

Bellona Rapport Nr.4: 2001

# Transport og luftutslipp

Fakta, løsninger og strategi



**Sondre Grinna**

**Alvhild Hedstein**

**Bjørnar Kruse**

**Thor Erik Musæus**



Utgitt av:  
Miljøstiftelsen Bellona

Oslo  
P. Boks 2141, Grünerløkka  
NO-0505 Oslo,  
Norge

Murmansk  
P.O. Box 4310  
183038 Murmansk  
Russia

[bellona@bellona.no](mailto:bellona@bellona.no)

[russbell@polarcom.ru](mailto:russbell@polarcom.ru)

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

[www.bellona.ru](http://www.bellona.ru)

St. Petersburg  
P.O. Box 4  
191 023 St. Petersburg  
Russia

USA  
P.O. Box 53060, NW  
Washington, DC 20009  
USA

[ecr@mail.wplus.net](mailto:ecr@mail.wplus.net)

[bellona@mindspring.com](mailto:bellona@mindspring.com)

Brussel  
[Bellona@Europe.com](mailto:bellona@Europe.com)  
142-144 Avenue de Tervueren  
B-1150 Bruxelles  
Belgium  
E-post: [teemu.lethinen@eppa.com](mailto:teemu.lethinen@eppa.com)

URL: <http://www.bellona.no/>

Dette arbeidsnotat er utgitt på norsk.  
Ettertrykk anbefales mot henvisning til kilde.  
Kommentarer til dette arbeidsnotatet mottas gjerne.

Fotos: Marius Holm, SAS, Ford.

Nøkkelord: transport, hydrogen, miljøeffekter, utslipp

Layout: PUNA/hamas@wanadoo.fr  
Trykkeri: Media Øst Arktrykk AS.

ISBN 8292318-01-1  
ISSN 0806-346X





## Forord

Miljøstiftelsen Bellona har alltid arbeidet med transport. I 1989 kjøpte vi vår første elbil, en ombygd Fiat Panda, sammen med popgruppen Aha. Vi ville vise at det gikk an å finne utslippsfrie løsninger for transport.

Vi møtte mange fordommer. Miljøvernere kritiserte oss og bilfolket lo av oss. Men så kom vedtaket om Clean Air Act i California som bilindustrien måtte forholde seg til. Plutselig var det ikke bare en gjeng teknofreaks med batteri og trillebårhjul som var interessert. Da kom store og viktige aktører på banen for å utvikle utslippsfrie løsninger. Resultatene gir grunnlag for optimisme. Mange nye tanker måtte tenkes, og ny kunnskap gjøres tilgjengelig. Dette har vi søkt systematisert og beskrevet i denne rapporten.



Vi vet at dette ikke løser alle problemene ved transport, slik som logistikk, trafikkulykker og naturinngrep. Men de farlige utslippene for folk og klima er det mulig å gjøre noe med uten at vår velstand blir svekket.

Da vi kjøpte den første elbilen slet vi i 11 måneder før vi til slutt fikk den registrert som dieseldreven campingvogn. Til slutt fikk vi avgiftsfritak på denne bilen som den første elbilen til Norge. Et vedtak som har vært trendsettende og senest i forbindelse med Nasjonalbudsjettet 2001 ble styrket av stortinget. Men veien har vært lang. I ni år sloss vi for å få fritak for elektriske biler i bompengeringen rundt Oslo. Til slutt, etter 9 år, fikk vi fritak i form av riksdekkende retningslinjer.

Samtidig har vi bidratt til å utvikle soldrevne trehjulinger og vist at dette kan dekke et enormt transportbehov internasjonalt uten at den store industrien har hoppet på. Det er betenkelig fordi det bekrefter den konforme tankegangen som eksisterer når vi diskuterer transport.

I Bellona har vi vært så heldige at vi fikk den første brenselcelle drevne bilen til landet, og vi har opplevd at framtida er nå når vi har kjørt i hydrogenbuss som bare slipper ut vann. Vi er fascinert fordi teknologi kan bidra til de virkelig store miljøforbedringene.

Med den nye utslippsfrie teknologien i sikte og det faktum at det har vært mye forvirring om fakta, har det vært nødvendig for Bellona å få anledning til, gjennom B7 samarbeidet med aktørene innenfor samferdsel, å gjennomgå og systematisere den kunnskap vi oppfatter det er stor enighet om.

Med rapporten "Transport og luftutslipp – fakta, løsninger og strategi" er vårt mål å synliggjøre det faktagrunnlag som Bellona legger til grunn for sitt videre arbeid med transport. Samtidig er vi opptatt av at politikerne skal etablere virkemidler som tar oss hele veien til målet. I denne rapporten har vi søkt å synliggjøre hva Bellona i dialog med sentrale aktører innenfor samferdsel mener er hensiktsmessig. Ny faktakunnskap gjør at vi ser annerledes på transportutfordringen i dag. I fremtiden vil utslippene kunne reduseres dramatisk hvis vi vil. Det er store samfunnsøkonomiske gevinster å hente. Denne store omleggingen henger nøye sammen med det vi forventer vil skje innenfor energisektoren. Hydrogen vil bli den energiformen som vil være bærende i fremtiden. Det er den eneste akseptable løsningen som kan ta oss helt i mål. Det vil ta tid, men forutsetter uansett politisk styring etter et mål i samarbeid med aktørene i energi og samferdselsektoren.

Med utgangspunkt i de fakta som er presentert i denne rapporten, ønsker Bellona å oppnå nasjonal konsensus om veien videre for at vi om 25 år kjører uten å gasse andre medmennesker:

Bellona har allerede gjort det i 12 år:

Med vennlig hilsen

Frederic Hauge



**En stor takk til**

- B7-partnere, sponsorer og trykkeri som har gjort rapporten økonomisk mulig,
- referansegruppen som har kommet med nyttige innspill,
- B7-parterne og andre som har hjulpet oss å skaffe fakta,
- og alle de andre som velvillig har gitt oss hjelp på alle måter i forbindelse med rapporten.

For ordens skyld fremhever vi at de ovenfor nevnte ikke har noe ansvar for rapportens innhold.



**Statens vegvesen**  
Vegdirektoratet

*BusSupply AS*



**SCANIA**  
Norsk Scania AS



**NOR-CARGO**



**OFV** *Opplysningsrådet for Veitrafikken*  
*Norsk Veiforening*

**HAFSLUND** 



**SCHENKER**  
Stinnes Logistics

**VOLVO**  
Volvo Personbiler Norge AS



**LINJEGODS**



**Transportbedriftenes**  
Landsforening

**NSB Gods** 



## **Sammendrag**

### **Problemet med luftutslipp**

Luftutslipp fra transportsektoren, nærmere bestemt eksosutslipp, medvirker til fire miljøproblemer:

- 1.** Klimaforandringer som kan føre til tap av biologisk mangfold, økt utbredelse av noen sykdommer, mer ekstremt vær med videre. Aktuell klimagass fra transportsektoren er karbondioksid (CO<sub>2</sub>). Transportsektoren står for 38% av utslippene.
- 2.** Sur nedbør som reduserer livet i ferskvann, frigjør metaller og kan skape næringsubalanse i skogsjord. Skadene i Norge er estimert til minst 3 milliarder kroner per år. Aktuelle gasser fra transportsektoren er nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) og svoveldioksid (SO<sub>2</sub>), der transportsektoren står for 75% av NO<sub>x</sub>-utslippene.
- 3.** Bakkenær ozon som er helseskadelig og gir skader på vegetasjon. Bare vegetasjonsskadene er estimert til flere hundre millioner kroner årlig. Aktuelle gasser fra transportsektoren er flyktige organiske forbindelser unntatt metan (NMVOC), og nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>).
- 4.** Dårlig luftkvalitet som forårsaker 550 til 2200 fremskyndede dødsfall hvert år; i tillegg til andre helseplager.

Transportsektorens bidrag til problemene vil i utgangspunktet øke i takt med trafikkveksten. Med tanke på vekstpotensialet i u-landene, vil dette bety at utslippene kan komme til å øke svært mye. CO<sub>2</sub> er den vanskeligste avgassen å redusere siden den ikke kan renses bort fra eksosen.

### **Målet**

Bellonas mål er 0-utslipp. Rapporten viser at et er mulig å komme til dette målet, men at det vil ta noe tid.

Vi fant det hensiktsmessig å sette mål for tre ulike tidsperspektiver:

- 1.** Det kortsiktige tidsperspektivet som varer frem til 2010 innebærer reduksjoner av utslippene. I dette tidsperspektivet skal i det minste internasjonale avtaler oppfylles og grenseverdier for lokal forurensing overholdes. Dette tilsvarer myndighetenes nasjonale resultatmål.
- 2.** Det mellomlange tidsperspektivet som varer frem til 2025. Innenfor dette tidsperspektivet skal transportsektoren bli utslippsfri. Dette er omtrent som myndighetenes strategiske mål.
- 3.** Det langsiktige tidsperspektivet. Selv om transportsektoren blir utslippsfri, vil den fortsatt kreve energi og ressurser. Det må arbeides kontinuerlig for effektivisering av forbruket.

Det er viktig å merke seg at det må arbeides med alle tidsperspektivene parallelt, og ikke først begynne på det andre når det ene er slutt. Siden denne rapporten avgrenser seg til å se på avgasser, omhandles ikke det lange tidsperspektivet eksplisitt.

### **Mulige veier til reduserte luftutslipp**

Utslippene kan reduseres fra to kanter; med adferdstiltak som reduserer eller effektiviserer transporten, og teknologisk utvikling som reduserer utslippene per kjørte kilometer:

- 1.** Det er mulig å redusere antall kjørte kilometer ved å gjøre transport dyrere, bruke mer sykkel og gange, eller ved å øke belegget og utnytte lastekapasiteten bedre. Imidlertid blir effekten altfor liten i forhold til målet om 0-utslipp. I forhold til målet på kort sikt om utslippsreduksjoner, er tiltaket effektivt. Tog og buss er utslippseffektive persontransportmidler, og tog og skip er utslippseffektive for godstransport. Imidlertid er realistisk potensiale for overføring av transport fra bil og lastebil små i forhold til målet om 0-utslipp, og igjen er effekten av tiltakene større i forhold til det kortsiktige reduksjonsmålet og det langsiktige arbeidet for effektiv ressursutnyttelse.

**2.** Det er store muligheter for utslippsreduksjoner ved forbedring av dagens teknologi, men forventet gevinst utlignes av forventet trafikkvekst. Derfor er det behov for en ny motor- og drivstoffteknologi. Elektrisitet og hydrogen er per i dag de eneste løsninger som gir 0-utslipp for alle komponenter i avgassene. Dersom hydrogen brukes i brenselceller får vi utslippsfrie, støysvake og energieffektive transportmidler med prestasjoner på linje med dagens fremkomstmidler. Hydrogen kan også brukes i forbrenningsmotor.

Det er avgjørende at hydrogenet fremstilles uten utslipp. Dette kan gjøres fornybart på en rekke måter, for eksempel ved strøm fra vannkraft, gassifisering av biomasse, hydrogenproduserende solpaneler eller biologisk spaltning av vann. Hydrogen utvinnes også fra fossil gass. Dersom CO<sub>2</sub> fra prosessen deponeres, er dette en tilnærmet ren måte å fremstille hydrogen med tanke på luftutslipp. Den er imidlertid ikke fornybar.

Utviklingen av transportmidlene er kommet så langt at de fleste store bilfabrikker har laget prototyper og planlegger produksjonsstart rundt 2004. De første serieproduserte bussene har da vært på veien et par år. Den første båten er sjøsatt mens det ennå forskes på løsninger for skip, tog og fly. Romferger har derimot lenge vært drevet av hydrogen.

### **Virkemidler for nullutslipp**

Bellona foreslår en miks av fire virkemidler for å få 0-utslippsteknologien på plass

- 1.** "Californiakrav". I 2003 må 2% av alle biler som selges i California ha 0-utslipp. Dette er et treffsikkert og teknologidrivende virkemiddel som Norge og EU kan adoptere.
- 2.** Opprettelse av hydrogenfond. Demoprojekter og infrastruktur som fyllestasjoner koster penger, men ikke mer enn at det er mulig å dekke det opp ved å bruke 10% av inntektene fra transportsektorens CO<sub>2</sub>-avgift. I dag går avgiften uspesifisert rett i statskassen.
- 3.** Midlertidig avgiftsfritak. Elbilene er fritatt for de fleste avgifter. Avgiftsfritaket må gjelde alle typer transportmidler med 0-utslipp i en innfasingsperiode, og hydrogen som drivstoff bør også ha et slikt midlertidig avgiftsfritak.
- 4.** Høyere (minst 50%) avskrivningsatts for miljøinvesteringer inklusiv 0-utslipp-skjøretøy, tilsvarende de ordningene som er i Nederland og Frankrike.

### **Utslipp på kort sikt**

Selv om denne rapporten konsentrerer seg om en vei til 0-utslipp som omfatter ny teknologi og nytt drivstoff, skisseres det tiltak som gir raske forbedringer av dagens systemer på noen viktige områder. Områdene rapporten tar for seg er:

- 1.** Luftkvalitet i by
- 2.** Nitrogenoksidutslipp fra skip og båter
- 3.** Flytrafikkens klimagassutslipp
- 4.** Biodrivstoff og bilavgifter

De tiltak og virkemidler som foreslås er ikke fullstendige. De er en klar oppfordring til myndighetene om å se hvordan dagens virkemidler (avgifter og ulike konsesjoner) kan utnyttes og vris slik at de gir utslippsreduksjoner, og til å stille krav om bruk av den beste tilgjengelige reneteknologien der det er økonomisk forsvarlig.

### **Oppsummering**

Rapporten viser at i fremtiden vil utslippene kunne reduseres dramatisk ved hjelp av 0-utslippsteknologi. Denne store omleggingen henger nøye sammen med det vi forventer vil skje innenfor energisektoren. Hydrogen vil, sammen med elektrisitet, bli den energibæreren som vil dominere i fremtiden. Det er den eneste akseptable løsningen som kan bringe oss helt i mål. Det vil ta tid, men med klar politisk styring og i samarbeid med aktørene i energi- og transportsektoren, er det mulig – også økonomisk.

## **Innhold**

<b>KAP 1</b>	<b>INNLEDNING</b>	<b>I</b>
<b>KAP 2</b>	<b>HVA ER PROBLEMET MED LUFTUTSLIPP?</b>	<b>4</b>
2.1	KLIMAGASSER	4
2.2	FORSURENDE GASSER	5
2.3	GASSER SOM DANNER BAKKENÆR OZON	8
2.4	LUFTKVALITET I BYER	9
<b>KAP 3</b>	<b>TRAFIKKVEKSTEN – EN DEL AV PROBLEMET</b>	<b>14</b>
3.1	PERSONTRANSPORT	14
3.2	GODSTRANSPORT	16
<b>KAP. 4</b>	<b>MÅLENE I TRE TIDSPERSPEKTIVER</b>	<b>17</b>
4.1	INNEN 2010: UTSLIPPSREDUKSJONER, INTERNASJONALE AVTALER OVERHOLDES	18
4.2	INNEN 2025: NULLUTSLIPP FRA TRANSPORTSEKTOREN	19
4.3	KONTINUERLIG: RESSURSEFFEKTIVISERING (INKLUSIV ENERGI OG AREAL)	20
<b>KAP. 5</b>	<b>MULIGE VEIER TIL REDUSERTE LUFTUTSLIPP FRA TRANSPORTSEKTOREN</b>	<b>21</b>
5.1	REDUSERE ANTALL KJØRTE KILOMETER	21
	DYRERE TRANSPORT	
	SYKLE OG GÅ MER	
	ØKE ANTALL PERSONER I FREMKOMSTMIDLENE	
	ØKE UTNYTTTELSEN AV LASTEBILER	
	BILDELING	
5.2	KOLLEKTIVE LØSNINGER FOR PERSONREISER	25
	HVILKE FREMKOMSTMIDLER ER DE MEST UTSLIPPSEFFEKTIVE?	
	KOLLEKTIVE LØSNINGER ER BRA, MEN IKKE NOK	
5.3	MER GODS PÅ SKINNER OG SJØ	31
	HVILKE LASTBÆRERE ER MEST MILJØEFFEKTIVE ?	
	SKINNER OG SJØ ER BRA, MEN IKKE NOK	
5.4	FORBEDRING AV DAGENS TEKNOLOGI	33
	VEITRANSPORT	
	FLYTRANSPORT	
	TOGTRANSPORT	
	SKIPSTRANSPORT	
5.5	ALTERNATIVE MOTORTEKNOLOGIER OG DRIVSTOFF	39
	MULIGE TEKNOLOGIER OG DRIVSTOFFER	
	POTENSIALE FOR UTSLIPPSREDUKSJON	
5.6	OPPSUMMERING: HYDROGEN OG ELEKTRISITET GIR NULLUTSLIPP	45

<b>KAP. 6</b>	<b>HYDROGEN GIR NULLUTSLIPP</b>	<b>47</b>
6.1	PRODUKSJON AV HYDROGEN BASERT PÅ FOSSILE ENERGIKILDER	47
6.2	HYDROGENPRODUKSJON FRA FORNYBAR ENERGI	47
6.3	LAGRING AV HYDROGEN	48
6.4	HYDROGEN OG SIKKERHET	49
6.5	HYDROGEN I KJØRETØY: BRENSSELCELLE	51
	BILER	
	BUSSE	
	MOTORSYKLER	
	FLY	
	SJØFART	
	TOG	
<b>KAP. 7</b>	<b>VIRKEMIDLER FOR NULLUTSLIPP</b>	<b>57</b>
7.1	"CALIFORNIAKRAV" (ELLER GRØNN PORTEFØLJE)	58
7.2	10% AV CO <sub>2</sub> -AVGIFTEN I HYDROGENFOND	
7.3	MIDLERTIDIG AVGIFTSFRITAK FOR 0-UTSLIPPSKJØRETØY	59
7.4	HØYERE AVSKRIVNINGSSATS FOR 0-UTSLIPPSTRANSPORTMIDLER	60
<b>KAP. 8</b>	<b>TILTAK OG VIRKEMIDLER MOT LUFTUTSLIPP PÅ KORT SIKT 61</b>	
8.1	BEDRE BYLUFT INNEN 2010	61
	HVEM FORÅRSAKER UTSLIPPENE?	
	MULIGE TILTAK	
	ANBEFALTE TILTAK OG VIRKEMIDLER	
8.2	TILTAK MOT FORSURENDE UTSLIPP FRA SKIP OG BÅTER	73
	VIRKEMIDLER	
8.3	HVA GJØR VI MED FLYTRAFIKKEN?	75
	LUFTFARTENS MILJØPÅVIRKNING OG RAMMEVILKÅR	
	TILTAK OG VIRKEMIDLER I LUFTFART	
8.4	ANDRE TILTAK	77
	BIODRIVSTOFF	
	BILAVGIFTENE	
<b>KAP. 9</b>	<b>KONKLUSJON: EN TRANSPORTPOLITIKK SOM TAR MILJØET PÅ ALVOR</b>	<b>79</b>
<b>KILDER</b>		<b>81</b>

## VEDLEGG

### Kap 1 Innledning

Vårt samfunn er avhengig av effektive og miljøvennlige transportløsninger, både på vei, sjø og i luft. Både næringslivet, det offentlige og privatpersoner er avhengig av transport. I Norge transporteres årlig folk og gods tilsvarende over 61 milliarder personkilometer og omtrent 78 milliarder tonnkilometer gods. Bellona har arbeidet i mange år med transportsektoren. Sektoren påvirker miljøet med forurensende stoffer, støy, arealbruk og naturinngrep. Videre er sikkerhet og ulykker elementer som skal vurderes i arbeidet med transport.

Et av miljøproblemene Bellona har arbeidet lenge med, er de store utslippene til luft. Her har vi sett at ny teknologi gir oss muligheten til å løse avgassproblemene i stor grad.

Bellona har i denne rapporten valgt se nærmere på utslipp til luft (avgasser) fra transportsektoren. Avgassene bidrar til å skape både lokale, regionale og globale miljøproblemer. I Norge blir blant annet over 700 000 mennesker utsatt for forhøyede verdier av forurensningskomponenter i byluft. Videre medfører transportsektorens bidrag til gasser som danner sur nedbør og bakkenær ozon, store kostnader, og utslipp av karbondioksid påvirker klimaet på jorda. Miljøproblemene blir nærmere beskrevet i kapittel 2.

I transportsektoren står vi overfor en situasjon med raskt vekst i antall kjørte kilometer. Dette vil føre til økte utslipp hvis ikke teknologien frembringer transportmidler med vesentlig lavere utslipp per kjørte kilometer. Selv om transportveksten i Norge er sterk nok, er det i u-landene det store vekstpotensialet ligger. Vi er derfor avhengig av å finne løsninger som reduserer utslippene sterkt. Kapittel 3 beskriver trafikkveksten nærmere.

Det er ingen som ønsker avgassutslipp fra transportsektoren. Det finnes ingen etterspørsel etter forurensing i markedet, og vi har derfor satt oss noen mål som til slutt skal gi oss 0-utslipp og effektive energi- og ressursløsninger i transportsektoren. Kapittel 4 omtaler disse målene i forhold til tiden vi må ta til hjelp for å nå hvert enkelt. Vi har valgt tre tidsperspektiver, og antatt at løpet for hvert av målene starter nå.

Det finnes heldigvis et utall av muligheter for å redusere utslippene, og kapittel 5 har analysert følgende muligheter:

1. Redusert transportomfang
2. Kollektive løsninger for personreiser
3. Mer gods på skinner og sjø
4. Forbedring av dagens teknologi
5. Alternative motorteknologier og drivstoff

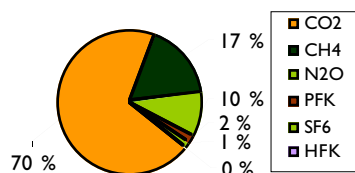
I kapittel 6 omtales hydrogen og de nye, store muligheter denne energibæreren gir, blant annet på grunn av utviklingen av brenselceller. I fremtiden er det mulig med en transportsektor helt uten utslipp av noen forurensende avgass(!), karbondioksid (CO<sub>2</sub>) inkludert.

Det er et sterkt behov for virkemidler fra politiske myndigheter for å kunne nå de målene er beskrevet i kapittel 4. I kapittel 7 gjennomgår rapporten de virkemidler Bellona anser som effektive og fornuftige. Eksempler på slike virkemidler er "California-krav", etablering av et hydrogenfond, midlertidige avgiftsfritak og gunstig avskrivningssats for 0-utslippskjøretøy.

Det vil ta tid å få de endelige løsningen på plass. I mellomtiden må utslippene reduseres mest mulig for å begrense skader, utvikle teknologi og oppfylle internasjonale avtaler og regelverk. Virkemidler for dette er nærmere beskrevet i kapittel 8. En transportsektor uten utslipp er mulig, og rapporten viser hvilken vei man må gå. Bellonas konklusjoner beskriver en gjennomførbar transportpolitikk som tar miljøet på alvor, og er presentert i kapittel 9.

Bellona utfordrer politikere og myndigheter, næringsliv og privatpersoner: Målene kan nås.

**Samlet klimagassutslipp i 1996**



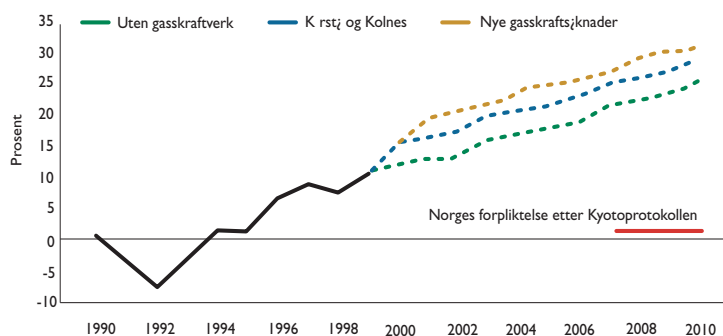
**figur 3. Samlede utslipp av klimagasser i 1996 fordelt etter gass og korrigert for effekten av hvert enkelt stoff.**

Kilde: St. meld 29 (1996-1997)

## Kap 2 Hva er problemet med luftutslipp?

Det er ingen nyhet at forbrenning av fossil energi som kull, olje og gass gir problematiske utslipp. Først satte man fokus på helseskader som astma, deretter ble man klar over problemene knyttet til forsurening av vann og vassdrag. Etterhvert ble det oppdaget at enkelte komponenter dannet bakkenær ozon som blant annet svekker plantevekst, og nå på slutten av forrige århundre begynte man å forstå at enkelt gasser kunne øke drivhuseffekten og dermed gi klimatiske endringer.

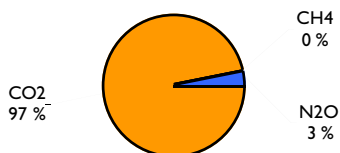
Forenklet kan utslippene fra forbrenning i en motor sorteres i fire problemområder: klimaproblemer; sur nedbør; bakkenær ozon og lokalt dårlig luftkvalitet. Nedenfor vil det bli gitt en enkel innføring i miljøproblemene, sett i relasjon til transport. For utdypende informasjon, se Bellona arbeidsnotat nr 2/2000 [Bellona, 2000b].



**Figur 2. Utslipp av klimagasser i Norge. Historisk utvikling 1990-1997, framskrevet utslipp 1998-2010. Prosentvis endring i forhold til 1990.**

Kilde: St. meld nr 8 (1999-2000)

**Klimagassutslipp fra transport 1998**



**figur 4. Fordeling av klimagassutslippene fra transport etter gass. Vektet etter oppvarmingspotensialet.**

Kilde: SSB (2000)

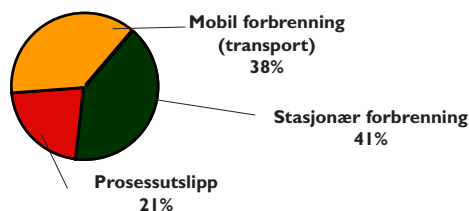
### 2.1 Klimagasser

I atmosfæren er det gasser som sikrer at solinnstrålingen slipper inn, men forhindrer at varmemstrålene fra kloden i sin helhet forsvinner ut. Uten disse gassene ville gjennomsnittstemperaturen på kloden vært ca 35 grader lavere enn i dag. Klimagassene er derfor nødvendige for livet på jorda. Problemet i dag er at menneskelig aktivitet har forrykket den naturlige balansen av klimagasser; det naturlige karbonkretsløpet der CO<sub>2</sub> bindes opp av hav og planter og frigjøres ved ånding eller forråtnelse. Ubalansen skyldes primært at det karbonet kloden har brukt millioner av år på å binde opp i kull, olje og gass, slippes ut på noen tiår ved forbrenning av disse fossile energikildene. Dette har gjort at konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren har økt med over 30% siden den industrielle revolusjonen startet [SSB, 2000].

En økende drivhuseffekt forårsaker temperaturøkninger i store deler av verden, noe som vil gjøre at temperatursonene flytter seg mot polene. Mye tyder på at klimaendringene går alt for raskt til at naturen klarer å tilpasse seg. Konsekvensene av dette kan vi bare så vidt ane: is vil smelte, øyer forsvinne, biologisk mangfold tapes. Varmere klima gir også bedre vilkår for sykdommer som for eksempel malaria. Det antas også at været vil bli mer ekstremt og mindre forutsigbart, med de skader det fører med seg [St. meld. nr 29 (1997-1998)].

Klimagassen CO<sub>2</sub> produseres under forbrenning av karbonholdig drivstoff slik som bensin og diesel. Karbonet i drivstoffet forbindes med oksygen fra luften i forbrenningskammeret. CO<sub>2</sub> er i likhet med vann en "naturlig" avgass fra denne forbrenningen, det vil si at den vil oppstå i store mengder uansett hvordan forbrenningen foregår. I prinsippet vil alle karbonatomene i drivstoffet bli til CO<sub>2</sub>. Innholdet av kar-

**CO<sub>2</sub> utslipp til luft 1998**



**figur 5. Totale CO<sub>2</sub> utslipp fordelt etter utslippskilde. Forløpige tall 1998.**

bon i drivstoffet og forbruket av drivstoff avgjør mengden CO<sub>2</sub> gass som dannes per kjørte kilometer. I motsetning til de andre avgassene, er det i dag umulig å rense CO<sub>2</sub>-utslipp fra transportmidler. Dette gjør at CO<sub>2</sub> er den mest problematiske avgassen med tanke på å redusere utslipp. Gjennom Klimakonvensjonen og den konkrete Kyotoprotokollen, har Norge forpliktet seg til å redusere utslippene av klimagasser. Kyotoprotokollens forpliktelse innebærer at de norske utslippene av klimagasser ikke kan være mer enn 1% høyere i tidsrommet 2008-2012, enn 1990-nivået. Siden utslippene fra 1990 til 2000 har hatt en kraftig økning, innebærer Kyotoforpliktelsen at utslippene må reduseres med 8% (Figur 2) [SSB, 2000].

Kyotoprotokollen er bare ett skritt på veien for å dempe den økende drivhuseffekten. Dersom avtalen ratifiseres og gjennomføres, vil den ikke kunne stanse den menneskeskapte drivhuseffekten. Den innebærer kun at de rike landene reduserer sine utslipp med 5% fra 1990-nivået, mens FNs internasjonale klimapanel (IPCC) antyder at utslippene av CO<sub>2</sub> må reduseres globalt minst med 50-70%. Skal u-landene ha rom for utvikling, vil i-landene måtte redusere sine utslipp med 90%. Det er derfor sannsynlig med nye forpliktelser i tiden fremover.

Transportsektoren står for en stor andel av utslippene av CO<sub>2</sub> i Norge (figur 5). Imidlertid er det ikke bare CO<sub>2</sub> som fører til global oppvarming. Det finnes en rekke gasser som har denne evnen, og i Kyotoprotokollen ble man enige om å redusere de seks viktigste. Figur 3 viser at utslippene av CO<sub>2</sub> er det dominerende klimagassutslippet i Norge, denne gassen står alene for 70% av effekten. Metan (CH<sub>4</sub>) og lystgass (N<sub>2</sub>O) kommer på andre og tredje plass. Når det gjelder klimagasser fra forbrenning av drivstoff, er CO<sub>2</sub> den viktigste. Figur 4 viser at CO<sub>2</sub> utgjør 97% av utslippene (regnet som effekt). Siden CO<sub>2</sub> helt dominerer klimagassutslippene fra transportsektoren, har vi i det følgende valgt å konsentrere oss om denne klimagassen. Transportsektoren (eller mobil forbrenning) står for 38% av CO<sub>2</sub>-utslippene i Norge (figur 5). Dersom man inkluderer de andre klimagassene i regnestykket, vil transportsektoren stå for totalt 27% av Norges klimagassutslipp (målt etter effekt).

Ser vi på fordelingen mellom transportmidlene, er veisektoren alene ansvarlig for over halvparten av utslippene, fulgt av skipsfart og fiske som står for en firedel. Flytransport står for 8%, men i denne statistikken er det bare den innenlandske transporten med skip, båter og luftfart som tas med. De totale utslippene innenfor Norges grenser vil derfor være høyere.

Et annet viktig aspekt som ikke går frem av Figur 2, er at utslipp av CO<sub>2</sub> fra fly har vist seg å ha større klimaeffekt fordi avgassene slippes ut høyt oppe. FNs klimapanel har beregnet at utslippene fra subsoniske fly har 2,7 ganger så stor klimaeffekt som utslipp ved bakken. Tilsvarende beregning for et overlyds fly gir et mye høyere tall. Det er imidlertid stor usikkerhet knyttet til disse beregningene. [Vestlandsforskning, 1999]

### Trenden framover

Det er grunn til å tro at transporten vil fortsette å øke i tiden fremover, slik det er beskrevet i kapittel 3. Imidlertid vil teknologisk utvikling stabilisere utslippene fra veitrafikken noen år fremover (figur 7). Utslippene fra fly vil vokse med 3% i mange år (se kap 8.3).

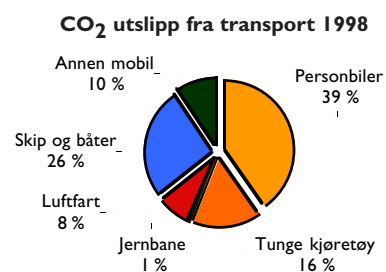
## 2.2 Forsurende gasser

Utslipp av svoveldioksid (SO<sub>2</sub>), nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) og ammoniakk (NH<sub>3</sub>) danner sur nedbør i kontakt med fuktigheten i luften. Den sure nedbøren er sannsynligvis den enkeltfaktoren som har hatt størst negativ effekt på det biologiske mangfoldet i ferskvann i Norge [St. meld. 58 (1996-97)]. Mest synlige har effektene på fiskebe-

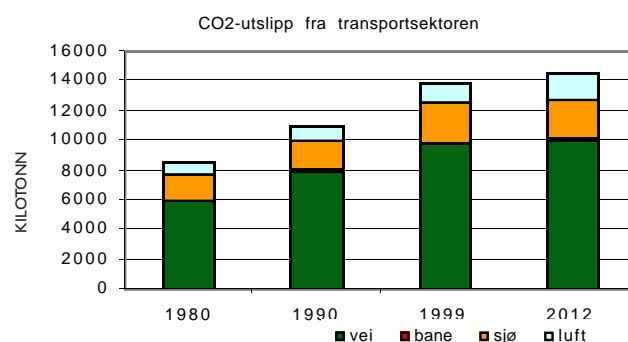
1. Mobil forbrenning inkluderer også fiskefartøyer, motorredskap m.m.



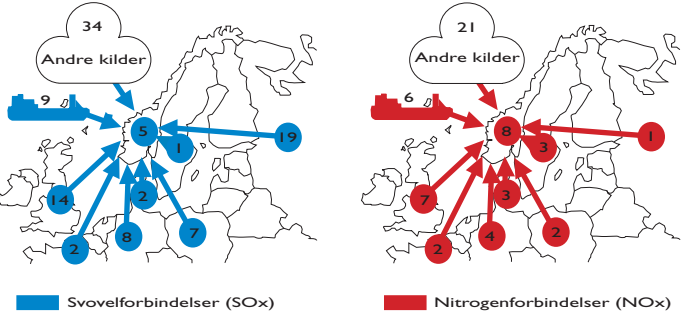
**Sur nedbør er en trussel mot biologisk mangfold i vann, og gjør skade for over 3 mrd. kr. hvert år. Transportsektoren har et særlig ansvar for nitrogenoksidutslippene**



**figur 6. Utslipp av CO<sub>2</sub> fra mobile kilde. Foreløpige tall. Kilde: SSB (2000)**



**figur 7. Historiske og fremskrevne tall for CO<sub>2</sub> utslipp fra transportsektoren. Kilde: St. meld 46 (1999-2000)**



**figur 8.**  
**Det meste av de forsurende gassene kommer til Norge fra andre europeiske land.**  
 Kilde: St. meld. nr. 24 (2000-2001)

stander i Sør-Norge vært, men også bunndyr- og planktonfaunaen er blitt mer artsfattig. I 1991 ble det funnet forsuringsskader på fiskebestander innenfor et område på ca 85.000 km<sup>2</sup>. I 1990 var tålegrensen for vannforsuring overskredet på 25% av Norges areal [St. meld. 58 (1996-97)]. I tillegg gjør den sure nedbøren at det frigjøres metaller i jorda som kan gi skader på skog og annen vegetasjon, og det kan skapes næringsubalanse i skogsjorden ved at kalsium og magnesium frigjøres. Tålegrensen for skogsjord er overskredet på ca 19% av Norges produktive skogsareal [St. meld. 58 (1996-97)].

Et siste problem er annen økt korrosjon. Dette forårsakes ikke av sur nedbør i tradisjonell forstand, men først og fremst av svovelavsetninger lokalt. Det er beregnet at skadene førte til økte vedlikeholdskostnader på 198 millioner kroner bare i 1994. Alt i alt gjør forsuringen skader for mer enn 3 milliarder kroner per år, sannsynligvis betydelig mer [St. meld. 58 (1996-97)].

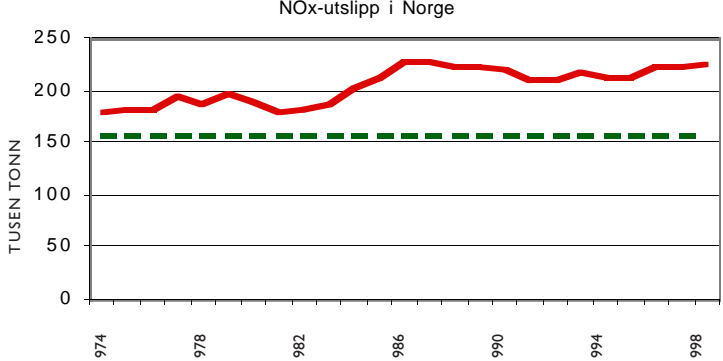
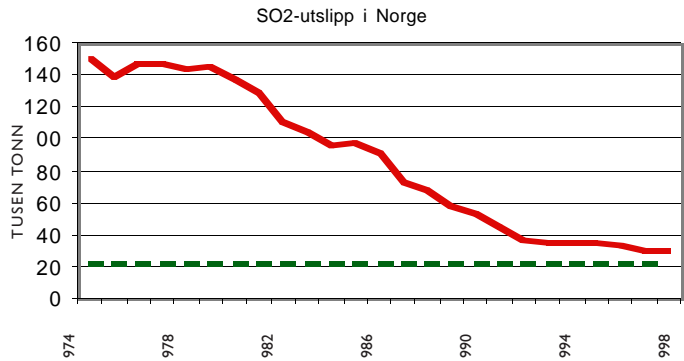
**Reduksjonsforpliktelser**

Stoff	Mål for 2010	Reduksjon i forhold til 1990 nivå.	Reduksjon i forhold til 1998 nivå.
Svoveldioksid (SO <sub>2</sub> )	22.000 tonn	58%	26%
Nitrogenoksider (NO <sub>x</sub> )	156.000 tonn	28%	30%

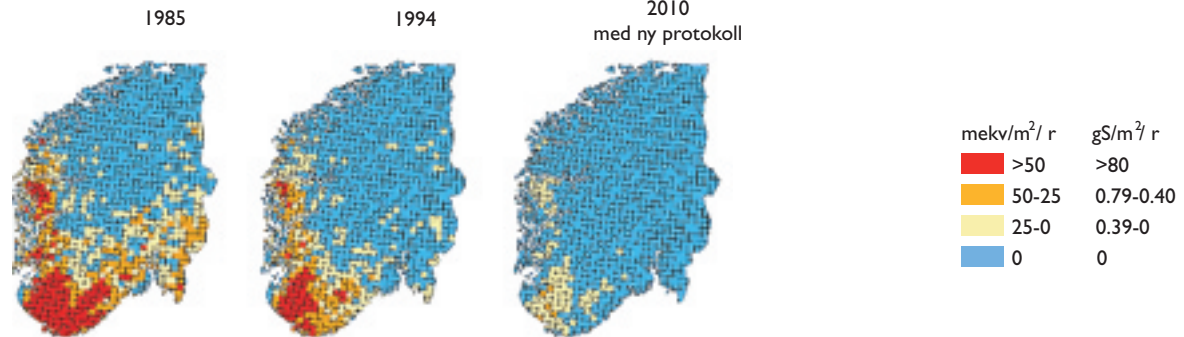
**tabell I**  
**Norges forpliktelser i henhold til Gøteborgprotokollen.**  
 Kilde: St. meld 8 (2000-20001)

Transportsektoren avgir to av de forsurende gassene, SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>. Det er disse gassene som forårsaker den største delen av forsureningen, mens NH<sub>3</sub> har mindre betydning.

SO<sub>2</sub> dannes ved at sovelet (S) i drivstoffet forbinder seg med oksygen (O<sub>2</sub>) fra lufta under forbrenningsprosessen. Med andre ord er mengden SO<sub>2</sub> som dannes, avhengig av svovelinnholdet i drivstoffet. Den beste måten å redusere SO<sub>2</sub> utslippene på er å skille ut sovelet under produksjon av drivstoffet, før dette fylles på transportmiddelet. NO<sub>x</sub> dannes på en annen måte. Her er det oksygen og nitrogen fra lufta som



**figur 9 og figur 10.**  
**Historisk utslipp av svoveldioksid og nitrogenoksider. Den stiplede linjene viser Norges forpliktelser etter Gøteborg-protokollen.**  
 Kilde: Tall fra SSB (1999)



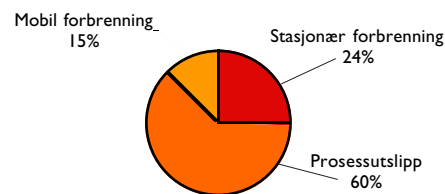
**figur 11.**  
**Figuren viser at selv med utslippsreduksjoner etter Gøteborgprotokollen, vil det være områder i Norge der tålegrensen overskrides.**  
 Kilde: St. meld 8 (1999-2000).

suges inn i motoren og reagerer. For at en slik reaksjon skal skje, kreves høy temperatur. NO<sub>x</sub>-dannelsen kan reduseres ved å senke forbrenningstemperaturen, ved å styre innsugingen av oksygen slik at det ikke suges inn mer enn det som trengs til forbrenningen, eller ved å rense NO<sub>x</sub>-gassene i en katalysator (som virker ved hjelp av edelmetaller som platina, palladium og rhodium). I 1989 fastsatte Norge avgasskrav som i praksis satte krav om treveiskatalysator på nye biler.

