende norske forsknings- og industrimiljøer i Norge. Deres vurderinger presenteres i kapittel 2 – 10 i rapporten. Her diskuteres enkelte hovedkonklusjoner.

## 1.1 Behov for nye energiløsninger

Norge er en energinasjon. Verdiskapning med utgangspunkt i fossil olje og gass har betydning for Norges økonomi. Norge har olje, gass, vannkraft og stort potensial for utvikling av flere former for fornybar energi. Energi er nødvendig for transport. Som regel konverteres primærenergien til energiprodukter, kalt energibærere, som er hensiktsmessige for eller spesielt tilpasset det aktuelle bruksområdet. Råolje raffineres til bensin og diesel for bruk i kjøretøy.

Tilgangen til norsk fossil energi er begrenset og ressursene vil etter hvert ta slutt. Bruk av fossil energi medfører dessuten en rekke miljøproblemer, fra utslipp av klimagassen CO<sub>2</sub> til utslipp av lokalt forurensende og helseskadelige avgasser. Norges tilganger på fossil energi gir muligheter og økonomisk frihet samtidig som de er en trussel mot global oppvarming og miljø. Norske politikere, industri og forskningsmiljøer har en utfordring når det gjelder å sørge for fortsatt verdiskapning og samtidig sørge for bærekraftig utvikling på energiområdet.

Satsinger på fornybare energikilder som vind og bioenergi gir mulighet til produksjon av CO<sub>2</sub>-nøytrale eller karbonfrie energibærere til transportsektoren. Energibærere som biodiesel, etanol og syntetisk biologisk basert bensin eller diesel kan i begrenset omfang umiddelbart blandes inn i fossile drivstoffer. Bruk av biogass, naturgass krever tilpassning av motorteknologi og trykktanker. Hydrogen med kjøretøy som har brenselceller for konvertering av energibæreren til nyttig bevegelse er en populær kandidat til å bli fremtidens energibærer. Det er nødvendig med videreutvikling av teknologiene for anvendelse av hydrogen i transportmidler for at dette skal kunne bli realiserbart i praksis.

De fagmiljøer vi har intervjuet mener at for å oppnå reduksjon av miljøbelastningene fra vegtrafikk og sikre fortsatt økonomisk vekst må vi satse innen områder;

- Hvor vi har gode naturgitte forutsetninger
- Hvor vi har en fremragende kompetanse som kan være unik i global sammenheng

- Som løser viktige miljøproblemer for klodens befolkning

Samtidig må satsingene skje på varer og tjenester der hvor det finnes internasjonal etterspørsel og potensial for vekst.

## 1.2 Oljeselskapene

De store norske energiselskapene får sine inntekter fra fossil energi. Råolje raffineres til de tradisjonelle fossile drivstoffene bensin og diesel. Redusert forurensning og dermed lavere miljøpåvirkning oppnås med hjelp av miljøforbedringer i produktspesifikasjoner og produksjonsprosesser for disse produktene. For både bensin og diesel er lavt svovelinnhold vesentlig. Videre er det nødvendig med en hensiktsmessig blandning av destillater, omforming av hydrokarbonmolekyler og additiver. I tillegg til utnyttelsen av fossil energi, satser oljeselskapene på å oppfylle myndighetenes ønsker og krav til introduksjon og økt bruk av fornybar energi.

Økt bruk og innblanding av energibærere med biologisk opprinnelse i fossil bensin og diesel er hensiktsmessig for å redusere utslipp av fossil CO<sub>2</sub>. Økt forskning og utvikling av metoder for effektiv konvertering av tremasse til hensiktsmessige energibærere blir støttet av de store energiselskapene.

Konvertering av norske avfallsprodukter til dieseldrivstoff støttes av oljeselskapene. Laksolje og biologiske oljeprodukter generelt egner seg som utgangspunkt for drivstoff i dieselmotorer. Etanol fra biologiske produkter egner seg godt til innblanding i fossil bensin.

Det finnes i løpet av de nærmeste årene ikke mer biodiesel og etanol på markedet enn hva som trengs for en innblanding av 2-5 prosent i all bensin og diesel på det norske markedet. Ren (100 prosent) biodiesel og (E 85) med 85 prosent etanol har høy profileringsverdi er attraktive drivstoffer for kundene på grunn av lav pris. Forutsetningen for den lave prisen er fritak fra skatter og avgifter da produksjonskostnadene er betydelig høyere enn for fossile drivstoffer. Det kan for Statoil og Hydro-Texaco fremstå som urimelig at de som er leverandører av energibærere med innblanding av en forsvarlig andel biodrivstoffer skal fremstå som mindre miljøbevisste enn importører av biologiske oljer og alkohol fra lavkostland. Oljeselskapene sitter med et stort ansvar for sine kunder og konsekvensene av å sende et produkt med en ny eller avvikende spesifisering på markedet er stor. Produktet må derfor gjennom en lengre tids uttesting for å verifisere akseptable bruksegenskaper.

Oljeselskapene er spesielt opptatt av forskning og utvikling av prosesser for produksjon av biologiske energibærere som ikke inneholder oksygen. Disse drivstoffene kalles BTL, "Biomass to liquids", og i motsetning til biodiesel, FAME "Fatty Methyl Esters" har de ikke begrenset lagringstid. De har også andre egenskaper som gjør dem mer verdifulle som tilsetningsstoff i bensin og diesel enn dagens biodrivstoff. BTL er derfor kanskje på lang sikt en mer fornuftig og fremtidsrettet måte å bruke biomasse til produksjon av drivstoff enn dagens biodiesel og etanol, men dette vil avhenge av kostnadsbildet. Biodiesel og etanol fra landbruksvekster er første generasjons biodrivstoff. Etanol fra cellulose og BTL prosesser vil kunne produsere neste generasjons syntetiske biodrivstoffer.

Prosesser for utvinning av etanol fra cellulose og BTL trenger fortsatt noe videreutvikling og tid før disse drivstoffene blir klare for markedet. I mellomtiden anvendes første generasjons biodrivstoff.

Begge de to store norske energiselskapene satser på teknologiutvikling for produksjon og distribusjon av hydrogen som energibærer.

Demonstrasjonsprosjekter er en måte å bli kjent med utfordringer, hindringer og muligheter med hydrogen. Prognosene og estimatene for når hydrogen kan bli en vanlig energibærer for kjøretøy i Norge varierer og er forskjellige i ulike miljøer. For oljeselskapene er hydrogen en kandidat til å spille en rolle som energibærer i fremtiden. De forbereder seg på muligheten for å produsere hydrogen fra sine naturgassressurser. Norsk Hydro satser på å levere elektrolysører til distribuert hydrogenproduksjon med utgangspunkt i fornybar strøm som sitt bidrag til å etablere hydrogenøkonomien. Statoil vil undersøke de praktiske konsekvensene av å produsere hydrogen ved reformering av naturgass.

### **1.3 Forskningsinstitutter**

Fornybar energi står sentralt ved Institutt for energiteknikk på Kjeller, IFE, SINTEF i Trondheim og for Universitetet for miljø- og biovitenskap på Ås, UMB. Fokus ligger både på fornybar energi som BTL og fornybar energi som grunnlag for produksjon av hydrogen.

Hydrogen er den mulige løsningen på lang sikt, mens biologiske energibærere er nyttige som erstatning for fossil bensin og diesel på kort og mellomlang sikt. Alle er enige i satsing på fornybar energi. Et problem er at ny fornybar energi er dyrere enn fossil energi. Således er alle enige i at staten skal betale differansen. Med prognoser om høyere oljepris kan kanskje prisforskjellen utjevnes? Må oljeprisen over 80-100 \$ per fat før det blir samfunnsøkonomisk interessant med biologisk baserte drivstoffer i Norge? Inntil biologisk baserte drivstoffer er konkurransedyktige med fossil energi (før skatt og avgifter) vil det bli kostbart med produksjon av fornybar energi i stor skala.

Forskningsinstituttene vil forske på å få frem kostnadseffektive prosesser for produksjon av fornybar energi. Tanken er å bruke oljepenger på forskning og utvikling nå, for at Norge skal stå godt rustet med ny teknologi som kan skape inntekter når oljen er slutt!

Forskning på materialteknologi for membraner i brenselceller og hydrogenlagring er områder hvor Norge har en internasjonalt fremtredende posisjon. Med tanke på muligheten for at vi på sikt skal kunne konvertere Norge til et hydrogensamfunn bør vi satse på forskning for mulig næringsutvikling innen dette området. Hvor mye skal vi satse? Ingen kan sikkert garantere at Hydrogensamfunnet kommer, men en rimelig stor satsing på forskning i instituttene vil være fornuftig. Det er her viktig med kontinuerlig oppdatering og tilbakemeldinger om hva som skjer andre steder i verden. Altfor optimistiske forventninger til hydrogen i Norge kan bli en hindring for annen utvikling til nytte for miljøet. Politisk og i media har hydrogen høyt fokus. Når forskningsressurser stilles til rådighet vil det kunne etableres norsk spisskompetanse innen nisjeområder med internasjonal interesse.

Naturgass er en betydelig norsk ressurs som gir grunnlag for forskning og næringsutvikling. Naturgass alene eller eventuelt tilsatt hydrogen (Hytan) er utmerket drivstoff for miljøvennlige forbrenningsmotorer. Et problem er at motorene til de populære naturgassbussene som regel har ca. 20 prosent dårligere virkningsgrad enn motorene til tilsvarende dieslbusser. Dette påvirker driftsøkonomien og spiser opp den potensielle fordelen naturgass kan ha med hensyn til lavere klimagassutslipp. Marintek i Trondheim har verdensledende kompetanse på utvikling og konstruksjon av naturgassmotorer. Kompetansen er vist ved utvikling av nye marine naturgassmotorer som har den samme høye virkningsgraden som konvensjonelle skipsmotorer. I tillegg er gassmotorene en løsning på skipsfartens problem med alvorlig luftforurensing fra NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> og partikkelutslipp.