Forsuring er et regionalt problem, og størstedelen av den sure nedbøren som faller ned i Norge, kommer fra andre europeiske land (figur 8). På grunn av problemets regionale karakter, ble det i 1979 forhandlet fram en Konvensjon om langtransporterte luftforurensninger mellom de europeiske landene, USA og Canada (ECE LRTAP-konvensjonen). Under denne konvensjonen er det i årene etterpå undertegnet en rekke protokoller for å sikre reduksjon av utslippene av forsurende gasser. Den siste er Gøteborgprotokollen fra 1999 som omhandler alle de forsurende gassene samt flyktige organiske forbindelser. Norges forpliktelse i denne protokollen er å begrense de totale utslipp til 22 000 tonn SO<sub>2</sub>. Det betyr en nedgang på 58% fra 1990 nivå og 26% i forhold til 1997 nivå. NO<sub>x</sub>-utslippene skal begrenses til 156 000 tonn i året, noe som innebærer en reduksjon på 28 prosent fra 1990 nivå og 30% i forhold til 1998 nivå. (tabell 1 og figur 9 og 10). Begge reduksjonene skal være gjennomført før år 2010<sup>2</sup>. Men selv ikke Gøteborgprotokollens forpliktelser er tilstrekkelig for å stanse de negative effektene. Det forventes at naturens kritiske nivå for sur nedbør vil minst være overskredet for 7-8% av Norges areal også etter at utslipsreduksjonene er gjennomført (figur 11) [St. meld. nr. 8 (1999-2000)]. Utslippene må derfor reduseres kraftigere, og det kan forventes at det vil komme ytterligere avtaler om utslipsreduksjoner i årene fremover.

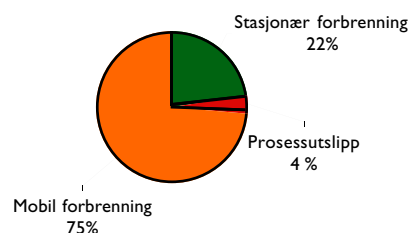
I følge beregninger utført av Statistisk sentralbyrå er transportsektoren ansvarlig for 15% av SO<sub>2</sub>-utslippene (figur 12) og 75% av NO<sub>x</sub>-utslippene i Norge (figur 13). Dette gir transportsektoren et særlig ansvar for NO<sub>x</sub>-utslippene. Av figur 14 ser vi at skip og båter<sup>2</sup> står for over halvparten av svovelutslippene. Dette skyldes at disse transportmidlene delvis bruker drivstoff med svært høyt innhold av svovel. Viktigere er det at skip og båter står også for halvpartene av NO<sub>x</sub>-utslippene (figur 15). Dette skyldes at det ikke har vært stilt krav til NO<sub>x</sub> utslipp fra skip og båter før i år 2000 (nye skipsmotorer), mens veitransporten har fått strengere og strengere utslippskrav. Men selv om skips- og båttrafikken står for det meste av utslippene, er utslippene fra veitrafikken vel så alvorlige fordi de også påvirker byluftkvaliteten (kap. 2.4).

**SO<sub>2</sub> utslipp til luft 1998**



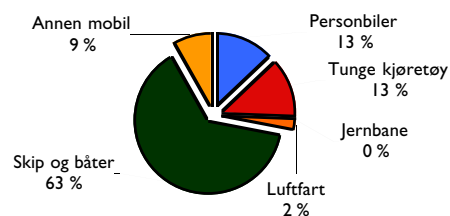
**figur 12.**  
**Nasjonale SO<sub>2</sub>-utslipp 1998. Foreløpige tall.**  
Kilde: SSB (2000)

**NO<sub>x</sub> utslipp til luft 1998**



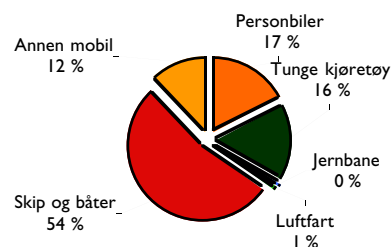
**figur 13.**  
**Nasjonale NO<sub>x</sub>-utslipp til luft 1998. Foreløpige tall.**  
Kilde: SSB (2000)

**SO<sub>2</sub> utslipp fra transport 1998**



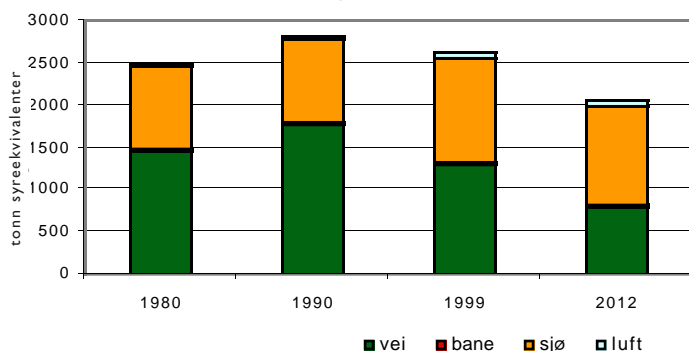
**figur 14.**  
**SO<sub>2</sub> utslipp fra transport 1998.**  
Foreløpige tall.  
Kilde: SSB (2000)

**NO<sub>x</sub> utslipp fra transport 1998**



**figur 15.**  
**NO<sub>x</sub> utslipp fra transport 1998.**  
Kilde: SSB (2000)

**Utslipp av forsurende gasser fra transportsektoren**



**figur 16.**  
**Historiske og fremskrevne tall for forsurende utslipp fra transportsektoren, oppgitt i syreekvivalenter.**  
Kilde: St. meld 46 (1999-2000)

<sup>2</sup> Inklusiv fiskeflåten. Denne står for en stor del av utslippene. Se kap 8.3  
<sup>3</sup> I tillegg skal utslippene av ammoniak (NH<sub>3</sub>) begrenses. Avtalen omfatter også utslipp av NMVOC.



### Trender fremover

De forsurende utslippene fra transportsektoren vil reduseres som følge av strengere krav til avgassutslipp fra biler (figur 16). Sjøtransporten vil fortsette med like høye utslipp fremover, med mindre noe gjøres. Dette demonstrerer tydelig forskjellen mellom en sektor som har vært stilt overfor krav, og en sektor som har kunnet drive på uten myndighetsbestemte utslippskrav.

### 2.3 Gasser som danner bakkenær ozon

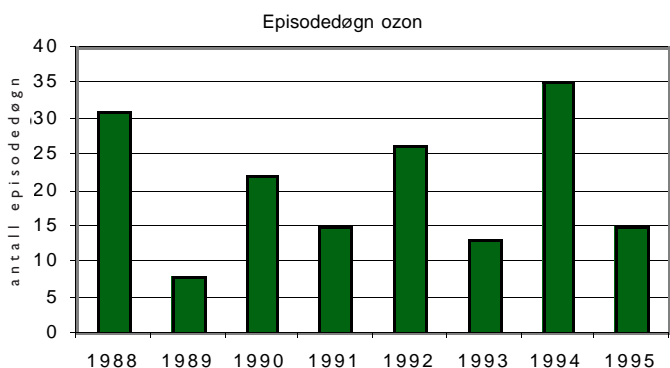
Bakkenær ozon ( $O_3$ ) er det av de fire avgassproblemene som er minst omtalt i media, til tross for at grenseverdiene stadig overskrides i sommerhalvåret. Bakkenær ozon må ikke forveksles med fortykning av ozonlaget. Bakkenær ozon er et helt selvstendig problem.

Ozon på bakkenivå forårsaker skader på vegetasjon. Blant annet endres fotosyntesen og planters respirasjonshastighet når de utsettes for ozon [SFT, 1997b]. Gressproduksjonen i lavlandet i Sør-Norge er antagelig den kulturveksten som blir mest påvirket. I dag ligger kostnadene forbundet med avlingsskade på flere hundre millioner kroner i året [SFT, 1997c]. Av treslagene er bjørk den mest følsomme arten, mens viltvoksende arter, med noen få unntak, er tolerante ovenfor ozonforurensning. [Mortensen, 1995] Grenseverdiene for negativ virkning på vegetasjon overskrides i deler av Norge hvert år, men omfanget av overskridelsene kan variere fra år til år [SFT, 1997b].

Det er ikke bare vegetasjon som skades. Også menneskets helse tar skade av for høye ozonkonsentrasjoner. Det er vist at det er sammenheng mellom ozonnivåer og alvorlige helseeffekter som luftveissykdom og dødelighet. Det er svært store individuelle forskjeller i følsomhet for effekter av ozon. Grenseverdiene for virkning av ozon på helse overskrides flere dager i året i Sør-Norge [SFT, 1997b].

Ozon er en meget reaktiv og sterkt oksiderende forbindelse som kan virke korroderende, og antas derfor et betydelig skadeomfang, spesielt på gummi og plastprodukter. Ozonet virker gjerne sammen med  $SO_2$  og  $NO_2$ . [SFT, 1996]

Transportmidlene slipper ikke ut ozon direkte, men gasser som danner ozon. Bakkenær ozon dannes av en fotokjemisk reaksjon mellom nitrogenoksider ( $NO_x$ ), flyktige organiske forbindelser (NMVOC), luftens oksygen og sollys. For å redusere ozonkonsentrasjonene må utslippene av  $NO_2$  og NMVOC reduseres. Begge disse gassene slippes ut fra transportsektoren.



figur 17.

Antall episodedøgn med ozon ved bakken 1983-1995. Et episodedøgn med bakkenær ozon kan medføre risiko for helseeffekter i det aktuelle området, spesielt hos personer som fra før har luftveislidelser. Episodedøgn er døgn med timesmiddelkonsentrasjon  $\geq 120 \text{ mg/m}^3$ , målt ved minst to målestasjoner, eller  $200 \text{ mg/m}^3$  på én stasjon.

Kilde: St. meld. 58 (1996-97)

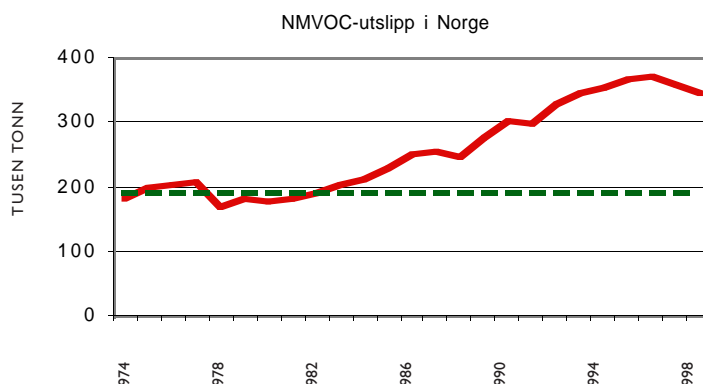
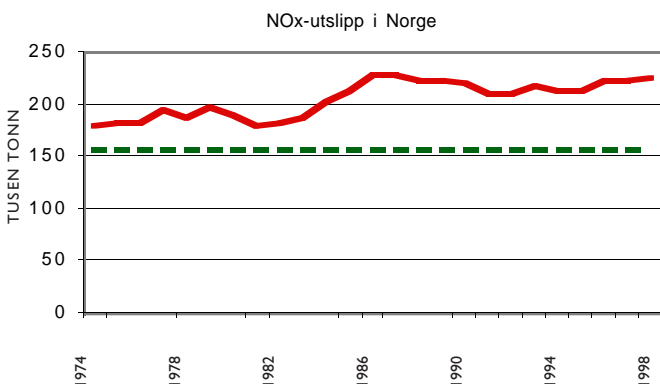
### Reduksjonsforpliktelser

Stoff	Mål for 2010	Reduksjon fra 1990	Reduksjon fra 1998
Flyktige organiske forbindelser: (NMVOC)	195.000 tonn	37%	45%
Nitrogenoksider ( $NO_x$ )	156.000 tonn	28%	30%

tabell 2

Norges forpliktelser i henhold til Gøteborgprotokollen.

Kilde: St. meld 8 (2000-2001)



figur 18 og figur 19.

Historisk utslipp av flyktige organiske forbindelser og nitrogenoksider. Den stiplede linjene viser Norges forpliktelser etter Gøteborgprotokollen.

Kilde: Tall fra SSB (1999).

Dannelsen av NO<sub>x</sub> skjer som tidligere beskrevet ved selve forbrenningen. NMVOC er en samlebetegnelse for hydrokarboner som fordampes lett (volatile organic compounds = VOC). Metan regnes ikke med siden denne ikke bidrar til ozondannelse (Non metan = NM). Disse lette hydrokarbonene finnes hovedsaklig i bensin, og kan fordampe fra bilen på ulike vis når den ikke er i bruk. NMVOC finnes også i eksos, men vil omdannes til uskadelige stoffer i katalysatorer. Katalysatorer har vært påmontert alle nye bensinbiler siden 1989.

Bakkenær ozon er i likhet med forsuring et regionalt problem og omfattes også av Gøteborgprotokollen. I denne har Norge forpliktet seg til å redusere utslippene i tråd med tabell 2.

Transportsektoren (mobil forbrenning) står for 20% av de nasjonale NMVOC-utslippene (figur 20) og hele, 75% av NO<sub>x</sub>-utslippene, jf figur 13 og figur 15. Og selv om skip og båter har den største andelen, er veitransportens bidrag mer alvorlig da den kan gi direkte helseskade, jf. omtale under kap 2.2.

Når det gjelder NMVOC-utslipp står personbilene (primært bensinbiler) for 60% av transportsektorens utslipp (figur 21), noe som tilsvarer 12% av de totale NMVOC utslippene i Norge.

## 2.4 Luftkvalitet i byer

Høye konsentrasjoner av ulike forurensende komponenter kan gjøre bylufta helsefarlig. Plager og sykdommer som nedsatt lungefunksjon, luftveissykdommer og kreft, er påvist å kunne ha en direkte sammenheng med luftforurensning. SFT (2000b) har beregnet at luftforurensningen årlig fremskynder 550 til 2200 dødsfall med gjennomsnittlig ett til syv år. I tillegg kommer bortfall av flere hundre årsverk, flere tusen ekstra liggedøgn på sykehus (tabell 4), nedsmussing og mindre alvorlige helseplager. Skadevirkningene av de enkelte stoffene er beskrevet nedenfor:

Det har vært en positiv utvikling på området. Utslippene av både svovel og bly er redusert til nivåer som ligger lavere enn det som i dag regnes som helseskadelig. Det gjenstår i dag tre komponenter i dårlig byluft som gir helseskade: Partikler (PM10) som i dag regnes som den mest alvorlige, nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>) og benzen. I tillegg kommer 1,2-butadien, eten og propen som det er strid om er skadelige i de aktuelle konsentrasjonene. Stoffene blir omtalt hver for seg nedenfor:

Det finnes flere grenseverdier for luftforurensning. Noen er medisinsk begrunnet, mens andre er begrunnet ut fra hva som er politisk mulig å få til. Tabell 3 gir en enkel oversikt

### Grenseverdier

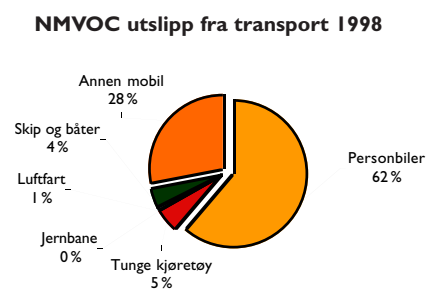
<b>EUs grenseverdier:</b>	<b>Juridisk bindende grenseverdier gjennom EØS avtalen. Norge må sørge for at lovverket hindrer høyere konsentrasjoner i luften enn dette. Grenseverdiene som er oppgitt, er de EU har foreslått som innstramning av dagens verdier.</b>
<b>Nasjonalt mål:</b>	<b>1998 satte regjeringen opp mål for luftkvaliteten som det skal arbeides mot frem til 2005/2010. Disse er noe strengere enn EUs nye krav.</b>
<b>SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier:</b>	<b>Dette er mål som er satt ut fra eksisterende viten om helseeffekter. Kriteriene er satt 2 til 5 ganger lavere enn de nivåene der det med sikkerhet er konstatert skadelige virkninger, som sikkerhetsmargin. Dette gjelder ikke for partikler der man regner med at ikke finnes noe nedre grense for effekter.</b>

tabell 3.

Oversikt over ulike grenseverdier for komponenter i byluft.



Figur 20. NMVOC utslipp til luft 1998. Foreløpige tall. Kilde: SSB(2000)



Figur 21. NMVOC utslipp fra transport 1998. Foreløpige tall. Kilde: SSB(2000)



Dårlig luftkvalitet fremskynder mellom 550 og 2200 dødsfall i året. Eksos bidrar særlig til dårlig luftkvalitet i nærheten av veier.

	Effekt:	Størrelse:
<b>Korttidseksponering:</b>		
	- Fremskyndende dødsfall	55 – 220 stk
	- Liggedøgn	390 – 1.600 stk
	- Øvre luftveissymptomer, barn	39 – 160 stk
	- Nedre luftveissymptomer, barn	3 – 13 stk
	- Tapte timeverk	0,53 – 2,1 mill. timer
<b>Langtidseksponering</b>		
	- Fremskyndet dødsfall – lunge, hjerte, kar	510 – 2.050 stk
	- Fremskyndet dødsfall – lungekreft	39 – 160 stk
	- Nye tilfeller av bronkitt, barn	250 – 980 stk
	- Nye tilfeller av kronisk lungesykdom, voksne	310 – 1.200 stk
	- Liggedøgn	3.100 – 12.000 døgn
	- Tapte timeverk	120.000 – 470.000 timer

**tabell 4.**  
**Årlige helseeffekter av partikkelforurensning. Tallene er usikre.**  
 Kilde: SFT (2000)

### Partikler (PM<sub>10</sub>)

PM<sub>10</sub> er partikler med et tverrsnitt på mindre enn 10 µm. Disse er så små at de hold-er seg svevende i luften i lengre tid og kan pustes inn. Partiklene som er fra 2,5 µm og opp til 10 µm, kalles for grovfraksjonen. Disse kommer gjerne fra mineraler (veislitas-je). Partikler med en diameter under 2,5 µm kalles finfraksjonen og kan pustes lenger ned i lungene. Disse partiklene kommer oftest fra forbrenningsprosesser (eksos).

Eksponering for svevepartikler har en rekke uønskede virkninger; blant annet økt forekomst av bihulebetennelse, hoste, bronkitt. Innleggelse og dødsfall som følge av luftveis- eller hjerte-/karsykdommer; forekommer i spesielt utsatte grupper; som eldre, syke mennesker og småbarn med luftveissykdommer. [Statens helsetilsyn, 1999]

Det har de siste årene kommet en rekke publikasjoner som viser hvilken betydning partikler (PM<sub>10</sub>) har for å utløse eller forverre sykdom hos individer med kroniske luftveislidelser. Studier tyder på at PM<sub>10</sub> i vanlig uteluft kan være en undervurdert faktor i forhold til å utløse anfall ved allergiske luftveislidelser. Partikler kan være bærere av allergener og andre stoffer som påvirker betennelsesreaksjoner og forårsaker allergiutvikling. De kan påvirke cellene de kommer i kontakt med. Partikler fra diesel-eksos er vist å kunne forsterke en allergireaksjon fremkalt av pollen. Det er usikkert om dette også gjelder for andre partikler [Statens helsetilsyn, 1999].

Partiklene er ansvarlige for størstedelen av helseproblemene knyttet til byluft [SFT, 2000b], men man skal ikke se bort fra at det er en "cocktail" av de ulike luftforuren-sningene som gir utslagene. Tabell 4 viser SFTs anslag for årlige helseeffekter av PM<sub>10</sub>.

Midlingstid	1 timer	8 timer	24 timer	6 mnd	1 år
<b>SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier</b>	-	-	<b>35 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Ny verdi skal utarbeides</b>	-
<b>Nasjonalt mål</b>	-	-	<b>50 µg/m<sup>3</sup> 1)</b>	-	-
<b>(og antall tillatte overskridelser)</b>	-	-	<b>(25 pr år)</b>	-	<b>40 µg/m<sup>3</sup> 1)</b>
	-	-	<b>50 µg/m<sup>3</sup> 2)</b>	-	<b>20 µg/m<sup>3</sup> 2)</b>
	-	-	<b>(7 pr år)</b>	-	-
<b>EUs nye grenseverdier<sup>3</sup></b>	-	-	<b>50 µg/m<sup>3</sup> 1)</b>	-	-
<b>(og antall tillatte overskridelser.)</b>	-	-	<b>(35 pr år)</b>	-	-
	-	-	<b>50 µg/m<sup>3</sup> 2)</b>	-	-
	-	-	<b>(7 pr år)</b>	-	-

1. Skal overholdes innen 1.1.2005 2. Skal overholdes innen 1.1.2010 3. Det arbeides med å lage nye forskrifter i Norge som skal være minst like strenge som EU kravene. Ferdig sommeren 2001.

**tabell 5.**  
**Luftkvalitetskriterier PM<sub>10</sub>.**  
 Kilde: NILU (1998)

Midlingstid	1 timer	8 timer	24 timer	6 mnd	1 år
<b>SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier</b>	-	-	<b>20 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Ny verdi skal utarbeides</b>	-

**tabell 6.**  
**Luftkvalitetskriterier PM<sub>2,5</sub>.**  
 Kilde: NILU (1998)

Det er satt opp ulike mål og grenseverdier for luftas innhold av partikler. Hva de ulike grensene betyr er forklart i tabell 3.

Grenseverdiene i tabell 5 og tabell 6, overskrides ofte. Omtrent 700.000 mennesker i norske bysentra eller tettsteder er en eller flere ganger i året utsatt for nivåer av svevepartikler over  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Enda flere er utsatt for partikkelkonsentrasjoner over  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [Statens institutt for folkehelse et al, 1998].

Men det er ikke bare transporten som slipper ut partikler. I dag kjenner vi til tre store kilder: vedfyring, eksos og veistøv. Figur 22 viser utslippene fordelt over et år. Imidlertid er utslippene av veistøv og vedfyring begrenset til vinteren slik at de utgjør en større andel av utslippene på denne tiden av året. Det er også på vinteren at luftkvaliteten er dårligst. Eksos slippes ut jevnt over hele året, og slippes ut på bakkenivå der folk oppholder seg.

Transportsektorens bidrag til partikkelforurensning i by, kommer hovedsakelig fra veitrafikken. I byer med havner kan også skips- og båttrafikken gi et bidrag.

Det er de dieseldrevne bilene som står for brorparten av utslippene (kap 8.1). Tunge kjøretøy forurenses mest per kjørte kilometer, mens de mange dieseldrevne varebilene sammenlagt utgjør en stor del av utslippene. Like viktig som bilens størrelse, er bilenes alder: Gamle biler slipper ut mye mer enn moderne biler (se vedlegg 8). Dette skyldes EUs stadige skjerping av utslippkravene. Dette innebærer at utslippene fra veisektoren vil reduseres (jf figur). Tiltak som fremskynder reduksjoner er påkrevet, og omhandles nærmere i kap 8.1.

### Nitrogendioksid ( $\text{NO}_2$ )

$\text{NO}_x$  omfatter både  $\text{NO}_2$  og  $\text{NO}$ , der  $\text{NO}$  dannes i mye større mengder enn  $\text{NO}_2$ , men er mindre farlig. Imidlertid kan  $\text{NO}$  omdannes til  $\text{NO}_2$  under påvirkning av ozon ( $\text{O}_3$ ) (se kap 2.3).

Mens friske mennesker kan tåle forholdsvis høye konsentrasjoner  $\text{NO}_2$  over kort tid uten at man fram til i dag har klart å påvise effekter; reagerer astmatikere og andre sårbare grupper med økt hyppighet av hoste og bronkitt, økt mottakelighet for infeksjoner, økt sykkelighet generelt og muligens økt dødelighet.

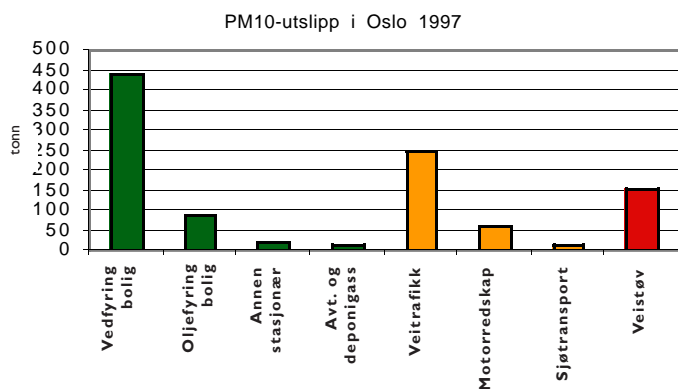
SFT har beregnet at  $\text{NO}_x$ -forurenset uteluft fremskynder mellom 15 og 42 dødsfall med omtrent ett år, i Norge hvert år. I tillegg forårsaker den mellom 160 og 440 liggedøgn på sykehus i året. Begge effektene kommer av korttidseksposering [SFT, 2000b].

$\text{NO}_2$  gir også redusert plantevekst ved lavdoseeksponering over lang tid og i samvirkning med  $\text{O}_3$  og  $\text{SO}_2$  [Statens institutt for folkehelse et al, 1992].

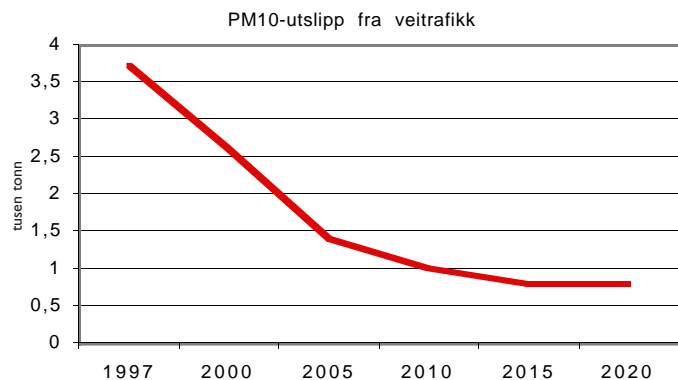
Både EU og norske myndigheter har satt mål og grenseverdier for luftas innhold av nitrogenoksider for å redusere og helst forhindre skader. Disse mål og grenser er vist og forklart i tabell 7 under.

Målingene av luftkvaliteten i norske byer med midlingstid på 6 måneder og 24 timer, gir resultater som ligger like lavt som SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier. Når det gjelder 1 time midlingstid, blir SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier overskredet ofte. Nasjonale mål overskrides nokså sjelden [NILU, 1998].

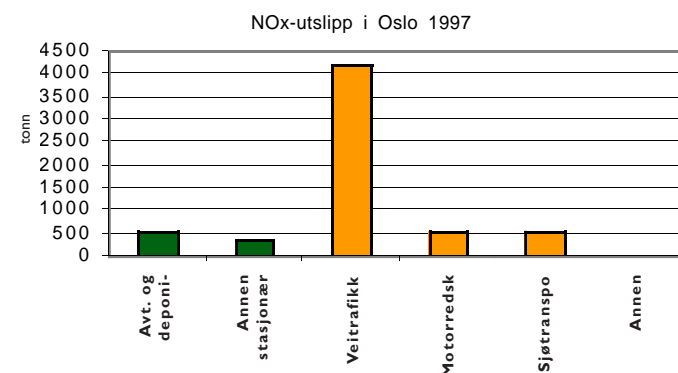
Figur 24 viser at det er veitrafikken som står for så og si hele  $\text{NO}_x$ -utslippet i Oslo, og derved  $\text{NO}_2$ -utslipp (i tillegg til utslippene i figuren, kommer utslipp fra forbrenningsanlegg og skips- og båttrafikk på fjorden).



figur 22. Utslipp av  $\text{PM}_{10}$  i Oslo 1997 (hele året). Angivelsen av veistøv er usikker og trolig høyere enn hva figuren viser. Kilde: Oslo kommune (2000b)



figur 23. Fremskrivning av  $\text{PM}_{10}$  utslipp fra veitrafikk. Kilde: SFT og SSB (1999)



figur 24. Utslipp av  $\text{NO}_x$  i Oslo fra forskjellige kilder 1997. Kilde: Oslo kommune (2000b)

Det er de tyngste bilene som slipper ut mest NO<sub>x</sub> per kjørte kilometer, mens summen av utslippene fra de mindre bilene utgjør over halvparten av de totale utslippene. For NO<sub>2</sub> som for partikler, er bilens modellår viktig for størrelsen av utslippet. Dette gjelder særlig for bensinbiler der alle biler etter 1989 har montert katalysator som reduserer NO<sub>x</sub>-utslippet kraftig.

Figur 25 viser antatte utslipp av NO<sub>x</sub> fra veisektoren i årene som kommer. Vi ser at utslippene reduseres til tross for trafikkvekst. Imidlertid vil ikke NO<sub>2</sub> utslippene reduseres like kraftig som NO-utslippene. Dette skyldes som sagt at ozon i luften oksiderer NO til NO<sub>2</sub>.

### Benzen

Benzen er et aromatisk hydrokarbon som finnes i petrolprodukter og som er kreftfremkallende. Verdens helseorganisasjon (WHO) tallfester dødsrisikoen for kreft ved livslang eksponering på 1 µg/m<sup>3</sup> til å være 6 personer per million. [Statens helsetilsyn, 1999]

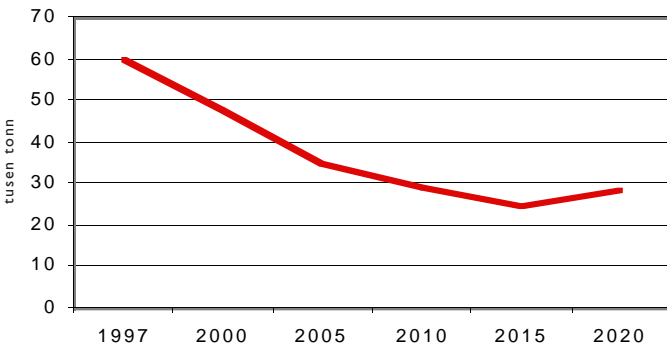
Nasjonalt mål er 2 µg/m<sup>3</sup> (ett år midlingstid). Grenseverdien gjelder for bybakgrunn; det vil si at man tilater høyere konsentrasjoner ved sterkt trafikkerte veier og gater. Konsentrasjonen vil være størst om vinteren på grunn av at spredningsforholdene er ugunstige om vinteren.

Grenseverdien overskrides i dag som vist i figur 26, og den dominerende kilden til utslipp er bensindrevne biler. For å redusere benzenutslippene har EU vedtatt en maksimalgrense på 1% benzen i bensin fra år 2000. Tidligere inneholdt norsk bensin i gjennomsnitt 3,5% benzen. Benzenutslippene reduseres også fordi katalysatoren omdanner den. Med disse to tiltakene regner man med å nå målet innen 2010 uten ytterligere tiltak [NILU, 1998]. Sannsynligheten for å dø på grunn av benzeninnhalering i løpet av livet ved denne konsentrasjonen er svært liten.

### 1,3-Butadien

I utgangspunktet er det lite eller ingen 1,3-butadien i bensin og diesel, men stoffet dannes i forbrenningsprosessen. Olefiner i stadig økende konsentrasjoner i drivstoffet, er årsaken til utslippene av 1,3-butadien. Stoffet omdannes effektivt i en avgasskatalysator [NILU, 1997].

NO<sub>x</sub>-utslipp fra veitrafikk



figur 25. Fremskrivning av NO<sub>x</sub>-utslippene fra veitrafikken. På grunn av reaksjon med ozon vil ikke nedgangen i NO<sub>2</sub> bli like stor. Kilde: SFT og SSB (1999)

Midlingstid	1 timer	8 timer	24 timer	6 mnd	1 år
SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier	100 µg/m <sup>3</sup>	-	75 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup>	-
Nasjonalt mål (og antall tillatte overskridelser)	150 µg/m <sup>3</sup> <sup>2)</sup> (8 pr år)	-	-	-	-
EUs nye grenseverdier <sup>3</sup> (og antall tillatte overskridelser.)	200 µg/m <sup>3</sup> <sup>2)</sup> (18 pr år)	-	-	-	40 µg/m <sup>3</sup> <sup>2)</sup>

1. Skal overholdes innen 1.1.2005 2. Skal overholdes innen 1.1.2010 3. Det arbeides med å lage nye forskrifter i Norge som skal være minst like strenge som EU kravene. Disse forventes å være ferdig sommeren 2001.

tabell 7. Luft kvalitetskriterier NO<sub>2</sub>. Kilde: NILU (1998)

Midlingstid	1 time	8 timer	24 timer	6 mnd	1 år
Nasjonalt mål	-	-	-	-	2 µg/m <sup>3</sup> <sup>2) 3)</sup>

Tabell 8 Luftkvalitetskriterier benzen. Kilde NILU (1998)

1,3-Butadien er klassifisert som sikkert kreftfremkallende [NTP 2000] I Sverige regner man at gjennomsnittlig eksponering (over hele landet) er 0,7 µg/m<sup>3</sup>. I Danmark regner man at man har en konsentrasjon på 1 µg /m<sup>3</sup> [Miljøstyrelsen, 1997]

I Sverige har man beregnet en høy dødsrisiko forbundet med 1,3-butadiene. Konsentrasjonene i Sverige er beregnet å gi en livstidsrisiko på 210 kreftdødsfall i en befolkning på en million mennesker [Tørnquist og Ehrenberg, 1994]. I senere tid tyder nyere data på at stoffet er mindre potent enn tidligere antatt. Tidligere risikoestimat fra US EPA (1998) anslår at en eksponering på 0,1 ppb fører til ett krefttilfelle per million mennesker. Den beregnede gjennomsnitts-eksponeringen i Sverige på 0,7 µg/m<sup>3</sup> tilsvarer ca. 0,3 ppb, og skulle dermed i henhold til EPA, forårsake 3 krefttilfeller på en million innbyggere (svært mye lavere enn det svenske risikoestimatet).

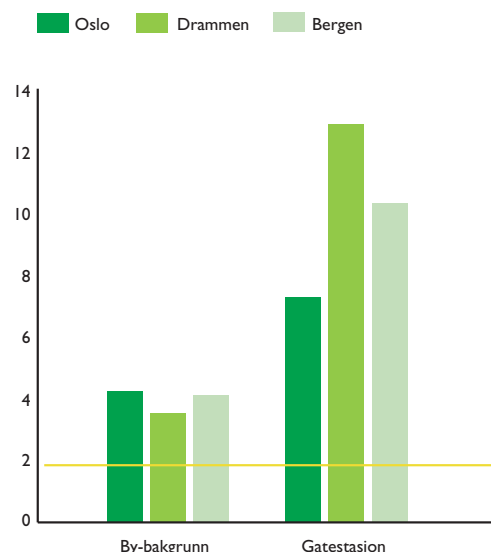
WHO har konkludert med at det for øyeblikket ikke kan gjøres noe kvantitativt risikoestimat for 1,3-butadien ettersom kreftisikoestimatene er svært forskjellige i forskjellige dyrearter; og det for øyeblikket ikke er mulig å si hvilken dyreart som kan brukes for å estimere risiko hos mennesker [WHO 1995, 2000].

### Eten

Langtidseffekter av eten for mennesker er først og fremst en økning i kreftisiko. Målinger foretatt i Stockholm sentrum viser at variasjonen i etenkonsentrasjonen korrelerer med biltrafikken og CO-nivået. En livstidskreftisiko ved en eksponering på 1,8 mg/m<sup>3</sup> (estimert gjennomsnittseksponering i Sverige 1990 – 1995) er beregnet til 15 kreftdødsfall i en befolkning på 100 000 [Tørnquist og Ehrenberg, 1994, Statens helsetilsyn, 1999]. Eten er imidlertid ikke klassifisert som kreftfremkallende, hverken av EU eller av IARC. Så langt er det bare svenskene som gjør dette, og konklusjonen er ikke allment akseptert [Statoil pers. medd., 2001].

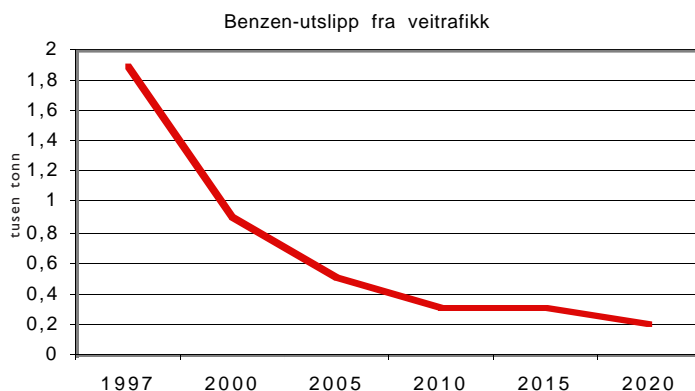
### Propen

På lang sikt kan propeneksponering gi leverskader og kreft. Målinger foretatt i Stockholm sentrum viser at variasjonen i propenkonsentrasjonen korrelerer med biltrafikken og CO-nivået. En livstidseksponering på 2,3 mg/m<sup>3</sup> (estimert gjennomsnittseksponering i Sverige 1990 – 1995) er beregnet å gi 2 dødsfall av kreft i en befolkning på 100 000 [Tørnquist og Ehrenberg, 1994, Statens helsetilsyn, 1999]. Eten er imidlertid ikke klassifisert som kreftfremkallende, hverken av EU eller av IARC. Så langt er det bare svenskene som gjør dette, og konklusjonen er ikke allment akseptert [Statoil pers. medd., 2001].



figur 26. Årsmiddele benzenkonsentrasjoner i Oslo, Drammen og Bergen.

Kilde: St. meld 8 (1999-2000)



figur 27. Fremskrivning av benzenutslippet fra veitrafikken fremover.

Kilde: SFT og SSB (1999)

### Kap3 Trafikkveksten – en del av problemet

Trafikkveksten er en del av problemet fordi den gjør det vanskeligere å redusere utslippene. Et eksempel er veitrafikken der et lavere drivstofforbruk i årene som kommer på grunn av teknologisk forbedringer av forbrenningsmotoren, vil spises opp av trafikkveksten slik at det eneste man oppnår er en stabilisering av CO<sub>2</sub>-utslippene (se kap 5.4).

De siste 40 årene har det vært en stor økning i mobiliteten i Norge både for persontransport og godstransport. Transportutviklingen samlet og for hvert transportmiddel, henger sammen med utviklingen av de ulike transportnettene, transportmidlene og den generelle økonomiske og samfunnsmessige utviklingen. En økende mobilitet har skapt behov for en bedre infrastruktur som igjen har lagt forholdene til rette for økt mobilitet. På tilsvarende måte har høyere inntekter gjort det mulig for flere å bruke fly, som igjen har muliggjort et bedre og rimeligere flytilbud.

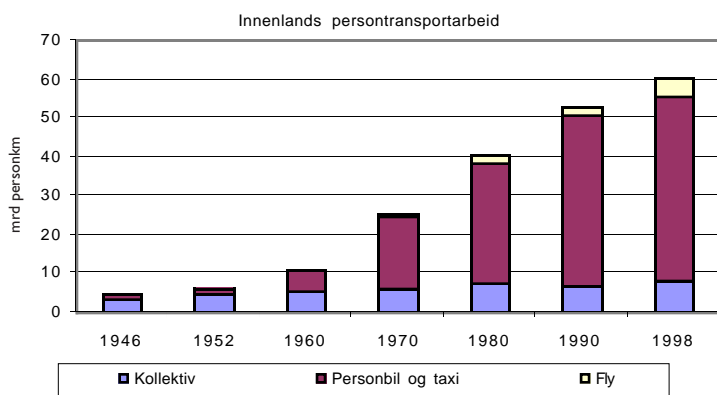
Det er ingen ting som tyder på at trafikkveksten vil bremses av seg selv, jf. figur 28 og figur 29. Det er fortsatt vekstpotensiale; for eksempel kjøres det 38% mer personbil i USA enn i Norge [Østmoe, 2000] og flytrafikken vil fortsette å øke med 5% årlig i minst 15 år fremover [SAS, 2001]. Imidlertid er det i u-landene det virkelig store vekstpotensialet ligger. Det er grunn til at u-land, der størstedelen av jordas befolkning befinner seg, vil ha en liknende utvikling som Norge (figur 28). Selv om vi makter å stoppe trafikkveksten i vårt eget land, vil problemene trolig fortsette å øke globalt. Nedenfor følger historie og statistiske fremskrivninger for norsk transport, delt på person- og godstransport.

#### 3.1 Persontransport

Antall personkilometer (én personkm = én person transportert én kilometer) har økt kraftig de siste årene, slik figur 29 viser: Det er personbilen som besørger de aller fleste personkilometerne. Det er spesielt på de korte og mellomlange turene personbilen i dag er det dominerende fremkomstmidlet [SSB, 2000]. Siden tallene bare angir innenlands transportarbeid, vil flyets og skipenes andel av transportarbeid på norsk territorium, være noe større enn hva figuren viser:

Bruken av personbil øker mest, målt i antall personkilometer. Ser vi på prosentvis vekst derimot, er det flyet som øker mest. I perioden 1992 til 1998 var den gjen-





figur 28.

Figuren viser veksten i innenlands persontransportarbeid i Norge fra krigen.

Det er liten grunn til å tro at u-land som kanskje befinner seg på "1960-stadiet" ikke ønsker seg samme utvikling som i Norge.

Kilde tallmateriale: SSB, 2000.

nomsnittlige årlige veksten i flytransport innenlands på 6,7% [St.meld. 46 (1999-2000)].

Den gjennomsnittlige årlige veksten i transportarbeid er beregnet til 2,2% for personbil og 1,3% for kollektivtransport i årene 1980-1995 [SSB, 2000]. I tiden fremover antas veksten å avta. For perioden 2000-2020 er det beregnet at gjennomsnittlig årlig vekst vil være på 1,1% for personbil, 3,1% for fly og 0,7% for de andre kollektive transportmidlene.

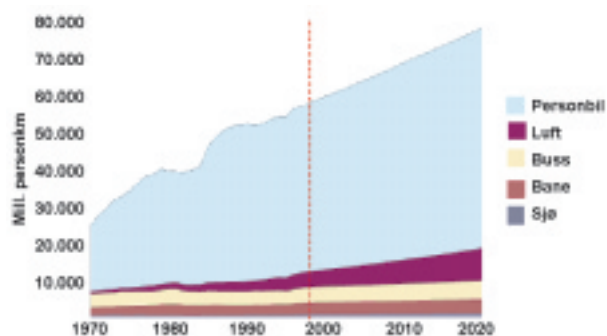
Tallene ovenfor angir veksten i transportarbeidet (personkilometer). Veksten i trafikkarbeidet (vognkilometer) for personbil er beregnet å øke 1,5% årlig i samme periode (tabell 9) på grunn av forventet lavere belegg i personbiler fremover [Jernbaneverket et al, 1999]. For de andre transportmidlene mangler det tallmateriale.

Nasjonal Transportplans [St. meld. 46 (1999-2000)] analyse av årsakene til veksten i transportarbeidet, kan oppsummeres med:

-Det har vært en økning i privat disponibel inntekt (regnes som en av de sterkeste drivkreftene).

-Det har vært sterke generasjonseffekter i transportmarkedet, for eksempel høyere andeler med førerkort i yngre og eldre aldersgrupper.

-Den sterke veksten i kvinners yrkesdeltaking har bidratt til endringer i kvinners reiseaktivitet og reisevaner. Det er grunn til å anta at betydningen av denne generasjonseffekten på trafikkveksten er avtakende, og at kvinners reiseaktivitet er i ferd med å stabilisere seg på nivå med mennenes.



figur 29.

Utvikling og fremskrivninger for innenriks persontransportarbeid 1970-2020. Mill. personkilometer.

Kilde: St. meld. 46 (2000-2001)

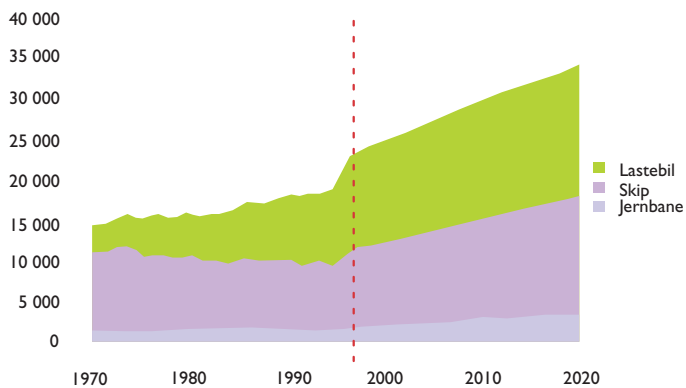
	Transportarbeid 1997 (mrd passasjerkm)	Vekst i transportarbeidet.	Prosent årlig vekst for perioden 2000 - 2020
Fly	4,1	3,1 %	?
Tog/ buss/ båt	7,6	0,7%	?
Bil	46,5	1,1%	1,5%

Kun medregnet reiser med både på- og avstigning i Norge

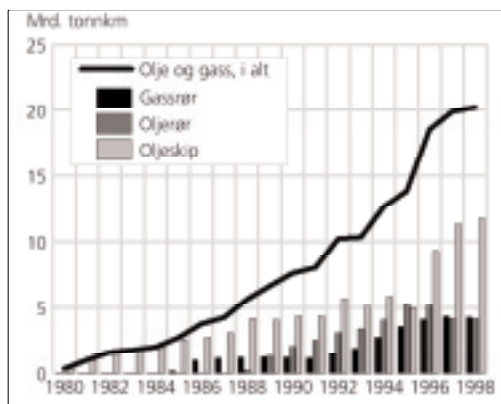
tabell 9.

Prognoser for utvikling av innenlands persontransportarbeid.

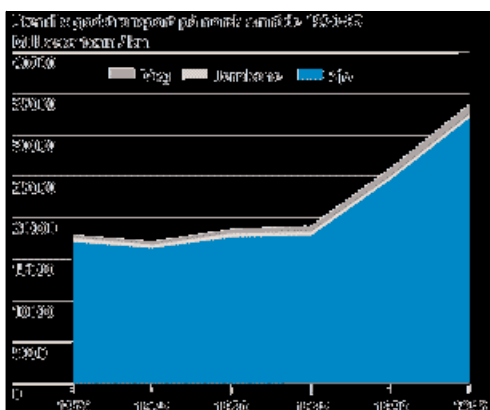
Kilde: Jernbaneverket et al (1999).



**Figur 30**  
**Innenlands godstransport (ekskudert olje- og gasstransport fra sokkelen) og fremskrivninger videre. Millioner tonnkilometer.**  
 Kilde: St. meld 58 (2000-2001).



**Figur 31**  
**Olje- og gasstransport fra norsk kontinentalsokkel til fastlandet.**  
 Kilde: SSB (2000).



**figur 32.**  
**Utenriks godstransport på norsk område.**  
 Kilde: Jernbaneverket et al, (1999).

- Endringer i bosettingsmønsteret har bidratt til mer spredt og arealkrevende utbyggingsmønster i byer og tettsteder.
- Avstanden mellom arbeidssted og bosted har økt. Arbeidsmarkedene er blitt geografisk utvidet uten at folk i større grad skifter bosted. Pendlingsområdet til byer og tettsteder har økt betydelig uten at reisetiden har økt tilsvarende.
- Reiser knyttet til omsorgsaktiviteter, fritidsaktiviteter og ferier har økt sterkt.
- Husholdningenes innkjøpsmønster er endret.
- Det har vært en generell bedring av transporttilbudet de seneste årene, spesielt for veg og luft.

### 3.2 Godstransport

Som vi ser av figur 30, er den innenlandske godstransporten mangedoblet siden 50-tallet, og prognoser tyder på at den vil fortsette å vokse. Veitransporten har ikke en like dominerende rolle i godstransport som i persontransporten, men veitransportens andel er stigende. Flytransport av gods er lite utbredt. Det er stort sett gods med kort leveringstid og høy verdi som transporteres med fly (f.eks. fersk laks). Sjøtransporten har en dominerende plass i både utenriks godstransport (inkludert olje) og i transport av olje fra sokkelen til fastlandet (figur 31 og figur 32). Begge disse områdene er store sektorer som er økende.

For den innenlandske godstransporten var den gjennomsnittlige årlige veksten i transportarbeidet for vei og sjø/jernbane henholdsvis 4,3% og 1,5 % fra 1980 til 1995. Fra og med 1995 til og med 2010, forventes det at den gjennomsnittlige årlige veksten for veitransport vil være lik veksten for sjø/jernbane; omtrent 2,0 % [SSB, 2000].

I Nasjonal Transportplan [St. meld. 46 (1999-2000)] er de viktigste drivkreftene bak utviklingen i godstransportmarkedet oppsummert med:

- Utvikling av avanserte informasjonssystemer muliggjør mer sammenkoblet produksjon og transport, noe som stiller strengere krav til presisjon og fleksibilitet i transportene.
- Sentralisering innen produksjon og varedistribusjon bidrar til større fragmentering av varestrømmene.
- Organisering av transport og logistikk vil i større grad gjøre transport til en strategisk konkurranseparameter for vareeier.
- Mer oppdelte varestrømmer, høyere krav til leveringskvalitet og framtidig utvikling av effektive systemer for samlasting vil ha betydning for transportmidlenes konkurranseevne.
- Globaliseringen innen næringslivet bidrar til at knutepunktene som forbinder innen- og utenrikstrafikken blir viktigere. Det samme gjør de intermodale transportløsningene, og forbindelseslinjene til utlandet blir relativt viktigere.



## Kap 4 Målene i tre tidsperspektiver

Bellonas visjon er et fornybart samfunn med 0 utslipp og 0 skade på natur og mennesker. Konkret er målet å sikre et samfunn med minimal miljøbelastning og minimal ressurs- og energibruk. Dette målet kan oppfylles – også innenfor transportsektoren, ved å arbeide langs tre parallelle tidsakser, slik det er illustrert i figuren nedenfor.

Til nå har arbeidet stort sett konsentrert seg om den første tidsaksen – å få redusert utslippene. Tiltakene som er satt i gang og som bør settes inn, er absolutt nødvendige for å dempe veksten i problemene; de transportmidler som kjøpes inn i dag vil finnes på norske veier, i luftfart, på bane og på sjø i 20-40 år. Problemet med dette

år	2000	2010	2020
----	------	------	------

### 1 Utslippsreduksjon

### 2 Null-utslipp

### 3 Energi- og ressurseffektiviserende løsninger

#### figur 33.

#### De tre målene i tre tidsperspektiver.

**1** angir arbeidet med forbedring av dagens transport som gir utslippsreduksjoner, **2** angir arbeidet med å få på plass nullutslippsløsningene, og **3** angir arbeidet med ytterligere energi- og ressurseffektiviserende løsninger.

For å oppnå målene må arbeidet langs alle akser foregå samtidig.

Figur: Bellona.

arbeidet er at utslippsreduksjonene innenfor dagens transportmidler og transport-systemer ikke vil kunne gi null utslipp.

Det er særlig utslippet av den gassen det i dag er størst fokus på, klimagassen CO<sub>2</sub>, som bare kan reduseres marginalt med forbedringer av dagens teknologi. Problemet med CO<sub>2</sub>-utslipp er at det ikke kan renses bort fra dagens utslipp fra fossildrevne forbrenningsmotorer. Det finnes i dag elektriske motorer som går på batterier, men dagens batterier gir ikke kjøretøyene en rekkevidde som tilfredsstillende behovet for transport av gods og folk over lengre distanser.

Vi har i Norge stort sett elektrisk jernbane som gir nullutslipp, og denne bør brukes best mulig. Manglende fleksibilitet og høye kostnader for skinnegående transport reduserer imidlertid potensialet for å erstatte transport på vei og i luft. Bruk av fornybar energi som biodiesel er CO<sub>2</sub>-nøytralt, og er en annen løsning på klimagassproblemet fra transportsektoren. Men det er verken realistisk eller ønskelig å produsere så mye biodiesel at dette kan erstatte bruken av fossil energi i transportsektoren. Det er kun realistisk å dekke noe få prosent av drivstoffbruket med biodrivstoffer, men dette løser ikke problemet, kun demper det. Den eneste løsningen må derfor være å fjerne karbonet fra drivstoffet før det puttes inn i transportmiddelet, slik at CO<sub>2</sub> ikke kan dannes.

Den andre tidsaksen har mål om nullutslipp. Denne tidsaksen starter også i dag, fordi for å få null-utslippsteknologien på plass, må det fattes sterke politiske vedtak og gis rammebetingelser nå, som sørger for en rask innfasing av hydrogen som drivstoff.

Den tredje tidsaksen omfatter tiltak rettet mot det totale ressurs- og energiforbruket i transportsektoren. Denne aksen har ingen tidsavslutning. Det er alltid et mål å effektivisere energi- og ressursbruken. Derfor er dette en kontinuerlig prosess som må tas parallelt med tiltak for å redusere utslipp og tiltak for å sikre nullutslipp. For selv når all transport er blitt uten utslipp, vil det bli brukt energi, det vil bli brukt ressurser for å produsere biler, sikre infrastruktur, og det vil fortsatt kunne genereres køer, barriereeffekter og støy.

## 4.1 Innen 2010:

### Utslppsreduksjoner, internasjonale avtaler overholdes

Tiltak som gir utslppsreduksjoner, er viktig og nødvendig for at Norge ikke skal undergrave internasjonale de internasjonale avtalene som Norge har underskrevet. Norge har gjennom ulike avtaler forpliktet seg til å redusere utslipp slik at skader som følge av disse skal bli kraftig redusert. Norges forpliktelser er oppsummert i boksen nedenfor:

#### Internasjonale avtaler som angår transportsektorens utslipp

##### Klimagassutslipp

Kyotoprotokollen under Klimakonvensjonen: Norges utslipp skal i forpliktelsesperioden 2008-2012 ikke være mer enn 1 prosent høyere enn i 1990, dvs totalt 52 mill tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

##### Sur nedbør og bakkenær ozon

Gøteborgprotokollen under Konvensjonen om langtransporterte luftforurensninger: Utslippene av SO<sub>2</sub> skal maks være 22.000 tonn i 2010, dvs 58% reduksjon i forhold 1990-nivå. Utslippene av NO<sub>x</sub> skal være 156.000 tonn i 2010, dvs 28% reduksjon i forhold til 1990-nivå.

##### Luftkvalitet i by

Det er satt nasjonale mål for luftkvalitet, i tillegg til at Norge er underlagt EUs grenseverdier

**Kilde: St. meld. nr. 24 (2000-2001)**

Det er det viktig, som et minstemål, å overholde internasjonale avtaler og regelverk innen for de tidsfrister avtalene setter. Det kan derfor godtas løsninger som ikke nødvendigvis fører til nullutslipp eller energieffektivitet. Det er imidlertid svært viktig at disse kortsiktige løsningene ikke sperrer for de mer langsiktige løsningene. Et eksempel på dette er bruk av naturgass i biler og busser. Dette vil aldri kunne føre oss til de strategiske målene, men har en positiv effekt på NO<sub>x</sub> og partikkelutslipp. Imidlertid vil en utbygging av infrastruktur være så kostbar at denne investeringen kan bli liggende å stenge for infrastrukturinvesteringer i forbindelse med nullutslippsteknologi. En slik bruk av naturgass er derfor ikke å anbefale selv om utslippene på kort sikt går ned.

Når det gjelder byluft, må Norge følge EUs regelverk for luftkvalitet. Disse kravene vil bli innarbeidet i grenseverdiforskriften og skal oppfylles innen 2005 og 2010. Norges nasjonale resultatmål er litt strengere enn EU-kravene, noe som innebærer at Norge vil redusere utslippene mer enn det EU-regelverket krever.

Regionale utslipp som danner sur nedbør og bakkenær ozon er regulert gjennom Gøteborg-protokollen. Det meste av denne forurensningen mottar Norge fra utlandet. Norge har derfor stor interesse i at protokollen overholdes, og må derfor klare å overholde sin del av avtalen når fristen løper ut i 2010. Sjøtransport og fiskefartøyer er transportmidler med store reduksjonspotensialer (se kap 8.2).

Klimagassutslippene er regulert gjennom Kyotoprotokollen. Protokollen vil på ingen måte gi store nok reduksjoner til å forhindre klimaendringer, men det er viktig at vi oppfyller vår del av avtalen for at arbeidet med ytterligere reduserte utslipp kan fortsette i et så høyt tempo som mulig. Igjen er det viktig å velge kortsiktige løsninger som ikke sperrer for de mer langsiktige.

Mer om tiltak og virkemidler for å få realisert de fornuftige reduksjonene er beskrevet i kap. 8.

## 4.2 Innen 2025: Nullutslipp fra transportsektoren

De kortsiktige tiltakene er ikke nok for å forhindre negative helse- og miljøeffekter. For Bellona er det endelige målet 0 utslipp. Myndighetene har også satt opp såkalte strategiske mål, uten at det er skissert hvordan disse kan nås.

I følge dagens kunnskap vil disse strategiske målene innebære å redusere CO<sub>2</sub>-utslippene med 50-70% på verdensbasis og kanskje opp til 90% i i-landene (se kapittel 2.1), utslippet av forsurende gasser må reduseres mer enn Gøteborgprotokollen (se kapittel 2.2 og 2.3) og luftkvaliteten må følge SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier (se kapittel 2.4).

## Myndighetenes strategiske mål for luftutslipp

### Klimagasser

Konsentrasjonen av klimagasser skal stabiliseres på et nivå som vil forhindre skadelig, menneskeskapt påvirkning av klimasystemet.

### Sur nedbør og bakkenær ozon

Utslippene av svoveldioksid, nitrogenoksider, flyktige organiske forbindelser og ammoniakk skal reduseres slik at påvirkningen av naturen holdes innenfor kritiske belastningsgrenser (naturens tålegrense), og slik at menneskers helse og miljø ikke skades.

### Luftkvalitet i by

Lokale luftforurensningsproblemer skal forebygges og reduseres slik at hensynet til menneskenes helse og trivsel ivaretas.

**Kilde: St. meld. nr. 24 (2000-2001)**

For å kunne nå de strategiske målene og Bellonas mål om 0 utslipp, må arbeidet begynne nå. Det er nå vi bestemmer hvordan framtida skal bli, eller for å si det med Alan Keys ord: "The best way to predict the future, is to invent it". Hvis Norge virkelig ønsker å nå de strategiske målene, om utslipp fra transportsektoren, kreves politiske beslutninger og en strategi for hvordan man skal komme dit. Bellonas studier viser at det er fullt mulig å nå de strategiske målene (se boksen over) og vel så det.

Arbeidet mot 0-utslipp må derfor gå parallelt med de kortsiktige tiltakene, og jo tidligere vi begynner jo før vil innfasingsperioden være over; de strategiske målene nås og transportsektoren vil ha tatt sitt ansvar for å løse problemer knyttet til klimagasser, forsuring og helseskader.

Mer utdypende om hvordan dette målet skal nås gjennomgås i kapittel 6 og 7, der kapittel 7 skisserer hvilke hovedgrep myndighetene må ta for å få løsningene på plass.

### 4.3 Kontinuerlig: Ressurseffektivisering (inkludert energi og areal)

Det tredje tidsperspektivet omhandler ikke utslipp til luft. De direkte luftutslippene fra transportsektoren forsvinner gjennom arbeidet i det mellomste tidsperspektivet (de kan forsvinne i 2025 hvis de rette beslutninger tas). Tidsperspektivet handler om energi-, areal- og annen ressursbruk som også gir negative helse- og miljøeffekter. Energiforbruket i seg selv er ikke noe miljøproblem. Problemet er naturinngrep og forurensning i forbindelse med å frembringe energi i en form som vi kan nyttiggjøre

Indeks CO2 utslipp veitrafikk



figur 34.

Den blå linjen viser de fremskrevne utslippene av CO2 fra veitrafikk. Vi ser at en gitt satsing på kollektivtransport gir et mindre bidrag til å redusere utslippene (rød strek) i forhold til målet for CO2-reduksjon som er den grønne streken.

Dersom vi forutsetter at CO2-utslippet samvarierer med energiforbruket, vil den blå streken også kunne representere energiforbruket fremover. Vi ser at den samme kollektivsatsningen vil ha en mye større effekt i forhold til et tenkt mål om stabilisering av energiforbruk (svart strek).

oss av. Inntil vi finner en måte å skaffe energi på som ikke medfører nye naturinngrep, vil det være et mål å effektivisere energiforbruket.

Vi går ikke i dybden inn på energi- og ressursperspektivet i denne rapporten, men for beslutningstakere er dette et perspektiv som hele tiden må ligge til grunn. Når ulike løsninger for å nå 2010-målene vurderes, må det skjeles til hvilke av disse løsningene som gir en energi- og ressurseffektivisering. Selv om noen av de omtalte løsningene ikke hjelper i forhold til luftutslipp, bør de settes i gang fordi de er effektive i forhold til energi- eller ressursforbruk. Et eksempel er øket bussbruk; det har begrenset effekt på CO2-utslippene mens det vil ha en stor effekt i forhold til å stabilisere energiforbruket, og kan ha mye å si for kødannelse og behov for veiutbygginger i framtida. Figur 34 illustrerer hvordan nettopp kollektivtransport kan være avgjørende for å stabilisere energiforbruk i transportsektoren.

Et annet eksempel er planlegging av arealutnyttelse. Hvordan areal bygges ut og boliger plasseres i forhold til butikker og arbeidsplasser, hvordan kollektivtransport legges opp osv, vil være bestemmende for transportsektorens totale energi- og ressursforbruk i framtida. Dette er typisk langsiktig planlegging der gevinstene først vil komme etter flere år. Beslutningene må imidlertid tas nå.



tar tid før samfunnet tilpasser seg nye prisnivåer. På kort sikt er man nødt til å fortsette å kjøre bil til arbeidsstedet og butikkene som kan ligge langt unna. På lengre sikt kan man tenke seg at man for eksempel flytter nærmere arbeidsplassen og det åpnes nærbutikker:

To undersøkelser referert i Vegdirektoratet (1998), viser en priselastisitet for personbil på  $-0,16$  og  $-0,10$  på kort sikt, og  $-0,33$  og  $-0,26$  på lengre sikt. Dette betyr at dersom drivstoffprisen for personbiler økes med 10%, vil drivstoffsalget gå ned 1% til 1,6% på kort sikt og 2,6% til 3,3% på lengre sikt.

En undersøkelse fra Trafikministeriet i Danmark viser at dersom bensinprisen øker 50%, vil antall kjørte kilometer med personbil reduseres med 15% og utslippene reduseres tilsvarende (dersom man ser bort fra at noe av trafikken vil flyttes over til buss) [Trafikministeriet, 2000]. Dersom tallene overføres til Norge vil CO<sub>2</sub>-utslippene fra all veitrafikk reduseres med 9% og CO<sub>2</sub>-utslippene fra transportsektoren med 5%. NO<sub>x</sub>-utslippene fra veisektoren reduseres med 7% og PM<sub>10</sub>-utslippene med 5%. Et samfunn som er tilpasset lave bensinpriser er USA. Bensinprisen er en tredel av det den er i Norge, noe som gjør at den enkelte kjører 38% lenger enn i Norge. I tillegg kjøper man biler som har et 50% høyere drivstofforbruk, og bilholdet er også 50% høyere. Tilsammen gir dette et bensinforbruk som er 3 ganger så høyt per person som i Norge [Østmo, 2000]. Det høye bensinforbruket i USA henger som vi ser mye sammen med biltettheten og spesifikt bensinforbruk. Dette er parametre som kan styres gjennom nybilprisene. Ved høye priser får vi en lavere biltetthet, og ved en sterk differensiering av engangsavgiften får vi biler med lavt spesifikt forbruk og forurensning (se også kap 8.3).

For flytrafikken viser en undersøkelse fra [COWI 1999] at priselastisiteten er høyere. Ved å øke prisen på flybilletter med 10%, kan vi få en reduksjon av flyreiser på mellom 5 og 10%, avhengig av lengden på reisene. De lengste reisene har den største negative priselastisiteten. Effektene vil først komme når rutetilbudet er tilpasset den nye situasjonen.

Dersom vi regner at flyreisene vil bli redusert 7%, vil dette tilsvare 1% av totale CO<sub>2</sub> utslipp fra transportsektoren. En del av de reduserte flyreisene vil overføres til andre transportmidler. For å unngå dette må prisen på biltransport settes opp samtidig.

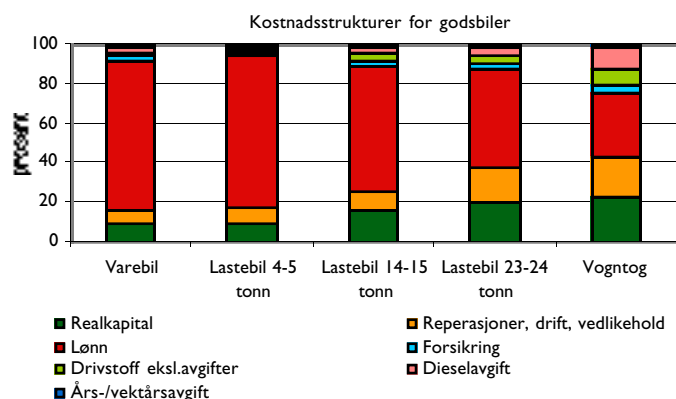
Når det gjelder avgifter på godstransport på vei, viser en beregning fra TØI at en økning i kostnadene på 24% vil gi en reduksjon i godstransportarbeidet på vei på 30% [TØI, 1996]. Dieselavgiften er den største eksisterende avgiften for lastebilene [Finansdepartementet, 1997] (figur 36), men for å få til en 24% økning av kostnadene, må denne avgiften mangedobles. Tallene fra TØI og Finansdepartementet tilsvarer grovt sett en priselastisitet på et sted mellom  $-0,25$  og  $-0,1$  i forhold til dieselprisen. Vogntogene har den største elastisiteten.

Dersom vi antar at dieselprisen økes med 50% vil dette bety en reduksjon av utslippene fra tunge dieseldrevne kjøretøy med 5 til 12%. Dette tilsvarer 1,5 til 3,5% av veitrafikkens utslipp som igjen er 0,8 til 1,9% av transportsektorens utslipp. Nox-utslippene og PM<sub>10</sub>-utslippene fra veisektoren vil reduseres med 2,5 til 6%.

### 5.1.2 Sykle og gå mer

Sykel og gange er arealbesparende og forurensningsfrie "fremkomstmidler". I byene vil disse kunne ha en viktig funksjon i forhold til lokal forurensning, energi og areal, fordi mange av byturene er korte. Imidlertid er sykkelturene så korte at effekten på CO<sub>2</sub>-utslippene er beskjedne.

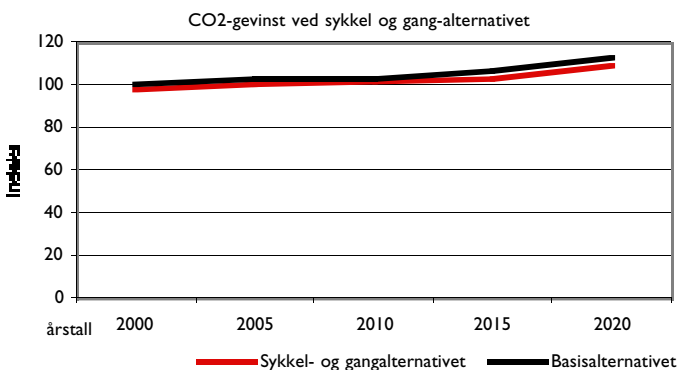
En mulig måte å begrense antall kjørte kilometer, er å bruke sykkel eller beina på de



Figur 36:

Figuren viser kostnadsstrukturen for ulike typer godskjøretøy i 1995.

Kilde: Finansdepartementet (1997).



**Figur 37**  
**CO2 utslippene vil synke med 2% i 2020 i forhold til basisalternativet. De reelle utslippene går imidlertid opp. Tallene inkluderer dog også godstransport på vei.**  
 Kilde: SSB og SFT (1999).

korte turene. Allerede i dag er sykkel mye i bruk. Hver dag sykles 600.000 turer på til sammen 1,72 millioner km [TØI, 2000a]. Det er gjort flere ulike beregninger av hvor stort potensiale tiltaket har.

SFT og SSB har gjort en simulering av utslipp fra veisektoren forutsatt at alle reiser under 2 km som i dag foregår med personbil, i stedet gjøres til fots eller med sykkel. Beregningene er gjort i forhold til hvilke utslipp vi vil ha ved et basisalternativ (beskrevet vedlegg 3).

Resultatet er at CO<sub>2</sub> utslippene fra veitransport vil gå ned 2% i forhold til basisalternativet (figur 37). Dersom man bare ser på persontransport på vei vil utslippene reduseres med nærmere 3%. Fra transportsektoren totalt er reduksjonen 1,2%. Dette er noe, men ikke mer enn hva trafikkveksten spiser opp i løpet av et år eller to, noe som også fremgår av figuren.

Beregningen forutsetter at alle turer under 2 km erstattes av gang og sykkel. Dette vil selvfølgelig ikke skje. Men på den andre side vil også turer over 2 km kunne erstattes av gang og sykkel.

I forhold til CO<sub>2</sub>-utslipp vil sykkel og gange være et marginalt tiltak i forhold til målet selv med stor oppslutning. Dette kommer av turene som erstattes med sykkel og gang er korte turer som sammenlagt gir et lavt utslipp i forhold til de lange turene. Sykkel og gange vil ha et større potensiale i byområder der de korte turene er mer dominerende. En dansk og en svensk undersøkelse viser at mellom 10 og 50% av de korte reisene i by og tettsteder kan erstattes av gang eller sykkel [TØI, 1998b]. En norsk undersøkelse viser at av de som bor nærmere arbeidsplassen enn 5 km, ville 44% sykle dersom de ikke kunne bruke bil. Bare 2% var nødt til å bruke bil [TØI, 1998b] Dette kommer vi tilbake til i kapittel 8.1. Tiltaket vil også ha en større effekt i forhold til arealutnyttelse.

### 5.1.3 Øke antall personer i fremkomstmidlene

At flere kjører sammen i samme kjøretøy har teoretisk potensiale til å redusere utslippene mye. Spørsmålet er hvor stor del av potensialet det er mulig å ta ut. Ut fra tallene nedenfor ser det ut til at tiltaket alene er langt fra nok til å nå reduksjonsmålene. Derimot vil tiltaket ha stor effekt på blant annet veikapasiteten.

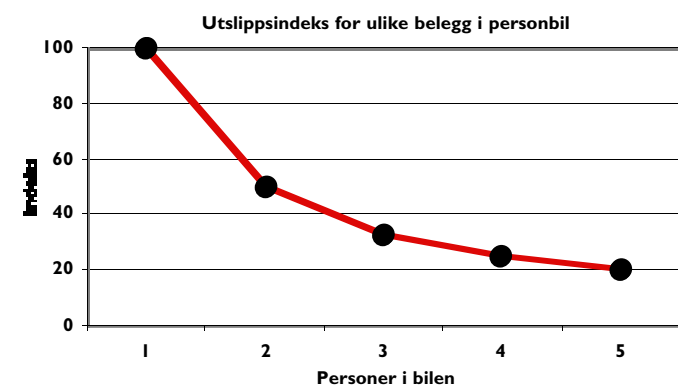
Ved at flere kjører sammen kan antall vognkilometer reduseres og dermed forurensningen, uten at antall personkilometer må reduseres. Det er for så vidt dette som gjør at kollektivtransport kan være miljøeffektivt. Kollektivtransporten vil imidlertid bli gjennomgått i eget kapittel 5.2. I dette kapitlet ser vi på muligheten for å fylle de persontransportmidlene vi bruker per i dag.

Tabell 10 nedenfor, viser typiske belegg for persontransport. Av figur 38 ser vi at utslippene per personkilometer avtar raskt ved økende belegg i en personbil.

Det er allerede i dag en fordel å fylle opp kjøretøyene så mye som mulig for å dele transportkostnadene (f.eks drivstoffkostnadene, sjåførlønn) på flere. Potensialet som følger av dagens kostnads- og virkemiddelstruktur er allerede tatt ut. Skal man øke belegget ytterligere, må man sette inn ytterligere tiltak.

Tiltaket som er mest kjent er den såkalte seteavgiften som flyselskapene har vært nødt til å betale. De betalte en avgift per sete uansett om det var i bruk eller ikke. Der er usikkert hvor stor effekt virkemidlet har hatt.

At flere kjører samme bil kalles samkjøring. Det er særlig for personbilen, og særlig i forbindelse med arbeidsreiser, det er gjort forsøk for å øke belegget. Dette har først og fremst hatt sin begrunnelse i veikapasitet og ikke i miljø. I den senere tid har blant annet NAF og idrettslagene samarbeidet for å få til samkjøring i forbindelse med tren-



**Figur 38**  
**Utslippene per personkilometer vil avta raskt ved økende personbelegg i en personbil. Det er ikke tatt hensyn til økende bensinforbruk på grunn av økende vekt.**

ing og idrettsarrangementer.

Man har gjort flere forsøk på å øke samkjøringen gjennom årene og resultatene har vært ulike. I 1976 ble det gjort forsøk ved enkelte arbeidsplasser i Norge, men effekten var kun 1% redusert bilkjøring på arbeidsplassene [TØI, 2000a], hvilket blir en liten del av total transportmengde. Senere har man gjort flere forsøk i Sverige med tilsvarende begrenset effekt.

En av grunnene til det begrensede resultatet i Norge var at det var vanskelig å finne tilstrekkelig antall personer som bodde i nærheten av hverandre. Siden ny kommunikasjonsteknologi er kommet til siden den gang, vil tiltaket høyst sannsynlig ha større effekt i dag. Det er allerede databaser i drift på Internett. I Norge driver Miljøheimet en slik tjeneste, og det finnes baser i mange andre land, også internasjonale databaser.

En annen forutsetning for at tiltaket skal være vellykket, ser ut til å være at samkjørerne må få reelle gevinster ut av merarbeidet som ligger i organiseringen. Ved det nederlandske parlamentet koster det over 7000 kr per år for alenekjørere å parkere mens samkjørere får gratis parkeringsplass. Det er nå bare 6% som kjører alene til jobben [TØI, 2000a].

En annen gevinst man kan lokke med er egne samkjøringsfelt. Dette kan være å åpne kollektivfeltet eller det kan være egne kjørefelt. I Leeds i England ble trafikken redusert med 14% i morgenrushet, mens andre prosjekter ikke har vært så heldige. I USA er det mer enn 1000 kilometer med samkjøringsfelt [TØI, 2000a].

Andre tiltak man kan tenke seg er gratis passering av bomringene for samkjørere som belønning. Like så vil enhver heving av priser som knytter seg til bruk av kjøretøyet (bensinpris, bompenger, parkering) stimulere til økt samkjøring.

For å beregne potensialet kan vi tenke oss at vi klarer å redusere trafikken generert av arbeidsreisende med 20% inn og ut av de store byene. Vi forutsetter videre at arbeidsreisene inn og ut av de store byene utgjør 50% av arbeidsreisene. Det vil si at trafikken generert av arbeidsreiser reduseres med 10% totalt. Arbeidsreisene utgjorde 25% av personbilreisene i 1995 [SSB, 1997b]. Det vil si at potensialet for reduksjon av kjørte kilometer med disse forutsetningene, er 2,5% av personbilreisene. Dette vil omtrent tilsvare 2,5% av utslippene fra personbilreisene, 1% av CO<sub>2</sub>-utslippene fra veitrafikken og ca 0,6% av CO<sub>2</sub>-utslippene fra hele transportsektoren. Eksemplet tar ikke hensyn til at kjørelengden kan komme til å øke ved samkjøring.

Igjen må det påpekes at samkjøring kan ha en bedre effekt for lokale forurensninger samt gi en bedre utnyttelse av veikapasiteten.

#### 5.1.4 Øke utnyttelsen av lastebiler

Det er et potensiale for utslippsforbedringer gjennom mer samlasting. I tillegg er det potensiale for reduksjon av selve godsvolumet. Dette er tiltak som i mange tilfeller uansett vil være lønnsomme å gjennomføre [SFT, 2000a]. Men heller ikke dette tiltaket gir alene på langt nær stor nok utslippsreduksjon for CO<sub>2</sub>. Imidlertid er reduksjonene av NO<sub>x</sub>-utslippene betydelige, noe som kan ha stor betydning i by (se kapittel 8.1). Igjen er det veitrafikken (lastebiler) vi har grunnlagsmaterieell for, mens vi kan si lite om de andre godstransportmidlene.

Statistikk viser at tomkjøringsandelen (antall kilometer kjørt helt uten last dividert med antall kilometer kjørt i alt) for norske godskjøretøy sett under ett, har ligget mellom 35 og 40% de senere årene. En grunn til den lave utnyttelsesprosenten er at mange av bilene er små varebiler som er kjøpt inn til persontransport på grunn av gunstige skatteregler. Holder vi alle biler med nyttelast mellom 1 og 3,9 tonn som går

**Tabell 10:**

#### Typiske beleggstall.

Kilde : Bellona (2000a) (se vedlegg 5))

Personbil	Gjennomsnitt	36% (1,82 personer)
	By- og tettstedsreiser	25 – 30% (1,2 personer)
	Mellomlange reiser	35 – 40% (1,8 personer)
Buss	Lange reiser	45% (2,2 personer)
	Gjennomsnitt	26%
	Rutebuss by	21% (16 personer)
Tog	Rutebuss land	21% (10 personer)
	Ekspressbuss	45% (22 personer)
	Gjennomsnitt	32 %
T-bane	Fjerntog	45%
	T-bane	15%
Fly	Trikk	20%
	Gjennomsnitt (SAS)	62%
Fly	Norge (SAS)	61%
	Europa (SAS)	57%
	Interkontinental (SAS)	79%
	Charter (Braathens)	82%

i egentransport utenfor, får vi en tomkjøringsprosent på 29% [TØI, 1998a]. Undersøkelser fra Oslo viser at 2/3 av godsbilenes lastekapasitet er ledig [TØI, 2000a]. Det er uvisst om kilden regner med varebiler i egentransport.

Ved hjelp av moderne informasjonsteknologi har man i dag mye større mulighet for å samordne transport enn tidligere. Tollpost Globe var med i et EU-prosjekt der man tok i bruk avansert informasjonsteknologi. De har beregnet at de reduserte utkjørt distanse med 25% [TØI, 2000a]. De mindre transportfirmaene vil ikke ha mulighet for en like stor effektivisering. SFT regner med et reduksjonspotensiale på 276 kilotonn CO<sub>2</sub> i 2010 [SFT, 2000a]. Dette utgjør en reduksjon av CO<sub>2</sub> utslippene fra veitrafikk på 3% og en reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslippene fra transportsektoren med 1,8%.

Teknologisk Institutt har vært inne i et prosjekt der man har sett på varenes emballering og tilpassing til transportkjeden. Her er det ytterligere gevinster å hente.

Siden drivstofforbruket avtar, reduseres også utslippene av NO<sub>x</sub>. SFT antar at utslippet reduseres med 1688 tonn i 2010 [SFT, 1999c]. Dette tilsvarer 9% av lastebilenes utslipp i 2010. Dette må sies å være en stor forbedring.

### 5.1.5 Bildeling

Det er usikkert hvor stor effekten på utslippene er; men trolig er den liten. Den store miljøgevinsten ved bildeling gjelder arealbruk i by, i tillegg til ressursbruk og utslipp knyttet til produksjon av biler samt bilen som avfall.

Bildeling betyr at flere mennesker disponerer samme bil. Oftest kjører de som er med i bilkollektiv fra før lite eller ikke i det hele tatt. De som går inn i bilkollektivet og som fra før eier sin egen bil og selger denne, vil kjøre mindre. Det vil være vanskeligere å starte turen fordi man må reservere på forhånd, og kostnadene per kilometer vil være høyere fordi de fleste faste utgiftene ved bilhold nå blir variable.

På den annen side vil de som før ikke hadde tilgang på bil, kjøre mer. De som kjører mye vil trolig uansett investere i egen bil. Effekten på luftutslipp blir derfor marginal. Hvor stort potensialet er ved en større utbredelse blant folk som i dag eier bil, er usikkert.

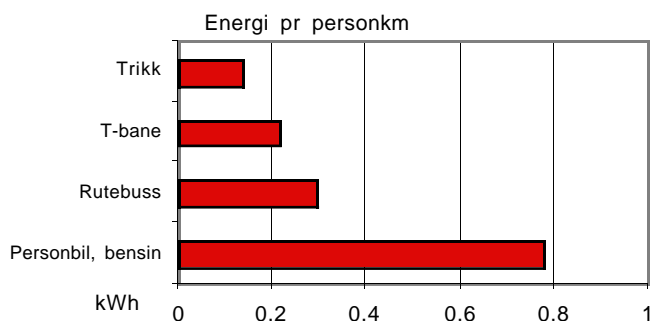
Den største gevinsten vil være redusert arealbruk til parkerte biler [TØI, 2000a].

### 5.2 Kollektive løsninger for personreiser

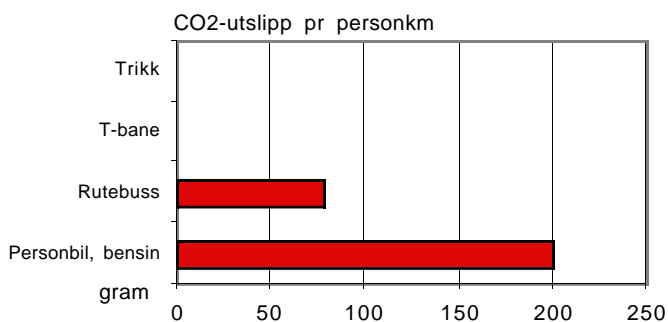
Den beste løsningen for persontransport med hensyn til utslipp er elektrifisert jernbane og andre nullutslippsløsninger (T-bane, trikk). Buss er en god løsning med hensyn til energi og CO<sub>2</sub>, men ikke fullt så god på NO<sub>x</sub> og PM10 på grunn av dieselmotoren. Hurtigbåt er det dårligste alternativet, etterfulgt av fly og andre båter.

Kollektivtransport (definert som bane og buss) har potensiale for forholdsvis store reduksjoner av CO<sub>2</sub>-utslipp, men i forhold til målene om kraftig reduserte utslipp kommer kollektivtransport alene til kort. Selv med et optimistisk anslag reduseres ikke utslippene mye fordi det meste av gevinsten spises opp av trafikkveksten. Men uten kollektivsatsing vil utslippene stige kraftig.

I forhold til arealbruk, veikapasitet og stabilisering av energiforbruk har kollektivtransport et stort potensiale.



**Figur 39**  
Energiforbruk per personkilometer ved kort reiselengde. T-bane og trikk forutsettes drevet av elektrisitet fra vannkraft.  
Kilde: Bellona (2002)



**Figur 40**  
CO<sub>2</sub>-utslipp per kilometer ved korte reiselengder. T-bane og trikk forutsettes drevet av elektrisitet fra vannkraft.  
Kilde: Bellona (2002)

### 5.2.1 Hvilke fremkomstmidler er de mest utslippseffektive?

Vi har her så gode data at vi har valgt å dele opp kapitlet etter reiselengder. Utslippene per kilometer vil endre seg med lengden på reisen. Dette er spesielt fremtredende for fly, men gjelder også de andre fremkomstmidlene. Generelt er korte reiser mindre effektive enn lange.