Kompetansen ved Marintek på dette området er ikke utnyttet fullt ut. Offentlige forskningsmidler er en mulighet for å bidra til at Marintek kan utvikle en helt ny natur- og biogassmotor til det internasjonale markedet for tunge kjøretøy. Slike motortyper vil med naturgass som drivstoff kunne redusere CO<sub>2</sub>-utslippene med over 20 prosent sammenlignet med diesel. Driftsøkonomien for eierne av bussene vil forbedret samtidig som lavere NO<sub>x</sub>- og partikkelutslipp vil gi forbedret luftkvalitet. Bedre naturgassmotorer kan dermed løse flere alvorlige miljøproblemer.

Transportøkonomisk institutt (TØI) kombinerer kunnskap om ny bilteknologi og drivstoffer med bred samferdselsfaglig kompetanse innen økonomi, statsvitenskap, sosiologi og psykologi. Kunnskap om prosesser for implementering av ny teknologi kan gi et viktig grunnlag for å besvare spørsmål om når, hvordan og hvorfor Norge skal konvertere fra fossil energi til fornybar energi. For å få til forandringer som reduserer forurensing fra vegtransport er det nødvendig å bygge opp både forståelse eller motivasjon.

Miljøtiltak som ikke er aksepterte og forstått av befolkningen lar seg vanskelig gjennomføre. Når det gjelder miljøtiltak har ulike aktører som miljøorganisasjoner, eksperter, politikere og vanlige mennesker gjerne motstridende oppfatninger og atferd. Teknikk, økonomiske drivkrefter og miljøeffekter er vanskelige å forstå. Det trengs bedre kunnskap om disse konfliktfylte temaer og formidling av denne kunnskapen for å oppnå forandringer. Temaer TØI trekker fram er for eksempel nytte- kostnadseffekter av forandringer i transportsektoren, insentiver for økt bruk av kollektivtrafikk i norske byer og forutsetninger for at det skal bli akseptabelt å begrense transportomfanget som et middel for å redusere miljøbelastningene fra transportsektoren.

## 1.4 Brukere

I denne studien har vi intervjuet busselskapet Gaia og gassleverandøren Gasnor i Bergen. Deres erfaringer er at det er mulig å utnytte norske ressurser og skape entusiasme.

Viktige faktorer for suksess, er;

- Enighet mellom myndigheter og bedrifter/bransjer om å satse på en teknologi



- Tilførsel av offentlige tilskudd til å dekke merkostnader

Offentlige tilskudd i en startfase er avgjørende slik at omfanget av ny virksomhet raskt kan nå et volum som dekker kostnadene.

En refleksjon når det gjelder å satse stort og innvilge offentlige tilskudd er at det også må satses rett. Det finnes mange eksempler på store satsinger som har vært feil eller som har kommet på feil tidspunkt. Som regel blir feilsatsingene glemt og kun de vellykkede satsingene blir husket. En må lære av begge typer erfaringer.

## **1.5 Råd til myndighetene**

Det ser ut til å være enighet blant de fagmiljøer vi har intervjuet om at myndighetene må satse på forskning og utvikling innen områder hvor Norge har naturlige forutsetninger, spesiell kompetanse eller andre fortrinn. Satsinger bør skje med tanke på eksport og verdiskapning innen områder med internasjonal interesse og der det foreligger et klart potensial for å løse globale miljøproblemer.

Hydrogen er en kandidat til å bli fremtidens energibærer og myndighetene må være utholdende i sin støtte til hydrogen og brenselcelleforskning. Norge har et meget høyt potensial for hydrogenproduksjon og her bør vi fokusere og rendyrke våre sterke sider.

Flere aktører mener at det bør opplyses om at det kan ta lang tid å realisere Hydrogensamfunnet og det er ikke helt sikkert det kan realiseres. Det er derfor viktig og riktig å satse på naturgass og biodrivstoffer parallelt med hydrogen. Også energieffektivisering og miljøforbedring av eksisterende teknologier vil gi viktige bidrag til bedre miljø i framtiden. Det vil være nødvendig med tilrettelegging også for videreutvikling av eksisterende teknologier og sparetiltak. For å redusere miljøpåvirkning fra transportsektoren på kort sikt bør det satses på rene drivstoffer, bioenergi og innblanding av biologiske drivstoffer i fossil bensin og diesel.

## 2 Naturgassbusser - Gaia Trafikk AS i Bergen

*Intervju med adm. direktør Idar Sylta og informasjonsleder Kaare Løvli Enæs ved Gaia Buss AS - 1. november 2005*

### 2.1 Status og bakgrunn



Gassbussprosjektet i Bergen er et samarbeidsprosjekt mellom: Staten, Hordaland fylkeskommune, Bergen kommune, Gaia Trafikk AS, HSD Buss AS og Gasnor AS. Etter partenes oppfatning vil bruken av naturgassbusser føre til betydelige reduksjoner i utslipp av NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> og partikler. Gaias naturgassbusser er godkjente og klarer de nye EURO IV avgasskravene som gjelder fra 2005.

Historien med naturgassbusser i Bergen begynte med en søknad om statlige midler til en satsing på naturgassbusser i 1995. Grunnlaget for søknaden var hensynet til miljøet og muligheten til å få naturgass fra Kollsnes. Det var bred enighet mellom alle sentrale lokale aktører om å satse langsiktig på naturgassbusser i Bergensområdet. Staten hadde gode insentivordninger, blant annet storbymidler. Det ble derfor etablert et spleiselag mellom fylkeskommune, kommune, selskapene og staten, noe som var helt avgjørende for å lykkes med satsingen.

Gassbussprosjektet i Bergen, som omfatter 80 gassbusser og tre fyllestasjoner, er nå fullfinansiert. Bergen blir etter Skåneområdet i Sverige det nest største gassbussområdet i Skandinavia.

Gassbussene i Bergenstrafikken fylles fra en fyllestasjon på Nyborg nord for sentrum og en på Straume vest for sentrum. En tredje fyllestasjon med flytende naturgass, et såkalt CLNG-anlegg, vil være på plass i løpet av 2005. Den tredje fyllestasjonen bygges på Mannsverk syd for Bergen sentrum. Fyllestasjonen blir en nyskaping idet her skal brukes LNG som transporteres inn fra den nye LNG-fabrikken på Kollsnes.

## 2.2 Erfaringer med naturgassbusser

Naturgassbussene kjører samme distanse og samme ruter som dieselbussene i Bergen. De har lavere dreiemoment og er derved litt svakere enn dieselbussene i motbakker. Sjåførene aksepterer forskjellen i trekraft.

Naturgassbussene støyer mindre enn dieselbussene (10 dBA). En slik reduksjon er merkbar, og oppleves som en halvering av støynivået. Dette er positivt og viktig i et byområde hvor bussene kjører blant mange mennesker i tett bebygde bolig- og sentrumsområder.

Det var en del problemer med de første modellene av naturgassbusser. Med de nye modellene er det mindre problemer. Problemene besto i motorer som fusket. Problemet var en kombinasjon av varierende kvalitet på naturgassen og av at de første bussene stilte strenge krav til gasskvalitet. De nye bussene har automatisk justering av motorsystemet i forhold til gasskvaliteten og fungerer bra.

Gaia har bygget opp egen kompetanse på vedlikehold av gassbusser. De mener selv at det er en viktig faktor for at de har klart å få til god gassbusdrift.

## 2.3 Merkostnader med naturgassbusser i Bergen

Etter statlige midler var bevilget tok det 5 år før de første naturgassbussene ble levert i 2000. I 2005 går det ca. 60 naturgassbusser i Bergenstrafikken. Alle naturgassbussene som brukes av Gaia Buss AS er levert av Volvo. Anskaffelse av gassbusser medfører en merkostnad på 400 til 500 tusen kroner per buss i forhold til dieselbusser.

Vedlikehold av gassbussene er noe mer kostbart enn vedlikehold av dieselbusser, blant annet fordi bussene er utstyrt med tennplugg. En serviceavtale for gassbusser er 10-20prosent dyrere enn tilsvarende serviceavtale for dieselbusser. Frem til 2004 fikk Gaia en offentlig driftstøtte på 20 øre per kilometer for hver gassbuss.

Levetid for dieselbusser er normalt 18 år. Levetiden for gassbusser er etter 5 års erfaring ukjent. Andrehåndsverdien av brukte gassbusser forventes å være lav. Gassbussene med lengst fartstid har gått over 500 000 km noe som er normalt i forhold til alderen (5 år).

Totalt sett har gassbussprosjektet har medført 75 mill kroner i merkostnader i form av investeringer. Merkostnadene i investeringer er dekket av Bergen kommune, Fylkeskommunen og statlige midler. Investeringene har muliggjort at Gassnor kan tilby gass også til stasjonære forbrukere som borettslag og lignende til erstatning for oljefyring. Det øker utnyttelsesgraden for deler av infrastrukturen og kan gi miljøfordeler i andre sektorer, avhengig av hvilken energibærer som gassen erstatter.

## 2.4 Fortsatt utvikling og fremtidig miljøsatsing

Gaia er fornøyd med sine gassbusser. Ledelsen har en visjon om at alle busser i Bergen enten skal være gassbusser eller elektriske trolleybusser. Lokale

myndigheter er positive. Anbud fra 2008 i Bergen og omegn kan påvirke situasjonen. Man vet ikke enda om økt bruk av gassbusser blir en del av anbudsbetingelsene. Den som vinner anbudet i 2008 vil måtte ta over eksisterende gassbusser.