Når man skal avgjøre hvilket fremkomstmiddel som er det minst miljøskadelige, er det viktig å være bevisst hvilken tidshorison man har. Tallene under er gyldige for reiser som skjer i nær fremtid. Det betyr at man benytter fremkomstmidler som allerede er i drift i dag. Dersom man skal planlegge fremtidens transportsystem, må utviklingspotensialet til de ulike fremkomstmidlene tas i betraktning. Dette er omtalt lenger ned i denne rapporten.

#### Korte reiser

En kort reise er en typisk by- og tettstedsnær reise uten at dette defineres nærmere i kilden (Vestlandsforskning, 1993). Transportmidlene som er tilgjengelig er bil, rutebuss, trikk og T-bane. Siden kilden er noe gammel, har det skjedd en teknologisk utvikling som ikke er fanget opp her.

Utslipp per personkilometer er vist i figurene under. For de korte reisene er det brukt beleggstall som vist i tabell 11.

Figurer 39 og 40 viser at med de oppgitte beleggene vil energiforbruket og CO<sub>2</sub> utslippene fra en buss være en tredel av bilens, per personkilometer. Siden busser vanligvis går på diesel og biler på bensin, er NO<sub>x</sub> utslippene noe høyere og NMVOC (figur 40 og 41) utslippene vesentlig lavere.

Energiforbruket til T-bane og trikk er enda lavere, i tillegg til at de er utslippsfri fordi de er elektrisk drevet.

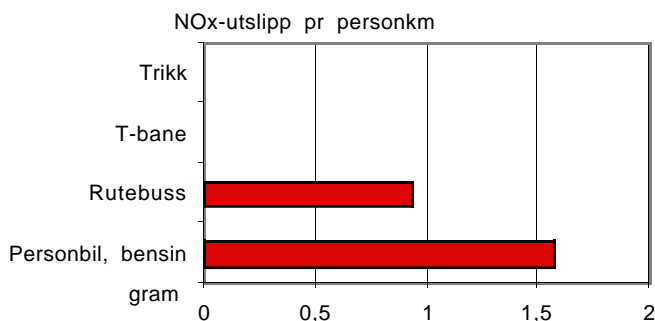
Det mest miljøeffektive er t-bane og trikk, mens bussene er mer effektive så lenge det er 6 personer eller mer i bussen.

#### Belegg og kapasiteter – korte reiser

	Belegg	Kapasitet
Personbil	28% (1,4 pers)	5 pers
Rutebuss	21%	77 pers
T-bane	15%	310 pers
Trikk	20%	128 pers

Tabell 11

Oversikt over forutsatte belegg og kapasiteter på de korte reisene.

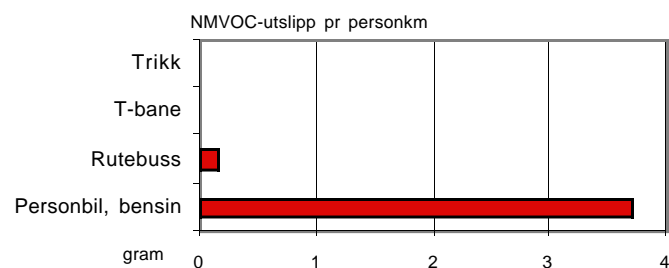


Figur 41

NO<sub>x</sub>-utslipp per personkilometer ved korte reiser.

T-bane og trikk forutsettes drevet av elektrisitet fra vannkraft.

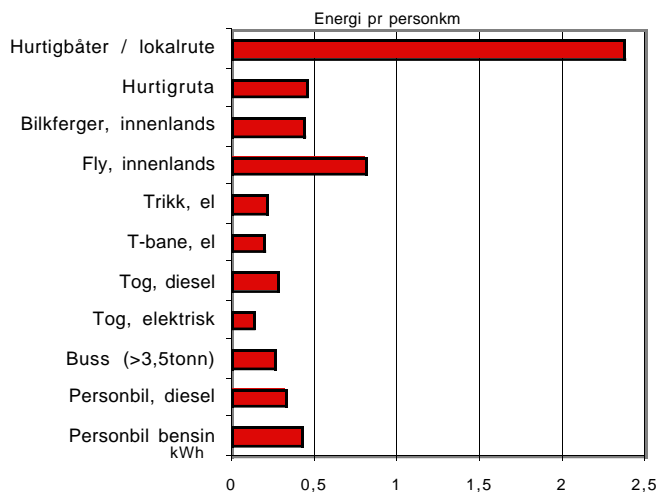
Kilde: Bellona (2002)



Figur 42

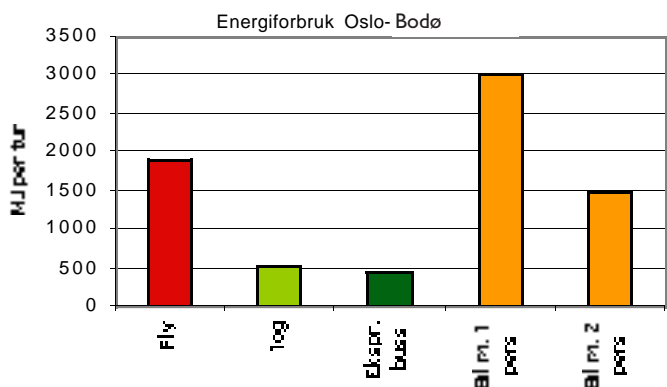
NMVOC-utslipp per personkilometer ved korte reiser. T-bane og trikk forutsettes drevet av elektrisitet fra vannkraft.

Kilde: Bellona (2002)

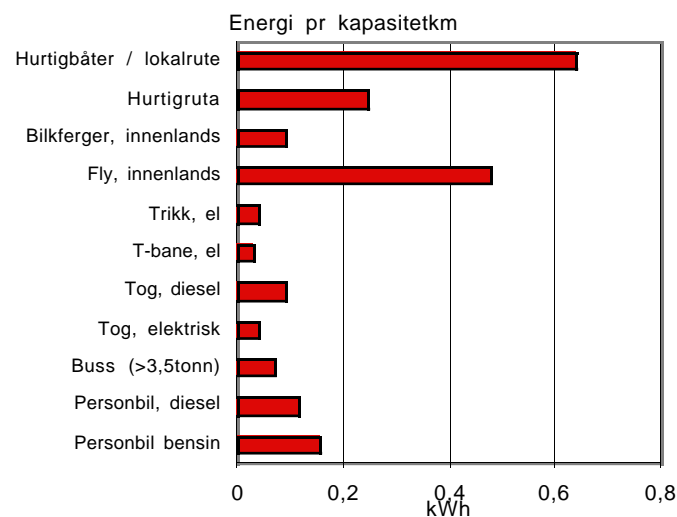


**figur 43**  
**Energiforbruk per personkilometer ved en gjennomsnittlig reiselengde. Elektrisk, t-bane og trikk forutsettes drevet av elektrisitet fra vannkraft.**

Kilde: Bellona (2002)



**Figur 44**  
**Energiforbruk per personkilometer på turen Oslo-Bodø med ulike fremkomstmidler (COWI, 1999b).**



**Figur 45**  
**Energiforbruket per personkilometer ved en gjennomsnittlig reiselengde. Elektrisk, t-bane og trikk forutsettes drevet av elektrisitet fra vannkraft.**

Kilde: Bellona (2002)

## 5.2.2. Gjennomsnittlig av alle kjørelengder

Gjennomsnittsreisen er et gjennomsnitt av alle reiser foretatt med et fremkomstmiddel. Gjennomsnittlig reiselengde vil selvfølgelig variere med om man reiser med fly eller trikk. De fleste undersøkelser omhandler gjennomsnittsreisen, og de gir tall for de fleste fremkomstmidler.

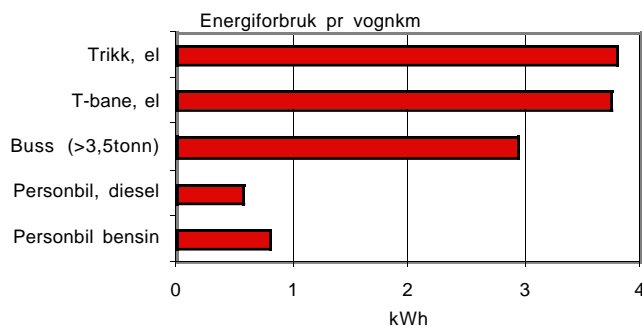
Utslipp per personkilometer er vist i figurene 43 til 59. For energi har vi også sett på tall for forbruk per sete- og vognkilometer. Vi har forutsatt beleggstall som vist i tabell 12.

Med dagens beleggsprosent er det mest energieffektivt å benytte elektriske skinnegående fremkomstmidler (figur 43). Fly og særlig hurtigbåt skiller seg negativt ut. Utslipp per personkilometer for fly vil imidlertid variere med hvor langt flyet flyr. Det meste av flyets utslipp kommer ved oppstigning, lange reiser gir derfor et lavere utslipp per kilometer. I tillegg vil flyet flye færre kilometer for å komme til samme destinasjon. Figur 44 viser energiforbruket per personkilometer for en konkret strekning. Figur 45 viser energiforbruket per personkilometer dersom alle plassene i transportmidlet er fylt opp. Vi ser at t-bane, trikk og fly relativt til de andre fremkomstmidlene, bruker mer energi. Siden vi lengre oppe sa at de var energieffektive, betyr dette at de har et høyt belegg i dag. Hurtigbåter er energislukere selv om de går med fullt belegg. Figur 46 viser at dersom vi bare ser på energien som går til å drive fremkomstmidlet fremover, uavhengig av antall passasjerer bruker buss, T-bane og trikk mye mer ener-

	Belegg	Kapasitet
Personbil	36%	5 personer
Buss	26%	43 passasjerer
Tog	32%	
T-bane	15%	310 passasjerer
Trikk	20%	128 passasjerer
Fly, innenlands	59%	107 passasjerer
Bilkferger, innenlands	21%	-
Hurtigruta	55%	-
Hurtigbåter/ lokalrute	27%	-

**Tabell 12**  
**Oversikt over forutsatte belegg og kapasiteter på de gjennomsnittlige reisen.**

Kilde: Bellona (2000a). Se vedlegg 5



**Figur 46**  
**Energiforbruket per vognkilometer ved en gjennomsnittlig reiselengde. Elektrisk, t-bane og trikk forutsettes drevet av elektrisitet fra vannkraft.**

Kilde: Bellona (2002)

gi enn en bil. Vi ser at det må være 4-5 ganger så mange passasjerer i en buss i forhold til en personbil, for at forbruket per person skal være likt.

For de andre utslippskomponentene ligger båter og fly høyt når det gjelder CO<sub>2</sub> utslipp. Dette samsvarer med tallene for energibruk per personkilometer. For svovel ligger båtene høyt fordi de ofte bruker oljer med høyt svovelinnhold.

For NO<sub>x</sub> og partikler gir de dieseldrevne fremkomstmidlene store utslipp, mens bensindrevne personbiler gir store utslipp av NMVOC.

### Lange reiser (>200 km)

Lange reiser er over 200 kilometer: Utslipp per personkilometer er vist i figurene 52 til 57. Vi har forutsatt beleggstall som vist i tabell 13.

Energiforbruket er størst for fly og båter, forutsatt dagens beleggstall (figur 52). Igjen må vi ta forbehold for fly som vi gjorde for de gjennomsnittlige reisene. CO<sub>2</sub> utslippene følger stort sett energiforbruket (figur 53).

Av figurene 54 til 57 ser vi at båtene ligger høyt for alle utslippsparametre. For partikkelutslipp ligger også ekspressbussen høyt.

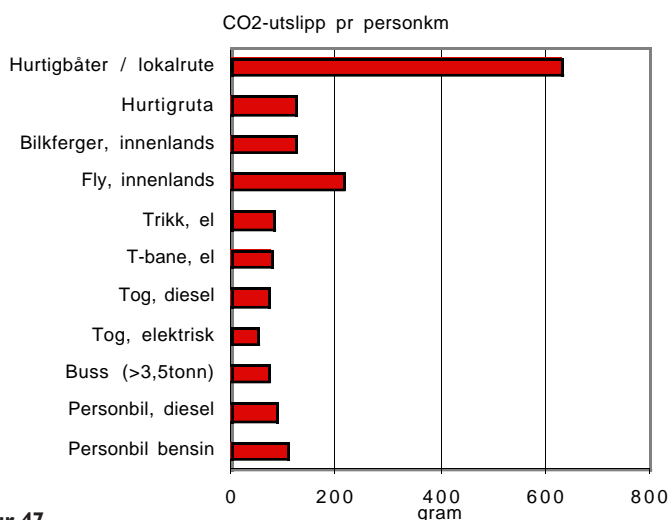
Belegg og kapasiteter – lange reiser

	Belegg	Kapasitet
Personbil	44%	5 pers
Ekspress buss	45%	44 pas
Fjerntog	45%	-
Fly, charter	82%	-
Fly, utland	65%	-
Fly, innenlands	59%	-
Passasjerferge, standard	21%	-
Passasjerferge, hurtiggående	-	-
Innaskjærs katamaran	-	-

Tabell 13

Oversikt over forutsatte belegg og kapasiteter på de lange reisene.

Kilde: Bellona (2000a). Se vedlegg 5

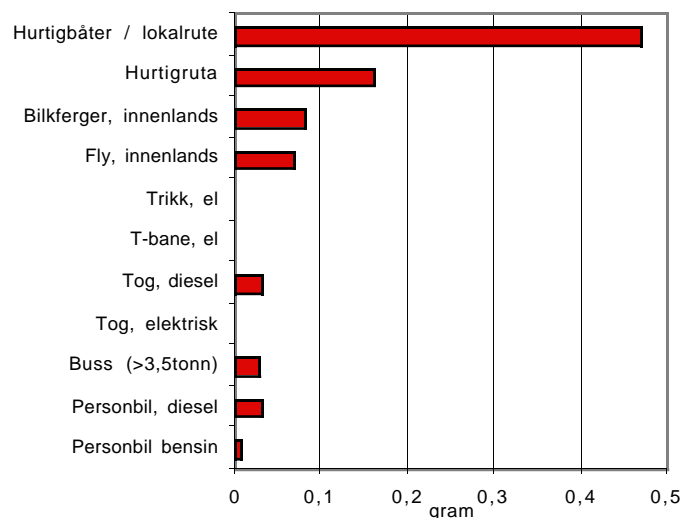


Figur 47

CO<sub>2</sub> utslipp per personkilometer ved en gjennomsnittlig reiselengde. Elektrisk, t-bane og trikk forutsettes drevet av elektrisitet fra gasskraft.

Kilde: Bellona (2002)

SO<sub>2</sub>-utslipp pr personkm

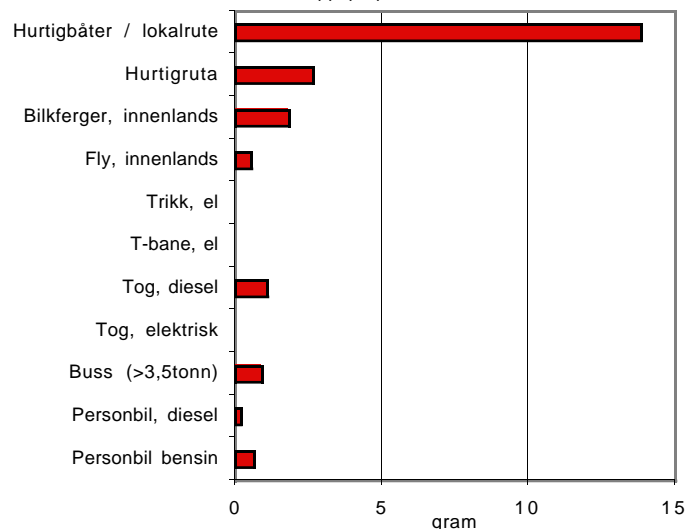


Figur 48

SO<sub>2</sub> utslipp ved gjennomsnittlig reiselengde. Elektrisk, t-bane og trikk forutsettes drevet av elektrisitet fra vannkraft.

Kilde: Bellona (2002)

NO<sub>x</sub>-utslipp pr personkm

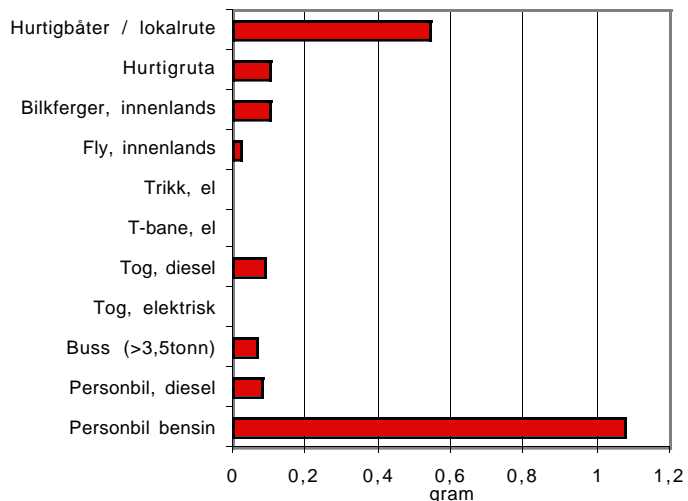


Figur 49

NO<sub>x</sub>-utslipp per personkilometer ved gjennomsnittlige reiser. Elektrisk, t-bane og trikk forutsettes drevet av elektrisitet fra gasskraft.

Kilde: Bellona (2002)

NMVOC-utslipp pr personkm

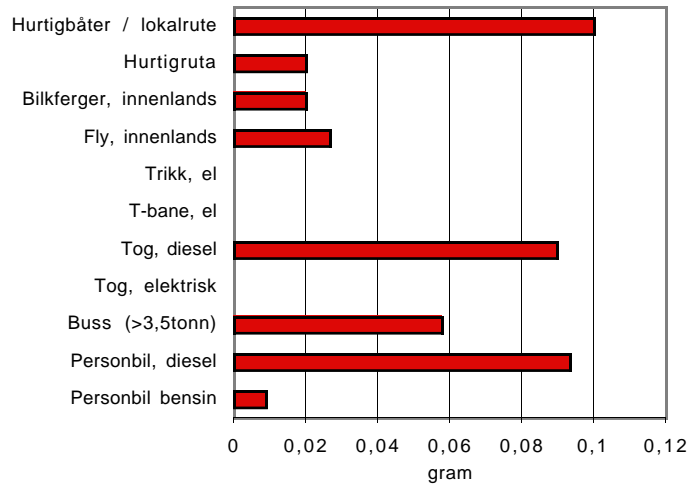


Figur 50

NMVOC utslipp per personkilometer for gjennomsnittlige reiser. Elektrisk, t-bane og trikk forutsettes drevet av elektrisitet fra vannkraft.

Kilde: Bellona (2002)

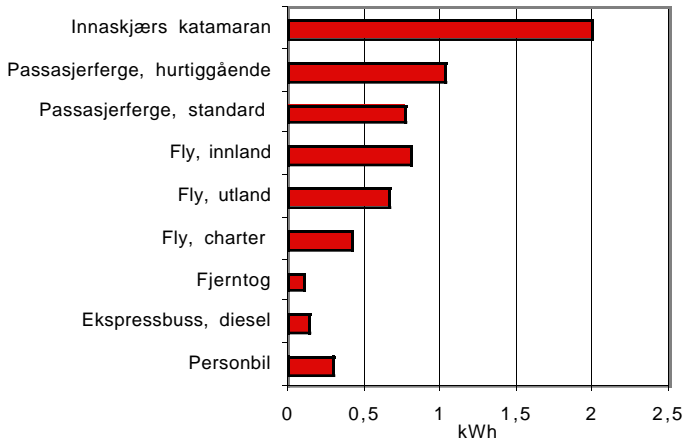
PM10-utslipp pr personkm



**figur 51**  
**PM10 utslipp pr personkilometer ved gjennomsnittlig reiselengde. Elektrisk, t-bane og trikk forutsettes drevet av elektrisitet fra vannkraft.**

Kilde: Bellona (2002)

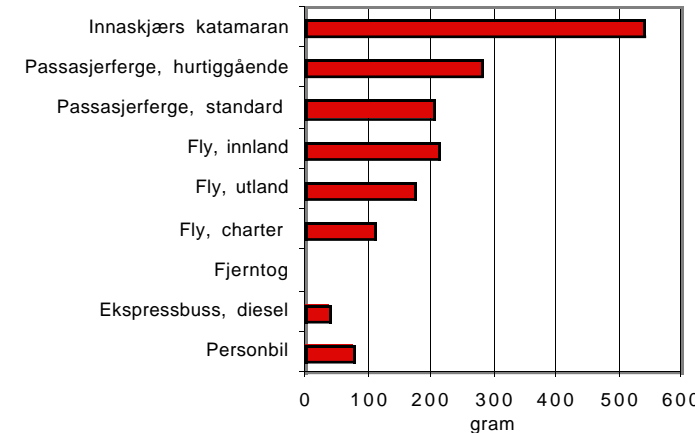
Energiforbruk pr personkm



**Figur 52**  
**Energiforbruk per personkilometer ved lang reiselengde. Fjerntog er et vektet gjennomsnitt for el – og dieseltog. Elektrisitet fra vannkraft.**

Kilde: Bellona (2002)

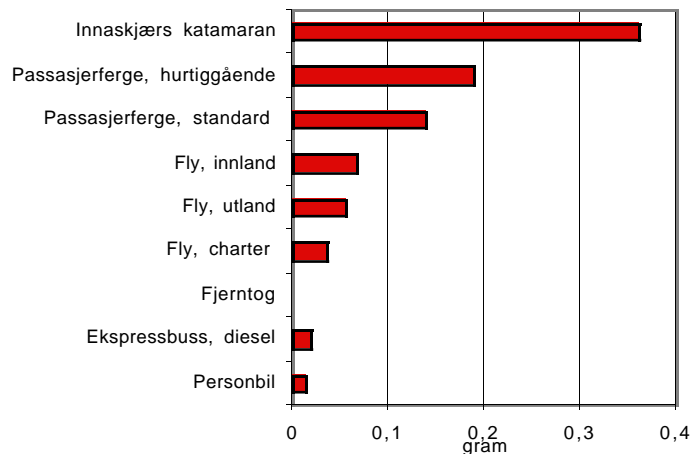
CO2-utslipp pr personkm



**Figur 53**  
**CO2-utslipp per personkilometer ved lang reiselengde. Fjerntog er et vektet gjennomsnitt for el – og dieseltog. Elektrisitet fra vannkraft.**

Kilde: Bellona (2002)

SO2-utslipp pr personkilometer



**Figur 54**  
**SO2- utslipp per personkilometer lange reiser. Fjerntog er et vektet gjennomsnitt for el – og dieseltog. Elektrisitet fra vannkraft.**

Kilde: Bellona (2002)

### 5.2.2 Kollektive løsninger er bra, men ikke nok

Kollektivtransport er viktig for miljøet i de store byene. Den er mye mindre arealkrevende i seg selv og vil dessuten føre til at flere kan la være å ha egen personbil, noe som vil spare ytterligere areal. Dette vil igjen føre til et redusert press på å bygge ut nye naturområder.

Videre vil kollektivtransport være mer energieffektivt forutsatt et visst belegg (4-5 passasjerer for buss i forhold til bil). Dette gjør at kollektivtransport vil være viktig i forbindelse med energisparing, noe som igjen kan redusere antall naturinngrep.

For bilistene og næringslivet er kollektivtransporten viktig fordi den reduserer køer og derved reduserer bilistenes og næringslivets tidskostnader. Dersom man ikke hadde hatt et kollektivnett i en by som for eksempel Oslo, ville køene vært vesentlig lengre. På grunn av trafikkveksten vil det være nødvendig å bygge ut kollektivsystemene i byene for å hindre større køproblemer.

Men er kollektive transportmidler også utslippseffektive? I forrige kapittel så vi at kollektive persontransportmidler (unntatt båt og fly) er utslippseffektive. Men for å få en tilstrekkelig reduksjon av samlede utslipp, må det være et stort potensiale for en overgang til kollektive transportmidler. Vi vil i dette kapitlet diskutere hvor stort potensialet kan være.

Undersøkelser fra Sverige og Nederland har kommet frem til at reisetiden fra dør til dør ikke må være mer enn dobbelt så lang for at kollektivtransport skal være et realistisk alternativ til personbilen for de personene som har tilgang til bil. Målinger i Drammensområdet viser at en tredel av turene som foretas med kollektivtransport oppfyller dette kravet [TØI, 1998b]. Regner man med skjult ventetid (ventetid fra man bestemmer seg til å dra til transportmidlet kommer) kommer kollektivtransport dårlig ut. Minst utslag gjør dette på lange reiser fordi reisetiden da utgjør en stor del i forhold til ventetiden. På kortere reiser vil utslaget bli større, men reduseres ved hyppige avganger.

Det er lett å tenke at alle som kjører kollektivt alternativt ville kjørt bil. Undersøkelser viser at andelen som ville kjørt bil dersom tilbudet ikke hadde eksistert, varierer mellom 8 og 38% [TØI, 1998b] (figur 58). Dette betyr at selv om flere kjører kollektivt, vil vi ikke få en tilsvarende nedgang i personbilbruken.

En studie i Kristiansand viser at endringer i rammebetingelser har større effekt på bruk av kollektivtransport enn hva en forbedring av kollektivtransporten vil ha. Rammebetingelsene kan være tilgang til bil, lokalisering av arbeidsplass i sentrum eller firmabil [TØI, 1998b].

Undersøkelser fra London, Freiburg og Basel, tyder på at det er mulig å få til en reduksjon av personbilbruk på 5-15%. Dette krever imidlertid tiltak rettet mot personbilene samtidig med økt kollektivtrafikk [SFT, 1999b]. Også et knippe eldre undersøkelser viser resultater i samme størrelsesorden dersom det legges restriksjoner på bilen [TØI, 2000a].

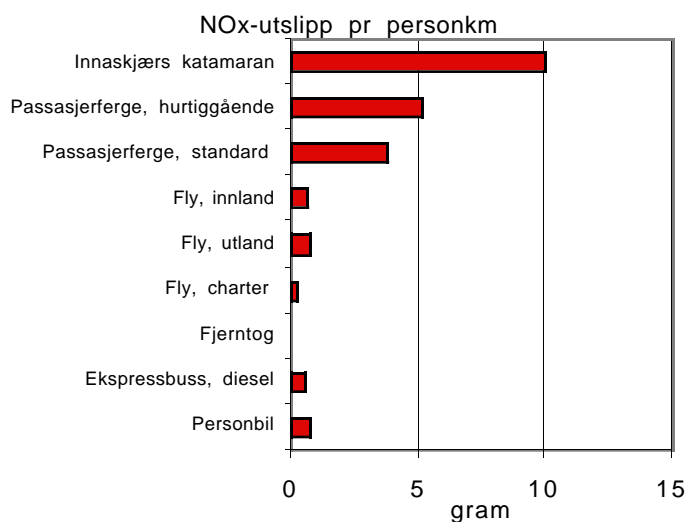
Ovenfor har vi sett at kollektivtrafikk har et potensiale for å erstatte bilbruk, selv om det er få av undersøkelsene som angir potensialet. SSB og SFT (1999) har laget et regneeksempel der de tenker seg at all vekst for persontransport i årene fremover, kommer i form av kollektiv transport. De har ikke diskutert hvorvidt dette er et realistisk anslag av potensialet, men regneeksemplet gir interessante anslag for reduksjon av utslippene.

Forutsetningene (vedlegg 4) er viktige for regnestykket. Det forutsettes for det første at det holdes en lik fordeling mellom tog og buss som i dag. Dette er en forutsetning som kan være realistisk da den største kollektivutbyggingen trolig vil komme i nærheten av byer. For det andre forutsettes det likt belegg som i dag. Dette kan i utgangspunktet stemme fordi man antagelig vil være nødt til å øke frekvensen for å få til en kraftig økning i kollektivandelen. Imidlertid er det i dag mange busser som går i spredt bebygde strøk som har et svært lavt belegg. Skal man utvide kollektivtilbudet ut fra et miljøsyn, vil man bygge det ut der belegget kan bli høyt, det vil si i byområder. Det gjør at forutsetningen blir gal.

Resultatet av regnestykket viser at CO<sub>2</sub>-utslippene vil reduseres med 5,1% i 2020 i forhold til et trendalternativ (vedlegg 4). De samlede utslippene stiger allikevel med 5,7%. Tallene inkluderer dog også utslippene for godstransport på vei (figur 59).

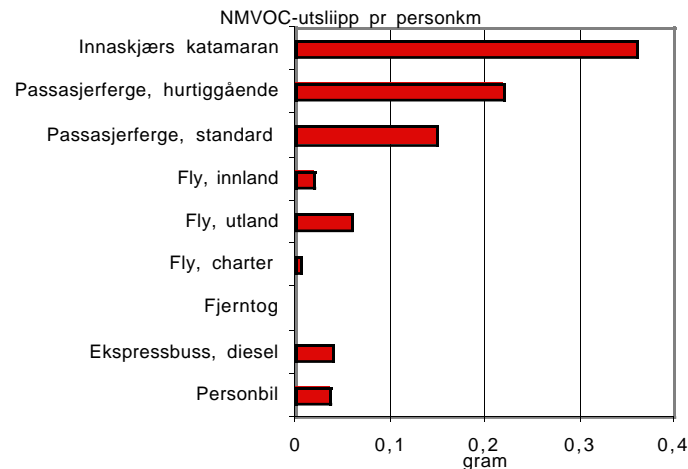
Når det gjelder NO<sub>x</sub> og partikler blir det en forverring. Dette kommer av forutsetningen om samme belegg som i dag. Dersom vi bygger opp et kollektivsystem som primært skal ivareta miljøsyn og ikke sosiale hensyn som i dag, vil vi også få en gevinst her (se kapittel 8.1 om bytransport).

I dag står kollektivtransporten for ca 12% av antall personkilometer totalt (inkl fly og ferge) og 14% av personkilometer som utføres av bil, buss og tog til sammen [SSB,



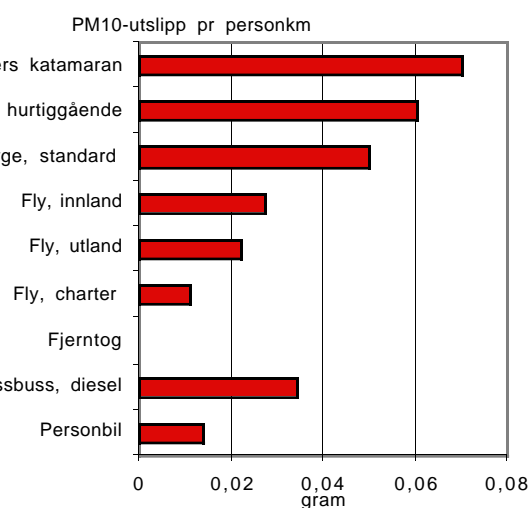
**Figur 55**  
NO<sub>x</sub>-utslipp per personkilometer ved lange reiser. Fjerntog er et vektet gjennomsnitt for el – og dieseltog. Elektrisitet fra vannkraft.

Kilde: Bellona (2002)



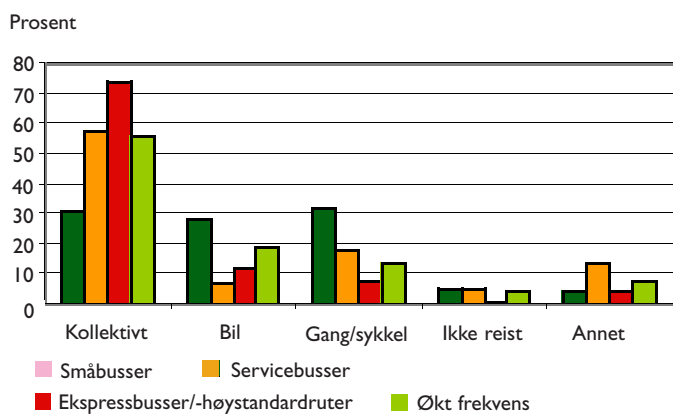
**Figur 56**  
NMVOC-utslipp per personkilometer for lange reiser. Fjerntog er et vektet gjennomsnitt for el – og dieseltog. Elektrisitet fra vannkraft.

Kilde: Bellona (2002)



**Figur 57: PM10-utslipp per personkilometer for lange reiser. Fjerntog er et vektet gjennomsnitt for el – og dieseltog. Elektrisitet fra vannkraft.**

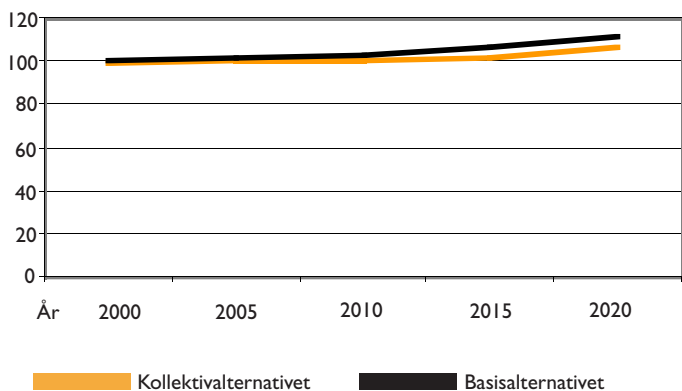
Kilde: Bellona (2002)



**Figur 58**  
Figuren viser hvilket transportmiddel som er andrevalget for busspassasjerer på ulike busser, deriblant ruter med høy avgangshyppighet. Hver farge (mønster) beskriver et bestemt tiltak (se ramme til høyre i figuren). Høyden på søylene beskriver hvordan passasjerene hadde reist dersom tilbudet ikke hadde blitt opprettet. Søylegruppe nummer to fra venstre viser at det er særlig passasjerer på småbusser eller busser som går med økt frekvens som lar bilen stå.

Kilde TØI (1998b).

CO2 utslipp



**Figur 59**  
**CO2-utslipp dersom all trafikkvekst foregår med buss og bane, sett i forhold til et basialternativ (se vedlegg 4)**

Kilde: SFT og SSB (1999).

2000]. Dersom vi regner at vi kan overføre passasjerer fra bil til buss og tog, slik at vi får en tredobling av kollektivt reisende, vil det bety at 32% av bilkilometerne overføres til kollektive transportmidler. Under samme forutsetninger som regneeksemplet ovenfor, tilsvarer dette en reduksjon av CO2-utslipp på omtrent 15% fra veitrafikken. Det tilsvarer 9% av transportsektorens CO2-utslipp.

I mangel på anslag over overføringspotensiale, er utgangspunktet for utregningen en antagelse som det kan diskuteres om er riktig. Den ligger høyst sannsynlig på den optimistiske siden. På den annen side er det mulig å oppnå samme effekt uten å overføre så mange mennesker. Det gjør man ved å satse på kollektivtransport der det er miljømessig størst gevinster å hente, det vil si der belegget kan bli høyt. Ved en slik målrettet satsning vil reduksjonene komme enklere og antagelsen virker riktigere. Man skal imidlertid være oppmerksom på at det allerede er høy markedsandel for kollektivtransport i byene. I Oslo reiser allerede 40-50% kollektivt i morgenrushet. Gjennomsnittstall for hele døgnet er ca 25% (ingen av tallene regner med reiser i Indre by) [Oslo kommune, 2000a].

### 5.3 Mer gods på skinner og sjø

Jernbane og skip er generelt den miljømessig beste måten å transportere gods på. Imidlertid går sjelden tog og skip fra dør til dør: Dette betyr fordyrende omlastinger, noe som gjør at skip og jernbane egner seg best på de lengre strekningene. Det er et begrenset overføringspotensiale mellom transportmidlene og det er for lite til å ha avgjørende betydning på utslippene. Imidlertid vil overføring til tog og skip ha en mye større effekt i forhold til for eksempel stabilisering av energiforbruket i transportsektoren.

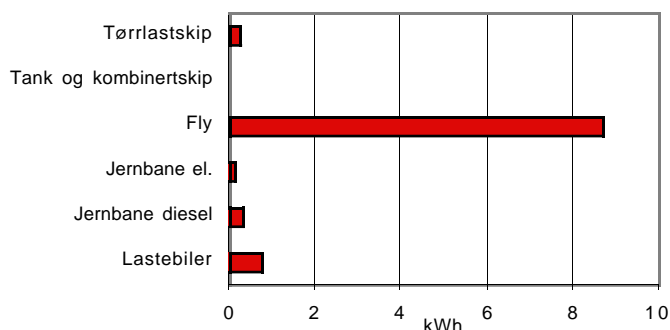
#### 5.3.1 Hvilke lastbærere er mest miljøeffektive

I dette kapitlet vil vi sammenlikne energibruk og utslipp fra ulike måter å frakte gods på. Tallene må imidlertid brukes med noe forsiktighet: de er kun gjennomsnittstall for både størrelse på lastbærere, alder, oppfyllingsgrad med mer.

Tallene kan benyttes for å se hvilket transportmiddel som antagelig er mest utslippseffektive i dag. Skal man vurdere hva man skal satse på fremover må man i tillegg ta hensyn til den teknologiske utviklingen som kommer. Denne er beskrevet i kapittel 5.4 og 5.5. Kilden for tallene er SSB (1997a)

Av figurene 60-65 ser vi at fly ikke er noen effektiv måte å frakte gods på. På den

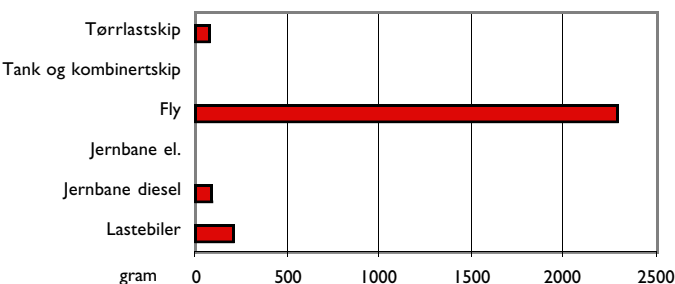
Energiforbruk pr tonnkm



**Figur 60**  
**Energiforbruk per tonnkilometer ved ulike lastbærere.**

Kilde: Tall fra SSB (1997a).

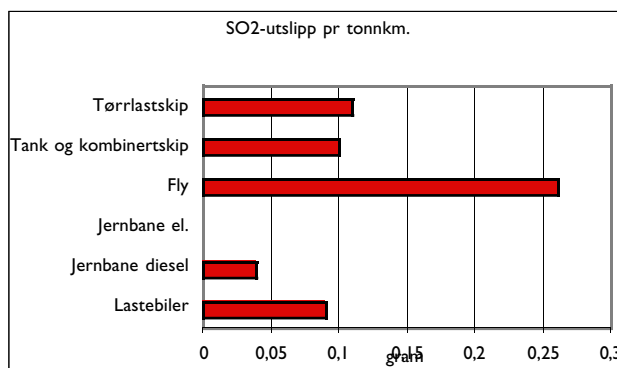
CO2-utslipp pr tonnkm



**Figur 61**  
**CO2-utslipp per tonnkilometer ved ulike lastbærere.**

Kilde: Tall fra SSB (1997a).

SO2-utslipp pr tonnkm.



**Figur 62**  
**SO2-utslipp per tonnkilometer ved ulike lastbærere.**

Kilde: Tall fra SSB (1997a).

positive siden peker naturlig nok den elektriske jernbanen seg ut siden denne er en null-utslippsløsning. I tillegg er skip en utslippseffektiv måte å transportere gods på. Hvor utslippseffektivt et skip er, kommer også an på hvor høy hastighet det holder. Figur 66 viser at utslippsgevinsten i forhold til lastebil spises raskt opp når farten øker. Ved 15 knops hastighet (28km/t) vil CO<sub>2</sub>-utslippet per tonnkm være likt [Lilloe-Olsen og Transportutvikling AS, 1999]. Ved 28 knop (52 km/t) er farten lik, men utslippene av CO<sub>2</sub> fra skipet er 4,5 ganger lastebilen. Imidlertid reduseres helseskadelig utslipp vesentlig og sjøtransport forutsetter ikke på langt nær samme grad av naturinngrep i forbindelse med infrastruktur som lastebilen gjør.

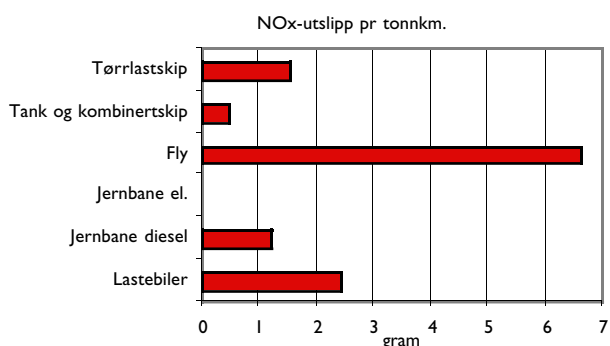
### 5.3.2 Hvor stor gevinst er det mulig å oppnå?

Som vi så i forrige kapittel er det svært utslippseffektivt å benytte skip eller bane til godstransport. De totale utslippene avhenger imidlertid også av mengde gods som det er mulig å overføre fra lastebil.

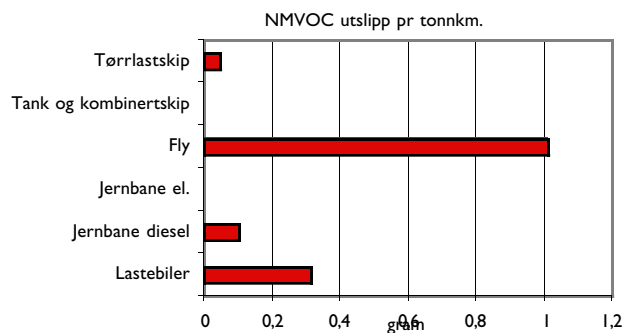
Et stort hinder for å få gods fra lastebil over på bane og sjø, er at bane og sjøtransport i motsetning til lastebilen, sjelden går fra dør til dør. De er avhengige av lastebilen i hver ende av transportstrekningen. Båt og bane må oftest laste om en eller flere ganger, noe som fordyrer og forsinker. Dette har forholdsvis mer å bety for korte enn for lange avstander. Av denne grunnen er lastebilen konkurransemessig overlegen på de korte avstandene (figur 67). I tillegg er lastebiler små enheter med høy grad av fleksibilitet og tilpasningsdyktighet, noe markedet etterspør. De kan på kort varsel tilby varierte transporttjenester. Dette betyr at det er på lange strekninger vi har det største potensialet for overføring av gods til sjø og bane.

Det mest nærliggende området å konkurrere på er de strekningene der bane/sjø går parallelt med veien. Av tabell 14 ser vi at jo lenger transportstrekningen er, jo større mulighet er det for at man har alternative transportmuligheter. Dette kommer av at lange transporter ofte foregår mellom store steder. I utenlandstransporten finner vi en enda større parallellitet [TØI, 1996].

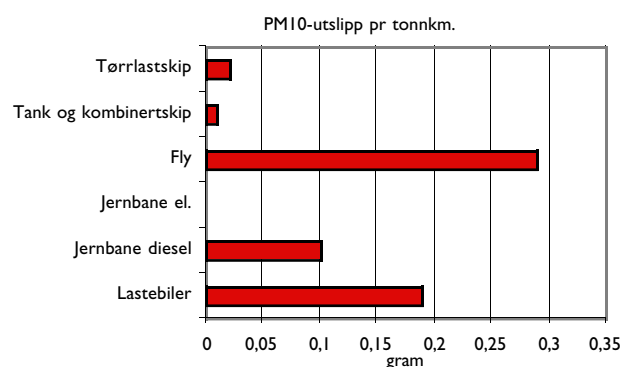
Selv om det bare er 15% av godset som transporteres lengre enn 150 km, utgjør disse turene en stor del av tonnkilometrene. Dette betyr at det er et potensiale for å få gods over på båt eller bane.



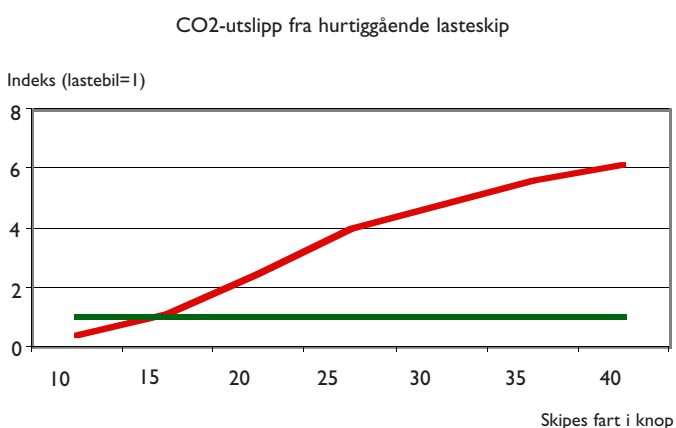
**Figur 63**  
NOx-utslipp per tonnkilometer ved ulike lastbærere. Kilde: Tall fra SSB (1997a).



**Figur 64**  
NMVOC-utslipp per tonnkilometer ved ulike lastbærere. Kilde: Tall fra SSB (1997a).



**Figur 65**  
PM10-utslipp per tonnkilometer ved ulike lastbærere. Kilde: Tall fra SSB (1997a).



**Figur 66**  
Sammenlikning av utslipp mellom lasteskip og lastebil. Det gjort beregninger for ulike fart. Ved 15 knop (28km/t) hastighet vil forbruket per tonnkilometer være likt. Ved 28 knop (52 km/t) er farten lik, men utslippene av CO<sub>2</sub> fra skipet er 4,5 ganger lastebilen. Tallene må regnes som omtrentlige. Kilde Lilloe-Olsen og Transportutvikling AS (1999).

	30 – 150 km	150 – 400 km	Over 400 km
Bil i alt	42,4	10,1	3,3
- med parallell baneforbindelse	17,8 (42%)	4,5 (45%)	1,5 (46%)
- med parallell båtforbindelse	10,3 (24%)	2,5 (25%)	2,0 (61%)
- med parallell bane og båtforb.	6,7 (15,8%)	1,4 (14%)	1,1 (33%)
- med parallell bane eller båtforb.	21,4 (51%)	5,5 (55%)	2,4 (73%)

**Tabell 14**

**Innenlands transportkvanta (1993) med bil som fraktes parallelt med jernbane- og/eller sjøforbindelse. Tall i millioner tonn. Tallene i parentes angir prosent av "bil i alt" for de aktuelle intervallene.**

Kilde: TØI (1996).

Kapasiteten i jernbanenettet er imidlertid begrenset. Det meste av strekningene er enkeltspor, og det kan være vanskelig å øke godstransporten betydelig uten at dette går ut over persontransporten [TØI, 1998b]. Det samme problemet har man på det europeiske jernbanenettet. I tillegg er det mange ulike standarder (sporvidde, strømforsyning) på jernbanenettet slik at godset ofte må lastes om. Godset blir derfor ofte forsinket, noe som gir et usikkert tilbud til kundene. Viktige faktorer for kundene er framføringstid, leveringsbetingelser (dør-til-dør; just in time) og pris [TØI, 1998a].

Man kan tenke seg at myndighetene vil bruke avgifter for å vri godstransporten over på sjø og bane. TØI har beregnet effekten av dette [TØI, 1996], og det viste seg at dersom man økte samlede kostnadene for godstransport på vei med 24%, ville dette føre til en reduksjon av lastebiltransporten på 30%. Dette godset ville imidlertid bare i liten grad overføres til andre transporttyper. En kostnadsreduksjon (for eksempel subsidiering) på 20% for jernbanen ville føre til noe mer gods på jernbane, mens en tilsvarende reduksjon for sjøtransporten vil føre til nesten 20% økning i godsmengde på sjø (se figur 68). Ingen av disse kostnadsreduksjonene reduserer godsmengdene fraktet på vei. Dette viser at avgifter er egnet for å redusere transportarbeidet men ikke til å overføre godsmengder mellom transportbærere (En kostnadsøkning på 24% betyr en flerdobling av avgiftene, se kapittel 5.1)

## 5.4 Forbedring av dagens teknologi

Dagens teknologi med forbrenning av karbonholdig drivstoff har gjennomgått en kraftig utvikling når det gjelder å få ned utslippene av forurensende stoffer. Det er særlig for bilene utviklingen har vært positiv. Denne utviklingen har vært påskyndet av at det har vært stilt krav til utslipp særlig i Europa og USA. For biler er det fortsatt et stort potensiale igjen og mye av dette vil fanges opp gjennom nye EU-krav. De nye EU-kravene fører til kraftige reduksjoner av de fleste forurensningene. CO<sub>2</sub> kan imidlertid ikke renses, og det er grenser for hvor mye en motor kan effektiviseres. EU-kravene vil her føre til at utslippsreduksjonene oppveier trafikkveksten. For å komme særlig lenger ned må bilens ytelse reduseres. Utviklingen av de tradisjonelle motorene vil trolig gå over i den nye hybridteknologien, som er beskrevet i kapittel 5.5.

De andre transportmidlene har ikke vært stilt overfor like strenge krav som veitransporten og har derfor heller ikke hatt samme utvikling. Når det gjelder luft- og skipsfart blir de fleste kravene stilt gjennom globale organisasjoner. Arbeidet går av denne grunn saktere enn for veitransport.

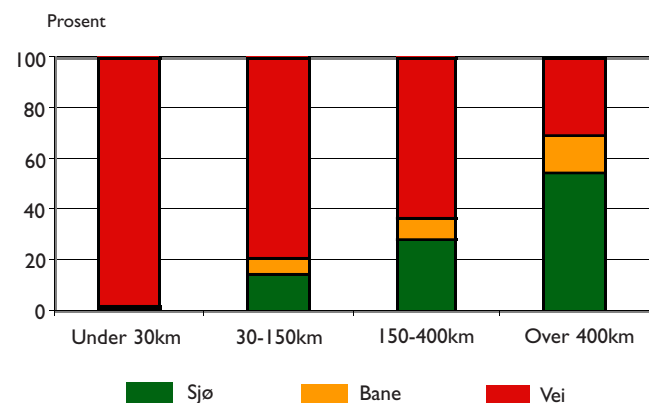
### 5.4.1 Veitransport

#### Etablerte avgasskrav

De tidligste moderne avgasskravene i Norge var knyttet til FNs Økonomiske Kommisjonen for Europa (ECE) (fra 1974). Senere koblet vi oss opp mot de amerikanske kravene en periode. Det var i denne perioden katalysatoren ble innført. Senere har vi fulgt kravene som EU har stilt. Tabellen i vedlegg 6 gir en oversikt over de ulike avgasskravene gjennom tidene.

EUs arbeid med utslippskrav startet med auto/oil-programmet i 1992. Programmet er et samarbeid mellom EU og bil- og oljeindustrien. Programmet har vurdert en rekke mulige tiltak, og har kommet med krav til utslipp fra kjøretøyer, drivstoff og ved-

Godsbærere på ulike transport avstander



**Figur 67**

**Prosentvis fordeling av innenlands godstransport etter transportmiddel og fraktet lengde. Eksklusiv ojetransport fra sokkelen til fastland.**

Kilde TØI (1996).

likeholdskontroller [Vestlandsforskning, 1997]. Kravene har vært svært viktige for utslippsreduksjoner av en rekke komponenter.

### Krav til utslipp fra kjøretøy

Ved krav til utslipp skilles det mellom CO<sub>2</sub> og andre avgasser. CO<sub>2</sub> er hittil regulert gjennom en frivillig avtale med bilindustrien, mens de andre avgassene er regulert gjennom EU-direktiver:

### CO<sub>2</sub>-utslipp

EU forsøker å redusere CO<sub>2</sub>-utslippene fra transport gjennom en avtale med bilprodusentene. Foreningen for europeiske bilfabrikanter (ACEA) inngikk i juli 1998 en avtale med EU-kommisjonen om å nå et gjennomsnittlig CO<sub>2</sub>-utslipp på 140 g/km innen 2008 (= -25% i forhold til 1995-nivå) og 120 g/km innen 2012 fra biler som ACEA-medlemmer selger. Det arbeides også for en slik avtale med tilsvarende foreninger JAMA (Japan Automobile Manufacturers Association) og KAMA (Korean Automobile Manufacturers Association) i henholdsvis Japan og Korea [Veidirektoratet, 2000a]. Man prøver også å få med bilfabrikantene i USA [Farstad pers. medd. 2000].

En annen strategi EU arbeider parallelt med, handler om forbrukeropplysning om drivstofforbruk og utslipp av CO<sub>2</sub> fra personbiler [Dir 1999/94/EF]. Det skal oppgis CO<sub>2</sub>-utslipp for alle nye bilmodeller. Det er meningen at man skal prøve ut effekten av markedskreftene. Det er derfor nødvendig med opplysning om drivstofforbruk i alle bilforretninger. Det er utviklet et detaljert regelverk for hvordan forbrukeropplysningen skal foregå [Veidirektoratet, 2000a].

En svakhet med både denne avtalen og kravene til avgassutslipp, er at de ikke inkluderer energikrevende utstyr til bilene. For eksempel øker klimaanlegg drivstofforbruket med 5-10% over året beregnet for et typisk svensk bruksmønster. I tillegg vil utstyr som ABS-bremser også kreve energi og dermed føre til at utslippene ikke vil avta like mye som avtalen kan tyde på [Jørgensen, 1998].

### Andre avgasser

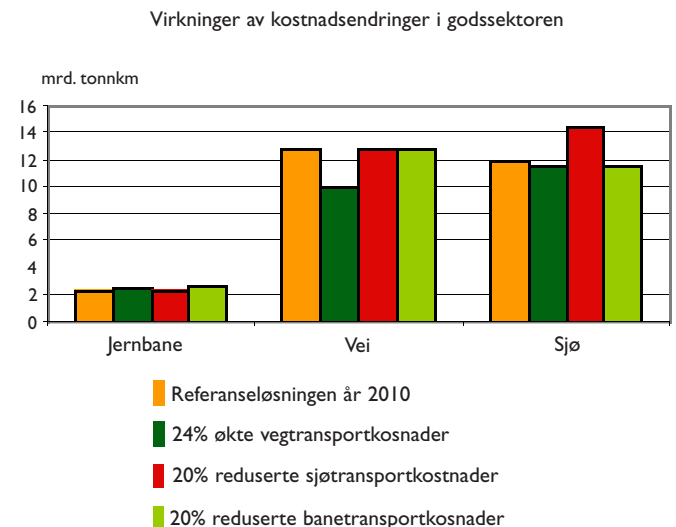
Krav til andre avgasser har en lenger historie enn krav til CO<sub>2</sub>-utslipp. I dag reguleres utslippene gjennom EURO-kravene og auto/oil-programmet.

De nyeste kravene, EURO III, gjelder fra år 2000. Disse vil strammes ytterligere til fra 2005 og for tyngre kjøretøyer også i 2008. Tabell 15, 16 og 17 angir vedtatte grenser og foreslåtte tilstramninger [Concawe, 1999].

#### For mer detaljert oppdeling av kravene, se vedlegg 7.

Medlemslandene har innen visse grenser lov til å skattebegunstige biler som klarer kravene før de må [Veidirektoratet, 2000a].

	PM	NO <sub>x</sub>	HC	CO	HC+NO <sub>x</sub>
Euro II - 1996				2.20	0.50
Euro III - 2000		0.15	0.20	2.30	
Euro IV - 2005		0.08	0.10	1.00	



Figur 68

Forskryvning av godsmengder mellom transporttyper ved kostnadsendringer.

Kilde: TØI (1996).

Tabell 15

Krav for lette bensinkjøretøyer, det vil si personbiler med høyst 9 seter og varebiler med totalvekt under 3500 kg. Utslipp i gram per km.

Kilde: Veidirektoratet (2000a).

	PM	NOx	HC	CO	HC+NOx
Euro II - 1996	0,080			1,06	0,71
Euro III - 2000	0,050	0,50		0,64	0,56
Euro IV - 2005	0,025	0,25		0,50	0,30

Tabell 16

Krav for lette dieserbiler, det vil si personbiler med høyst 9 seter og varebiler med totalvekt under 3500 kg. Utslipp i gram per km.

Kilde: Veidirektoratet (2000a)

	PM	NOx	HC (ii)	CH4	CO	røyk
Euro II - 1996	0,15	7,0	1,1	-	4,0	-
Euro III - 2000	0,10	5,0	0,66	-	2,1	0,8
Euro IV - 2005	0,03	3,5	0,55	1,10	4,00	-
Euro V - 2008	0,03	2,0	0,55	1,10	4,00	-

Tabell 17

Krav til tunge dieserbiler. Utslipp i gram per kWh.

Kilde: Veidirektoratet (2000a).

#### Drivstoffkrav

Siste EU-krav til drivstoff trådte i kraft i år 2000. Da ble bly forbudt i bensin. Dette var et stort skritt for luftkvaliteten. Neste gang kravene forandres er i 2005. Da vil grenseverdien for svovelinhold settes ned til 50 ppm for både bensin og diesel [Vegdirektoratet, 2000a]. I Norge vil denne kvaliteten leveres over det meste av landet allerede fra 1. juli 2001 [NP, 2001]. Tabellene 18, 19 og 20 viser hvordan skifte fra EU2000-standard til EU 2005-standard vil påvirke ulike utslippskomponenter:

I EU diskuteres det om det skal settes enda strengere krav til mengde svovel i drivstoffet. Svovel har en ødeleggende effekt på eksosrensingsystemer og således en effekt på utslippene. Ny teknologi vil i tillegg kunne klare å redusere utslippene enda mer forutsatt at drivstoffet er svovelfritt (<10ppm) [AEA Technology, 2000].

Det er sprikende oppfatninger i bil- og oljebransjen om hvor mye en overgang fra lavsvovel til svovelfritt drivstoff vil hjelpe. Noen mener det vil gi et betydelig bidrag til luftkvaliteten, mens andre mener det vil gi ubetydelig effekt. I tillegg vil man kunne redusere CO<sub>2</sub>-utslippene med ytterligere 1-5% i nye biler [AEA Technology, 2000]. Merkostnadene ved å produsere svovelfritt drivstoff vil være et sted mellom 0,8 og 34 øre per liter, avhengig av hvilken produsent man spør [AEA Technology, 2000].

Bensinbiler med katalysator	CO <sub>2</sub>	NMVOC	NOx	PM <sub>10</sub>
EU 2005 – skiltet hastighet ≤ 50km/t	1,00	0,98	0,97	1,00
EU 2005 – skiltet > 50km/t	1,00	0,87	1,03	1,00

Tabell 18

Utslipp av NOx og PM<sub>10</sub> fra lette bensinbiler. Bensinkvaliteter sammenliknet med EU 2000 standard (indeks = 1). Omregnet fra SFT og SSB (1999).

Lette dieserbiler	CO <sub>2</sub>	NMVOC	NOx	PM <sub>10</sub>
EU 2005 – skiltet hastighet ≤ 50km/t	0,99	1,10	0,95	1
EU 2005 – skiltet > 50km/t	0,99	1,07	0,95	0,91

Tabell 19

Utslipp av NOx og PM<sub>10</sub> fra lette dieserbiler. Diesellkvaliteter sammenliknet med EU 2000 standard (indeks = 1). Omregnet fra SFT og SSB (1999).

Tunge dieserbiler	CO <sub>2</sub>	NMVOC	NOx	PM <sub>10</sub>
EU 2005 (ECE 13 test)	0,99	0,95	0,97	0,90

Tabell 20

Utslipp av NOx og PM<sub>10</sub> fra tunge dieserbiler. Diesellkvaliteter sammenliknet med EU 2000 standard (indeks = 1). Omregnet fra SFT og SSB (1999).

## Vedlikeholdskontroll

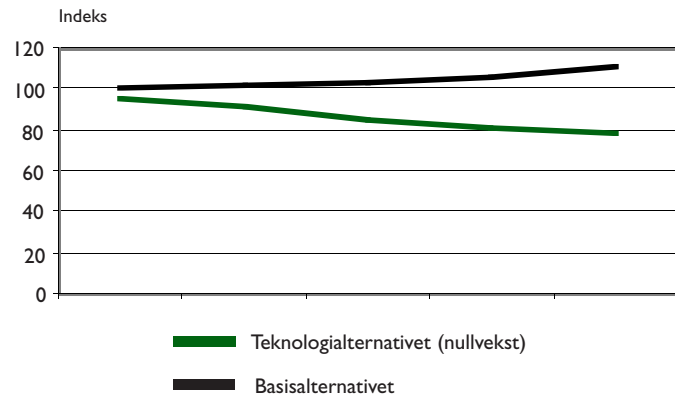
Vedlikeholdskontroll er viktig for å sikre lave utslipp gjennom hele kjøretøyets levetid. Dette gjøres gjennom periodisk miljøkontroll som er en del av den såkalte EU-kontrollen. Tabell 21 viser kontrollintervallene. Imidlertid er dette kun en kontroll uten motorbelastning, og denne vil ikke nødvendigvis avsløre "miljøtilstand" for motor og avgassrense-utstyr i vanlig drift. Dette kan forventes å bli bedre når OBD-systemer (On-Board-Diagnostics) etterhvert blir obligatoriske [pers.medd, Kvinge, 2001].

## Antatt potensiale

Avgasskravene gir en sterk nedgang av utslipp. SFT og SSB (1999) har fremskrevet utslippene fra veitrafikk til 2010 og 2020. De går ut fra et basisalternativ der de forutsetter en teknologisk utvikling omtrent i takt med EURO-kravene. Inkludert i dette alternativet er trafikkvekst.

Resultatet av fremskrivningen er at alle utslippene unntatt CO<sub>2</sub>, vil gå kraftig ned. Grunnen til at CO<sub>2</sub>-utslippene øker, er at trafikkveksten er høyere enn reduksjonene fra ny teknologi. CO<sub>2</sub>-utslippet vil stige omtrent 11% frem til 2020 til tross for 22% reduserte utslipp per kjørte kilometer fra gjennomsnittsbilen i bilparken (tabell 22 og figur 69). Også for de andre stoffene enn CO<sub>2</sub>, spiser trafikkveksten opp en del av forbedringene, men for disse stoffene er reduksjonen så stor at utslippene går kraftig ned uansett (tabell 22 og figur 70 og 71).

CO<sub>2</sub>-gevinst ved nullvekst (teknologitvilling)



Figur 69

Øverste kurve viser utviklingen i CO<sub>2</sub>-utslipp ved teknologisk utvikling og trafikkvekst, mens nederste kurve viser CO<sub>2</sub>-utslipp med teknologisk utvikling men uten trafikkvekst. Legg merke til at selv med teknologisk utvikling slik som det er lagt opp til i EURO-kravene, vil utslippene øke.

Kilde: SFT og SSB, 1999.

Kjøretøygruppe	Frekvens
Busser	1 år etter første registrering, deretter årlig
Lastebiler	1 år etter første registrering, deretter årlig
Tilhengere og semitilhengere over 3,5t	1 år etter første registrering, deretter årlig
Drosjer, ambulanser	1 år etter første registrering, deretter årlig
Varebiler	4 år etter første registrering, deretter hvert annet år
Personbiler	4 år etter første registrering, deretter hvert annet år

Tabell 21

Kontrollfrekvenser for periodisk miljøkontroll av biler i bruk.

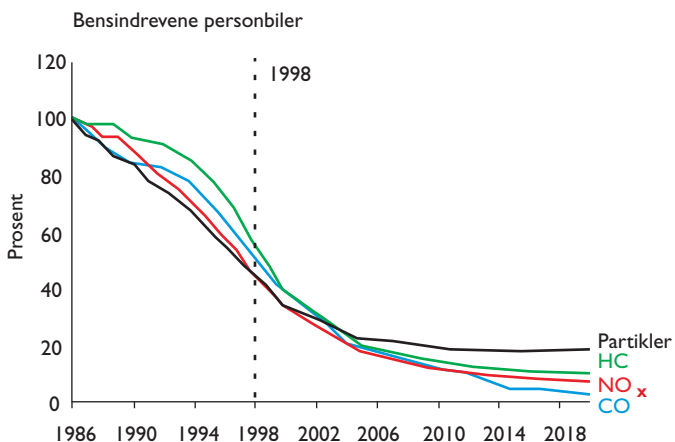
Kilde: Vestlandsforskning (1997).

	År 1997	År 2010 med teknologisk utvikling og trafikkvekst	År 2010 med teknologisk utvikling men uten trafikkvekst	Prosentvis endring fra 1997 uten trafikkvekst	År 2020 med teknologisk utvikling og trafikkvekst	År 2020 med teknologisk utvikling men uten trafikkvekst	Prosentvis endring fra 1997 uten trafikkvekst
CO <sub>2</sub>	8,8	9,1	7,5	-15%	9,8	6,9	-22%
NO <sub>x</sub>	59,6	28,8	24,1	-60%	28,1	19,6	-67%
NM <sub>VO</sub> C	56,3	17,4	15,9	-72%	12,8	10,4	-82%
PM <sub>10</sub>	3,7	1,0	0,8	-78%	0,8	0,6	-84%
PM <sub>2,5</sub>	3,5	0,9	0,8	-77%	0,8	0,6	-83%
PAH	0,7	0,4	0,3	-57%	0,4	0,2	-71%
Benzen	1,9	0,3	0,3	-84%	0,2	0,2	-89%

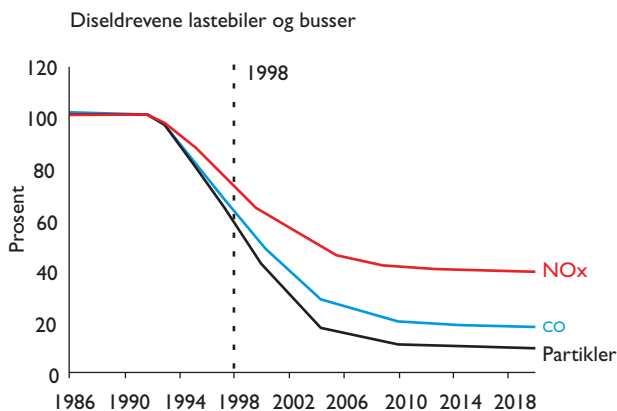
Tabell 22

Beregnet utslipp år 2010 og 2020 fra veitrafikk, med og uten trafikkvekst. Prosenttallene angir forbedring uten trafikkvekst. Utslipp reduksjoner omtrent som EU-kravene. Mengder i tonn. CO<sub>2</sub> i kilotonn. Nærmere forutsetninger er gitt i vedlegg 2.

Kilde: SFT og SSB (1999).



**Figur 70**  
**Utviklingen i utslipp av CO, NO<sub>x</sub>, HC og partikler for gjennomsnittsbilen av alle norske bensindrevne personbiler i norsk bilpark, regnet per kjørte kilometer.**  
 Kilde: NILU (1998).



**Figur 71**  
**Utviklingen i utslipp av CO, NO<sub>x</sub>, HC og partikler for gjennomsnittskjøretøyet av alle dieseldrevne lastebiler og busser, i norsk bilpark, regnet per kjørte kilometer.**  
 Kilde: NILU (1998).

### Forbedringer utover EU-kravene

Teknologisk Institutt [TI, 1998a] mener det er mulig med ytterligere reduksjoner av CO<sub>2</sub> ut over EU-kravene til 120 gram per kilometer for personbil. De antyder at det kan være mulig å komme ned i energiforbruk på 1 MJ/km i 2020, noe som tilsvarer omkring 73 gram CO<sub>2</sub> for både for bensin- og dieselmotorer. Dette vil forutsette videre utvikling av motorteknologi i tillegg til vektreduksjoner i karosseri, motor og drivverk, redusert ytelse, mer effektive pumper, dynamo med mer, regenererende bremsesystemer og en tilnærming mot hybridteknologien. Med andre ord en sterk teknologisk utvikling. I samme rapport slås det fast at disse bilene er så små at de faller utenfor hva man normalt oppfatter som normalbil. De kan vanskelig se at man kan få så lave utslipp uten at det går utover ytelse, komfort og sikkerhet.

For tyngre kjøretøy mener TI (1998a) at den teknologiske utviklingen stort sett vil følge dieselpersonbilene, men at man ikke har samme mulighet til å redusere på vekt og komfort.

Hybridbiler vil kunne føre forbrenningsmotoren videre, noe som er omtalt i kapitlet om ny teknologi kapittel 5.5.

### Flytransport

Teknologisk institutt [TI, 1998a] gjør et anslag om at forbruket av drivstoff per vognkilometer (fløyet kilometer), kan nesten halveres de neste 20 årene, men at potensialet for teknologisk utvikling da er brukt opp. NO<sub>x</sub>- og HC-utslippene regner man med skal gå ned med en firedel.

Støy er et høyt prioritert miljøproblem i forbindelse med flytrafikk, og denne prioriteringen kan komme på bekostning av forbruk og utslipp, mener TI.

Nye flytyper kan gi en forbedring av energieffektivitet på 10 til 25%, avhengig av hvilken flytype som erstattes [COWI, 1999b] (figur 72). Utslipet av NO<sub>x</sub> vil reduseres med opp til 40% [SAS, 1999]. Mange norske fly er skiftet ut de senere årene, og det vil antagelig gå nærmere 25 år til neste store utskifting.

### Togtransport

Elektrisert jernbane er allerede en nullutslippsløsning. Med tanke på det tredje tidsperspektivet, mener TI (1998) det er mulig å redusere elforbruket med 25% frem mot år 2010. Etter det vil antagelig ytterligere forbedringer spises opp av høyere fart. Dieseltogene på Røros- og Nord-Norgebanen kan elektrifiseres, eller bli blant de første hydrogenrevne togene.

### Skipstransport

#### Reduksjon av CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>-utslipp fra innenlands skipstrafikk er med i Norges forpliktelser i Kyotoprotokollen mens utslipp fra internasjonal skipsfart er opp til FNs internasjonale maritime organisasjon (IMO) å regulere. Det er per i dag ikke laget et system for å regulere utslippene.

Det er mulig å redusere utslippene en del gjennom motortekniske inngrep som endring i kompresjonsforhold, drivstoffinnsprøytning og tilførsel av luft. Det er beregnet at dette vil kunne redusere utslippene med mellom 2 og 15 % for en begrenset del av flåten. I tillegg er det rom for enkelte forbedringer ved skrogutforming og propulsjonssystemer. Dette vil redusere utslippene med 5-50% på en del skip og båter [SFT, 2000a].

Totalt vil utslippene reduseres med ca 22 kilotonn i 2010 [SFT, 2000a]. Dette er 3% av utslippene fra innenriks skips- og båttrafikk (inkludert fiske). Tiltakene anses for å være lønnsomme.

Teknologisk institutt regner med at man de neste 30 årene vil kunne redusere utslippene fra nye dieslbåter med 25% [TI, 1998a]. Om man kan vente samme utvikling for skip som bruker tyngre oljer er ikke nevnt.

### Reduksjon av SO<sub>x</sub>

Den vanligste måten å redusere utslippene av svoveloksider (SO<sub>x</sub>) fra mobile kilder, er å rense svovelen ut av drivstoffet. En verdensomspennende avtale om maksimalt svovelinnhold i skipsdrivstoff er nedfelt i IMO-konvensjonen om marin forurensning, MARPOL.

Vedlegg 6 i MARPOL styrer utslipp til luft fra skip. Vedlegget er ennå ikke trådd i kraft, og er foreløpig bare ratifisert av Norge og noen få andre land.

Vedlegg 6 sier at det skal være et tak på 4,5% svovel i drivstoffet. Det finnes også spesialområder der innholdet av svovel ikke skal overstige 1,5%. [IMO, 1998] Både det baltiske hav og Nordsjøen er slike områder. Utslippene fra innenriks skipstransport er inkludert i Norges forpliktelser under Gøteborg-protokollen, mens internasjonal skipsfart ikke er det. Utslippene fra internasjonal skipstrafikk skal reguleres av IMO.

### Reduksjon av NO<sub>x</sub>

Vedlegg 6 i MARPOL styrer også utslippene av NO<sub>x</sub> til luft fra skip. Punkt 13 i vedlegget gjelder NO<sub>x</sub>-utslipp. Det er begrenset til dieselmotorer over 130 kW. Vedlegget har tilbakevirkende kraft, så alle skip som bygges etter 1.1.2000 må bygges etter NO<sub>x</sub>-koden i vedlegget [IMO, 1999].

Det er flere måter å redusere NO<sub>x</sub>-utslippene, både på nye og gamle skip:

#### Humid air motor (HAM)

I en HAM fuktes forbrenningsluften. I fullskalaforsøk hos Viking Line (skipet Marinella), fikk man NO<sub>x</sub>-reduksjoner på minst 70%. Forbruket av drivstoff steg ikke. Man kunne heller ikke finne økt slitasje på motor eller andre problemer. Systemet kan installeres på gamle motorer uten større problemer. Installasjonen tar imidlertid stor plass i båten. [Jansson, 2000]

#### Vann i drivstoffet

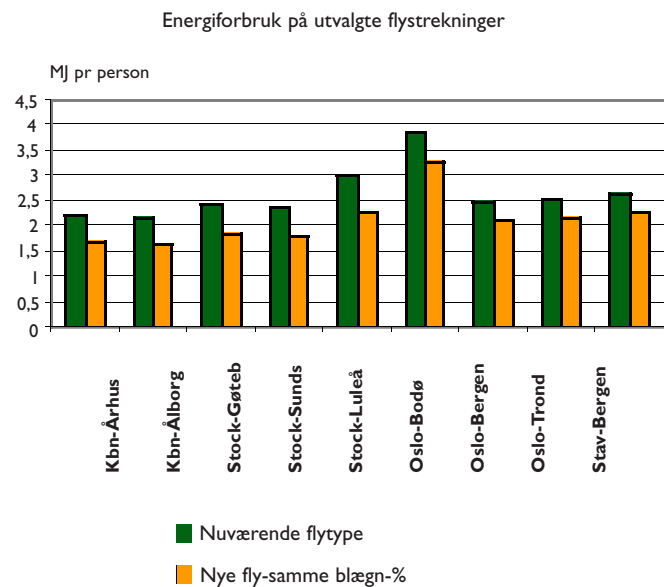
Vannemulsjon reduserer NO<sub>x</sub>-utslippene med 10 til 25%. Tiltaket kan gjennomføres på en begrenset del av fartøyene med nyere motor [SFT, 1999c].

SFT har beregnet at denne teknikken kan redusere utslippene med 2670 tonn. Dette er 3,5% av de anslåtte utslippene fra kystfart og fiskeflåten i 2010. Kostnaden er antatt å være 3 til 6 kr per kg NO<sub>x</sub> [SFT, 1999c].

#### Selektiv katalytisk reduksjon (SCR)

Denne metoden sprøyter ammoniakk (NH<sub>3</sub>) inn i eksosgassen for deretter å få en reaksjon mellom NO<sub>x</sub> og NH<sub>3</sub> i en katalysator. Produktet blir N<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>O. NO<sub>x</sub>-utslippene kan reduseres med minst 90%. Teknologien finnes kommersielt tilgjengelig i dag.

SFT har beregnet at denne teknikken kan redusere utslippene med 18.250 tonn. Dette er 24% av de anslåtte utslippene fra fiskeflåten og kystfart i 2010. Kostnaden er antatt å være 6 til 7 kr per kg NO<sub>x</sub> [SFT, 1999c].



**Figur 72**  
Energiforbruk på utvalgte strekninger med gamle og nye SAS-fly. Samme belegg  
Kilde: COWI, 1999b.

### **Motortekniske tiltak**

Det er ofte også mulig å gjøre motortekniske tiltak som endring av innsprøytingstidspunkt, innsprøytningsmengde, fordeling og trykk, endring av dysespeifikasjoner, ladeluftparametre, kompresjonsforhold og modifikasjon av turbolader.

SFT har beregnet at disse tiltakene kan redusere utslippene med 1238 tonn. Dette er 1,6 % av antatte utslipp fra fiske og kystfart i 2010. Kostnaden er antatt å være 3 til 6 kr per kg NO<sub>x</sub> [SFT, 1999c].

### **Annen effektivisering**

Dette er en samlepost for ulike NO<sub>x</sub>-tiltak, blant annet gjennom reduksjon i drivstofforbruket. Her er blant annet nytt propulsjonssystem og endret skrogutforming med, som stort sett er lønnsomme tiltak.

SFT har beregnet at denne teknikken kan redusere utslippene med 2330 tonn. Dette er 3 % av antatte utslipp fra fiske og kystfart i 2010. Tiltakene gir 3 til 12 kroner i sparte utgifter for hver kg NO<sub>x</sub> som reduseres. [SFT, 1999c].

## **5.5 Alternative motorteknologier og drivstoff**

Vi har sett ovenfor at selv om teknologisk utvikling supplerert med overgang til kollektivtransport, utslippseffektive godstransportmidler og reduksjon av transportbehovet kan redusere utslippet av tradisjonelt forurensende gasser, klarer vi ikke å redusere CO<sub>2</sub> utslippene ned mot målsetningen. Vi står nå igjen med muligheten for å basere oss på annet brennstoff og/eller motorteknologi.

Praktisk talt alt karbon i drivstoffet vil omdannes til CO<sub>2</sub> i forbrenningsprosessen uansett hvilket drivstoff eller motorteknologi vi benytter. I motsetning til de fleste andre forurensende stoffene i eksosen, er det ikke mulig å rense seg bort fra CO<sub>2</sub>. Skal CO<sub>2</sub>-utslippene reduseres, har vi i praksis tre muligheter:

- benytte motorteknologi som har en høy virkningsgrad (eks elmotoren, hybridløsninger),
- benytte drivstoff med lite karbon i forhold til energiinnhold (eks hydrogen, naturgass)
- benytte drivstoff med nøytralt karbon, det vil si biodrivstoff (eks RME, etanol)

Etter en samlet vurdering er det direkte elektriske løsninger (batteri, kjøleledning) og hydrogen som er de beste alternativene. Disse gir hverken utslipp av CO<sub>2</sub> eller andre avgasser og vil derfor kunne eliminere utslipp til luft av skadelige gasser fra eksos.

### **5.5.1. Mulige teknologier og drivstoffer**

Nedenfor omtales først de enkelte alternativene og deretter gjennomgås mulighetene for de enkelte fremkomstmiddeltypene. Det meste av dette kapitlet er bygget på TI (1998).

#### **Ottomotoren**

Ottomotoren (bensinmotoren) drives vanligvis med bensin, men det finnes andre alternativer..

#### **LPG**

LPG (Liquid Petroleum Gas) er en blanding av propan og butan og kan ved moderat kompresjon lagres som væske. [TI, 1998a].

## CNG og LNG

CNG (Compressed Natural Gas) er naturgass (hovedsakelig metan) som er komprimert i trykktank. Dersom vi kjøler CNG ned til den blir flytende har vi LNG (Liquified Natural Gas) [TI, 1998a].

## Alkoholer

Metanol (tresprit) og etanol (sprit) er de aktuelle alkoholene. Alkoholene kan fremstilles av organisk-biologisk materiale, og man vil på den måten ikke få nettoutslipp av CO<sub>2</sub>. Alkoholer kan også fremstilles av naturgass, men vil da gi nettoutslipp av CO<sub>2</sub> [TI, 1998a].

## Hydrogen

Hydrogen vil være lagret som gass, væske eller i et fast stoff. Når hydrogenet forbrennes i motoren, får man noe utslipp av NO<sub>x</sub>, men ikke utslipp av CO<sub>2</sub> fordi drivstoffet ikke inneholder karbon.

## **Dieselmotoren**

Dieselmotoren drives vanligvis med diesel. Drivstoffet selv antenner ved høyt trykk.

## DME

DME (Di-Metyl-Eter) er egentlig en drivgass til spraybokser som man fant ut at kunne erstatte diesel. Drivstoffet er en væske med moderat trykk [TI, 1998a].

## Biodiesel

Biodiesel fremstilles fra planteoljer, fettavfall og annet organisk avfall. Siden den ikke fremstilles av fossile drivstoffer, vil vi heller ikke få utslipp av CO<sub>2</sub>. Det er imidlertid energikrevende å fremstille biodieselen. Dersom biodieselen fremstilles som et biprodukt, blir energiregnskapet bedre.

Biodiesel fra ryps (RME) anses som det mest relevante alternativet i Norge per i dag. Produksjonen av RME krever store arealer; RME vil kunne erstatte maksimalt 2-3% av dagens dieselforbruk [TI, 1998a; TI, 1995]. Men det er også på trappene andre måter å fremstille biodiesel, blant annet fra fiskeavfall. Potensialet kan i såfall økes.

## **Elmotoren**

Den elektriske motoren må ha strøm. Strømmen kommer vanligvis fra kjøreledning eller batterier, men det finnes alternativer.

Elmotorens styrke er den høye virkningsgraden, at den er forurensningsfri og at den i tillegg er støysvak.

## Kjøreledning / strømskinne

Dette er den tradisjonelle måten å skaffe strøm til elektriske tog og andre skinnegående fremkomstmidler. Ulempen med kjøreledningen er at man er nødt til å følge en bestemt trasé.

## Batterier

Batterier er den tradisjonelle måten å lagre energi i elbiler. Bilene har høy virkningsgrad og ingen eksosutslipp. Største ulempen med batterier er at de hittil har gitt bilen en kort rekkevidde og/eller kraft. I tillegg har man ennå ikke funnet noen måte å lade opp batteriene like fort som man kan fylle bensin. Det ligger imidlertid et utviklingspotensiale her.

### **Brenselcelle**

En brenselcelle kan utvinne elektrisk energi fra hydrogen uten forbrenning. Dette gir høy virkningsgrad. Det eneste eksosutslippet man får, er vanddamp. Dette forutsetter at hydrogenet er fremstilt ved hjelp av fornybare energikilder eller naturgass med CO<sub>2</sub>-rensing. Rekkevidden er bare begrenset av tankens størrelse.

Det er ennå problemer med å lagre hydrogenet i kjøretøyene. En mulighet for å omgå dette problemet er å ha en tank med bensin og reformere denne til hydrogen som så brukes i brenselcellen. Ulempen med dette er at man får liten CO<sub>2</sub>-gevinst. Det er også mulig å benytte metanol, men dette anser vi som lite aktuelt på grunn av kostnadene til å bygge opp infrastruktur (fyllestasjoner med mer) som kun kan brukes frem til hydrogen overtar:

### **Forbrenningsmotor (hybrid)**

Det finnes flere varianter av hybridbilen, men alle inkluderer i dag en forbrenningsmotor og en elmotor.

En variant er å la forbrenningsmotoren virke som en generator som skaffer strøm til elmotoren (seriehybrid). Andre ytterkant er å velge mellom drift ved hjelp av forbrenningsmotor eller elmotor og batterier (parallellhybrid). Elmotoren kan da brukes ved bykjøring.

Tidens mest solgte hybridbil, Toyota Prius, kombinerer begge løsningene. Forbrenningsmotoren brukes både til å lade batteriene og til fremdrift, mens elmotoren brukes ved akselerasjoner, i startfasen med mer. Forbrenningsmotoren kan på denne måten få gå med et jevnere turtall, noe som er mer effektivt.