Biogass fra avfallsdeponi som kan brukes sammen med naturgass vil være en ønsket og naturlig utvikling i Bergen. En utvikling med enda bedre, mer miljøvennlige og prismessig konkurransedyktige gassbusser vil øke mulighetene for å oppfylle visjonen om å erstatte alle dieselbusser med gassbusser i Bergen. Infrastruktur verdt 35 millioner kr ligger klar og kan håndtere flere enn dagens gassbusser. Marginalkostnaden ved å ta i bruk flere busser blir dermed lav.

Kundene ser ikke ut til å være villig til å betale mer for å bruke en gassbuss, i hvert fall har ikke Gaia klart å realisere noe potensial der. Samtidig er det mange kunder som ikke vet at det er gassbusser som anvendes.

Langsiktige avtaler for levering av gass til konkurransedyktig pris er en forutsetning for miljøvennlige gassbusser i Bergen.

Det viktigste rådet til andre byområder som ønsker å ta i bruk mer miljøvennlige transportløsninger er å danne lokale samarbeidsgrupperinger på tvers av bedrifter og etater/myndigheter. Det er avgjørende å bli enige om en langsiktig strategi for hva man vil og hvordan man skal komme dit.

## 2.5 Råd til myndighetene

Det er viktig å være bevisst på det faktum at hydrogenbusser ikke vil være kommersielt tilgjengelige før om 10-20 år. I påvente av dette må man ikke glemme de positive sidene ved naturgassbussene. Det er ut fra miljøhensyn gode grunner for å sette i drift enda flere naturgassbusser enn de som finnes i dag. I Bergen finnes infrastruktur, kompetanse og ikke minst vilje til videre naturgassbuss-satsing. Kommer det på plass en finansiering vil dette også kunne realiseres.

## 3 Naturgass til kjøretøy - Gasnor i Bergen

*Intervju med rådgiver Aksel Skjervheim ved Gasnor i Bergen AS - 1. november 2005*

### 3.1 Status og bakgrunn

”Nye” Gasnor AS ble etablert 18.12.04 som en fusjon mellom Gasnor og Naturgass Vest. Gasnor har hovedkontor på Karmøy i Rogaland, og har som formål å distribuere og tilby naturgass til innenlandske brukere. Det er foreløpig bygget distribusjonsnett i Karmøy, Haugesund og Bergen kommuner.

Gasnor leverer naturgass både i rørledning, og som høytrykks gass (CNG) samt flytende naturgass (LNG) i bulk. Selskapet eier og drifter produksjonsanlegg for flytende naturgass (Kollsnes og på Karmøy), og disponerer ett tankskip (1.000 m<sup>3</sup>), sju trailere/tankvogner for transport av den flytende naturgassen samt 13 trailere for levering av CNG.

Naturgass leveres som drivstoff (CNG) til busser og andre kjøretøy og til skip (LNG). Selskapet har bygget fyllestasjoner for kjøretøy (CNG) i Bergen og Haugesund, og leverer naturgass til ca 150 biler og busser.

Den viktigste faktoren for fremgangen med naturgassbusser i Bergen har vært tilgang til naturgass (Kollsnes). Andre viktige faktorer har vært enigheten om å satse stort og ikke minst offentlige tilskudd til å dekke merkostnader med naturgass. Offentlige tilskudd i en startfase er avgjørende for at omfanget av naturgassvirksomheten raskt kan nå et volum som dekker startkostnadene.

I Haugesund som allerede har en infrastruktur for naturgass kommer det nå 16 naturgassbusser uten offentlig tilskudd. Merkostnadene for bussinvesteringene dekkes til en del av rimeligere pris på naturgass.

Etter den første naturgassfergen med en offentlig tilskudd på 19 mill kommer det nå (med minimal offentlig støtte) flere og flere skip med naturgass. Til forskjell fra bussmotorer har man i skipsmotorer oppnådd like høy eller høyere virkningsgrad med naturgass som med diesellolje.

### 3.2 Fortsatt utvikling og fremtidig miljøatsing

Aksel Skjervheim ser biogass fra avfalldeponi som en naturlig utvikling i Bergen. Gasnor kan ta seg av biogass. Ved å blande biogass med naturgass kan man oppnå tilstrekkelig renhet og kvalitet uten altfor kostbar rensing av biogassen.

Satsingen på naturgass til busser i Bergen har muliggjort salg av naturgass til andre stasjonære forbrukere som borettslag og lignende. Satsingen har altså store synergieffekter.

For Østlandet frykter Skjervheim at overdreven tro på hydrogen kan være en hindring for utbredelse av naturgass. For små personbiler med liten plass vil naturgassløsninger være lite konkurransedyktige. Moderne nye personbiler med bensin og treveiskatalysator er så miljøvennlige at gassdrift sannsynlig kun vil gi små eller ingen gevinster.

Det ligger stort potensial i videre utvikling av skipsmotorer til kanalbåter, små og mellomstore skip. Når Marintek har vært fremgangsrike i samarbeidet med Rolls Roys på skipsmotorer burde de også få ressurser til å arbeide med utvikling av ny teknikk for motorer til tunge kjøretøy. Det siste kan gjerne skje sammen med de store svenske produsentene av tunge kjøretøy. Det er viktig å satse på teknikk og industriutvikling som har internasjonal interesse.

Et miljøtiltak som kan gi god effekt på flere plan er overføring av tungtransport fra vei til hurtiggående rene naturgasskip.

### 3.3 Råd til myndighetene

Myndighetene bør definere noen nisjer som Norge skal bli gode på og holde seg til det. Det må sendes ut klare signaler, initiativer som tas bør støttes og man bør satse på de som virkelig ønsker å få til noe.

Det bør finnes gode industriklynger, for eksempel har samarbeidet mellom Rolls Royce og Marintek vært en suksess.

Myndighetene bør bevisst bruke sin makt ved offentlige anbud og andre offentlige innkjøp av transporttjenester. Ved satsing på forskning og etablering av insentivordninger bør myndighetene aktivt styrke bruk av miljøvennlige transportløsninger.

Det kan være hensiktsmessig å etablere gassdistribusjon til Østlandet og resten av landet for å øke anvendelse av naturgass i Norge. Det bør undersøkes om brukerne kan betale store deler av investeringen. Gasnor foreslår å støtte utbygging av infrastruktur med for eksempel 25 prosent i investeringsstøtte.

## 4 Miljøtilpassede drivstoffer fra Statoil og Mongstad

*Intervju med avdelingsleder Robert Jørgensen og spesialrådgiver Stein Åge Fløysand ved Statoil PKS på Mongstad - 1. november 2005*

### 4.1 Status og bakgrunn

Statoils Produktteknisk Kompetanse- og Servicesenter (PKS) på Mongstad er Statoils kompetansesenter innenfor raffinerte produkter og motorteknologi. Råoljekarakterisering, avansert analyseteknologi og petrolkoksteknologi tilhører senterets spesialfelt. PKS har også ansvar for forskning og utvikling innenfor disse fagområdene, samt å yte teknisk assistanse til foredling, markedsføring og salg av selskapets produkter. PKS er involvert i alle tekniske aspekter rundt drivstoffer i Statoil.

De synspunkter PKS gir uttrykk for i dette intervjuet gjelder drivstoffaglige aspekter, og det presiseres at synspunktene ikke nødvendigvis representerer Statoilkonsernets strategiske, taktiske eller økonomiske vurderinger.

### 4.2 Generelle synspunkter

Statoil bestreber seg på en kontinuerlig utvikling av produkter som har minst mulig skadelig effekt på helse og miljø og vurderer kravene fra myndighetene som minimumskrav. Livsløpsanalyser er nødvendige for å kunne vurdere de totale effektene av alternative drivstoff og innblanding i fossil bensin og diesel.

Miljøtilpassede drivstoffer gir sammen med moderne motorteknologi betydelige reduksjoner i utslipp av uønskede komponenter i bileksos. Statoil er derfor positiv til nye produkter som kan oppvise gode miljøegenskaper gjennom produktets totale livsløp.

Statoil satser betydelige ressurser på egen utvikling når det gjelder kunnskap om utslipp og miljøeffekter ved bruk av forskjellige drivstoffkvaliteter. Man har i denne sammenheng et aktivt samarbeid med myndigheter, bilbransjen, uavhengige fagmiljøer og andre oljeselskaper.

Drivstoff er internasjonale handelsvarer med behov for felles standarder. Gjennom medlemskap i nasjonale og internasjonale bransjeorganisasjoner deltar Statoil aktivt i arbeidet med å fastsette nye standarder. Oppfatningen er at nye krav til produktkvalitet og innføring av alternative drivstoffer må baseres på vitenskaplige, kostnads- og miljømessige fakta.

Statoil anser at alternative energibærere er interessante. Ulike løsninger for fremdrift av kjøretøy som er basert på naturgass er høyt rangert. Bruk av

biologiske produkter kan være miljømessig riktig og effektivt, spesielt dersom de produseres med utgangspunkt i lokale råstoffer. Et eksempel på Statoils interesse for lokale, biologiske produkter er bruk av norsk lakseolje i diesel. Statoil definerer seg som en langsiktig energileverandør, ikke bare som en leverandør av fossile energibærere.

Statoils Produktteknisk Kompetanse- og Servicesenter (PKS) på Mongstad har mange oppgaver når det gjelder drivstoffer og miljøvurderinger. Oljekvaliteten fra de forskjellige oljefeltene blir kontinuerlig testet slik at drivstoffene kan komponeres på en optimal og kostnadseffektiv måte. Mongstad er en betydelig produsent av hydrogen i Norge. Dette hydrogenet brukes internt i forskjellige raffineringprosesser bl.a. for å produsere mer miljøtilpassede drivstoffer med lavt svovelinhold (<10 mg/kg).

### 4.3 Fortsatt utvikling og fremtidig miljøsatsing

Generelt bør lokale forhold avgjøre hvilke drivstoffalternativer som er fornuftige i den enkelte by og region. Noen steder er naturgass naturlig, andre steder biodrivstoff, andre steder igjen har vanlig diesel sine fortrinn og er totalt sett det beste valget. Insentiver fra myndighetene bør ligge på drivstoffet og så kan andre faktorer eventuelt få avgjøre hva som blir kundens valg.

#### *Biodiesel – Lakseolje*

Økt etterspørsel etter energi vil gi økt etterspørsel etter bioenergi. Statoil har så langt valgt å satse på lakseolje, som er et lokalt norsk råstoff, og som får en verdi som dieseldrivstoff i form av et FAME-produkt (Fatty Methyl Ester). Innblanding av 2 til 5 prosent FAME i fossil diesel kan være en hensiktsmessig måte å distribuere biodiesel uten at dieselmotorenes driftsikkerhet risikerer å forstyrres. Dette er også i tråd med den europeiske bilindustriens krav. En ulempe med FAME-produkter er at de kun har 5 - 6 måneders holdbarhet.

Markedsprisen for FAME-produkter varierer, og er for tiden 5 til 6 kr per liter. Dette kan sammenlignes med den internasjonale handelsprisen for fossil diesel som for tiden er ca kr. 3,20 – 3,30 ved en oljepris på ca.60 \$ per fat nordsjøolje. I markedet i dag tilbys ofte 100 prosent ren biodiesel til en betydelig lavere pris enn fossil diesel. Ren (100 prosent) biodiesel blir kun konkurransedyktig på grunn av fritak fra skatter og avgifter.

Biodiesel er for oljeselskapene dyrere enn fossil diesel både i innkjøp og i praktisk håndtering (lagring, distribusjon, kontrollrutiner etc.), men takket være biodieselens fritak fra skatt og avgifter vil innblanding likevel være økonomisk forsvarlig.

Klimaeffekten med innblanding av 2-5 prosent biodiesel i fossil diesel blir den samme som om noen få bilister kjører på ren (100 prosent) biodiesel, og øvrige bilister på grunn av manglende tilgang på biologiske oljer tvinges å kjøre utelukkende på fossil diesel. Innblanding av biodiesel med opp til 5 prosent vil være mest hensiktsmessig og ikke skape driftsproblemer eller overskridelser av drivstoffspesifikasjoner og avgassutslipp. Statoil har ikke full oversikt over



råstoffpotensialet for FAME i Norge, men vil anta at det begrenser seg til 2-5 prosent av det volum som omsettes av fossil diesel. Det er således ikke realistisk å se FAME som det eneste grepet for å begrense klimautslipp fra dieselmotorer.

En utfordring er de forskjellige tekniske standardene for biodiesel. I Europa er gjeldende FAME-standard stort sett utformet med tanke på Rapsmetylester (RME) og utelukker for en stor del andre biologiske oljeprodukter. Gjennom teknisk samordning og verifikasjoner av effektene på dieselmotorer er det en fordel om standardene for biodiesel kan endres og utvides til å omfatte også andre biologiske oljeprodukter enn RME.

### ***BTL – Biomass to Liquids***

Bilprodusentene ønsker drivstoffer i form av væsker som bensin og diesel. Biologisk energi kan omformes til væsker (mettede forbindelser) som ikke inneholder oksygen og syrer. Innhold av oksygen og syrer har bl.a. ulempen å gi begrenset holdbarhet. Et biologisk basert, syntetisk drivstoff (BTL) uten oksygen og syrer har egenskaper som gjør det attraktivt som blandekomponent i diesel. BTL kan også brukes rent selv om densiteten er noe lav i forhold til spesifikasjonene for fossil diesel. Optimal utnyttelse av tremasse har potensial til å gi vesentlige bidrag til biodrivstoffer i Norge, både gjennom forgassingprosesser til BTL og videre til diesel, men også som råstoff for bioetanol til bensin. Med utgangspunkt i norske biologiske energiresurser kan en anbefaling fra PKS være en større satsing på forskning rundt BTL og kostnadseffektive prosesser for produksjon av syntetisk bensin og diesel.

### ***Naturgass***

Statoil tror på og er tilhenger av forskjellige løsninger for mer miljøvennlig transport. Naturgass i busser kan være en hensiktsmessig løsning i flere byer. Gas to Liquids (GTL), syntetisk bensin og syntetisk diesel fra naturgass blir ikke vurdert som aktuelt i det norske markedet i dag, men kan bli det på sikt. Ut fra en energieffektivitetsvurdering er det ofte bedre å bruke naturgass direkte i motorer, men det er en avveining her fordi bilindustrien foretrekker flytende drivstoff (høyere energitetthet).

Det finnes allerede mye kunnskap om naturgass brukt både som brensel til fyringsanlegg og som drivstoff til kjøretøy. Naturgasskvaliteten varierer mye fra felt til felt og det gjenstår en del forskning før man har full oversikt over hva det kan bety for selve ytelsen til gasskjøretøy. Forskjellige kvaliteter kan eventuelt ha betydning for motoreffekt og kan gi startproblemer. Videre kan gassens sammensetning eventuelt påvirke kjørløp og eksosutslipp.

### ***Etanol fra skog***

Statoil er involvert i flere forskningsprosjekter for produksjon av etanol fra tremateriale. Statoils filosofi er at det må være miljømessig bedre å utnytte lokale råstoffkilder til biodrivstoffproduksjon før man eventuelt begynner å importere. Dette virker mer fornuftig med tanke på at det først og fremst er reduserte utslipp av klimagasser (CO<sub>2</sub> spesielt) som er målet. Bioetanol, kan enten blandes direkte i

bensin eller omformes til ETBE (ethyl-tertiær-butylether) og så brukes som tilsetning i fossil bensin. Biologisk basert ETBE er en velkjent blandekomponent som i årevis har vært fremstilt fra sukker og korn. I Norge har vi potensial for store mengder biomasse fra skog, men også mye skrap- og rivningvirke av tre, som Statoil og andre oljeselskaper på en positiv måte kan utnytte som tilsetning til tradisjonelle drivstoffer.

## 5 Elbiler og hydrogen – Institutt for Energiteknikk, IFE

*Intervju med Professor Per Finden ved Institutt for energiteknikk, IFE på Kjeller - 16. november 2005*

### 5.1 Status og bakgrunn

Institutt for energiteknikk, IFE er et internasjonalt forskningsinstitutt for energi- og nukleærteknologi. Instituttets hovedformål er på ideelt og samfunnsnyttig grunnlag å drive forskning og utvikling innenfor energi- og petroleumssektoren og å ivareta nukleærteknologiske oppgaver for Norge. Institutt for Energiteknikk, IFE på Kjeller har omfattende kompetanse innen alle typer av energispørsmål.

Instituttet er et av de ledende kompetansesentrene i verden når det gjelder lagring av hydrogen. For at hydrogen skal kunne benyttes som transportabel energikilde istedenfor olje og gass i transportsektoren må teknologien for å lagre hydrogen forbedres. Målet er å fremskaffe en lagringsmetode som gir plass til mye hydrogen og som veier lite. Hydrogenet må også kunne tas ut og legges inn igjen ved moderat trykk og temperatur.

I tillegg til lagring av hydrogen i kjøretøy har IFE og Per Finden har vært engasjert i arbeid med elbilen Think. En Think ble disponert av IFE i perioden 2001 til 2004. Bilen fungerte utmerket for pendleravstander på 4-5 mil. Bilen var utstyrt med omfattende måleutstyr for logging av diverse parametere. IFE er en av deltakerne i det norske prosjektet med å montere en liten brenselcelle i et antall Think biler. Brenselcellene i dette prosjektet skal leveres av canadiske Hydrogenics. Hydrogenics har også ansvar for en stor del av bilenes og fremdriftsystemets konfigurasjon.

### 5.2 Forsking på lagring av hydrogen

Hydrogen kan lagres i flytende tilstand, i gassform under trykk eller i fast form som metallhydrid (kjemiske forbindelser mellom hydrogen og ett eller flere metaller), i et metallorganisk stoff (porøst materiale) eller på overflaten av karbonrør og karbonkjegler.

Metallhydriders store hydrogentetthet sammen med evnen til å lagre hydrogen ved atmosfærisk trykk og romtemperatur gjør metallhydrid til et svært lovende medium for lagring av hydrogen. Lagring i form av metallhydrid er en særlig aktuell metode i forbindelse med små og mobile lagre og batterier.

Det er viktig å forstå hvordan metallhydrid er bygd opp på atomnivå, slik at nye metallhydrider kan skreddersys for ulike formål. Målet er å finne hydrider med den mest optimale kombinasjonen for maksimalt opptak og frigjøring av hydrogen under moderate forhold. For å få kunnskap om materialene benytter IFE sine muligheter til neutron-, røntgen- og elektronstråling. Metodene brukes for å se inn i materialer for å forstå deres oppbygging og hvordan hydrogen kan lagres på atomnivå.

Med den posisjon som Institutt for Energiteknikk, IFE på Kjeller har når det gjelder hydrogenlagring, er fortsatt forskning innen dette felt naturlig. IFE med Bjørn Haubakk leder det største Europeiske prosjektet innen hydrogenlagring. Fortsatt nasjonal støtte er nødvendig, i tillegg til ressurser fra EU og internasjonal industri, for at IFE skal beholde sin stilling som et ledende forskningsinstitutt for hydrogenlagring.

### **5.3 utfordringer med brenselceller i kjøretøy**

Hydrogen og brenselcelleforskning for løsninger som kan brukes i transportsektoren vil i henhold til Per Finden kunne få større ressurser i EUs 7.e rammeprogram enn i 6.e rammeprogram. Brenselceller ligger utmerket til rette for rimelig industriell storskala produksjon. IFE er optimistiske med tanke på brenselcellens fremtid i transportsektoren, men er klar over at store utfordringer må overvinnes på mange områder.