### **Jetmotoren**

Jetmotoren brukes i fly og går i dag på flyparafin.

### **LNG**

LNG er aktuelt å bruke til flymotorer. Siden omgivelsestemperaturen til et fly i marsjhøyde er lav, er det lettere å holde gassen flytende enn det er på landjorden.

### **Hydrogen**

Ved bruk av hydrogen får vi utslipp av NO<sub>x</sub> og vann. Dette er gasser som er uheldig å slippe ut i høyere luftlag. Vi får på den annen side ingen CO<sub>2</sub>-utslipp slik som for bensin og LNG.

## **5.5.2 Potensiale for utslippsreduksjon**

I dette kapitlet ser vi på hvor store utslippsreduksjoner de ulike teknologiene kan gi oss for ulike transportmidler.

### **Veitrafikk**

Teknologisk institutt (TI) har gjort beregninger av utslippene fra ulike teknologier både i dag og i 2020. Det er lagt opp til to scenarier for 2020: "2020 minus" angir et scenario der avgasskravene ikke skjerpes utover det som er vedtatt og rammebetingelsene ellers holdes konstante. "2020 pluss" angir et scenario der teknologipotensialet utnyttes fullt ut.

Tallene i tabellene 23 og 24 er sikrest for personbil, mens usikkerheten gradvis øker for buss, tog, båt og fly. Tallene er også sikre for bensin og diesel, mens de er relativt gode for metanol, RME, LPG, CNG, elektrisitet, hybrid og hydrogen-brenselcelle. Usikkerhet er størst for DME og metanol-brenselcelle.

Usikkerheten øker også med fremskrivningstiden.

## Personbil

Av tabell 23 fremgår det at det fremdeles er et utviklingspotensiale i de tradisjonelle motorteknologiene, det vil si bensin og dieselmotoren. Imidlertid ligger EUs ønske om de såkalte 3-litersbilene (3 liter bensin/ 10 mil) til grunn for plusscenariet. Dette vil være biler som har redusert ytelse, komfort og sikkerhet [TI, 1998a]. Skal man lage en slik bil må man trolig bruke hybridteknologi (denne løsningen regner vi som en ny teknologi og har gitt den et eget punkt tabellen). Det er derfor mest sannsynlig at det er minus-scenariet som vil følges for den tradisjonelle bilen med forbrenningsmotor. Av de tradisjonelle drivstoffene er diesel er bedre enn bensin ved at det gir lavere CO<sub>2</sub>-utslipp. På den annen side gir den høyere utslipp av NO<sub>x</sub> og partikler.

Drivstoffene med lettere hydrokarboner (metanol, LPG, CNG, DME) inneholder mer

	Energiforbruk			CO <sub>2</sub> utslipp fra forbrenning			CO <sub>2</sub> utslipp fra forbr. og produksjon		
	1998	2020 minus	2020 pluss	1998	2020 minus	2020 pluss	1998	2020 minus	2020 pluss
<b>Ottomotor:</b>									
-Bensin	1,00	0,61	0,32	1,00	0,59	0,32	1,23	0,73	0,36
-Metanol (forbrenning)	1,13	0,68	0,35	1,18	0,73	0,36	1,68	1,00	0,50
-LPG	0,90	0,55	0,28	0,82	0,50	0,27	0,91	0,55	0,27
-CNG	1,00	0,90	0,74	0,82	0,73	0,59	0,91	0,82	0,68
-Hydrogen (forbrenning)	-	-	-	0	0	0	0,00	0,00	0,00
<b>Dieselmotor:</b>									
-Diesel	0,74	0,45	0,32	0,77	0,45	0,32	0,86	0,50	0,36
-DME	0,68	0,39	0,29	0,64	0,36	0,27	0,73	0,45	0,32
-RME (biodiesel)	0,74	0,45	0,35	0	0	0	0,64	0,36	0,23
<b>Elmotor:</b>									
-Batterier	0,31	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0
-Hydrogen (brenselcelle)		0,31	0,31		0	0	0,00	0,01	0,01
-Metanol (brenselcelle)		0,74	0,74		0,77	0,77	0,00	1,09	1,05
-Hybrid	0,52	0,30	0,25	0,50	0,32	0,27	0,64	0,36	0,32

	NO <sub>x</sub> utslipp			HC utslipp			PM10 utslipp		
	1998	2020 minus	2020 pluss	1998	2020 minus	2020 pluss	1998	2020 minus	2020 pluss
<b>Ottomotor:</b>									
-Bensin	1,00	0,51	0,15	1,00	0,51	0,25	1,00	0,76	0,30
-Metanol (forbrenning)	0,25	0,20	0,04	1,11	0,50	0,50	-	-	-
-LPG	0,86	0,51	0,12	0,83	0,41	0,21	1,06	0,85	0,67
-CNG	0,50	0,41	0,32	0,22	0,18	0,14	0,74	0,59	0,48
-Hydrogen (forbrenning)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Dieselmotor:</b>									
-Diesel	2,86	1,36	0,64	0,44	0,27	0,21	8,33	2,41	0,74
-DME	0,93	0,79	0,57	0,14	0,11	0,09	0,74	0,59	0,48
-RME (biodiesel)	3,71	1,57	0,79	0,02	0,01	0,01	8,33	2,41	0,74
<b>Elmotor:</b>									
-Batterier	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-Hydrogen (brenselcelle)		0	0		0	0		0	0
-Metanol (brenselcelle)		0,13	0,11		0,10	0,09		0,05	0,04
-Hybrid	0,51	0,25	0,08	1,00	0,50	0,28	0,50	0,37	0,15

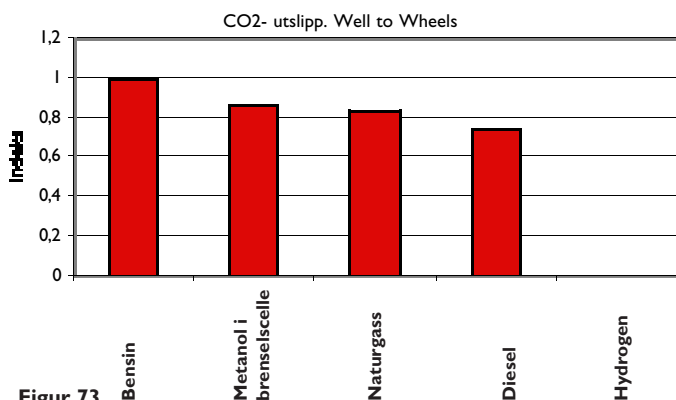
energi per karbonatom og dermed per mengde CO<sub>2</sub>-utslipp. Imidlertid betyr ikke dette automatisk lavere CO<sub>2</sub>-utslipp; utslippene avhenger av motorteknologi i tillegg til drivstoffet.

Av drivstoffene med lettere hydrokarboner ser vi at metanol til forbrenningsmotor har noe høyere CO<sub>2</sub>-utslipp enn bensin, men vesentlig lavere NO<sub>x</sub> og partikkelutslipp. Dersom metanolen fremstilles av organisk-biologisk materiale, kan utslippene av CO<sub>2</sub> elimineres. Det mest sannsynlige er imidlertid fremstilling fra naturgass. Dette er en prosess som i seg selv gir store CO<sub>2</sub>-utslipp.

**Tabell 23**

**Tabellen viser utslipp og forbruk til ulike drivstoff i personbiler. Alle tall er relative til bensin i dag. Tallene for forbrennings- og produksjonsutslipp av CO<sub>2</sub> er relative til CO<sub>2</sub> utslipp fra forbrenning av bensin. "2020 minus" angir et scenarium der avgasskravene ikke skjerpes utover det som er vedtatt og rammebetingelsene ellers holdes konstante. "2020 pluss" angir et scenarium der teknologipotensialet utnyttes fullt ut.**

(Kilde for tallene er TI (1998a), men tabellen er bygget opp på nytt av oss)



**Figur 73** Bensin Metanol i brenselcelle Naturgass Diesel Hydrogen  
**CO<sub>2</sub>-utslipp fra bil med ulikt drivstoff. Inkluderer både utslipp fra drivstoffproduksjon og utslipp fra kjøretøy. Hydrogen produsert fornybart.**

(Kilde unntatt hydrogen: Ford, 2001)

Av LPG og CNG bruk i personbiler er CNG det beste. Begge har lavere utslipp enn for bensin med dagens teknologi. Unntaket er partikler der LPG har et høyere utslipp enn bensin.

DME er et drivstoff med lave CO<sub>2</sub>- og partikkelutslipp. NO<sub>x</sub>-utslippene er noe større enn for bensin.

Hydrogen inneholder ikke karbon, og det vil derfor ikke dannes CO<sub>2</sub>. Forutsetningen er at hydrogenet produseres uten utslipp. NO<sub>x</sub> vil bli dannet i mindre mengder dersom hydrogen brukes i forbrenningsmotor.

RME (biodiesel) er utvunnet fra planter og gir derfor ingen netto CO<sub>2</sub>-utslipp. Produksjonen kan imidlertid gi utslipp dersom det brukes fossilt karbon. Både partikkel- og NO<sub>x</sub>-utslippene er høye, men det diskuteres om partiklene er mindre farlige enn de som kommer fra vanlig diesel.

Batterier er den mest energieffektive måten å drive en bil. Bilen vil også være helt utslippsfri, og strøm kan produseres fra nullutslippskilder. I tallene i tabellen er energi til varmeapparat også tatt med.

Hydrogen til brenselcelle er også en utslippsfri løsning, men noe mindre effektiv enn batterier. Fordelen med brenselceller er at bilen kan bære med seg mer energi enn det en batteribil kan.

Brenselcelle med metanol har lave utslipp av alle stoffer unntatt CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> utslippet er imidlertid så stort at bensin og diesel vil kunne gi lavere utslipp i fremtiden i følge kilden [TI, 1998a] (se også figur 73).

Hybridbilen har lave utslipp av alle stoffer bortsett fra for hydrokarboner. Dette kommer av at forbrenningsmotoren stenges av enkelte ganger under kjøreturen og at man derfor får gjentatte startutslipp.

Hydrogen peker seg ut blant de alternative drivstoffene. Dette drivstoffet gir ingen utslipp ved bruk i en brenselcelle, og kun lave utslipp ved forbrenning. Brukes det i brenselcelle gir det også en energieffektiv bil, selv om batteribilen vil være bedre. Til gjengjeld kan hydrogenbilen bære med seg nok energi til at den også kan drive varmeapparat, aircondition osv. Hydrogenbilen er det konseptet de fleste bilfabrikanterne har valgt å satse på.

Batteribilen er som sagt energieffektiv, men batterikapasiteten vil lenge være et problem. Derimot kan vi tenke oss ulike hybridløsninger med batterier, for eksempel batterier og brenselceller. Hvor stor utbredelse dette vil få, avhenger av prisen på teknologien.

Hybridbilene er også en biltype med lave utslipp og den er like anvendelig som hydrogenbilen. Hybridbilen vil være et stort skritt i riktig retning, men vil ikke alene kunne ta oss helt til mål med tanke på CO<sub>2</sub>. Man vil heller ikke kunne produsere fornybart drivstoff til hele bilparken.

Konklusjonen vår er bygget på kun en kilde (TI, 1998). Dette gir rom for usikkerhet omkring tallene i tabell 23. Allikevel mener vi konklusjonen gir seg så klart at det er rom for et usikkert kildemateriale. Skal man redusere CO<sub>2</sub>-utslippene med 90% og i tillegg motvirke trafikkveksten, gir det seg nesten selv at potensialet for forbedringer av eksisterende teknologi/drivstoff kommer til kort, og man derfor må benytte et karbon-fritt eller –nøytralt drivstoff.

### Busser (og lastebiler)

Tallene i tabell 24 gjelder for busser, men siden det er få prinsipielle forskjeller mellom busser og lastebiler, har tallene også relevans for lastebiler [TI, 1998a]. Forskjellene i utslipp mellom de ulike drivstoffene vil være mye det samme som for personbil. Vi nevner derfor bare forskjellene.

Det er fortsatt et potensiale for å forbedre dieselmotoren. Grunnen til at potensialet ikke er like stort som for personbiler, er at det er lite å aktuelt redusere vekt og komfort slik man kan gjøre med personbilene [TI, 1998a]. Bensen brukes i liten grad for tyngre kjøretøy.

CNG brukes som drivstoff på en del busser i Bergen. Den største fremtidige gevinsten med CNG er de lave utslippene av partikler. CO<sub>2</sub>-utslippene er nesten like høye som for diesel.

Tallene for batteribussen er usikre. Teknologien kan egne seg sammen med kjøreledning. Dette gjør at bussen ikke vil være bundet til traséen kjøreledningen gir.

Batterier peker seg også ut her med nullutslipp og lavest energiforbruk. Til rene bybusser kan også trolleybussen være et godt alternativ. Hydrogen er en annen nullutslippsløsning. Den har et høyere energiforbruk enn batteriløsningen, mens fordelene er som for personbilene. Hybridløsningene er mer energieffektive enn hydrogenløsningen, men vil bare halvere CO<sub>2</sub>-utslippene. Hydrogen peker seg ut som det beste alternativet generelt sett.

	Energiforbruk			CO <sub>2</sub> -utslipp fra forbrenning			CO <sub>2</sub> -utslipp fra forbr. og produksjon		
	1998	2020 minus	2020 pluss	1998	2020 minus	2020 pluss	1998	2020 minus	2020 pluss
<b>Forbrenningsmotor:</b>									
-Diesel	1.00	0.83	0.63	1.00	0.87	0.64	1.14	0.98	0.71
-Metanol (forbrenning)	0.83	0.75	0.55	0.89	0.76	0.56	1.28	1.07	0.77
-LPG	1.17	1.00	0.75	1.05	0.91	0.67	1.16	0.99	0.72
-CNG	1.17	1.00	0.74	0.93	0.80	0.60	1.02	0.87	0.64
-Hydrogen (forbrenning)	?	?	?	?	?	?	?	?	?
-DME	0.92	0.77	0.57	0.83	0.71	0.53	0.97	0.82	0.60
-RME (biodiesel)	1.00	0.83	0.64	0	0	0	0.85	0.68	0.44
<b>Elmotor:</b>									
-Batterier	0.42	0.36	0.27	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00
-Hydrogen (brenselcelle)	0.00	0.56	0.48	-	0.00	0.00	-	0.01	0.01
-Metanol (brenselcelle)	0.00	1.00	0.83	-	?	?	-	?	?
-Hybrid	0.00	0.48	0.42	-	0.48	0.41	-	0.57	0.48

	NOx-utslipp			HC-utslipp			PM10-utslipp		
	1998	2020 minus	2020 pluss	1998	2020 minus	2020 pluss	1998	2020 minus	2020 pluss
<b>Forbrenningsmotor:</b>									
-Diesel	1.00	0.48	0.23	1.00	0.60	0.47	1.00	0.30	0.09
-Metanol (forbrenning)	0.63	0.29	0.14	0.22	0.12	0.11	0.23	0.12	0.12
-LPG	0.38	0.33	0.15	1.09	0.55	0.44	0.29	0.25	0.19
-CNG	0.49	0.43	0.31	3.64	3.09	2.36	0.05	0.05	0.03
-Hydrogen (forbrenning)	?	?	?	?	?	?	?	?	?
-DME	0.66	0.58	0.43	0.22	0.18	0.15	0.05	0.05	0.03
-RME (biodiesel)	1.25	0.63	0.29	0.04	0.02	0.02	1.00	0.30	0.09
<b>Elmotor:</b>									
-Batterier	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-Hydrogen (brenselcelle)	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	0.00	0.00
-Metanol (brenselcelle)	0.00	0.05	0.04	-	0.24	0.20	-	0.01	0.01
-Hybrid	0.00	0.30	0.13	-	0.60	0.60	-	0.26	0.06

## Tog

Togene i Norge drives for det meste med elektrisitet fra kjøreledning, noe som er en ren og effektiv teknologi.

Dieseltogene kan erstattes med tog som går på CNG. Dette vil gi vesentlig lavere partikkel- og NOx utslipp, men ingen reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslippene [TI, 1998a].

I Sverige gjøres det studier på å bruke hydrogen i brenselcelle, noe som vil gi et forurensningsfritt tog under samme forutsetninger som er gjort for bil og buss.

**Tabell 24**

**Tabellen viser utslipp og forbruk til ulike drivstoff i busser. Alle tall er relative til diesel i dag. Tallene for forbrennings- og produksjonsutslipp av CO<sub>2</sub> er relative til CO<sub>2</sub> utslipp fra forbrenning av diesel. 2020- angir et scenarium der avgasskravene ikke skjerpes utover det som er vedtatt og rammebetingelsene ellers holdes konstante. 2020+ angir et scenarium der teknologipotensialet utnyttes fullt ut.**

(Kilde for tallene er TI (1998a), men tabellen er bygget opp på nytt av oss)

### **Skip og båter**

Skip og båter drives i dag med diesel, råolje eller spesialdestilat. Et alternativ er CNG. Denne vil redusere NO<sub>x</sub>- og partikkelutslippene vesentlig [T1, 1998a]. CO<sub>2</sub>-utslippene kan reduseres med 25% på skip fordi store motorer utnytter energien i gassen effektivt [Pers. medd. Marintek, 2000]. Også svovelutslippene vil gå vesentlig ned, avhengig av hvilket drivstoff gassen erstatter.

I det siste er det også satt i gang forsøk med hydrogen og brenselceller i båt. Blant annet planlegger Island å konvertere fiskeflåten til hydrogen. Dette vil gi skip og båter som er helt utslippsfrie.

### **Fly**

LNG har vært forsøkt som et alternativ til flyparafin. Dette reduserer utslippene av hydrokarboner, men hverken NO<sub>x</sub>- eller CO<sub>2</sub>-utslippene [T1, 1998a].

Både Airbus og Boeing ser på muligheten for å bygge hydrogenfly med jetturbiner [Airbus, 1996]. Disse vil ikke danne CO<sub>2</sub>, men vann og noe NO<sub>x</sub>. Det er usikkert hvor stort bidrag vann gir til drivhuseffekten når det slippes ut i høyere luftlag.

Det har også vært drevet forsøk med å blande inn biodrivstoffer i flybensinen, som da vil gjøre den mer karbonnøytral [T1, 1998a].

## **5.6 Hydrogen og elektrisitet gir nullutslipp**

### **Problemet**

Klimagassen CO<sub>2</sub> er vanskelig å redusere fordi den ikke kan renses ut av eksosen slik som de andre avgassene. Vi valgte derfor å ha spesiell fokus på denne gassen under analysen.

Dagens situasjon er at CO<sub>2</sub>-utslippene øker på grunn av trafikkvekst. På sikt vil sannsynligvis veksten avta i Norge, mens den vil øke kraftig i u-landene.

### **Mulige løsninger**

Tiltak som kan gi reduksjoner kan inndeles i fem grupper:

- redusert transportomfang
- persontransport på mer utslippseffektive transportmidler (kollektiv).
- godstransport på mer utslippseffektive lastbærere (skip og jernbane)
- forbedring av eksisterende teknologi og drivstoff
- ny teknologi og drivstoff

I de tre første gruppene må adferd forandres. Det finnes her en rekke tiltak som kan redusere utslippene noen prosent hver, men dersom utslippene skal reduseres drastisk, er reduksjonspotensialet i disse tiltakene alene for lite.

Tiltakene bør allikevel iverksettes for å løse andre problemer slik som energibruk, ressursbruk, veikapasitetsproblemer og kortsiktig reduksjon av forurensninger. Problemene de løser, er problemer der hydrogen og elektrisitet har begrenset potensiale (eks energi, støy) eller er uten innvirkning (f.eks arealbruk).

Den fjerde gruppen (forbedring av dagens teknologi) har allerede vist seg å ha gitt gode resultater innen veisektoren når det gjelder alle andre forurensningskomponenter enn CO<sub>2</sub>. For CO<sub>2</sub> kan man såvidt klare å kompensere for trafikkveksten nasjonalt. Når det gjelder de andre transportmidlene, har det ikke vært stilt krav i samme grad, og utviklingen har derfor ikke gått like fort.

Det er potensiale for utslippsreduksjoner i ny teknologi som bruker karbonholdig drivstoff. Hybridteknologien har kommet langt og er en drivstofføkonomisk løsning. I tillegg vil bruk av CNG eller DME kunne gi en viss forbedring ved bruk av optimal teknologi.

Likevel er reduksjonspotensialet for lite til at det monner i forhold til reduksjon av CO<sub>2</sub>, i tillegg til å skulle utjevne trafikkveksten. Riktignok er det mulig å nå langt ved å gjennomføre mange av tiltakene, men for å oppnå solide resultater kreves stor vilje og harde virkemidler. Per i dag er det trender som heller ser ut til å øke utlippene enn redusere de, for eksempel motstanden mot de drivstoffavgiftene vi allerede har, biler utstyres med stadig mer energikrevende utstyr, fly benyttes i stadig større grad og drivstoffkrevende hurtigskip tas i bruk.

### **Karbonet må ut av drivstoffet**

Den eneste løsningen som virkelig hjelper er å benytte karbonfritt (eller –nøytralt) drivstoff. Så lenge drivstoffet ikke inneholder karbon, vil det heller ikke dannes CO<sub>2</sub>. Vi har i dag to aktuelle karbonfrie drivstofftyper: elektrisitet (batterier) og hydrogen. Forutsatt at man benytter hydrogenet i brenselceller, vil man heller ikke ha utslipp av andre skadelige avgasser.

Hydrogen har den fordel at man ikke trenger ladetid, mens elektrisitet er mer energieffektivt. Siden det ikke ser ut til å være noen batterirevolusjon på gang, vil trolig hydrogen være løsningen som finner størst utbredelse. Det er også denne løsningen det ser ut til at en samlet bilbransje går for og investerer milliardbeløp for å utvikle. De andre transportgrenene forsker også på bruk av hydrogen selv om de ikke er kommet like langt. I tillegg til å gi null-utslipp, vil både hydrogen og elektrisitet kunne fremstilles fornybart. Dette er en mulighet de andre løsningene har i liten grad.

Nå er null-utslippsteknologi langt fra ukjent for nordmenn. Vi har lenge hatt elektrifiserte skinnegående kjøretøy som tog, trikk og T-bane. Med hydrogen kan også de andre transportmidlene bli utslippsfrie, uten å måtte benytte kjøreledning.

Men det hjelper lite at det ikke er utslipp fra bilen dersom det er store utslipp ved produksjon av hydrogenet. I motsetning til hva mange tror, finnes det både kortsiktige og langsiktige løsninger som sikrer forurensningsfri produksjon av hydrogen i store mengder til en rimelig pris. Dette er nærmere beskrevet i neste kapittel som handler om hydrogen som drivstoff.

### **Usikkerhet**

Mange av beregningene over bygger kun på en kilde. Dette gir usikkerhet, og særlig gjelder dette kapitlet om ny teknologi (kapittel 5.5) der det meste av materialet er bygget på TI (1998).

Videre er anslagene over reduksjonspotensialene bygget på noe ulik grad av optimisme, noe som gjør at potensialene ikke er helt sammenliknbare.

Denne usikkerheten har imidlertid liten innvirkning på konklusjonen. Skal CO<sub>2</sub>-utslippene reduseres med 90% samtidig som fremtidig trafikkvekst skal oppveies, vil ikke andre løsninger enn karbonfritt drivstoff føre oss til målet. Dette gjelder selv om vi skulle ha gjort noen pessimistiske anslag over deres reduksjonspotensialer overfor, på grunn av feil i kildene.

## Kap 6 Hydrogen gir nullutslipp

Hydrogen er det grunnstoffet det finnes mest av i universet. På jorden er enorme mengder hydrogen bundet til oksygen i form av vann. Hydrogen finnes også i organisk materiale. Hydrogenet som benyttes i en motor, vil reagere med oksygenet i lufta og danne vann. Hydrogenet som brukes som drivstoff vil dermed inngå i et evig kretsløp. Det er ikke noe problem å skaffe all den hydrogen vi måtte ønske, men hydrogenet må produseres, fraktes og lagres på en sikker og økologisk og økonomisk effektiv (økoeffektiv) måte. Nedenfor vil de viktigste aspektene knyttet til produksjon, lagring og bruk tas opp. For ytterligere informasjon om Hydrogen som energibærer, se Bellonas rapport om hydrogen [Bellona, 2001 in prep.]

### 6.1 Produksjon av hydrogen basert på fossile energikilder

Av verdens hydrogenproduksjon på omlag 45 mill. tonn per år kommer over 90 % fra fossile råstoff. De største produsentene av hydrogen er kunstgjødsel- og petroleumsindustrien, med henholdsvis 47 % og 37 % (1993). Salget av hydrogen har økt med 6 % årlig de siste fem årene. Dette har nær sammenheng med økt forbruk av hydrogen i raffinerier som følge av strengere krav til drivstoffkvalitet (dvs at det stadig tilsettes mer hydrogen i drivstoffet for blant annet å redusere utslippene ved forbrenning). Denne utviklingen forventes å akselerere. Det er i tillegg antatt at en i de neste fem årene vil se en dramatisk økning av lokal småskalaproduksjon av hydrogen, etter hvert som brenselcelleteknologien introduseres på massemarkedet [Heydorn, 1998].

Ulike hydrokarbonforbindelser har ulikt innhold av hydrogen. Naturgass har for eksempel mer enn fire ganger høyere andel hydrogen i forhold til karbon enn kull. Hydrogen kan framstilles fra en rekke forskjellige hydrokarbonforbindelser med forskjellige teknikker. De fleste teknikkene går sterkt forenklet ut på å varme opp råstoffet og/eller vanddamp som så blir tilført råstoffet. I reaksjonen som oppstår, spaltes både vannmolekylet og råstoffet, og en får dannet hydrogen, CO og CO<sub>2</sub>. Hydrogenet man sitter igjen med kommer med andre ord både fra vanddampen og hydrokarbonforbindelsen [Bellona, 1999a].

Enkelte mener at dersom ikke hydrogenet er fremstilt fornybart, er vitsen med å bruke hydrogen som drivstoff nærmest borte. Dette er etter Bellonas syn ikke tilfelle. For det første er det mulig å produsere hydrogen ved hjelp av fossile kilder og deponere CO<sub>2</sub>-gassen. På denne måten vil drivstoffet være produsert tilnærmet uten utslipp. Hydrogen framstilt uten miljøskadelige utslipp kan bli en stor eksportartikkel for Norge, og representerer en fornuftig foredling av våre naturressurser. Det er viktig at landet ikke lar de mulighetene som ligger her gå tapt.

Selv om produksjonen av hydrogenet skulle foregå med utslipp, er det et mål i seg selv å fjerne alle de små lokale utslippene (transportmidler) og samle de i enkelte punktutslipp (produksjonsanlegg for hydrogen/energi). Et transportmiddel med konvensjonelt drivstoff vil kjøre med samme utslipp og energiforbruk hele motorens levetid. Transportmidler med hydrogen vil derimot ha rent drivstoff fra den dagen man er i stand til å basere hydrogenproduksjonen på fornybar energi (eller kraftverk med CO<sub>2</sub>-deponering).

### 6.2 Hydrogenproduksjon fra fornybar energi

I Norge er 99,5% av strømproduksjonen basert på fornybar energi. Hydrogen framstilt på en drivstoffstasjon ved vannelektrolyse, vil kunne selges billigere enn bensin [Ford, 1998].

Ved å framstille hydrogen ved strømnnett-drevet elektrolyse kan en i Norge bygge ut en fornybar drivstoffinfrastruktur basert på norsk kompetanse. Det vil være mer

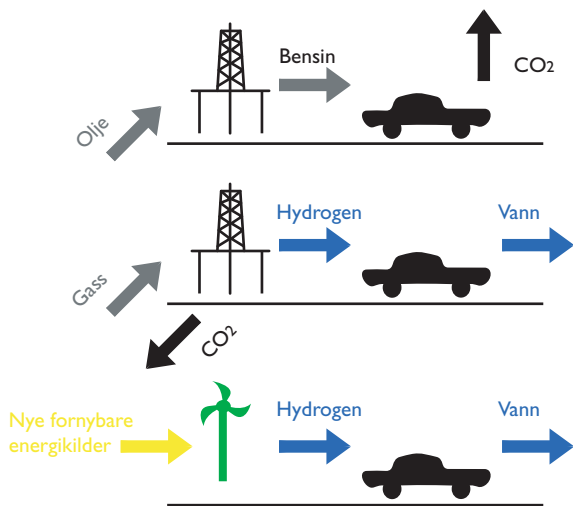
framtidsrettet og dermed også på lang sikt billigere enn å bygge opp en midlertidig metanolinfrastruktur [Bellona, 1999a], som en del kjemper for å få på plass i dag.

Fornybar energi kan brukes til å spalte vann til hydrogen og oksygen. Vannelektrolyse er en gammel industriell prosess med lange tradisjoner i Norge. Slike apparater (elektrolysører) er handelsvare.

I stedet for å konvertere sollys til elektrisitet og så bruke en elektrolysør til å produsere hydrogen fra vann, er det mulig å kombinere disse to funksjonene. Den fotovoltaiske cellen kombineres da med en katalysator som fungerer som elektrolysør og spalter hydrogen og oksygen direkte fra overflaten av cellen. Dette kan bli en fullt ut kommersiell måte å produsere hydrogen på. Bruk av slike solceller skal kunne redusere kostnadene ved fotolytisk hydrogenproduksjon til en fjerdedel sammenlignet med fotovoltaiske paneler og elektrolyse og kan gi økt systemeffektivitet [Hydrogen & Fuel Cell Letter June, 1998] [Turner, 1999]. Utendørstester med silisiumbaserte celler har gitt en effektivitet på 7,8 %. Det arbeides med å øke virkningsgraden og holdbarheten [DOE, 2000].

Biologisk spaltning av vann til hydrogen og oksygen er det første steget i fotosyntesen. Denne prosessen er grunnlaget for alt liv på jorda. Det arbeides med å utvikle en teknikk som gjør at man kan utnytte dette også til industriell hydrogenproduksjon. I de siste årene har man oppnådd lovende resultater på området [DOE, 2000].

Hydrogen kan også produseres ved termisk gassifisering av biomasse som skogsavfall, halm, husholdningsavfall og kloakkslam. Innholdet av hydrogen i biomasse er omlag 6-6,5% sammenlignet med omlag 25% for naturgass. Hydrogenproduksjon fra biomasse har potensiale til å kunne konkurrere prismessig med hydrogen fra naturgass [PYNE, 8/1999].



**Figur 76: Hydrogen fra naturgass med CO2-deponering, vil være en bro over til det fornybare samfunnet som bygges opp parallelt. Figur: Bellona.**

### 6.3 Lagring av hydrogen

For at hydrogen skal kunne anvendes i kjøretøy, må det kunne lagres sikkerhetsmessig forsvarlig og i tilstrekkelige mengder. Hydrogen ( $H_2$ ) består av små molekyler og er relativt reaktivt, og det er derfor ikke umiddelbart enkelt å lagre hydrogen til bruk i transportsektoren.

Som vist i tabell 24b nedenfor er det mange måter å lagre hydrogen på, med ulike volum og vekt. Hydrogen kan lagres komprimert i trykkbeholdere ved 200 – 400 bar, eller flytende i termotanker med en temperatur lavere enn minus 253°C. Disse

	Masse (kg)	Volum (liter)
Komprimert hydrogen (350 bar)	50	330
Flytende hydrogen	45	190
Metallhydrid	200-600	180
Bensin	50	70

**Tabell 24b**  
**En sammenlikning av volum og vekt ved dagens hydrogenlagringsmetoder mot bensintank. Systemene gir samme rekkevidde for samme kjøretøy.**  
**Kilde: Ford (2001).**

metodene er velprøvde og slike tanker er handelsvare. Det foregår en rask utvikling innen begge disse områdene. Man har kommet langt i utviklingen av tanker som kan lagre hydrogen komprimert til 600 bar, samt termostanker med spesielle kjølesystem som kan holde hydrogenet flytende i mange døgn uten tap. En annen lagringsmetode er å lagre hydrogen bundet opp i et annet stoff enten som hydrid eller adsorbent i et stoff. Metallhydrid er en svært sikker lagringsform. Metallhydrid har blitt brukt blant annet av General Motors, Daimler Chrysler og Toyota i flere prototypebiler. Hydrogen absorbert i karbonmateriale har vært under intens forskning i de siste årene. Foreløpig har lagring i karbonmateriale ikke blitt testet ut i praktisk bruk men dette kan bli en svært interessant lagringsteknologi. For en gjennomgang av de ulike hydrogenlagringsteknologiene viser vi til Bellona Rapport nr 3 [Bellona, 1999a], Bellonas rapport om hydrogen [Bellona, 2001 prep], eller Hart (1997).

## 6.4 Hydrogen og sikkerhet

Drivstoff er eksplosive og brannfarlige fordi de inneholder mye energi. Det er nettopp disse egenskapene som gjør stoffene velegnet som drivstoff. De forskjellige drivstoffene har forskjellige fysiske karakteristika og må behandles i forhold til disse egenskapene. Ingen drivstoffsystemer kan sies å være 100% sikre, men risikoen kan reduseres kraftig ved riktig tanking og lagring.

Hydrogen har blitt produsert, transportert og brukt industrielt i mange tiår. I alt finnes det omlag 2200 km med hydrogenrørledninger i Europa og USA. Et rørnett i Tyskland på tilsammen 220 km har vært i operasjon uten uhell i mer enn 50 år. Undersøkelser av rørene som enkelte steder er mer enn 30 år gamle viser at disse er uten skader. Lekkasje av hydrogen i dette rørnettet er under 1% årlig [Winter et al, 1988]. Flytende hydrogen har i mer enn 30 år blitt brukt i romfart. Rutinene for sikker bruk av hydrogen er godt innarbeidet.

Bensin har i nesten hundre år vært det foretrukne drivstoffet for privatbiler, til tross for at det stadig skjer mange uhell der bensinbrann fører til at menneskelig går tapt. Vi er blitt vant til risikoen ved bensin, mens hydrogen har fått et ufortjent dårlig rykte. Vi vil i dette avsnittet se på noen ulykker og områder som mange assosierer med hydrogen.

### 6.4.1 Luftskip, romferger og Hydrogenbomber

#### Hindenburg

I 1783, noen dager etter den første historiske flyturen foretatt av Brødrene Montgolfier i en varmluftsballong, fløy Jacques Alexander Charles i en gummiert silkeballong fylt med hydrogen fire mil fra Paris på to timer. I 1852 konstruerte og fløy Henri Griffard et hydrogenfylt luftskip, det første lettere-enn-luft fartøyet med noenlunde kontroll.

Etter dette fulgte en rekke luftskip fylt med hydrogen. Luftskip fylt med hydrogen hadde altså i mange år vært vanlig før Hindenburg ble fedigstilt i 1936. Hindenburg var 245 meter langt og ble drevet fram av fire 1100 hk dieselmotorer fra Daimler Benz. Luftskipet hadde en topphastighet på 135 km/t, en rekkevidde på 14081 km og plass til 50 passasjerer med lugarer, bar, spisesal, promenade med store vinduer og salonger. Hindenburg ble satt i DELAGs regulære flygninger mellom Tyskland og USA, og fraktet i 1936 1002 passasjerer over Atlanterhavet fordelt på ti tur/retur flygninger. Turen mellom USA og Tyskland tok i gjennomsnitt 65 timer mot øst og 52 timer mot vest.

Kvelden 6. mai 1937 havarerte Hindenburg ved Lakehurst i New York. Av de 97 personene om bord mistet 35 livet og i tillegg ble en av bakkemannskapet på 200 mann

knust av en motor som falt ned fra luftskipet. 27 av de som døde hoppet ut av luftskipet i panikk mens det befant seg i luften. De gjenværende 8 døde på grunn av brannskader fra det brennende dieseldrivstoffet.

Addison Bain har i flere år foretatt grundige undersøkelser for å forsøke kartlegge hva som egentlig skjedde. Konklusjonen etter blant annet å ha analysert rester av stoffet som ble brukt til Hindenburgs hud er at Hindenburg brant på grunn av den ekstremt brannfarlige duken rundt luftskipet, og at brannen ble utløst av statisk elektrisitet som følge av en konstruksjonsfeil. Vi anbefaler Bains rapport som er tilgjengelig på internett [Bain og Schmidtchen, 2000] for en gjennomgang av Hindenburgulykken.

### **Challenger**

Den andre store ulykken hydrogen assosieres med, er eksplosjonen ombord i Challenger i 1986. Ulykken skyldtes svikt i en O-ring på grunn av lav temperatur i fastbrenselssystemet ved oppstart og hadde ingenting med hydrogen/oksygen-brensel-systemet å gjøre [Hart, 1997].

NASA er kanskje den organisasjonen som har lengst erfaring med bruk av hydrogen og de har ikke hatt noen alvorlige uhell med denne gassen.

### **Hydrogenbomber**

Hydrogenbomben er en fusjon. Fusjon er en sammensmelting av to lette kjerner til tyngre kjerner. Energikilden på sola er en fusjon mellom hydrogen til helium. Fusjon krever temperaturer på flere millioner grader og høyt trykk.[Henriksen 93] I en hydrogenbombe bruker man Litium-6 deuteride( ${}^6\text{Li}2\text{H}$ ) pakket inn i en konvensjonell atombombe for å oppnå høy nok temperatur og trykk. Det er ikke under noen omstendighet mulig å komme i nærheten av fusjon ved for eksempel en bilulykke eller et flystyrt.

### **Bygass**

Bygassen som ble distribuert i rør i de fleste store byer (f.eks Oslo) inneholdt rundt 50% hydrogen. Bygassen ble brukt til koking, oppvarming og belysning. Bygassen inneholdt også store mengder CO, en gass som kan forårsake surstoffmangel og påfølgende død. Bygassen ble fremstilt fra kull og er nå for en stor del erstattet med naturgass, men fortsatt mye brukt i Kina, Sør-Afrika og andre steder der naturgass er dyrt eller utilgjengelig.

### **Knallgass**

Okseygen-hydrogenblandinger med mellom 4 og 75%  $\text{H}_2$ , ofte kalt knallgass, er svært eksplosive. På den annen side har det vist seg svært vanskelig å få hydrogen til å detonere i friluft. Dette har nær sammenheng med at hydrogen er lettere enn luft og stiger tilværs med en hastighet på 20 meter i sekundet.

### **Hydrogensikkerhet**

En hydrogenflamme brenner raskt og utstråler svært lite varme. Hydrogen har kun 1/10 av strålevarmen til hydrokarbon per energienhet. Det vil si at en hydrogenbrann vil gjøre markant mindre skade på sine omgivelser enn bensin. Det betyr mindre brannskader men også mindre skadelige gasser på grunn av brennende inventar og lignende. Det er spesielt med tanke på bruk av hydrogen i fly gjort endel sikkerhetsstudier av hydrogen for NASA. Konklusjonen fra alle disse er at det er svært vanskelig å detonere hydrogen i friluft [Brewer, 1991].

Hydrogen er i lang tid blitt brukt i transportsektoren. Et hydrogensystem kan designes like sikkert eller sikrere enn eksisterende bensinbil- eller flydrivstoffsystemer.

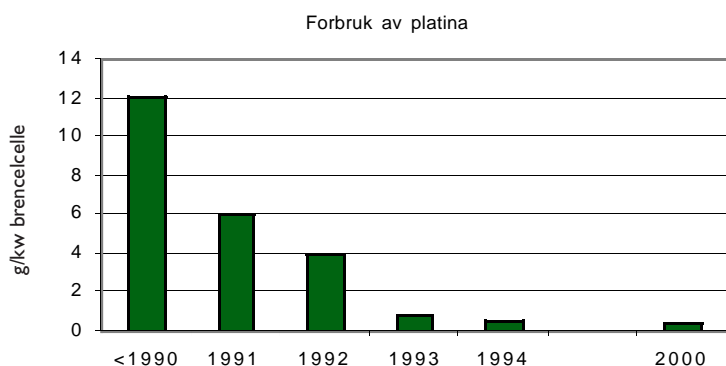
## 6.5 Hydrogen i kjøretøy: Brenselcelle

Det er mer enn 160 år siden brenselcellen ble oppfunnet av engelskmannen Sir Grove. En brenselcelle er et galvanisk element der hydrogen og luft blir kontinuerlig tilført. I motsetning til i en forbrenningsmotor skjer det ikke en forbrenning i brenselceller, men en reaksjon mellom hydrogen og oksygen med direkte konvertering av energien i brenselet til elektrisitet. Dette gir en mer effektiv utnyttelse av brenselet. W. Ostwald, en av gudfedrene for fysikalsk kjemi, fremhever i en bok om elektrokjemi fra 1894 brenselcellenes effektivitet som følge av denne direkte konverteringen til fri energi. Ostwald er også opptatt av brenselcelleteknologiens miljøfordeler og skriver "no smoke, no soot, no fire" [Blomen & Mugerwa, 1993]. De første brenselcellene var ikke særlig praktiske i bruk, og oppfinnelsen ble sett på som en kuriositet fram til midten av forrige århundre. Da så NASA behovet for en driftssikker og lett strømforsyning ombord i romfartøylene i forbindelse med Gemini- og Apollo-romprogrammet. Valget falt på brenselcelleteknologien. På måneferdene var således strømforsyningen ombord besørget med brenselceller. Vannet som brenselcellene genererte, ble drukket av besetningen.