Det satses store ressurser på å få brenselcellene mer holdbare. Dagens brenselceller mister raskt effekt og har så lav holdbarhet at de i de demonstrasjonskjøretøy som finnes blir byttet med hyppige intervaller.

Innen bilindustrien blir kostbar platina sett på som eneste mulige katalytiske materiale i brenselceller. IFE ser for seg mulighetene for at kombinasjoner av overgangsmetaller skal kunne gjøre den samme nytten som platina til en rimeligere pris.

IFE samarbeider med SINTEF når det gjelder grunnforskning på PEM-brenselceller.

### **5.4 Fornybar energi og hydrogen**

Omfattende langsiktig satsing på hydrogen forutsetter utvikling og kraftig økt fremtidig produksjon av fornybar energi. IFE deltar med omfattende kompetanse innen alle typer av energispørsmål og ønsker bred forskning med tanke på fortsatt norsk verdiskapning. Slik verdiskapning har et stort potensial innen solcelleproduksjon, vindparker til havs, små vannkraftverk og elektrolyse av vann.

IFE er også engasjert i forskning på bioenergi, blant annet i et samarbeidsprosjekt der mikrobølge-pyrolyse for fjerning av vann skal testes ut ved IFE. Pyrolyse er i dette tilfelle en av de prosesser som kan brukes for produksjon av biologisk olje til BTL drivstoff (Biomass to Liquids)

## **5.5 Batterier og elektriske biler**

Ingen fremdriftssystemer har bedre virkningsgrad enn elektriske biler med energien lagret i batterier. Før Fords satsing på en ny modell av elbilen Think ble nedlagt, var natrium-saltbatterier den beste, men kanskje ikke en helt akseptabel løsning på energilagringsproblemet.

Fortsatt forskning på energilagring og metallhydrider vil eventuelt kunne gi overraskelser og nye bedre batteriløsninger sier Per Finden. Han mener at eventuelle helt nye effektive, rimelige batterier med høy elektrisk lagringskapasitet ville kunne gjøre hydrogenbiler uaktuelle.

## 6 Hydrogen og brenselceller - SINTEF materialforskning

*Intervju med forskningsleder Steffen Møller-Holst ved SINTEF Materialer og kjemi, Energikonvertering i Trondheim - 17. november 2005*

### 6.1 Status og bakgrunn

SINTEF Materialer og kjemi er et institutt som har høy kompetanse innenfor feltene materialteknologi, anvendt kjemi og anvendt biologi. Instituttet jobber tett mot industrien for å utvikle avanserte materialer, produkter, prosesser og verktøy. Avdelingen for energikonvertering og materialer tilbyr oppdragsforskning i utvikling av ny teknologi relatert til uorganiske materialer og energi. Forskningen er basert på generisk kompetanse innenfor termodynamikk, transportegenskaper, syntese, tilvirkning og testing.

SINTEF har et godt kontaktnett og samarbeid med ledende forskningsmiljøer for forskning og utvikling av brenselceller. SINTEF deltar i EU prosjekter og annet internasjonalt samarbeid for utvikling av membraner og nye materialer til bruk i brenselceller og elektrolysører.

### 6.2 Fornybar energi og hydrogen

Steffen Møller-Holst påpeker at det i Norge finnes stor kompetanse innen fornybar energi og at denne kompetansen i større grad må rettes mot transportsektoren. Hydrogen er den sannsynlige kandidaten til å bli fremtidens energibærer, men det trengs forskning og satsing på fornybar energi. Olje og naturgass er kun tilgjengelige som energikilder under begrenset tid og på lengre sikt trengs fornybare energikilder.

Innovasjon er viktig. Kombinasjoner og kreativ utnyttelse av norsk kompetanse har et stort potensial for nye former av fornybar energiproduksjon. Norsk offshoreindustri vil sannsynlig sammen med kompetansemiljøer for vindkraft, fluidodynamikk, elkraftdistribusjon og kraftelektronikk kunne danne en et kreativt Norsk kompetansemiljø med gode utviklingsmuligheter.

Det finnes et stort potensial for utnyttelse av energi fra havet. Utnyttelse av vind og bølgeenergi på havet har ikke de samme konflikter med naturinteresser som vindmøller på land. Fornybar energi fra utnyttelse av entropiforskjellen mellom ferskvann og sjøvann har stort potensial i Norge. Videre har Norge med utviklingsbedriften ScanWafer skaffet seg en verdensledende posisjon som leverandør av avanserte silisiumskiver som utgjør selve hjertet i et solcellepanel.

Solcelleindustrien og solcellepaneler er på vei å finne veien til lønnsom produksjon av elektrisk energi i spesielle nisjeområder.

CO<sub>2</sub> håndtering er et område hvor Norge har et forsprang og hvor mulighetene til verdiskapning bør utnyttes. Det bør snarest vises at injisering av CO<sub>2</sub> er mulig og hensiktsmessig. Satsingene i Norge bør fokuseres og rendyrkes slik at vi satser der hvor vi er gode og har best forutsetninger. Pionerene spiller en viktig rolle (ref. ScanWafer) og det er viktig å ta vare på og dyrke fram deres engasjement og entusiasme.

### **6.3 Veien til Hydrogensamfunnet**

Satsing på utvikling av teknologi for et fremtidig hydrogensamfunn må skje parallelt med satsing på naturgass. Fornybar energi er en forutsetning for hydrogen i transportsektoren på lang sikt, men i en overgangsperiode vil naturgass spille en avgjørende rolle. Uten naturgass som energikilde for produksjon av hydrogen vil en overgang til hydrogen som energibærer bli vanskelig. Direkte bruk av elektrisitet fra vannkraft er mer fornuftig enn elektrolyse av vann, som er en annen mulighet for produksjon av hydrogen ut fra energieffektivitetsbetraktninger.

Økt utbygging av vindkraft vil gjøre hydrogen interessant som energilagingsmedium fordi vindkraften er variabel. Utvikling av systemer for direkte kobling av en vindturbin til en elektrolysør er en annen interessant mulighet. En slik elektrolysør må ha høy dynamikk med høy virkningsgrad over ett bredt effektnivå for effektiv produksjon av hydrogen. Det er derfor behov for forskning på elektrolysører for slik bruk.

Norge har gode forutsetninger for å utvikle fungerende teknologier for CO<sub>2</sub>-separasjon og lagring med utgangspunkt i naturgassressurser, sterkt miljøfokus i besluttende organer og geologiske formasjoner egnet for CO<sub>2</sub>-lagring.

### **6.4 Hydrogenbiler**

Satsing på biler med forbrenningsmotor og hydrogen som drivstoff vil kunne skape et marked for hydrogen i transportsektoren i løpet av den tid som vi venter på at brenselcellekjøretøy skal bli teknologisk og økonomisk modne. Bruk av hydrogen som drivstoff i forbrenningsmotorer er ikke ut fra et livsløpssynspunkt et energieffektivt eller kostnadseffektivt tiltak. Offentlige tilskudd og insitamenter for denne måten å bruke hydrogen vil imidlertid gjøre det mulig å bygge opp infrastruktur og produksjonskapasitet for hydrogen til transportsektoren. Infrastruktur og fyllestasjoner er nødvendig for å introdusere brenselcellebiler når de blir modne for introduksjon på markedet. Det vil ta tid for å bli kjent med hydrogen som drivstoff for kjøretøy.

Merkostnader og miljøansvar for konvertering til Hydrogensamfunnet bør slik SINTEF materialteknologi ser det ligge på myndighetene. Steffen Møller-Holst anslår at det i 2015 vil være mulig å kjøpe tilnærmet kommersielt konkurransedyktige brenselcellebiler. EU har et mål om 5 prosent hydrogenbiler i 2020, men forutsier en mulig forsinkelse på 5 år.

## 6.5 Brenselcelleutvikling

Hovedmålet er å utvikle brenselceller med en levetid som er akseptabel. Utvikling av membraner for rensing av hydrogen er nødvendig for praktisk bruk av brenselceller i biler. SINTEF og Norge har høy kompetanse (patenter) på palladiummembraner. Prototyper av slike membraner skal bygges i Norge. Utfordringer med membraner er å få dem helt tette og samtidig tynne (1 µm). Membranene brytes ned av stoffer som dannes ved katalysatorflatene og holdbarhet er nå et sterkt prioritert forskningsområde.

De katalytiske materialsjiktene på elektrodene skal ikke være tette men tynne og samtidig stabile. Det pågår en intens forskning på nye materialer og avansert materialkunnskap er en forutsetning for videre utvikling. Platina og Rutenium er foreløpig overlegne materialer men det forskes også på helt andre løsninger med hemoglobinkatalysatorer.

For å løse utfordringer knyttet til drift ved kulde forskes det på utvikling av vannfrie membraner der fosforsyre og ikke vann står for transporten av ioner i brenselcellen. Disse membranene opererer ved høyere temperatur (200 °C), noe som kan være en fordel i en bil fordi varmen da bedre kan utnyttes til oppvarming i ventilasjonssystemet.

## 6.6 Hydrogenlagring

Mange utfordringer er knyttet til lagring av hydrogen. Viktigst er for brukeren av en hydrogenbil er fylletiden. Andre problemer er knyttet til mulig lekkasje, varmeveksling og temperaturendringer i løpet av fyllingen. Disse temaene er av særlig viktighet for metallhydrid-lagre men også trykktanker.

## 6.7 Naturgassledninger

Når nye naturgassledninger planlegges og bygges bør det tas hensyn til fremtidig samtransport med hydrogen eller til konvertering til ren hydrogentransport. Eventuelt kan myndighetene betale ekstrakostnaden for å kunne anvende de naturgassrørene som nå skal bygges også til framtidig transport av hydrogen.

Samtransport av hydrogen med naturgass er mulig i dagens systemer med en hydrogenandel opp mot 20 prosent. For igjen å kunne separere gassene vil det stilles krav til utvikling av membranteknologier.

## 6.8 Råd til myndighetene

Myndighetene må være utholdende i sin støtte til hydrogen og brenselcelleforskning. Norge har et meget høyt potensial for hydrogenproduksjon og vi bør fokusere og rendyrke våre sterke sider. Norges posisjon kan her bli den samme som Danmark har for vindkraft og Canadas for brenselceller.

Utvikling av hydrogenteknologi bør foregå parallelt med en satsning på videreutvikling av teknologier for produksjon av fornybar energi og teknologier

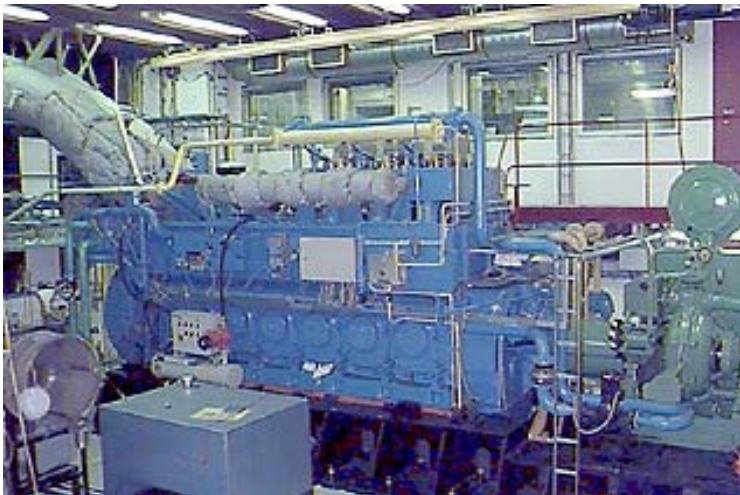


for CO<sub>2</sub>-lagring/separering samt avansert materialteknologi. Dette fordi fornybar eller CO<sub>2</sub> fri energi er en forutsetning for ethvert framtidig bærekraftig transportalternativ. Materialteknologi er nøkkelteknologien som skal til for å løse mange av utfordringene som man har med brenselceller og hydrogen.

## 7 Naturgass, motorteknologi og drivstoffer ved Marintek

*Intervju med forskningsleder Per Magne Einang, forsker Dag Stenersen og forsker Ingebrigt Valberg ved forskningsinstituttet Marintek i Trondheim - 17. november 2005*

### 7.1 Status og bakgrunn



Naturgass, biogass eller retttere sagt metan i disse gassene er et drivstoff som ved normal forbrenning ikke gir utslipp av partikler fra forbrenningsmotorer. I tillegg har metan lavere (25 prosent) utslipp av CO<sub>2</sub> per energienhet og et potensial for lave utslipp av NO<sub>x</sub>.

*Rolls Royce B-motor installert i Marinteks laboratorium*

Miljøeffektene er grunnen til at Gaia trafikk, se kapittel 1, bruker naturgassbussar. Det viser seg ved avgassmålinger at de kommersielt tilgjengelige naturgassbussene i liten grad har klart å utnytte det store potensialet for reduserte utslipp av CO<sub>2</sub>. I henhold til Dag Stenersen er NO<sub>x</sub>-utslippene betydelig lavere enn for diesel, men ikke så lave i reell trafikk som man har vist i forbindelse med laboratorietester.

Marintek har en unik kompetanse når det gjelder naturgassmotorer og lang erfaring med forskning, bruk og tilpassing av forbrenningsmotorer til gass som drivstoff. Forsøk med bruk av gass som drivstoff i forbrenningsmotorer begynte i 1980. Det begynte med store skipsmotorer, og naturgass i norske ferger og forsyningskip er nå på vei til å bli en stor suksess. Marintek har med utvikling av naturgassmotorer og drivstoff i form av flytende naturgass lyktes med å ta fram et motorkonsept som bidrar til kraftige reduksjoner av NO<sub>x</sub> utslipp fra skip. I tillegg er virkningsgraden i disse skipsmotorene blitt like god som med tradisjonell marin dieselolje.

Et omfattende nordisk gassbussprosjekt ble startet og gjennomført 1988 - 1992. Marintek kom etter hvert med i dette prosjektet og har bidratt til utvikling av noen av de første naturgassmotorene til både Volvo og Scania.

Hydrogenprosjektet Hytrek planlegger å bygge produksjonsanlegg for hydrogen på Tyholt i tilknytning til Marinteks maskinerilaboratorium i Trondheim. Hydrogenproduksjon gir Marintek tilgang til hydrogen for forskning og utprøving av hvordan hydrogen kan brukes i skip og i kjøretøy.

## **7.2 Utvikling av rene og effektive bussmotorer**

Marintek har kompetanse og interesse av å utvikle nye rene og effektive motorer til busser og eventuelt andre tunge kjøretøy. At kommersielt tilgjengelige busser ikke har motorteknologi som utnytter det fulle potensialet, som metan (naturgass og biogass) har som drivstoff er en hindring for en bred overgang fra dieselbusser til gassbusser. Med lik effektivitet som dieselmotorer vil utslippene av CO<sub>2</sub> kunne bli redusert med 25 prosent. Potensialet for lave utslipp av NO<sub>x</sub> burde kunne utnyttes fullt ut sammen med at avgassene uten avansert renseteknologi er frie fra partikler.

Marintek har konsepter for hvordan en slik motor kan designes. Utfordringen er å kombinere Marinteks kompetanse med finansiering slik at en ny gassmotor til busser kan realiseres. Markedet skulle være stort og en gassmotor for tunge kjøretøy som utnytter naturgassens potensial for lavere CO<sub>2</sub>-utslipp sammenlignet med diesel vil ha interesse over hele verden. Den vil kunne bidra til vesentlig reduksjon av lokalt forurensende avgassutslipp fra busser i store byer, ikke minst i utviklingsland.

Utvikling av en ren og effektiv naturgassmotor er et prosjekt som burde utføres i samarbeid med en eller flere produsenter av motorer til tunge kjøretøy. Med tanke på den store betydningen for miljø og forurensing mener Marintek at et slikt utviklingsprosjekt burde kunne finansieres av EU eller Verdensbanken.

## **7.3 Forbrenningsmotorer til kjøretøy med hydrogen som drivstoff**

Hydrogen som drivstoff i forbrenningsmotorer krever utprøving og kompetanse for å ivareta krav til driftsikkerhet. Omforming av Norge til et hydrogensamfunn kan fremskyndes ved hjelp av at hydrogen i en overgangsfase introduseres i transportsektoren som drivstoff i forbrenningsmotorer. Med en slik strategi er det viktig at utprøving først skjer i et motorlaboratorium med tilfredsstillende sikkerhet.

Marintek har det eneste motortekniske laboratoriet med i Norge med kompetanse og erfaring for utprøving av nye drivstoffer og ny teknologi. Hydrogenprosjektet Hytreks planlagte produksjonsanlegg for hydrogen på Tyholt vil tilby hydrogen og skape forutsetninger for utprøving av hydrogen som drivstoff i forbrenningsmotorer under betryggende sikkerhet.

## **7.4 Råd til myndighetene**

Et råd fra Marintek til myndighetene vil være å sørge for at ressurser stilles til rådighet slik at de kan prøve ut effektene av alternative drivstoffer og utvikle nye motortekniske løsninger. Utvikling og forbedring av motorteknologi for marin sektor er viktig for verdiskapning i Norge. Marinteks erfaring og kompetanse bør også bli forsøkt utnyttet til utvikling av nye rene og effektive naturgassmotorer for tunge kjøretøy.

## 8 Norsk Hydro - miljø - ny energi og hydrogen

*Intervju med leder for hydrogenvirksomhet Ivar Hexeberg og ansvarlig for strategi Dag Christensen, ved Hydro Oil & Energy - 29. november 2005*

### 8.1 Status og bakgrunn

Norsk Hydro er en internasjonal bedrift med virksomhet innen flere områder. Bedriften har forpliktet seg til å være i fremste rekke når det gjelder forskning og utformingen av rammeverk for bærekraftig energi. Norsk Hydro tar også ansvar for reduksjon av egne utslipp og utvikling av bærekraftige interne energi- og materialsystemer.

Norsk Hydro Elektrolysers er en verdensledende bedrift når det gjelder utvikling og produksjon av elektrolyser til bruk ved produksjon av hydrogen.

Bensin og diesel til transportsektoren forhandles av datterselskapet Hydro-Texaco som også har ansvar for drivstoffekvalitet og innblanding av bioenergi.

### 8.2 Hydros Venture og satsingsområder

Norsk Hydro har et eget datterselskap Hydro Venture som kan gå inn og finansiere bedrifter med ny interessant og lovende teknikk. Gjennom Hydro Venture får selskapet kunnskap om ny og spennende teknologi med mulighet for strategiske investeringer. Norsk Hydro ser for seg tre muligheter når det gjelder miljøvennlig og bærekraftig transport. De tre områdene er elbiler og batterier, hydrogen og biologiske drivstoffer. Norsk Hydro er i varierende grad engasjert innenfor disse 3 områdene.