Det ble også satt igang forsøk med å bruke brenselcelleteknologien i transportøymed på jorden. En traktor og to biler ble utstyrt med brenselceller i perioden 1959-1969. Desverre var brenselcellene den gang dyre på grunn av utstrakt bruk av platina. Platina blir brukt som katalysator på elektrodene i brenselcellen. På slutten av 1980-tallet klarte man å utvikle en teknikk som reduserte behovet for platina betydelig (figur 76). Man utviklet en ny brenselcelletype med fast polymerelektrolytt. Denne brenselcelletypen kalles protonbyttmembran eller polymermembranbrenselcelle (Proton Exchange Membrane – PEM), og fremstår i dag som en teknologi som er klar for introduksjon på massemarkedet. Storproduksjon av brenselceller vil føre til at prisen faller. Materialkostnader, vekt og volum er ikke lenger en barriere for introduksjon i transportsektoren.

De fleste bilprodusenter har i dag prototypebiler med brenselceller. Stakken med brenselceller genererer elektrisitet til en elmotor som driver bilen framover. Toppfart og dreiemoment for en slik bil er avhengig av konfigurasjonen. Man kan også bruke bensin eller andre hydrokarboner i brenselceller, men da må dette drivstoffet kjøres gjennom en hel liten kjemisk fabrikk (reformer) ombord i bilen, noe som gir lavere virkningsgrad, dyrere biler og selvfølgelig utslipp av CO<sub>2</sub>. Ved en slik anvendelse forsvinner mye av hensikten med å bruke brenselceller. En brenselcellebil er en videreutvikling av elbilen, men er uten elbilens største begrensning; kort kjørelengde på grunn av utladning av batteriene og lang ladetid. En hydrogenbil derimot fyller bare drivstoff på en hydrogenstasjon og kjører videre. Det finnes allerede noen stasjoner i USA og Tyskland og en rekke er under planlegging. Det er selvsagt ikke nok stasjoner i dag, men en utbygging av hydrogenstasjoner er uproblematisk (jf. kapittel 7.3). Teknologien er velprøvd og hydrogen kan produseres og selges konkurransedyktig med bensin [Ford, 1998].

Utvikling av brenselceller er i dag milliardindustri, og det gjøres stadig nye store framskritt. Bransjen kan best sammenlignes med mikroprosessorindustrien der ny materialteknologi gjør det mulig å overgå det man for få år siden trodde var umulig.



figur 76: Forbruk av platina per kW effekt av brenselceller. Figuren viser at man har klart å begrense bruken av det dyre metallet vesentlig. Kilde: Ford (2001).

### 6.5.1 Biler

En rekke bilfabrikanter bruker store ressurser på å utvikle hydrogenbiler; og flere har gjentatte ganger bekreftet at de vil begynne med salg av slike biler fra 2003 [Reuter, 2001] [EV World, 2001]. Sentrale utviklere av hydrogenbiler er BMW, Ford, General Motors (GM), DaimlerChrysler (DC), Honda og Toyota. Vi skal i det følgende vise noen ulike prototyper og hvilke valg som er blitt gjort med hensyn til drivverk, lagring av hydrogen, kjørelengde osv.

#### Ford

Ford P2000 med brenselceller ble første gang fremvist i 1998. Den er designet for å ha samme ytelse som dagens Ford Taurus. Hydrogenbilen har en brenselcellestakk som skal yte 75 kW, 1,4 kg hydrogen er lagret komprimert i to trykktanker og gir en rekkevidde på 160 km. Bilen er for øvrig bygget i lette materialer som aluminium, magnesium og komposittmaterialer som reduserer vekt og gir dermed bedre drivstofføkonomi.

År 2000 presenterte Ford en annen prototype basert på den europeiske Focusmodellen. Denne har 2 kg hydrogen lagret under trykk og en brenselcellestakk på 75 kW. Bilen har en rekkevidde på 160 km og toppfart 130 km/t. Akselerasjon skal være fra 0-80 km/t på 8,8 sekunder [Ford, 2001][Hyweb, 2001].

Ford utvikler sine brenselcellebiler sammen med brenselcelleleverandør Ballard og DaimlerChrysler.



Ford Focus med hydrogen som drivstoff. Foto: Ford

#### GM Precept

I likhet med P2000 er GM Precept bygget i lettvektsmaterialer. Precept har et aerodynamisk drag ("luftmotstand") på 0,163 cD, noe som er bedre enn F16 jagerflyene. Bilen akselerer fra 0-100 km/t på litt over 9 sekunder. Hydrogenet lagres i et metallhydrid (faststoff), og kjørelengde på en tank har GM oppgitt til å være 830 km. Bilen ble vist fram første gang i januar 2000. Den skal ha en energituttelse av drivstoffet som tilsvarer 2,2 liter bensin per 100 km.

Precept har en brenselcellestakk bestående av 400 brenselceller som tilsammen yter 100 kW. Brenselcellene har en energitetthet på over 1,0 kW per liter og 1,0 kW per kg. Bilen opererer på lavtrykk hydrogen og luft. Makshastighet er 190 km/t [GM, 2000].

#### Opel Zafira HydroGen I

HydroGen I er basert på Opels Zafira stasjonsvogn og ble lansert i februar 2000. Bilen har en brenselcellestakk på 80 kW. Størrelsen på denne er 59 x 27 x 50 cm. Elmotoren er en 55 kW vekselstrømsmotor med max dreiemoment på 305 Nm.

Bilen veier 1575 kg mot 1425 kg i en standard bensinutgave. Akselerasjon er 0- 100 på 16 sek. Hydrogenet lagres flytende, tankkapasiteten er 75 liter eller rundt 5 kg og rekkevidden er 400 km. Baksetet i bilen er 30 cm høyere enn i en standard Zafira og bunnen i bagasjerommet er 10 cm høyere. Opel har gjort flere suksessrike kaldstarttester på systemet og har startet opp stakken nedkjølt til  $-20^{\circ}\text{C}$ . Målet er å kunne starte opp systemet fra  $-40^{\circ}\text{C}$ . Opel Zafira HydroGen I blir nå kjørt gjennom et grundig testprogram og utsatt for store påkjenninger i forskjellige omgivelser. GM har inngått et samarbeid med Toyota om utvikling av brenselcellekjøretøy. GM mener det viktigste arbeidet fremover er å etablere en drivstoffinfrastruktur, redusere kostnadene og utvikle lettere og mer kompakt lagringsteknologi for fremtidens drivstoff som i følge GM "helt klart er hydrogen, fordi et drivverk som bruker hydrogen brenselceller har optimal effektivitet og slipper kun ut vann, er praktisk talt støyfritt og tilbyr på samme tid en høy grad av kjøre glede" [Opel, 2000].

### **DaimlerChrysler**

DaimlerChrysler er en ledende utvikler av brenselcellebiler. I 1994 demonstrerte Daimler Benz NECAR 1 som var et rullende brenselcellelaboratorium i en varevogn. Necar 2 vist fram i 1996. Denne var en minivan med 6 seter, og hydrogenet var lik som i Necar 1 lagret komprimert. Necar 3 kom i 1997 og var en A-klasse Mercedes med to seter og metanol som drivstoff. I mars 1999 ble Necar 4 introdusert, og Necar 5 med metanolreformer ble vist frem første gang i 2000. Bortsett fra drivstoffet, skiller Necar 5 seg for øvrig lite fra Necar 4. Metanol er et drivstoff Bellona mener er uaktuelt på grunn av høye  $\text{CO}_2$ -utslipp, og vi gir derfor en beskrivelse av Necar 4.

Necar 4 er en Mercedes A-klasse der hele brenselcellesystemet på 70 kW, er lagt inn i sandwichbunnen i bilen. Denne bunnen var opprinnelig konstruert med tanke på elbilbatterier. Bilen har fem seter og samme bagasjevolum som en ordinær A-klasse. Drivstofftanken med flytende hydrogen er plassert under bagasjerommet. Tanken kan lagre 5 kg hydrogen og gir bilen en rekkevidde på 450 km mellom hver tanking. Elmotoren yter 55 kW, og toppfarten er 145 km/t. Akselerasjon fra 0-50 km /t tar 6 sekunder. Til sammenligning er akselerasjon for bensin- (60kW) og dieselmotorene (44kW) henholdsvis 4 sekunder og 6 sekunder. 0-100 km/t går på 26,3 sekunder, mot 12,9 sekunder for bensinversjonen og 18 sekunder for dieselvesjonen. Bilen veier omlag 300 kg mer enn bensinvarianten, men Daimler Chrysler regner med å få vekten ned betraktelig. Necar 4 har god kjøredynamikk. Bilen ble under testkjøring kjørt mer enn 10 000 km over 380 timer. Gjennomsnittlig drivstofforbruk var 1,1 kg hydrogen/100 km, noe som tilsvarer 4,0 liter bensin/100 km. Til sammenligning (samme testsyklus) bruker en standard A klasse 7,1 liter bensin/100 km. I alt brukes 37,7 % av energien i hydrogenet til å drive bilen (tank-til-hjul-effektivitet). Tilsvarende tall for A-klasse med bensin er 16-18% og 22-24 % for dieselvarianten. Selve brenselcellene har en el-effektivitet på 62,2 %.

Daimler Chrysler mener fordeler med brenselceller er energieffektivitet, nullutslipp ved bruk av hydrogen, lavt støynivå og høy komfort.

De mener at av alle alternativer er brenselceller den mest lovende teknologien, og regner med å bruke 10,8 mrd. kr på utvikling innen brenselcelleteknologi fram til de første kjøretøyene er på markedet. Daimler Chrysler skal starte salg av brenselcellebiler i 2004 [Friedmeier, 2000]. Brenselcellebilene vil bli priset likt som dieselvarianten av A-klasse [Calstart, 1999].

## **BMW**

BMW 750 hl er basert på BMWs 7 serie. Den har en V12 forbrenningsmotor og bruker flytende hydrogen som primært drivstoff, men skifter automatisk over til bensindrift dersom hydrogentanken er tom.

Den superisolerte hydrogentanken gir drivstoff nok til 350 km. Hydrogenet fylles automatisk ved en hydrogenstasjon av en robot mens føreren sitter uforstyrret i bilen. Slike robotbetjente hydrogenstasjoner bygges nå i Europa. En er allerede åpnet i München, og flere er planlagt i Tyskland og Italia [Hyweb, 2001]. Bensintanken er 7-seriens standardtank og holder for 500 km ekstra. Bilen er foreløpig produsert i et begrenset antall (15), men skal selges fra og med BMWs neste 7 serie [BMW, 2000]. Prisen vil være ca 5% høyere enn den tradisjonelle bensinmodellen.

## **Toyota**

Toyota var først ute med en serieprodusert hybridbil (bensin- og elmotor) og har solgt flere titalls tusen av Priusmodellen. Når Toyota satser tungt på utvikling av brenselceller og lover brenselcellebiler fra 2003 [Reuters, 2001], er det all grunn til å være forventningsfull. Toyota har i sine hydrogenbiler brukt metallhydrid som lagringsmedium for hydrogenet, og i motsetning til de andre brenselcelleprototypene som er omtalt ovenfor, bruker Toyota en hybridløsning med omtrent det samme drevverket som i Priusen. Kort sagt har man byttet ut Priusens bensinmotor med brenselceller, og bensintanken med et metallhydridlager. Hybridløsningen innebærer at man har både batterier og brenselcelle ombord.

Toytas siste brenselcelleprototype ble presentert 1. mars 2001, og er basert på Kluger V/Highlander modellen. Bilen er en fem-seter. Hydrogenet er lagret i metallhydrid, og kjørelengde på en tank er oppgitt til 300 km. Brenselcellepakken som Toyota selv har utviklet, yter 90 kW. El-motoren har permanent magnet og gir maksimalt 80 kW output og dreiemoment på 260 Nm. Toppfart er 150 km/h [Hyweb, 2001].

### **6.5.2 Busser**

Bruk av hydrogen i busser er allerede i dag velprøvd og funnet svært anvendelig. De fleste hydrogenbussene som har blitt demonstrert, har hatt hydrogen lagret komprimert i sylindrer på taket. Brenselcellesystemet passer inn i bussenes ordinære motorrom. Busser blir i motsetning til småbiler, produsert på bestilling slik at produksjonsapparatet for busser er lett å tilpasse. I tillegg fyller bussene gjerne drivstoff fra et begrenset antall stasjoner slik at utbygging av nødvendig infrastruktur er enkelt. En brenselcellebuss fra DaimlerChrysler var på en to ukers demonstrasjon i Oslo høsten 1999. Bussen gikk i rutetrafikk. Publikums reaksjon på at bussen brukte hydrogen som drivstoff var positiv [Hydro, 2000].

Under det canadiske busselskapet TransLink og Ballard sitt nylig avsluttede og vellykkede demonstrasjonsprosjekt med tre brenselcellebusser, tilbakela disse bussene mer enn 67 000 kilometer og fraktet 110 000 passasjerer. Ballards neste bussprosjekt er i California, der planen er å levere 25 busser i løpet av de neste to årene til busselskapet SunLine i Palm Springs, California [Calstart, 2000]. I Tyskland har MAN kjørt hydrogenbusser i ordinær rutetrafikk med gode resultater. De reisende var overveiende positive til hydrogen som drivstoff. Andre europeiske bussprodusenter som arbeider med brenselceller er Neoplan/Proton og Scania.

I Brasil, India, Kina, Egypt og Mexico vil man i samarbeid med FN teste ut 40 til 50 brenselcellebusser i årene fremover. De fem landene skal teste ut bussene i sine mest forurenkede byer. Trolig vil bussene bli å se i Sao Paulo, Mexico City, Cairo, New Delhi,

Beijing og Shanghai. I Europa er et tilsvarende prosjekt i gang. Her vil 30 busser fra DaimlerChrysler fordeles på ti europeiske byer. Bussene blir satt i drift 2002-2003. Også i Oslo arbeides det også for å få satt inn hydrogenbusser. Stor-Oslo Lokaltrafikk håper på å ha 125 forurensningsfrie busser i år 2010. På Notodden arbeides det også med konkrete planer for å anskaffe hydrogenbusser. Brenselcellebusser vil være fullt kommersielt tilgjengelig fra 2004 [Friedmeier, 2000].

### 6.5.3 Motorsykler

Verdens motoriserte tohjulsflåte er på i overkant av 200 millioner enheter og forventes å overstige 500 millioner i løpet av 2010. Asia-Pacifikk regionen står for 82% av verdensmarkedet og er det raskest voksende markedet med mer enn 15% årlig vekst. Men også i enkelte europeiske byer, f.eks. i Italia, er tohjulinger med totaktsmotor et alvorlig forurensningsproblem.

På den annen side kan lette motorsykler være et meget effektivt transportmiddel i forhold til en bil. I en bil blir en stor del av energien brukt til å frakte bilens dødvekt. I tillegg opptar en motorsykkel mindre areal i byen enn en bil. Dersom masseproduserte forurensningsfrie motorsykler og scootere erstattet forurensende biler og motorsykler ville dette være svært gunstig sett fra et miljøperspektiv. Det er i dag flere selskaper som arbeider med å utvikle slike kjøretøy. De første lette hydrogen-syklene vil trolig være på markedet i løpet av 2001–2002 [Manhattan scientifics, 2001].

### 6.5.4 Fly

Hydrogen kan brukes i turbiner. I luftfart har hydrogen som drivstoff mange fordeler framfor konvensjonell flyparafin. I tillegg til lave miljøutslipp gir hydrogen som drivstoff økt ytelse, økt sikkerhet og lavere støynivå.

Flytende hydrogens høye brennverdi reduserer brenselvekten med en faktor på 2,8, noe som gjør at en kan bruke mindre motorer som igjen gir mindre støy. Ved å bruke det flytende hydrogenet til å kjøle motorene istedenfor konvensjonell luftkjøling, oppnås ytterligere økt effekt. Det er antatt at levetiden på jetturbinene vil øke med minst 25 %, og behovet for vedlikehold og reparasjon reduseres tilsvarende. Dette har blant annet sammenheng med renheten på drivstoffet [Brewer, 1991]. Både Airbus og Boeing ser på muligheten for å bygge hydrogenfly med jetturbiner [Airbus, 1996]. En ulempe ved bruk av hydrogen sammenlignet med flyparafin, er at hydrogen har en lavere tetthet og dermed krever større brennstofftanker.

### 6.5.5 Sjøfart

I Tyskland ble Hydra, en passasjerbåt med 7,5 kW alkaliske brenselceller og plass til 22 passasjerer, sjøsatt sommeren 2000. Båten opererer som turistbåt i området rundt Bonn [Hyweb, 2000].

Hydrogendrevne båter og skip vil kunne bli en miljøvennlig transportform i framtiden. Dagens skipsfart har lenge hatt et slags amnesti fra miljøkrav med hensyn til luftutslipp.

### 6.5.6 Tog

På togstrekninger som ikke har elektriske kjøreledninger kan brenselcelletog bli en god løsning. Norges Statsbaner (NSB) og Statens Jernvegar (SJ) i Sverige samarbeider om utvikling av brenselcellelokomotiv. I første omgang ønsker man å lage et togsett for lokaltrafikk. Slike tog vil kunne erstatte forurensende diesellokomotiv. En lokomotivmotor ble konvertert til hydrogendrift på 20-30 tallet i Tyskland av Rudolf Erren [Hart, 1997].



**Bellona har sammen med arkitekt H. Røstvik og designer P. Opsvik vært med å utvikle den soldrevnetuk-tuk'en "Butterfly". Trehjulingen er designet for å kunne billig masseproduksjon, og vil kunne kjøres med hydrogen og brenselceller i fremtiden.**

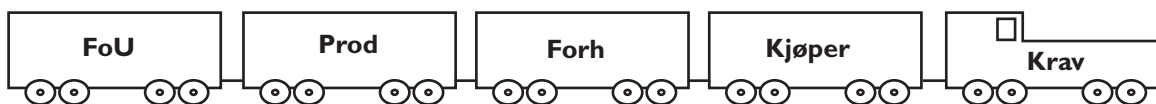


## Kap 7 Virkemidler for nullutslipp

Det er mulig å konvertere transportsektoren til å bli utslippsfri. Dette krever klare grep fra myndighetenes side. Bellonas forslag er en virkemiddelmiks der både juridiske og økonomiske virkemidler settes inn for å få denne konverteringen til å starte nå. Jo lenger vi venter, jo flere tonn forurensende stoffer vil slippes ut fra transportsektoren. Teknologitvilling koster. Derfor er det meste av forskningen, utviklingen og bruken av ny teknologi motivert ut i fra en tro på at den nye teknologien vil gi direkte kostnadsreduksjoner eller økt markedsstyrke for virksomheten. Barrierene for å få utviklet og tatt i bruk miljøteknologi (dvs teknologi som gir klare miljøforbedringer) er blant annet at det per i dag stort sett er gratis å forurense, noe som betyr at utslippsreduksjoner ofte bare kan bli en kostnad. Det er også knyttet stor usikkerhet og liten forutsigbarhet til framtidige reguleringer av, og kostnader for forurensning (I Norge har vi et regime der avgifter på utslipp må vedtas på nytt hvert år i Stortinget). Det er derfor nødvendig med virkemidler som både stimulerer utvikling av teknologi, samtidig med virkemidler som gjør det økonomisk attraktivt å ta i bruk ny miljøteknologi.

### 7.1 "Californiakrav" (eller grønn portefølje)

Den sterkeste utviklingen av miljøteknologi er kommet som følge av krav fra myndighetene. For bilindustrien har kravene i delstaten California USA, på mange måter vært drivende. Etter at California i mange år hadde slitt med helseskadelig utslipp, ble det i 1989 vedtatt et program, "California Clean Air Act", som på ny skulle gi California ren luft. Et av vedtakene innenfor Californias Clean Air Act rettet seg mot salget av nye biler, og innebar et krav om at bilprodusentene skulle utvikle null-utslippsbiler (ZEV – Zero Emission Vehicles) og at alle de store forhandlerkjedene skulle sikre at 10 % av nybilsalget fra 2003 skulle være null-utslippsbiler (heretter kalt Californiakravet). Dersom forpliktelsene ikke blir oppfylt er det varslet kraftige bøter. Resultatet av kravet så langt er en massiv forskning på og utvikling av både brenselcellebiler og elbiler. I år 2000 innførte også New York tilsvarende krav, der det er vedtatt at 10% av alle biler solgt fra begynnelsen av 2004 skal ha liten eller ingen utslipp til luft. To andre stater har fulgt opp med tilsvarende type krav seinere.



**figur 77:**  
**Californiakravene drar igang forskning og utvikling gjennom markedet.**

Californiakravet er et meget treffsikkert virkemiddel. Kreves 10% null-utslippsbiler solgt, blir 10% solgt – ellers blir man kraftig bøtelagt. Kravet går i markedet, noe som innebærer at forsknings- og utviklingskostnadene bæres av markedet (i første omgang produsentene), og at markedet (produsenter og forhandlere) selv prisjustere for å sikre en viss salgandel. Det er også rettferdig, fordi alle aktørene stilles overfor de samme kravene. Det vil derfor være lønnsomt å fremstille gode biler som forbrukeren ønsker. Klarer man ikke dette, må markedet selv kryssubsidiere med de andre modellene som er i sortimentet (dvs at nullutslippsbilene gjøres billigere på bekostning av "utslippsbilene"). Man unngår også såkalte "blindveisteknologier", dvs at det brukes mye ressurser på å utvikle teknologier som gir visse reduksjoner i utslipp, men som aldri vil kunne gi null-utslipp. Slik teknologi vil raskt være akterutseilt i forhold til nye reduksjonskrav, men vil likevel kunne forsinke utviklingen av null-utslippteknologien.

Det må imidlertid tilføyas at kravene i California har blitt redusert til 2 % i år 2003,

som følge av at kravet på 10% ville resultert i høyere bilpriser generelt, en utvikling som politikerne i California ikke kunne stå inne for. Ett tilsvarende krav er også mulig å gjennomføre i Norge, og det bør også jobbes for innføringen av slike krav i EU. Dersom Norge og EU nå kobler seg på kravene, vil prosessen med å sikre innfasing av 0-utslippskjøretøy framskyndes.

I California var det 14 år fra kravet ble innført til det skulle gjøres gjeldende i praksis. En slik tidsperiode er ikke nødvendig i Norge fordi teknologien er utviklet (brenselceller som går på hydrogen).

Selv om kravene i California gjelder personbiler, er det fullt mulig å stille tilsvarende type krav også for de andre transportmidlene.

## 7.2 10% av CO<sub>2</sub>-avgiften i hydrogenfond

Transportsektoren betaler i dag en rekke avgifter, der CO<sub>2</sub>-avgiften er en direkte miljøbegrunnet avgift. Det betales i dag CO<sub>2</sub>-avgift på bensin, diesel og flyparafin. Tilsammen utgjør dette omtrent 2,7 mrd kroner i året, sokkelen utelatt. Det er liten tvil om at disse avgiftene bidrar til å dempe veksten i transportsektoren, men den er langt fra tilstrekkelig for å redusere, og på sikt eliminere utslippene. Avgiften har vært der lenge, og utslippene vokser: Med andre ord er avgiften svært lite treffsikker. Det betyr likevel ikke at den bare kan fjernes. Fjernes avgiften vil transporten og utslippene øke noe. Bellona foreslår derfor at avgiften opprettholdes, men at en sum tilsvarende 10% av dagens CO<sub>2</sub>-avgifter settes av i et Hydrogenfond som skal være med på å sikre at transportsektoren i Norge konverteres fra å være basert på karbonholdig drivstoff til å ta i bruk hydrogen.

De 270 millioner kroner som årlig settes av i fondet skal kunne brukes til å dekke merkostnaden ved de første fyllestasjonene, til å støtte pilotprosjekter og til å dekke merkostnadene ved de første kollektive transportmidlene som har brenselcellemotor og går på hydrogen.

### Pilotprosjekter

De første prøveprosjektene vil være dyre blant annet fordi det trengs utredninger omkring sikkerhet og en rekke andre praktiske forhold (fyllestasjoner, verksted, delelager mv). Per i dag er det to bussprosjekter under planlegging i Norge, ett i Oslo og ett på Notodden. I forbindelse med Oslo-prosjektet er det allerede utført en rekke undersøkelser knyttet til sikkerhetsaspektet. Andre aktører undersøker mulighetene for å sette i gang sine egne prosjekter, eksempelvis fergeprosjekter. Prosjektene krever finansiell støtte for å bli gjennomført.

### Fyllestasjoner

Busser og personbiler vil være de første kjøretøy som går på hydrogen. For at hydrogenbilen skal være et attraktivt fremkomstmiddel må det være et nettverk av fyllestasjoner som sikrer fleksibel mobilitet.

Imidlertid vil ingen være interessert i å bygge fyllestasjoner før det finnes kunder. For å forhindre at en "høna-eller-egget"-diskusjon stopper utviklingen mot nullutslipp, bør merkostnadene ved de første fyllestasjonene dekkes av fondet.

Bellona beregninger viser at et nettverk av stasjoner i Sør-Norge (65 stasjoner med ca 10 mils mellomrom, se figur 2) vil koste 650 millioner kroner. Det vil være det samme som CO<sub>2</sub>-avgiften fra transportsektoren i 3 måneder, eller 10% av den i to og ett halvt år. Dette vil være en elegant løsning på noe som sies å være det største hinderet for innfasing av hydrogenbiler: Etterhvert som antall biler øker vil det være bedriftsøkonomisk lønnsomt å bygge ut stasjoner.



figur 78

**Kartet viser 65 hydrogenstasjoner lagt med ca 10 mils mellomrom. Hver sirkel har en radius på omtrent 18 km.**

Figur: Bellona.

## Buss- og taxi

Merkostnadene for de første bussene ser ut til å ligge på ca. 8 millioner kroner (total kostnad 10 mill. kr. mot normal kostnad 2 mill. kr.). For å sikre at de første fyllestasjonene er tilstrekkelige for brukerne, bør det være faste brukere som buss og taxi. Hydrogenfondet kan dekke merkostnadene ved innkjøp av et gitt antall busser og taxier/varebiler som går på hydrogen. Dette vil også kunne gi den nødvendige opplæring og erfaring for verksteder.

## 7.3 Midlertidig avgiftsfritak for 0-utslippskjøretøy

Ny teknologi er ofte mer kostbar enn konvensjonell teknologi i en innfasingsperiode. Selv om Californiakravet skal sikre at det kommer en viss andel 0-utslippskjøretøy på veiene, bør det settes inn økonomisk fødselshjelp som stimulerer denne innfasingen. Ulike former for slik økonomisk fødselshjelp er også gitt i Californiakravenes hjemland. Økonomiske virkemidler vil både kunne gjøre at transportmidlene kommer raskere enn kravet, og ikke minst gjøre at viljen til å etterfølge kravet blir større.

Norge begynner å få en tradisjon for dette, dagens el-biler er fritatt for engangsavgift og årsavgift, og fra 1. juli 2001 har de nullsats for mva. I tillegg er el-bilene fritatt for gebyrer i bompengeringer og på offentlige parkeringsplasser. Til sammen gjør dette at den høye kostnaden ved produksjon av el-biler i små serier nesten er oppveid for kjøper og bruker.

Avgifter som er fiskalbegrunnede<sup>3</sup> bør i utgangspunktet også kunne brukes som miljømessige positive virkemidler. 0-utslippskjøretøy kan få midlertidig fritak for denne type avgifter. For statsbudsjettet vil dette inntektsmessig ha marginal betydning. Miljøbetydningen vil derimot være stor. Bellona foreslår derfor at el-bilenes moms- og avgiftsfritak gjøres gjeldende for alle 0-utslippskjøretøy. Det innebærer at 0-utslippsbilen fritas for engangsavgift, årsavgift og merverdiavgift. Fly og skip bør fritas for de avgifter staten har kontroll over. En oversikt over avgiftsstrukturen finnes i vedlegg 1. Det er per i dag ikke avgift på hydrogen. Et slikt avgiftsfritak bør sikres for hydrogen som drivstoff i innfasingsperioden. For mange transportmidler er drivstoffavgift den eneste avgift av betydning.

Når markedet kommer i gang vil avgiftsfritakene gi staten provenytap og det vil derfor bli et press mot å avvikle ordningene. Det er derfor viktig at staten på forhånd har lagt en plan for hvordan de økonomiske virkemidlene skal endre seg etter hvert som 0-utslippsteknologien får større andel. Det kan for eksempel være en nedtrappingsplan for avgiftslette etter hvert som prisene på teknologien synker og/eller etter hvert som markedsandelene øker.

Virkemidler som innføres bør sikre måloppnåelse. En plan for avvikling av avgiftslette bør derfor være knyttet til markedsandeler og ikke til årstall. Ved å knytte det opp mot markedsandeler vil man både vite provenytapets størrelse og være knyttet til måloppnåelse. Samtidig som virkemidlet avvikles bør det settes inn virkemidler mot gamle forurensende teknologien ved at denne forbyes eller avgiftsbelegges slik at den mister sin attraktivitet. Dette for å sikre effekten av investeringene for 0-utslipp.

En slik langsiktig plan vil også gi trygghet og forutsigbarhet til aktørene i markedet, og kan i seg selv være med på å fremskynde investeringene.

## 7.4 Høyere avskrivningsatts for 0-utslippstransportmidler

Dagens avskrivningsregler innebærer at bedriften får fordelt kostnadene ved investeringer over tid slik at kravene til inntjening jevnes ut og det blir mulig med en gradvis inntjening av kjøpesummen. Avskrivningene føres opp på utgiftssiden i skat-

<sup>3</sup>) Fiskale avgifter er avgifter hvis primære oppgave er å ta inn penger til statkassen.

teregnskapet og reduserer dermed skattegrunnet. For en bedrift vil høyest mulig avskrivningssats være økonomisk gunstig fordi det gir et lavere skattegrunnlag.

Det finnes ingen egen avskrivningsgruppe for miljøinvesteringer. Bellona ønsker å gjøre det økonomisk gunstig å investere i 0-utslippsteknologi. En økning i avskrivningssatsen er et enkelt, målrettet og kostnadseffektivt virkemiddel. Økt avskrivningssats innebærer at staten bidrar med et "lån" til bedriften ved at det gis forskudd på fratrukk av en verdireduksjon som ennå ikke har funnet sted, men som vil skje. På denne måten får bedriften økt sin likviditet. Statens utgifter vil være tap av renteinntekter på det "gitte" beløp i tillegg til tap av pengeverdien. Den samfunnsøkonomiske nytten vil derimot være stor ved at tiltaket reduserer/fjerner miljøbelastninger.

I Nederland finnes en egen ordning for frie avskrivninger av miljøinvesteringer. Også Frankrike har et lignende system. Ordningen er et smidig økonomisk virkemiddel siden det ikke medfører økte utgifter, men kun gir en marginal reduksjon i statens inntekter.

Bellona foreslår at det opprettes en ny saldoavskrivningsgruppe for miljøinvesteringer med en avskrivningssats på minimum 50%. Avskrivningssatsen må være såpass høy for at den skal gi insitament til denne typen investeringer. Saldoavskrivningsgruppen bør være en samlegruppe for alle typer investeringer som er ment å gi reduserte utslipp til luft og vann, inkludert 0-utslippstransportmidler.

## Kap 8 Tiltak og virkemidler mot luftutslipp på kort sikt

For å forhindre at utslipp fra transport gir uønskede og eventuelt irreversible skader på helse og miljø, må utslippene reduseres fram til 0-utslippsteknologien er den dominerende. Dette vil også være nødvendig for at Norge skal kunne oppfylle sine internasjonale forpliktelser.

Det er mulig å redusere utslippene fra transportsektoren. Nedenfor skisseres løsninger som vi mener vil føre oss mot målet, men de tiltak og virkemidler som foreslås her, er langt fra uttømmende.

Vi har valgt å dele temaet i tre deler: 1) Tiltak for å redusere utslipp til byluft, 2) tiltak mot forsurende utslipp fra skip og 3) tiltak mot CO<sub>2</sub>-utslipp.

### 8.1 Bedre byluft innen 2010

Målet om 0-utslipp vil oppnås for eksosutslippene når transportsektoren elektrifiseres/går over på hydrogen. På kortere sikt må vi se på hva som kan redusere utslippene mest mulig og raskest mulig.

Det er PM<sub>10</sub> (partikler) og NO<sub>2</sub> som i hovedsak er årsaken til at byluften i perioder er helseskadelig (se kapittel 2.4). Vi vil derfor konsentrere oss om disse gassene. Videre vil vi kun se på transportsektorens avgasser. Vi ser bort fra for eksempel store kilder som vedfyring og veistøv. Vi forutsetter at det settes inn tiltak mot disse kildene parallelt.

Både sammensetningen av forurensningskildene og luftkvaliteten vil variere fra by til by. Vi har i dette kapitlet valgt Oslo som en eksempelby.

Det er vanskelig å beregne hvor stor total effekt reduksjon av utslipp til byluft har. Grunnen til dette er at man både må ta hensyn til om man ser på luftkvaliteten midlet over et år og farene ved langtidseksponering for gjennomsnittlige lave konsentrasjoner, eller om man ser på forurensingstoppene (forurensingsepisodene) og faren med eksponering for høye konsentrasjoner av forurensing.

Videre gir et tiltak ulik effekt om man måler konsentrasjoner i luften generelt (bybakgrunn) eller om man ser på konsentrasjonene for eksempel på et fortau.

Generelt vil eksosutslipp ha mest å si for forurensningskonsentrasjonen sett over et år, og ha størst betydning nær der de slippes ut (fortau, gatenær bebyggelse).

For NO<sub>x</sub> og partikler finnes det nivåer man regner er trygge. Disse er satt til 35 µg/m<sup>3</sup> luft for PM<sub>10</sub> og 100 µg/m<sup>3</sup> luft for NO<sub>2</sub> [NILU, 1998]. For partikler kan det være at det finnes individer som er så følsomme at man vanskelig kan sette noen felles nedre grense for når luften er uskadelig [pers. medd, Låg, 2001].

#### 8.1.1. Hvem forårsaker utslippene?

##### PM<sub>10</sub>-utslipp

Partikkelutslippene har tre store kilder: eksos, veistøv og vedfyring. Hvor stor andel de forskjellige står for, varierer med årstid og målepunkt. Vedfyring og veistøv er dominerende om vinteren, og gir høye konsentrasjoner i begrensede tidsrom (tørre kalde dager med lite vind). Eksos har størst betydning langs vei og gir bidrag hele året. Veistøv er også viktig langs vei, og er verst på tørre dager. Her er det en stor forskjell mellom vinter og sommer. Figur 22 viser fordelingen av partikkelutslipp over et år. Denne rapporten behandler som sagt kun eksosutslippene. TI (2000) har gjort en beregning av hvor stor andel av PM<sub>10</sub>-utslipp fra eksos de enkelte kjøretøytypene står for i Oslo (figur 79). Dieselskjøretøyene står for det aller meste av utslippene. Dersom man regner med at halvparten av varebilene går som personbiler, er utslip-

pene omtrent likt fordelt på person- og godstransport.

### NO<sub>x</sub>-utslipp

For NO<sub>x</sub>-utslippene er situasjonen enklere. Her står eksosutslippene for det aller meste av utslippene (se figur 24). Dette gjør at utslippet er jevnt over året. De høyeste konsentrasjonen forekommer allikevel om vinteren på grunn av meteorologiske forhold. Figur 80 viser NO<sub>x</sub>-utslippene på ulike typer kjøretøy. Dette er en fordeling på landsgjennomsnitt. I byene vil andelen av de tyngste lastebilene være mindre og andelen varebiler noe større. Vi ser at bensin-personbilene er den største utslippskilden, noe som kommer av at det enda går biler på veien uten katalysator. Utslippene er noenlunde likt fordelt mellom person- og godstransport, men persontransportens utslipp vil reduseres vesentlig når prekatalysatorbilene fases ut.

#### 8.1.2 Mulige tiltak

Det finnes to rapporter i Norge som ser på effekten av tiltak overfor luftkvaliteten i Oslo: SFT-rapporten "Luftforurensning i Oslo. Fremskrivninger og tiltak" fra 1998 [SFT, 1998] og NILU-rapporten "Fremskrivningsberegninger av NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub> for Oslo for 2005 og 2010" fra 1999 [NILU, 1999]. SFT-rapporten gjør beregninger for gjennomsnittskonsentrasjon av forurensninger (gjennomsnittet i tenkte blokker på 1 km x 1 km som er 20 meter høye). NILU-rapporten beregner konsentrasjoner utenfor utvalgte boliger i tillegg (forurensningskonsentrasjonen ved bestemte punkter). Eksos vil ha størst betydning i NILU-rapporten, siden denne ser på konsentrasjonene langs vei.

I kapitlene nedenfor tar vi først for oss mulige tiltak basert på adferdsforandring, deretter går vi gjennom tekniske løsninger:

#### a) De europeiske avgasskravene

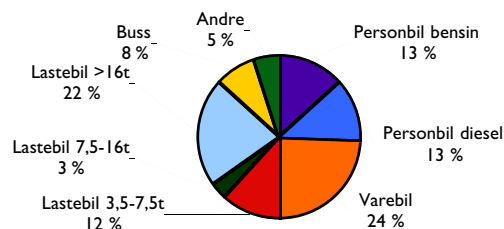
De europeiske avgasskravene er gjennomgått i kapittel 5.4. På grunn av at man for noen år tilbake turte å stille krav overfor bilprodusentene, kan vi i dag nyte godt av stadig reduserte utslipp, noe som gir en bedre luftkvalitet. SFT (1998) sier at de europeiske avgasskravene har svært mye å si for utslippene av NO<sub>x</sub>. Dette vil i følge kilden redusere befolkningsdose over 100 µg/m<sup>3</sup> luft (SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium) med 94% fra 1994 til 2010. Imidlertid reduseres snittkonsentrasjonen for områder med konsentrasjoner over 100 µg/m<sup>3</sup> med bare ca 10%.

For partikler vil effekten bli marginal i situasjonen som er analysert, det vil si en vinterdag med høye konsentrasjoner av partikler fra vedfyring og veistøvoppvirvling, og analysert i en 1x1 km og 20 meter høy luftblokk (altså ikke konsentrasjonen ved trafikkerte gater). NILU (1999) legger inn avgasskravene i sitt basisalternativ, men gjør en beregning av hva en hypotetisk utsettelse av fremtidige avgasskrav har å si på bybakgrunnskonsentrasjonen. Igjen ser vi at kravene er viktigere for konsentrasjonen av NO<sub>x</sub> enn for PM<sub>10</sub>. Imidlertid mangler også her en analyse av eksosens veinære betydning. Nye europeiske avgasskrav er allerede bestemt for år 2005, hvilket betyr at løpet allerede er lagt frem mot år 2010.

#### b) Trafikkreduksjoner

NILU (1999) har for NO<sub>x</sub> gjort beregning av et nullvekstalternativ for transportsektoren i 2010. Basisalternativet har omtrent 33% trafikkvekst (nullvekst vil bety en reduksjon på 25% i forhold til basisalternativet). Nullveksten fører til en sterk nedgang i antall boliger utsatt for NO<sub>x</sub>-forurensning over nasjonale kriterier (150 µg NO<sub>2</sub>/ m<sup>3</sup>

### PM<sub>10</sub> utslipp i by

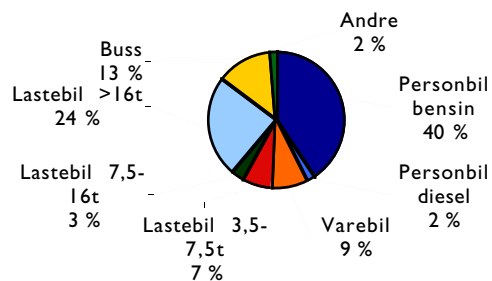


figur 79.

Utslipp av PM<sub>10</sub> i Oslo for kjøretøy yngre enn 19 år. Eldre kjøretøy går inn under "andre".

Kilde:TI (2000)

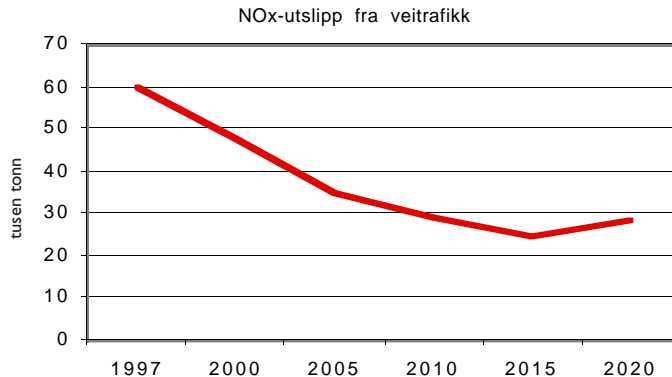
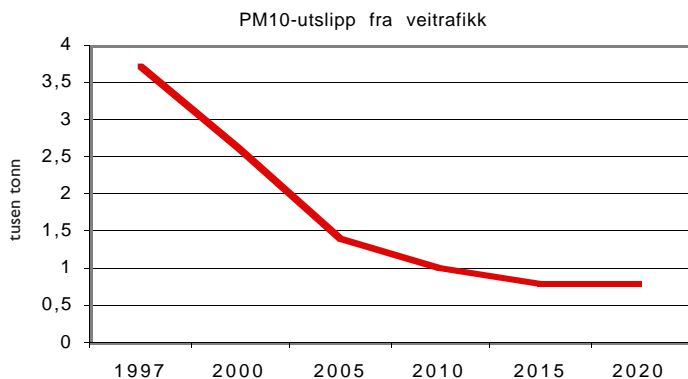
### NO<sub>x</sub> utslipp i by



figur

80.

Fordeling av Nox-utslipp på kjøretøytype.