Norsk Hydro deltok i prosjektet "Mobility 2030" (World Business Council for Sustainable Development, 2004), og gjennom sin deltagelse fikk bedriften nyttig innsikt i de drivkrefter som styrer utviklingen innen bilindustrien. Under arbeidet med rapporten "Mobility 2030" ble det etablert en felles forståelse mellom de deltagende energi- og bilprodusentene om hva som skal til for på global basis å utvikle og introdusere teknologier for mer bærekraftige transportmidler og løsninger. Gjennom arbeidet fikk man innsyn i bilindustriens vurderinger av ulike teknologier. Blant annet så man at bare en bilprodusent trodde på kommersialisering av brenselcellebiler innen 2010, de øvrige trodde det ville ta lengre tid. Flere produsenter så på biodrivstoff som en aktuell mellomløsning mens hydrogenteknologien videreutvikles. Hydrogen ble imidlertid identifisert som det mest aktuelle alternativet på lang sikt

### 8.3 Elbiler, batterier og Miljøbil Grenland

Norsk Hydro er engasjert i satsing på elbiler og batteriteknologi gjennom sin investering i Miljøbil Grenland. Her samarbeider Norsk Hydros forskningscenter i Porsgrunn med Miljøbil Grenland for å utvikle et batterielektrisk fremdriftssystem til en bilmodell fra SMART. SMART tilbyr ellers kun små biler med forbrenningsmotorer. Størrelsen på SMART bilene gjør at de kan egne seg for elektrisk drift.

Ved kraftig forbedring av eller et eventuelt gjennombrudd for lagring av elektrisk energi vil elektriske biler kunne bli fremtidens personbiler.

### 8.4 Fornybar energi

Norsk Hydro er også engasjert i å utvikle fornybar energi og satser spesielt innen vindkraft for produksjon av elektrisk kraft både på land og til havs. Bedriften har ikke engasjert seg i produksjon av biodrivstoff. Kjøp, salg og innblanding av biologiske energibærere i fossil bensin og diesel er et ansvar for Hydro-Texaco.

### 8.5 Hydrogen

Hydrogen er et satsingsområde for Norsk Hydro. Norsk Hydro Elektrolyser som en verdensledende produsent av elektrolyser og Hydros lange erfaring med produksjon og håndtering av hydrogen, gjør at forholdene ligger meget godt til rette for videre forretningsutvikling gitt riktige rammebetingelser. I et kort perspektiv ser de imidlertid at hovedvekten vil ligge på demonstrasjonsprosjekter med tilhørende muligheter for leveranser av elektrolyser.

I et lengre perspektiv er hydrogen en opsjon som har stort potensial for vekst – når biler drevet med brenselceller blir konkurransedyktige. I Norge vil elektrolyser være en naturlig løsning for produksjon av hydrogen da det ikke er tilgang på naturgass rundt om i landet..

Hydro mener at bygging av infrastruktur for forsyning er den enkle siden av ”høna og egget” problematikken med hydrogen. Den vanskelige siden er tilgang på kjøretøy som skal bruke hydrogen. EU har gjennom sin ”Hydrogen plattform” presentert planer om en semi-kommersiell introduksjon av brenselceller i 2015, det vil si at man ved dette tidspunkt skal være i stand til å ta en beslutning om en bredere kommersialisering fra 2020. Dette innebærer noen års forsinkelse i forhold til en tidligere plan for en 5prosent hydrogenandel i bilparken innen 2020, noe som ville krevd en full kommersialisering fra rundt 2015.

Norsk Hydro har en ledende rolle i prosjektet HYNOR som planlegger en hydrogenvei fra Stavanger til Oslo (første skritt) og planlegger en hydrogenstasjon i Porsgrunn. Det finnes planer for hvordan hydrogenkjøretøy skal skaffes til Porsgrunnsprosjektet og man ser for seg uttesting av nye produkter etter hvert som de gjøres tilgjengelig. Samtidig ser man at det fortsatt er behov for tekniske gjennombrudd før brenselceller er klare for en bred markedsintroduksjon.

Hydro Venture har kjøpt seg inn i et amerikansk selskap (Superprotonic) som har ambisjoner om å utvikle nye og bedre brenselceller basert på SAFC-teknologi (SAFC = Solid Acid Fuel Cell).

## **8.6 Råd til myndighetene**

Norsk Hydros råd til myndighetene er å satse langsiktig på hydrogen og hydrogenteknologi. Norsk hydrogenteknologi er først og fremst knyttet til produksjonssiden og i noen til grad lagring og dette bør prioriteres. Kjøretøy og kjøretøyteknologi vil bli importert og der vil vi – så langt vi kan se ha en mindre rolle.

## 9 Biodrivstoffer og Universitetet for miljø- og biovitenskap

*Intervju med førsteamanuensis Petter H. Heyerdahl ved Universitetet for miljø- og biovitenskap på Ås, UMB - 29. november 2005*

### 9.1 Status og bakgrunn



*Foto: Håkon Sparre*

Forskere ved Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB) har oppdaget et nytt protein som kan gjøre produksjonen av cellulosebasert biodrivstoff mer effektivt i fremtiden. Forskerne har oppdaget at proteinet CBP21 (Chitin-Binding Protein) øker nedbrytningshastigheten hos polysakkaridet kitin. Det har i lang tid pågått forskning på nedbrytning av cellulose til etanol. Finner man et tilsvarende protein som CBP21 hos

cellulose-nedbrytende organismer, kan produksjonen av etanol fra trevirke gjøres mer effektivt enn det gjøres i dag.

UMB mener at målet om omsetning og/eller innblanding av biodrivstoff i bensin og diesel kan støttes med hjelp av utdanning og forskning ved UMB og skogbruksnæringen i Norge.

Drivstoffmarkedet i Norge er i dag på om lag 4,2 millioner tonn bensin og diesel til sammen. For å erstatte 5,75 prosent av det fossile drivstoff må vi med dagens forbruk skaffe cirka 240 000 tonn biodrivstoff per år. Gjennom konsortiet Biomotive har Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB) sammen med Planteforsk, Skogforsk og Universitetet i Minnesota tatt initiativ til å bidra til å gjøre landbruk og skogbruk til en konkurransedyktig energileverandør. Biomotive vil gjennom sin biovitenskapelige kompetanse bidra til at satsingen på biodrivstoff bygges opp som en forretningsmessig og tverrfaglig verdikjede som omfatter alle ledd fra produksjon av biomasse til energitjeneste.

Initiativtakerne til Biomotive er til sammen den desidert største kunnskapsprodusenten av biovitenskap i Norge. Gjennom Biomotive skal biologiske kunnskaper og teknologi brukt ved dyrking av mat- og planteproduksjon videreutvikles til dyrking/høsting av råvarer for biodrivstoff og bioenergi i skogbruk og landbruk. Oppdagelsen av proteinet CBP21 fra bakterien *Serratia marcescens* viser at konsortiet kan spille en viktig rolle for utviklingen av



biodrivstoff og bioenergi i fremtiden, også internasjonalt. Et hovedmål er å produsere fotosyntesebasert karbonholdig drivstoff billigst mulig med størst mulig virkningsgrad og utbytte. Et delmål er å redusere kostnadene for produksjon av råvarene til biodrivstoff og andre energiformål med 5 øre/kWh for å bedre konkurranseforholdet mot fossile drivstoff.

## **9.2 Bioenergi kontra fossil energi**

Målet for forskningen ved UMB er å utvikle metoder for å produsere biomasse fra den naturlige fotosynteseprosessen så rimelig og effektivt at bioenergi blir konkurransedyktig med fossil energi. På lang sikt vil dette sannsynlig gå av seg selv da tilgangen til fossil energi vil bli redusert og derved vil prisene på olje og gass stige. På kort sikt er det et problem at fossil energi er så rimelig at den blokkerer for videre utvikling av bioenergi. I forbindelse med en anbuds konkurranse på Vestlandet, hvor valget sto mellom bioenergi og naturgass, kunne det synes som om hensikten med å vurdere bioenergi kun var å presse ned prisen på naturgass. Det viste seg etter hvert mulig for leverandørene av naturgass å gå så langt ned i pris på naturgass at bioenergi ikke hadde noen mulighet til å konkurrere.

Biologisk energi kan øke sin konkurransekraft ved at hele planten og ikke bare fruktene brukes til energiproduksjon. Rapsoljeproduksjon kan bli mer lønnsomt dersom hele planten utnyttes og ikke bare oljefrøene. Med enzymer vil det for eksempel være mulig å utvinne om lag 30 prosent etanol av tørrstoffet i halm.

I EU diskuteres det å kreve at 20 prosent av drivstoffet skal være basert på biologisk produksjon innen 2020. Norge har biomasseressurser nok til å møte et slikt krav og det kan da etableres en næring som omsetter for rundt 8 milliarder kroner årlig basert på dagens pumpepris for drivstoff. For å oppnå så stor produksjon av biodrivstoff må man ta i bruk skogressurser. Da må skogbruksteknologien videreutvikles slik at man kan ta ut tømmer kostnadseffektivt lenger inn i skogen enn det som er lønnsomt i dag.

Det er vanskelig å få til anvendelse av biodrivstoff i primærnæringene med dagens rammebetingelser da primærnæringen selv har anledning til å bruke avgiftsfritt drivstoff.

UMB ser for seg at deler av produksjonen av biologisk råstoff i Norge bør kunne skje lokalt i småskala enheter nær voksestedet for biomassen. Det bør forskes for å finne effektive småskalaprosesser for energieffektiv fjerning av vann, fordi biomasse inneholder rundt 50 prosent vann ved innhøsting. Det er lite effektivt å transportere vann over lange avstander til et sentralt energiprosesseringsanlegg.

Raffinering av biomassen til høyverdig biologisk drivstoff, BTL, må derimot høyst sannsynlig skje i store prosessanlegg. UMB kan tenke seg en fordeling av norsk ansvar for å utvikle systemer for produksjon av BTL. UMB kan ta ansvar for å utvikle metoder og systemer for effektiv produksjon og innhøsting av biomasse. Teknologi- og kjemimiljøene kan ta ansvar for å utvikle metoder og

systemer for den videre effektive omvandling av tørr biomasse til etterspurte oksygenfrie drivstoffer, BTL.

Det er viktig å få primærnæringene inn på eiersiden i hele verdikjeden fra råstoff til ferdig produsert drivstoff eller andre energitjenester. Slik kan verdier flyttes mellom leddene i prosessen og sikre lønnsomhet i alle ledd. Konkurranseskraft mot fossile energibærere vil herved styrkes.

### 9.3 Råd til myndighetene og politikerne

Erfaringstall fra Sverige og Finland viser i henhold til Heyerdahl at det kan skapes om lag 800 varige arbeidsplasser for hver TWh bioenergi som produseres og omsettes (1 TWh tilsvarer årlig oppvarming av ca. 50 000 boliger). Dersom 15 TWh ny bioenergi kan tas i bruk i Norge vil det etableres ca. 12.000 nye arbeidsplasser. Hvis 5 prosent av disse skal være ledere på sivilingeniørnivå bør det utdannes minst 600 sivilingeniører innen bioenergi de neste 10 år. For å få fart i denne prosessen ønsker UMB derfor midler for å styrke sitt mastergradstudium i fornybar energi med vekt på bioenergi.

UMB mener at naturgass må pålegges CO<sub>2</sub>-avgift på linje med andre fossile energibærere.

Oljealderen vil bli kort i historisk perspektiv. Slik Heyerdahl ved UMB ser det har vi derfor en etisk forpliktelse i å sikre at det Norske Oljefondet brukes til å bygge opp varige verdier for kommende generasjoner. Dette kan være bærekraftige transportsystemer og energiforsyning som helt kan erstatte dagens transport med biler som anvender fossile drivstoffer.

UMB foreslår at olje og energidepartementet bør vurderes delt opp to atskilte enheter. Oppstrømsdepartementet skal ha ansvar for å forvalte og fremskaffe energibærere. Nedstrømsdepartementet skal ha ansvar for effektiv omforming og bruk av energiressurser. Begge enheter må ha ansvar for både fossile og fornybare ressurser slik at ikke dannes konflikter mellom ”religioner”. Slik sikres at begge enheter er motivert for å fremme overgang til vedvarende energiløsninger.

# 10 Transportøkonomisk institutt

*Intervju med forskningsleder Randi Hjorthol og avdelingsleder Kjell Werner Johansen 1. desember 2005*

## 10.1 Status og bakgrunn

Transportøkonomisk institutt (TØI) er et nasjonalt senter for samferdselsforskning med ansvar for å drive og fremme denne forskningen til nytte for norsk samfunns- og næringsliv.

Transportøkonomisk institutt kombinerer kunnskap om ny bilteknologi og drivstoffer med bred samferdselsfaglig kompetanse innen økonomi, sosiologi, statsvitenskap og psykologi. For å få til forandringer som reduserer forurensing fra vegtransport er det nødvendig å bygge opp forståelse og/eller motivasjon. Miljøtiltak som ikke er aksepterte og forstått av befolkningen lar seg vanskelig gjennomføre. Når det gjelder miljøtiltak har miljøorganisasjoner, eksperter og politikere til dels motstridende oppfatninger. Teknikk, økonomiske drivkrefter og miljøeffekter er vanskelige å forstå.

TØI formidler informasjon om forskningsresultater og bidrar til at forskningsresultatene blir nyttiggjort i samfunnet gjennom samarbeid med brukerne.

## 10.2 Kombinasjon av tekniske tiltak og atferdsendring

Behov for reduksjon av lokalt helseskadelig miljøbelastning er mest aktuelt i de største byene i Norge. Miljøvennlige nullutslippsbiler og hybridbiler vil bidra til bedre luftkvalitet, men de vil ikke avlaste sprenge veisystemer. Støy fra bilhjul og beslaglegging av store byarealer er ulemper som ikke avhjelpes med biler som har null eller lave avgassutslipp.

Trafikken kan begrenses med mer aktiv bruk av trafikkregulering og veipricing. Undersøkelser av priselastisitet ved bruk av økonomiske insitamenter og restriksjoner for å oppnå mål er en del av TØIs kompetanse. Reduksjon i antall parkeringsplasser er ett effektivt men lite populært middel for å redusere biltrafikk inn til de store byene. Redusert biltrafikk og redusert trafikkbelastning innebærer at transport må foretas på annen måte. Ved en effektiv reduksjon av biltrafikk og avlastning av veisystemet er det behov for styrking av kollektivtrafikken. Elektronisk kommunikasjon og hjemmekontorer kan også bidra til noe reduksjon i behovet for transport.

### 10.3 Strategiske satsinger og offentlig støtte

Innføring av ny miljøteknologi krever en ”kritisk masse”. Det må raskt bli nok brukere til å fordele faste kostnader knyttet til distribusjon av alternative drivstoff nasjonalt og til å få ned enhetskostnadene for utvikling og produksjon av ny teknologi pr kjøretøy globalt.

Teknologiutvikling innen energi- og drivstoffsektoren kan gi grunnlag for næringsutvikling. For å skape og utvikle et hjemmemarked kan myndighetene bidra med støtte til oppbygging av infrastruktur for nye drivstoffer.

Det høye avgiftsnivået på nye biler kan med fordel brukes for å oppnå at kjøperne i større grad velger energieffektive biler og at Norge får en mer energieffektiv bilpark. Økonomiske tiltak vil også gjøre det mulig senke gjennomsnittsalderen og gi oss færre sterkt forurensende biler.

### 10.4 Behov for ny og økt kunnskap

Hva mennesker egentlig mener og kan akseptere er viktig å vite når en skal gjennomføre tiltak med hensikt å redusere belastning fra vegtrafikk.

TØI arbeider med å finne modeller for hvordan ny energieffektiv bilteknologi og nye fornybare energibærere, som er mer kostbare, best kan introduseres. Strategier for introduksjon og analyser av nytte- kostnadseffekter vil føre til mer vellykkede omstillingsprosesser og vitenskaplig forståelse av hva som skjer.

Vi vet ikke nok om betalingsvilligheten for god miljø! Er betalingsvilligheten for de lite følbare miljøeffekter så lav at samfunnet helt må legge til rette for økonomisk rasjonelle valg av miljøvennlige løsninger i Norge? Nyheter og uvante løsninger innebærer utrygghet så samfunnet er kanskje nødt til å gi kraftige subsidier for å få individet å velge miljøvennlige kjøretøy i en overgangsfase.

Hvordan nye ordninger med ”bilpooler” og felles eie av biler fungerer bør undersøkes. TØI har kompetanse og bakgrunn for å legge slike bilordninger til rette slik at de fungerer tilfredsstillende. Deltakelse i en ”bilpool” kan for eksempel være en bra erstatning for bil nummer to i en husholdning.

TØI er opptatt av hva som bør være samfunnets oppgave og hva som er individets økonomiske og moralske ansvar. Er det ut fra et filosofisk synspunkt etisk forsvarlig å bruke opp karbonholdige energibærere og overlate en verden med forurensingsproblemer til kommende generasjoner? I tillegg til teknologiske løsninger er det viktig å fokusere på hvordan en kan redusere miljøpåvirkning fra transportsektoren ved redusert bilkjøring!

### 10.5 Råd til myndighetene

TØIs råd er å bruke bred samferdselsteknisk og samfunnsøkonomisk kompetanse for å vurdere og gjennomføre forandringer i transportsektoren.

## Sist utgitte TØI publikasjoner under program:

### Miljø, sikkerhet og helse

---

Vegpakke Drammen. Mellomundersøkelse av bomiljøet 1998 til 2003.	757/2004
Veger til bedre bymiljø. Miljøundersøkelser Oslo Øst 1987 - 2002	743/2004
Ny trafikk - nye naboer? Trafikk og segregasjon i Oslo indre øst.	652/2003
Samspill Trafikk, miljø og velferd.	645/2003
Miljøsoner - bedre miljø i byer og tettsteder. Muligheter og utfordringer.	630/2003
Miljøplager i Norge 1997-2001	592/2002
Best i vest? Opplevelse av trafikk og miljø på Frogner/Majorstua og Vålerenga/Gamlebyen.	585/2002
Transportprofil og livsstil. Transportmiddelbruk, aktivitetsmønstre og miljø- og forbruksorientering	579/2002
80% piggfritt i Drammen innen 2004? Resultater fra en spørreundersøkelse i Drammen og fem nabokommuner	570/2002
Lavere vinterfartsgrense på innfartsveger i Oslo. Betydningen for utslipp, støy, trafikkavvikling og trafikksikkerhet	560/2002
Nasjonal kartlegging av støy og støyplage. Kan vegetatens og bykommunenes støyregistre utnyttes?	556/2002
Vegpakke Drammen. Førundersøkelse av bomiljøet 1998/1999	549/2001
Mye skrik og lite ull? Dagens støyregelverk i praksis	546/2001
Virkning av støy på barn i læresituasjoner. En litteraturgjennomgang.	519/2001
Holder transportsektorens nytte- kostnadsanalyser vann? Konsistent behandling av miljøgoder - Kunnskapsstatus og forskningsbehov	1175/2000
Kartlegging av endringer i støyplage for å anslå effekten av støytiltak	1173/2000

## **Transportøkonomisk institutt**

### **Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning**

- utfører forskning til nytte for samfunn og næringsliv
- har rundt 70 forskere med høy, flerfaglig samferdselskompetanse
- samarbeider med en rekke samfunnsinstitusjoner, forsknings- og undervisningssteder i Norge og i utlandet
- gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag av høy kvalitet innen områder som trafiksikkerhet, kollektivtransport, miljø, reisevaner, reiseliv, planlegging, beslutningsprosesser, transportøkonomi og næringslivets transporter
- driver aktiv forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, internett, tidsskriftet Samferdsel og andre nasjonale og internasjonale tidsskrifter

## **Transportøkonomisk institutt**

Stiftelsen Norsk senter  
for samferdselsforskning  
P.b. 6110 Etterstad  
0602 Oslo

Telefon 22 57 38 00

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