**figur 81.** Fremskrivningen av  $PM_{10}$  og  $NO_x$  utslipp fra veitrafikk, inkludert trafikkøkning. Nedgangen skyldes de europeiske avgasskravene. På grunn av reaksjon med ozon vil ikke nedgangen i  $NO_2$  bli like stor. Kilde: SFT og SSB (1999)

luft). Effekten på befolkningsdose er mindre.

Når det gjelder  $PM_{10}$ , beregner NILU (1999) en mindre nedgang av boliger eksponert for konsentrasjoner over nasjonale mål ved null-vekst. Imidlertid gir nullvekst en ikke ubetydelig nedgang i høyeste overskridelse av nasjonalt mål.

SFT (1998) mener at en 8% reduksjon i biltrafikken vil kunne nær halvere befolkningsdosen av  $NO_x$ -konsentrasjoner over  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  som står igjen etter at avgasskravene har blitt gjennomført. For  $PM_{10}$  blir effekten mindre, men dersom vi forutsetter at vedfyringen reduseres med 90%, vil en trafikkreduksjon på 8% gi en reduksjon av resterende  $PM_{10}$ -konsentrasjon over  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , på ca 20% (vær fortsatt oppmerksom på at SFT-rapporten kun behandler en spesiell forurensningssituasjon).

Hvordan kan vi redusere trafikken slik at vi får effektene som er beskrevet ovenfor? Vi vil her gå gjennom noen muligheter:

### b1) Arealplanlegging

Det er viktig å få til et utbyggingsmønster som reduserer transportbehovet. Dette er særlig viktig å tenke på ved utbygging av nye store områder som Fornebu og Bjørvika. SFT (1999b) har undersøkt potensialet i forbindelse med byplanlegging, og resultatene viser at det er et stort potensiale, men at det er vanskelig å komme frem til et godt anslag. Tiltaket er langsiktig og omfattes dermed egentlig ikke av dette kapitlet. Det er imidlertid viktig at arbeidet med en transportreduserende arealplanlegging foregår kontinuerlig. Løsninger som gir gevinster i fremtiden, skapes ved planlegging nå.

### b2) Gange og sykkel

Gange og sykkel er viktig i byene. Transportformen er mindre arealkrevende, og for bilistene og næringslivet er det viktig at mange går og sykler fordi det reduserer køer og derved reduserer bilistenes og næringslivets tidskostnader. Fysisk aktivitet er også et mål i seg selv for samfunnet i det sykdom forebygges. I dette kapitlet lar vi disse konsekvensene ligge og konsentrerer oss som sagt kun om  $PM_{10}$  og  $NO_x$ .

I byene er gjerne snittfarten lav og avstand mellom mulige destinasjoner kort. Dette gjør sykkel til et attraktivt transportmiddel. I Oslo og Akershus er 40% av reisene kortere enn 3 km [TØI, 1999b], en distanse det er uproblematisk å sykle eller gå. Dersom man kun ser på Oslo, vil andelen trolig være betydelig høyere.

Men selv om en stor andel av reisene er korte, utgjør de en liten del av antall kjørte kilometer. Vestlandsforskning (1998a) har beregnet at en tredel av reisene i Oslo



**Det er viktig å få til utbyggingsmønster som reduserer transportbehovet. Dette er særlig viktig ved utbygging av nye områder som for eksempel Fornebu**

foregår på sykkel eller til fots, men dette utgjør bare 4,4% av personkilometerne. Sykling alene utgjør bare 7,7% av antall reiser, mens gange står for 25,9%. Også når man ser på transportarbeid ligger sykkel overraskende lavt: 1,5% av personkilometerne mot 2,9% for gange [Vestlandsforskning 1998a]. Det ser derfor ut til å være et stort potensiale i sykling. Det vil ta tid å bygge opp infrastruktur som gjør det mer attraktivt å sykle, men dersom vi forutsetter at vi klarer å doble bruken av gange og sykling innenfor tidsrommet vi behandler, vil partikkel- og  $\text{NO}_x$  utslippene fra persontransporten i Oslo reduseres med ca. 4% dersom passasjerene tas likt fra alle transportmidler og busstilbudet opprettholdes. Dette vil tilsvare en reduksjon av eksospartikler på ca. 2% fra all veitrafikk i Oslo.

Selv om det er få kilometer som utføres som myk trafikkant, er tur-antallet høyt. Siden startutslippene fra biler er høyere enn under vanlig drift for enkelte komponenter, vil de korte turene ha større betydning enn hva kilometer-antallet indikerer. Ekstra-utslippene vil være høyere jo lavere temperaturen er. Over  $+20^\circ\text{C}$ , vil startutslippet være lite [SFT og SSB, 1999]. Desverre er det mange som tar bilen i stedet for å gå eller sykle når det er kaldt ute.

### b3) Kollektivtransport

Kollektivtransport er viktig for miljøet i byene. Transportformen er mye mindre arealkrevende i seg selv, og et godt kollektivtilbud vil dessuten føre til at flere kan la være å ha egen personbil, noe som vil spare ytterligere areal. Dette vil igjen føre til et redusert press på å bygge ut nye naturområder.

Videre vil kollektivtransport være mer energieffektiv forutsatt et visst belegg (4-5 passasjerer for buss). Dette gjør at kollektivtransport vil være viktig i forbindelse med energisparing, noe som igjen kan redusere omfanget av nye naturinngrep.

For bilistene og næringslivet er kollektivtransporten viktig fordi den reduserer køer og derved reduserer bilistenes og næringslivets tidkostnader. Dersom man ikke hadde hatt et kollektivnett i en by som for eksempel Oslo, ville trafikken gått vesentlig saktere.

All elektrifisert kollektivtransport vil redusere utslippene av  $\text{NO}_x$  og  $\text{PM}_{10}$ . Det må derfor være et mål å gi et godt tilbud her. T-banen er et eksempel på nullutslippstransport som frakter mange mennesker og er attraktivt på grunn av sin høye fart. Imidlertid er busstrafikk billig når veiene allerede ligger der, så bussene vil i dag og i fremtiden stå for mye av kollektivtransporten. Busser vil være de første hydrogenkjøretøyene som kan kjøpes. Den første lille serien er klar i 2002-2003, og er for lengst solgt ut.

Dersom de nye passasjerene benytter eksisterende kollektivtilbud, vil ikke utslippene øke. Men skal kollektivtransport gi et bidrag til reduserte utslipp, må vi forutsette at det blir en storstilt overgang til kollektiv som krever en sterk utvidelse av tilbudet.

Vestlandsforskning (1998a) mener at hver fjerde reise i Oslo foregår med kollektive transportmidler (eksl. drosje). Imidlertid utgjør det kun 18,2% av personkilometerne. Hele 70% av de kollektive personkilometerne foregår med nullutslippstransportmidler (tog, trikk, t-bane).

Et viktig moment er at ikke alle nye kollektivpassasjerer ville kjørt bil dersom de ikke benyttet kollektivtransport. TØI, 2000 og TØI, 1994 antyder at det bare er 30-50% av nye passasjerer på kollektive transportmidler som ville benyttet personbil dersom ikke kollektivtilbudet hadde eksistert. Dette tallet vil imidlertid sterkt avhenge av ulemper med bilkjøring (feks. kø, veiprisning).

Vestlandsforskning (1998b) har satt opp et scenario for Oslotrafikken i 2016. Scenariet ser på en situasjon der antall personreiser (ikke personkilometer) er likt



**T-banen er et raskt transportmiddel som ikke avgir avgasser. Den er også energi- og arealeffektiv.**

fordelt mellom bil, gange/sykkel og kollektiv. I forhold til dagens situasjon vil dette si at andelen gange/sykkel holdes konstant, mens ca 8 prosentpoeng overføres fra bil til kollektiv (=20% av bil/taxiturene). I forhold til et scenario der personbilen tar all trafikkveksten, vil dette redusere partikkelutslippene med 12% og NO<sub>x</sub>-utslippene med 5% fra persontransport. Det må understrekes at tallene bare er gyldige i Oslo hvor andelen elektrifisert kollektivtrafikk er høy, og at Vestlandsforskning har forutsatt at alle personbiler er bensindrevet. Det siste gjør partikkelreduksjonen større i virkeligheten enn i beregningen.

I de aller fleste byer i Norge er dieselbussen vanligste løsningen dersom kollektivtransporten skal bygges ut. En buss forurenses mer per kilometer enn en personbil.

Forutsetning	Stoff	Forhold buss/bil
<b>UTREGNING A</b>	<b>PM10</b>	<b>13</b>
Kilde: SFT og SSB, 1999. Gjennomsnittlig utslipp fra biler og busser av 1997 modell	NO <sub>x</sub>	44
	CO <sub>2</sub>	4
<b>UTREGNING B</b>	<b>PM10</b>	<b>4</b>
Kilde: SFT og SSB, 1999. Gjennomsnittlig utslipp fra bil (alle modeller) i 1997, og gjennomsnittlig utslipp fra busser av 1997 modell.	NO <sub>x</sub>	7
	CO <sub>2</sub>	4
<b>UTREGNING C</b>	<b>PM10</b>	<b>21</b>
Kilde: SSB, 2001a upubl. Gjennomsnittlig utslipp fra biler og busser i 1999	NO <sub>x</sub>	11
	CO <sub>2</sub>	4
<b>UTREGNING D</b>	<b>PM10</b>	<b>2</b>
Som utregning C, men bussene utstyrt med CRT (90% partikkelrensing) og EGR (50% NO <sub>x</sub> reduksjon)	NO <sub>x</sub>	5
	CO <sub>2</sub>	4
<b>UTREGNING E</b>	<b>PM10</b>	<b>12</b>
Kilde: SSB, 2001a upubl. Gjennomsnittlig utslipp fra biler og busser, utvikling fremskrevet til 2010.	NO <sub>x</sub>	17
	CO <sub>2</sub>	4

**tabell 25**

**Sammenlikning av utslipp mellom buss og bil med ulike**

**forutsetninger. Forholdet viser hvor mange ganger mer enn buss forurenses enn en bil, uavhengig av belegg.**

Om et busstilbud er miljøeffektivt med tanke på NO<sub>x</sub> og PM<sub>10</sub>, vil derfor avhenge av hvor mange av passasjerene som ellers ville kjørt bil.

Hvilke tall man kommer frem til her er svært avhengig av hvilke forutsetninger man legger til grunn. Blant annet er alder på busspark og bilpark svært viktig. Videre er man avhengig av hvor stort belegg man regner det ville vært i bilene og hvor langt frem i tid man beregner (utslippsparene forandres ulikt mellom personbiler og busser). I tabell 25 har vi satt opp resultatene som fremkommer av regnestykker med ulike forutsetninger. Som vi ser spriker tallene en del, men jevnt over kan vi si at buss trenger kun et lavt belegg for å være bedre enn bil på CO<sub>2</sub>, og dermed også energi. Videre ser vi at det samme gjelder for PM<sub>10</sub> og NO<sub>x</sub> dersom bussene utstyres med anlegg for partikkel- og NO<sub>x</sub>-rensing. Uten dette kreves det et mye høyere belegg. Et annet moment er forskjellen i gjennomsnittsalder mellom personbilen og buss. Personbilene i Norge er 9,9 år i gjennomsnitt [OFV, 2001], mens kollektivselskapenes bussparker har en lavere gjennomsnittsalder enn bilene. Både Oslo Sporveier og Stor-Oslo Lokaltrafikk (SL) sine busser har en snittalder på 7,5 år [pers. medd. Sporveien, 2001 og pers.medd. SL, 2001]. Dette gir busselskapene et utslippsmessig forsprang. Utregningene i tabell 25 viser hvor mange ganger mer en buss forurenses enn en personbil og vil også angi hvor mange personer det må være i bussen for at den skal være mer utslippseffektiv enn personbilene. Da forutsetter man imidlertid at det kun er en person i hver personbil. Egentlig ligger belegget i bil på et sted mellom 1,2 og 1,75 (se vedlegg 5). Gjøres beregningene med høyere belegg for personbilene, må også bussene ha høyere belegg for å være like utslippseffektive.

Hvor mye kollektivtransport basert på buss reduserer utslippene, vil variere med belegget og dermed variere fra by til by. Generelt kan vi si at buss vanligvis har mange

fordeler slik som lavt energiforbruk, lave CO<sub>2</sub>-utslipp og lite arealkrav i forhold til personbilen. Dersom bussen er utstyrt med rensestyr for partikler og NO<sub>x</sub>, vil bussene vanligvis redusere utslippene av disse komponentene også. Hvis ikke rensestyr er installert, vil ikke reduksjonen av NO<sub>x</sub> og partikler bli like stor. Ved dårlig belegg kan utslippene bli høyere for disse to komponentene.

#### **b4) Mer effektiv varedistribusjon i by**

Varedistribusjonen spiller en stor rolle med tanke på lokal forurensning, fordi dieselbilene har høye utslipp av både partikler og NO<sub>x</sub>. En gjennomsnittlig lett lastebil av 1997 modell slipper ut henholdsvis 8 og 21 ganger mer av partikler og NO<sub>x</sub> per kilometer enn en gjennomsnittlig personbil av samme årmodell [SFT og SSB, 1999]. Dette betyr at det har stor effekt å redusere antall kjørte kilometer med lastebil, men det er ikke nødvendigvis enkelt.

Varedistribusjon står for 40% av partikkelutslippene fra eksos, varebiler ekskludert [TI, 2000]. Dersom varebiler tas med, kommer utslippene opp i 60%. Imidlertid går en stor del av varebilene som personbiler eller håndtverkerbiler. I svenske byer utgjør varedistribusjon 7-8% av antall kjørte kilometer [TØI, 2000a].

Skal man få ned utslippene ved å kjøre mindre, må man fylle bilene bedre og kjøre mer effektive ruter. TØI (2000) viser til en undersøkelse som viser at bare 1/3 av lastekapasiteten utnyttet i Oslo. Det er usikkert om varebilene er med i denne beregningen. 35-40% av alle turer foregår helt uten last, og dette gjelder i særlig grad små biler [TØI, 2000a].

En måte å effektivisere varetransporten på er å samlaste, det vil si at flere firmaer bruker samme distributør som fordeler godset effektivt på forskjellige ruter. Det er vanskelig å anslå potensialet, men TØI (2000) viser til en undersøkelse fra Aalborg der 41% av godstransporten kunne effektiviseres, uten at dette er nærmere spesifisert. Dette ga utslag i 12-24% mindre trafikkarbeid innen godssektoren. Anslaget inkluderer imidlertid flere tiltak.

Et mulig tiltak er å kreve en viss samordningsgrad i forbindelse med for eksempel miljøsoner (kapittel 8.1.3).

En annen type tiltak er å redusere volumet på lasten. Enkelte ganger er det volumet og ikke vekten som begrenser lastekapasiteten. Klarer man å redusere volumet på lasten, kan lasterommet romme mer gods. En volumreduksjon kan gjøres både med å bruke mindre voluminøs emballasje, eller ved å lage varer og/eller emballasje slik at de passer på standardiserte paller og containere.

#### **b5) Samkjøring**

Samkjøring er definert som personreiser der flere reiser sammen i personbil. Tidligere har vi beregnet reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp som følge av en økning i samkjøringen (se kapittel 5.1). Vi skal her gjøre det samme for lokalt forurensende utslipp.

Ved at flere kjører sammen, kan antall vognkilometer reduseres og dermed forurensningen, uten at antall personkilometer må reduseres. Det er allerede i dag en fordel å fylle opp kjøretøyene så mye som mulig for å dele de variable kostnadene (feks drivstoffkostnader, bompenger) på flere. Potensialet som følger av dagens kostnads- og virkemiddelstruktur er allerede tatt ut. Skal man øke belegget ytterligere, må man sette inn nye tiltak.

For å beregne potensialet, kan vi tenke oss at vi klarer å redusere trafikken generert av arbeidsreisende med 20%. Arbeidsreisene utgjorde 25% av personbilreisene i 1995 [SSB, 1997b]. Dette er ikke nøyaktige tall, men det beste vi har. Dette betyr at vi

reducerer kjørte personkilometer med 5%, og tilsvarende for  $PM_{10}$  og  $NO_x$  fra personbilparken.

### b6) Bildeling

Bildeling er en ordning der en gruppe eier biler sammen og den enkelte betaler for bruken. Tiltaket er vurdert i kapittel 5.1 og konklusjonen var at tiltaket har størst nytte i forhold til arealbruk.

### c) Motor- og drivstofftekniske tiltak

EUs utslippskrav til kjøretøy er beskrevet i kapittel 5.4.

Når avgasskravene fra EU skjerpes, gjelder dette bare for salg av nye biler. Det vil si at gamle biler går med høye utslipp hele levetiden. Det klareste eksemplet er innføringen av katalysatoren på bensinbilen, som gjør at  $NO_x$ -utslippene reduseres kraftig. Per 2001 er fremdeles 40% av personbilene uten katalysator [OFV, 2001]. Selv om de kun utfører 25% av personbilens trafikkarbeid, ser vi av figur 82 at de fremdeles står for store deler av veitrafikkens  $NO_x$  utslipp. En helhetlig oversikt over utslippene fra ulike aldersgrupper finnes som vedlegg 8.

Vi vil i dette kapitlet se på tiltak mot de gamle og ofte svært forurensende kjøretøyene, og se om det er mulig å redusere utslippene fra disse.

For å finne effekten av tiltaket, må vi regne om noen av tiltakene SFT (1998) har analysert. Da finner vi at en nedgang på 2,6% i  $NO_x$ -utslippet fra veitrafikken, vil ha en betydning for å redusere konsentrasjonen av  $NO_x$  som er igjen etter at avgasskravene er gjennomført. En reduksjon på 7,5% etter gjennomføring av avgasskravene vil omtrent halvere resterende dose over  $100 \mu g/m^3$ .

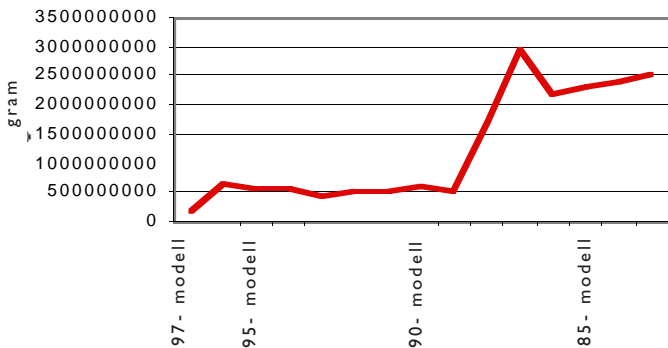
For partikler har ikke SFT, 1998 gjort beregninger som viser effekten av reduksjon av  $PM_{10}$  fra eksos utover avgasskravene. Som tidligere sagt har eksosutslippene mest å si for luftkvaliteten langs trafikkerte veier. Til gjengjeld slippes disse partiklene ut hele året, og ikke bare vinterstid.

### c1) Partikkelfilter/-felle

Det finnes mange leverandører av slike filtre. Det mest omtalte filteret er CRT-systemet (Constantly Regenerative Trap). CRT-systemet består av to enheter, en katalysator og et keramisk filter. Filtret holder igjen partiklene som forbrennes (oksideres) ved lav temperatur ( $250^\circ C$ ) sammen med luftens oksygen og  $NO_x$  i avgassen [Erland Nilson AB, 2000]. De fleste oppgir at filtre renser bort mellom 80 og 95% av partiklene [TI, 2000]. Imidlertid finnes det langtidstester som viser effekter på 99% [Erland Nilson AB, 2000]. Partikkelfiltrene forutsetter at det er mulig å fylle diesel som ikke inneholder mer enn 50 ppm svovel. Fra 1. juli 2001 vil denne kvaliteten være tilgjengelig på de fleste bensinstasjonene i landet [NP, 2001]. Filtrene koster i dag 50.- 70.000,- kr [NLF, 2000]. I og med strengere EURO-krav vil filter trolig leveres på nye tunge dieselmotorer fra 2005. Det er derfor ved ettermontering på dagens kjøretøy de store ekstra utslippsgevinstene er å hente.

Ved montering av filtre vil man gjerne ha så store reduksjoner som mulig ut av hver krone som investeres. Det vil derfor lønne seg å montere filterne på kjøretøy som forurenses mye per kilometer, kjører mye og har lang levetid igjen. Teknologisk Institutt [TI, 2000] har gjort beregninger av hvor stor del av partikkelutslippet som er mulig å rense bort. Beregningen bygger på 90% rensegrad for filterne: Kjøretøy eldre enn 19 år utgjør kun 4% av  $PM_{10}$ -utslippene gjennom bileksos. Disse vil fases raskt ut og har kort kjørelengde, så vi regner det ikke som aktuelt å sette inn tiltak mot disse. Videre slipper hvert bensinkjøretøy ut så lite partikler per kjøretøy at det ikke er aktuelt med

Aldersfordelt utslipp persobil



figur 82.

**Totale utslipp av  $NO_x$  fra bensin personbiler fordelt på årsklasser.**

**X-aksen viser årsmoell.Y-aksen viser utslippene per år i gram.**

**Figuren tar hensyn til alderssammensetning og at eldre biler blir kjørt mindre.**

**Kilde: SFT og SSB (1999)**

tiltak på disse. Bensinbilene står for ca 10% av utslippene. Videre kan man diskutere om det er klokt å sette inn tiltak mot kjøretøy eldre enn 14 år: Bensinkjøretøy og kjøretøy eldre enn 14 år står for til sammen ca. 25% av partikkelutslippene. Dersom partikkelfilter monteres på busser, lastebiler og varebiler som er yngre 14 år, vil vi få en reduksjon på hele 59%. Dersom vi unntar varebiler, vil vi ha en reduksjon på 37% i vår eksempelby Oslo. Dersom det bare settes i verk tiltak mot busser, vil effekten være 7% reduksjon av  $PM_{10}$ -utslippene. Transportøkonomisk institutt [TØI, 2000b] har gjort en nytte-kostnadsberegning av tiltaket og kommet frem til at partikkelfilter er samfunnsøkonomisk lønnsomt for busser og lastebiler i gruppen over 16 tonn. Ved å montere filter kun på disse kjøretøytypene (yngre enn 14 år), vil man få en reduksjon i eksospartikler med ca 25% i Oslo [TI, 2000].

## c2) $NO_x$ reduserende avgassystemer

Det finnes en rekke  $NO_x$ -reduserende avgassystemer, med ulike bruksområder og ulik kommersiell tilgjengelighet. Det er også ulik mulighet for ettermontering, både per i dag og i fremtiden.

Nedenfor beskriver vi kort de ulike teknikkene.

### - Treveis katalysator

Katalysator på bensinbiler har i praksis vært påbudt siden 1989. For dieslbiler har utslippskravene ennå ikke vært så strenge at det har vært nødvendig med katalysator. En katalysator reduserer eller oksiderer skadelige stoffer til uskadelige stoffer. På bensinbilene kan man benytte en treveiskatalysator. Den oksiderer CO og HC til vann og  $CO_2$ , og reduserer  $NO_x$  til  $N_2$ . En dieselbil kan ikke benytte en vanlig treveis katalysator fordi eksosen inneholder et overskudd av oksygen som gjør det vanskelig å redusere  $NO_x$ . Metoder for reduksjon av  $NO_x$  i dieseleksos er beskrevet nedenfor.

Ved å ettermontere katalysator på bensinbiler vil utslippene av  $NO_x$ , CO og HC reduseres med 70-95% fra den aktuelle bilen [TI, 1998b]. Dette gjør at alle bilene fyller kravene i EURO 1 og en del av bilene vil også klare EURO 2 kravene.  $CO_2$  utslippene vil øke noe.

I Tyskland stimulerer man til ettermontering gjennom differensiert årsavgift [TI, 1998b]. 4 måneder etter den nye avgiftsordningen var satt i gang hadde 200.000 gamle personbiler fått ettermontert katalysator. I Norge vil en ferdig ettermontert katalysator koste rundt 8000 kroner, avhengig av merke. Teknologisk Institutt (1998b) regner med det er mulig å skaffe katalysatorer til 60% av den gamle bilparken.

### - $NO_x$ -katalysator for eksos med oksygenoverskudd (lean $NO_x$ catalyst)

Som sagt er det vanskelig å få redusert -innholdet i eksos med oksygenoverskudd, men en mulig metode er å tilsette diesel i eksosen. På denne måten vil oksygenet i eksosen bindes til hydrokarbonene, noe som gjør det lettere å redusere  $NO_x$ . Systemet har hittil bare klart å vise til 30% reduksjon under optimale forhold. Ulempene med metoden er mulig økning av uforbrente hydrokarboner i eksosen og økt drivstofforbruk opptil 7%.

### - $NO_x$ felle

Her benyttes et materiale i katalysatoren som evner å holde på  $NO_x$  under oksygenrike forhold. Med jevne mellomrom kjøres motoren noen få sekunder på fet blanding, noe som gir et miljø der  $NO_x$  som er fanget i fellen, vil reduseres.



**De mange diseldrevne varebilene står for 24% av partikkelutslippet fra avgass i Oslo**

Teknologien er allerede i bruk til GDI-motorer (bensinmotor), mens det for diesel-motorer er vanskeligere å få ønsket temperatur. Imidlertid regner man med at disse problemene kan løses, og at metoden kan gi en rensegrad på over 90%. Det finnes også varianter av teknikken som krever mindre bruk av uforbrente hydrokarboner. Toyota har annonsert at de kommer med et kombinert partikkelfilter og NO<sub>x</sub>-lagringskatalysator. Systemet kalles DPNR (Diesel Particulate - NO<sub>x</sub> Reduction System), og vil anvendes på bilmodeller fra 2003 [Kvinge, pers. medd., 2001].

- Selektiv katalytisk reduksjon (SCR)

SCR er en teknikk som er i bruk ved stasjonære kraftverk. Den går ut på at det tilsettes urea til eksosen. Denne reagerer med NO<sub>x</sub> og danner N<sub>2</sub> og vann. I tillegg kreves en oksiderende katalysator som fanger opp overskuddsurea. En videreutvikling forventes å gi systemet 90% rensegrad.

- Eksosgassresirkulering (EGR)

Metoden går ut på at en del av eksosen kjøles og ledes tilbake i forbrenningskammeret. På denne måten oppnås mindre NO<sub>x</sub>-dannelse fordi det fortrenses luft (som er "råstoff" for NO<sub>x</sub>) og fordi CO<sub>2</sub> i eksosen som resirkuleres, har høy varmekapasitet (brenner ikke to ganger) og fungerer som "varmebremser" i forbrenningsprosessen. Totalbildet blir at forbrenningen foregår ved en gjennomsnittlig lavere temperatur med mindre "NO<sub>x</sub>-råstofftilgang", og dermed reduseres NO<sub>x</sub>-utslippet [Kvinge pers. medd., 2001].

Et varemerke er DeNox. Dette systemet forutsetter at CRT-filter allerede er montert og koster 80.000,- kr + mva [TØI, 2000b]. DeNox gir kun ca 50% reduksjon, men er i følge TØI allikevel samfunnsøkonomisk lønnsomt å montere på busser og i noen grad på de tyngste godsbilene.

#### **d) Elbiler**

Dagens elbiler er utmerkede for bybruk. Den korte rekkevidden gjør imidlertid at de vanskelig kan brukes på reiser over 10 mil. De passer derfor godt til familier med mer enn en bil. 31% av befolkningen i Oslo og Akershus tilhører husholdning med mer enn én bil [TØI, 1999b]. Videre finnes det en rekke spesialmodeller for nyttekjøretøy, slik som søppelbiler og varebiler.

Dersom vi antar at 10% av personbilkilometerne i Oslo gjøres med elbil, vil dette redusere PM<sub>10</sub>-utslippene fra eksos med 2,6% [basert på tall fra TI, 2000] og NO<sub>x</sub> utslippene med omtrent 4,2% [basert på tall fra SFT og SSB, 1999].

SFT (1998) har gjort en beregning der de forutsetter at 7% av personbiltrafikken er elbil. Dette vil ha en betydelig effekt på resterende konsentrasjon av NO<sub>2</sub> over 100 µg/m<sup>3</sup>, etter at de europeiske avgasskravene er gjennomført.

#### **e) Andre tekniske tiltak**

##### **e1) Motorvarmer**

Kaldstart gir som kjent forhøyede utlipp. Disse utslippene kan reduseres ved bruk av motorvarmer. Teknologisk institutt har gjort en test på tre gamle biler [TI, 1998b]. To av bilene fikk reduksjoner i utslippene av uforbrente hydrokarboner (HC) og karbonmonoksid (CO) på mellom 10 og 25 %, samtidig som NO<sub>x</sub> utslippene økte med 6 til 12%. På den siste bilen var utslagene større: en reduksjon av utslippene av HC og CO på henholdsvis 77 og 86% og en økning i NO<sub>x</sub>-utslipp på 88%. CO<sub>2</sub>-utslip-

pene var så og si uforandret. Bensinforbruket gikk noe ned for den ene bilen mens det var uforandret for de to andre.

SFT og SSB (1999) refererer til Laveskog (1992), og slår fast at for biler med treveis katalysator, går CO- og HC- utslippene kraftig ned, mens NO<sub>x</sub> og bensinforbruk er uforandret. SSB og SFT (1999) sier også at 4 av 10 bruker motorvarmer hjemme og mindre enn 1 av 10 bruker det ved arbeidsplassen.

Fordi motorvarmere krever energi, bør de brukes effektivt. 20 minutter ved +10 grader og 1,5 time ved -15 grader er anbefalt for best mulig utnyttelse [Energimyndigheten et al, 1999].

## e2) Miljøservice

Miljøservice vil si at et verksted går over bilen og justerer og skifter enkelte forbruksdeler slik som tennplugg og filtre. TI har beregnet miljøforbedringen av miljøservice på 40 prekatalysatorbiler. Vi ser av tabell 26 at man kan få tildels betydelige endringer. Effekten var i samsvar med andre undersøkelser. Drivstoffbesparelse vil gi en gevinst på 300- 500 kroner i året til bileier, men det er før utgiftene til servicen er tatt med [TI, 1998b]. EU-kravene om periodisk miljøkontroll (se kapittel 5.4) vil fange opp en del av gevinsten.



**Motorvarmer reduserer utslippene av enkelte komponenter. Må brukes med vett da den krever energi**

	CO, g/km	HC, g/km	NO <sub>x</sub> g/km	Partikler g/km	Forbruk l/mil
Bensinbiler	- 1,6 (-10%)	-0,21 (-10%)	+0,01(+0,4%)	---	-0,025 (-2,7%)
Dieslbiler	-0,08 (-9%)	+0,01 (+2%)	-0,09 (-10%)	-0,04 (-15%)	0,046 (-5,5%)

**tabell 26.**

**Gjennomsnittlig utslipp og forbruk ved måling av 35 brukte bensinbiler og 5 brukte dieslbiler før og etter miljøservice.**

Kilde: TI (1998b)

## e3) Drivstoffkvalitet

Drivstoffkvaliteten er bestemt gjennom EU krav (år 2000 og 2005). I tillegg har Sverige en egen såkalt miljødiesel klasse I (MKI), som har vært solgt noen år nå. SFT og SSB (1999) har satt opp en oversikt over kvalitetenes virkning på blant annet NO<sub>x</sub>- og PM<sub>10</sub>-utslipp:

	PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>
Lette dieslbiler		
EU 2005 – skiltet hastighet <= 50km/t	1	0,95
EU 2005 – skiltet > 50km/t	0,91	0,95
MKI – skiltet hastighet <= 50km/t	0,66	1,02
MKI – skiltet hastighet > 50km/t	0,40	1,04

**tabell 27.**

**Utslipp av NO<sub>x</sub> og PM<sub>10</sub> fra lette dieslbiler. Diesellkvaliteter sammenliknet med EU 2000 standard (indeks =1). Omregnet fra SFT og SSB (1999).**

	PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>
Tunge dieslbiler		
EU 2005 (ECE 13 mode)	0,90	0,97
MKI (ECE 13 mode)	0,88	0,96

**tabell 28.**

**Utslipp av NO<sub>x</sub> og PM<sub>10</sub> fra tunge dieslbiler. Diesellkvaliteter sammenliknet med EU 2000 standard (indeks =1). Omregnet fra SFT og SSB (1999).**

Det går frem av tabell 27 og 28 at partikkelutslippene kan synke markant ved bruk av miljødiesel av svensk type. Dersom dette virkelig er tilfelle, er det i såfall en stor gevinst å hente på dette i Oslo med sine mange mindre godsbiler. Tallene må verifiseres.

Vi ser at  $\text{NO}_x$ -utslippet vil være omtrent det samme. Forbruket og dermed  $\text{CO}_2$ -utslippene, skal i følge kilden holde seg tilnærmet konstant.

Dersom man bruker utslippsfordelingen for Oslo (TI, 2000), og vi forutsetter at kjørte kilometer i hastighetssoner  $\leq 50\text{km/t}$  og  $>50\text{km/t}$  er lik, vil en overgang til svensk diesel gi en nedgang i partikkelutslipp på 27%.

#### e4) Piggfrie dekk

Piggfrie dekk nevnes selv om det ikke er utslipp fra motor og dermed ikke innenfor rapportens problemstilling, fordi bruken av disse gir forurensning som har stor betydning. I Oslo, som brukes som eksempelby, er allerede bruken av piggfrie dekk høy (80%) etter at det ble innført en ordning der biler som bruker piggdekk må betale et gebyr. NILU (1999) har gjort en simulering av luftutslippene dersom piggfriandelen økte til 95%. En så høy andel vil redusere antall boliger med konsentrasjoner over nasjonalt mål kraftig. Gjennomsnittlig dose over et år vil imidlertid reduseres beskjedent. Gevinstene ved en høyere andel av piggfrie dekk må veies opp i mot en eventuell økning i trafikkulykkene.

Andre byer enn Oslo har ulik andel av piggfrie dekk. SFT [SFT og SSB, 1999] har gjort en beregning som viser at det gir en sterk reduksjon av utslippene av veistøv dersom bruken av piggfrie dekk øker fra 20% til 80%.

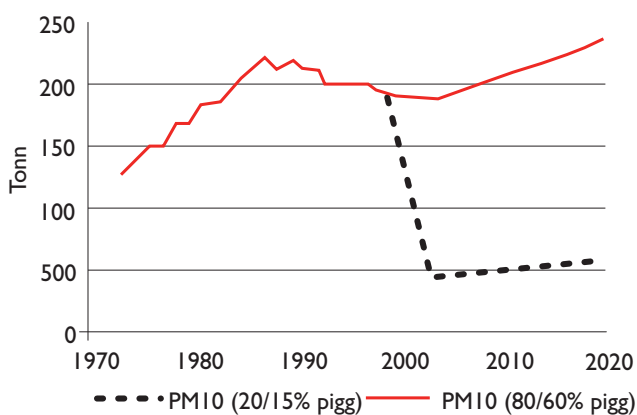
#### 8.1.3 Anbefalte tiltak og virkemidler

En endring av drivstoffkvalitet (diesel) vil kunne gjøres relativt raskt. Dieselskvaliteten MKI er allerede dominerende (90% markedsandel) i Sverige i dag. Ovenfor har vi beregnet en partikkelreduksjon på 27% fra år 2000-standardene. Vi er imidlertid oppmerksom på at det kan bli diskusjon rundt denne påstanden, så myndighetene må klarlegge hvor stor reduksjon vi kan regne med. Dersom det er et reduksjonspotensiale, skal myndighetene stille krav eller bruke drivstoffavgiftene slik at vi får et skifte i drivstofftype. Det er ikke vanskelig, Sverige gjorde det allerede i 1991. Tiltaket vil gi rask gevinst da det vil gi effekt for alle kjøretøy, nye som gamle.

Kollektivtrafikken har som sagt ovenfor mange viktige funksjoner i bytransport. Vi antar derfor at kollektivtransport i by uansett vil styrkes i årene fremover. Bellona mener dette er viktig med tanke på energi, areal, køproblemer med mer. Bussen er og vil være viktig i kollektivtransporten, så det er viktig at fylkeskommunene stiller krav om avgassrensing på bussene. Bussene vil da kunne gi vesentlige bidrag til  $\text{NO}_x$ - og partikkelreduksjon. Kravene stilles gjennom anbudsrundene, parallelt med krav om en viss andel hydrogenbussar.

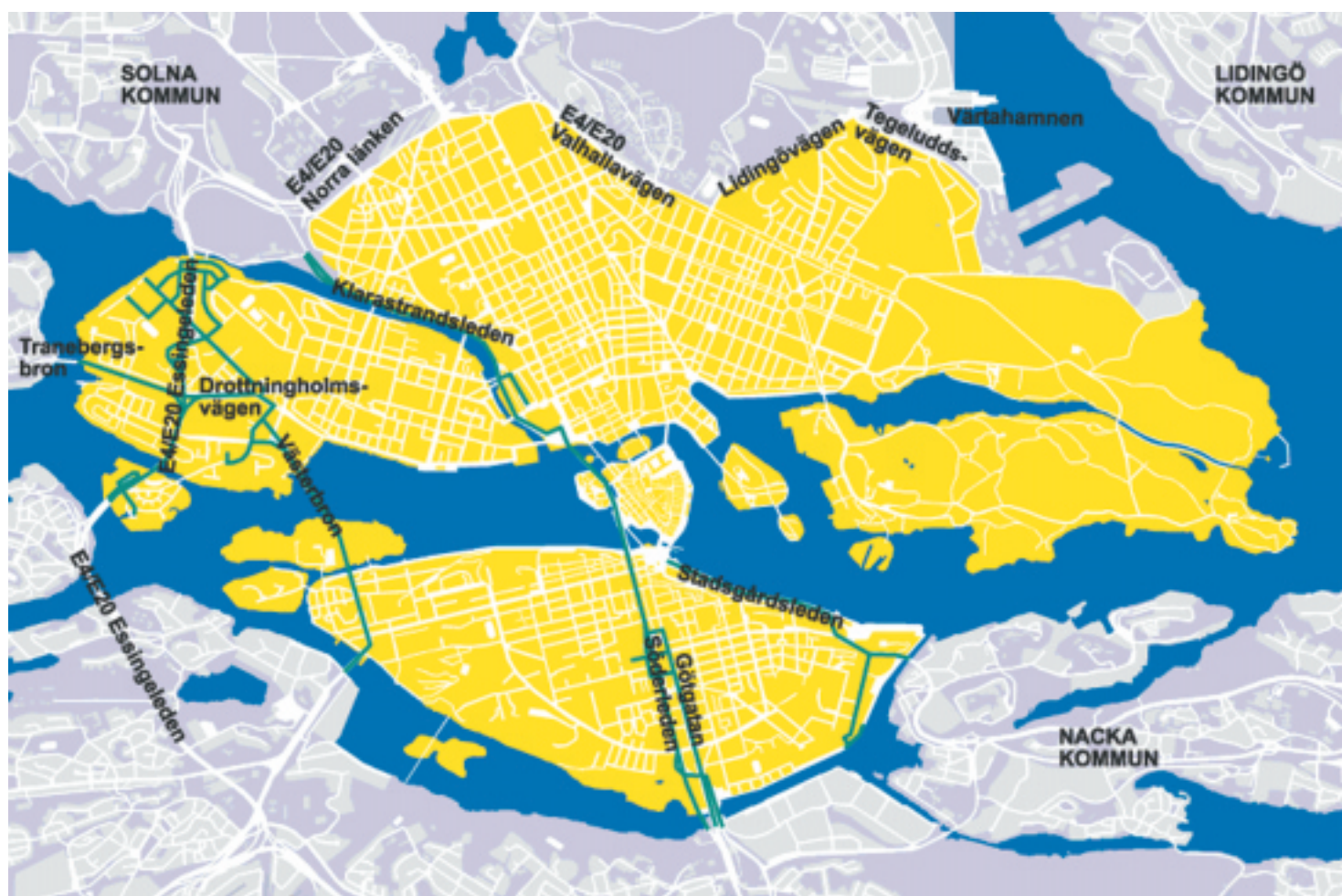
Partikkel- og  $\text{NO}_x$ -rensing bør også påbys på andre dieselbiler. TØI har allerede gjort en beregning som viser hvilke biler dette er samfunnsøkonomisk lønnsomt for, men tiltaket bør vurderes nærmere i forhold til hvordan tiltaket praktisk kan innføres og hvordan det kan gi størst mulige gevinster. Å knytte det opp mot miljøsonene som er nevnt nedenfor, er en mulighet. En annen er at myndighetene setter krav til lastebilene ved innkjøp av transporttjenester. Staten er en stor aktør i markedet.

Videre vil man få reduksjoner dersom ved å fjerne de eldre bilene fra veien. Hvor stort potensialet er har vi ikke regnet på, men det vil fremgå av figurene i vedlegg 8. Det har vært foreslått å redusere nybilavgiftene for å redusere andelen gamle biler.



**figur 83.**  
**Figuren viser historiske og fremskrevne utslipp av veistøv.**  
**Heltrukne linjen viser utslipp med 80% av personbilene og 60% av tunge kjøretøyer på piggdekk. Stiplet linje viser utslipp med 20% av personbilene og 15% av tunge kjøretøyer på piggdekk.**  
**Kilde: SFT og SSB (1999)**

Det finnes imidlertid en rekke argumenter mot dette. For det første er det uvisst om miljøkostnadene ved å lage en bil er større enn det man sparer i utslipp. Vi har ikke vært i stand til å finne en undersøkelse som omhandler dette på en objektiv måte. En redusert pris vil også føre til flere biler på veien, noe som gir økte utslipp. Et eksempel er USA der det er 50% flere personbiler i forhold til folketall enn i Norge [Østmo, 2000]. Dette øker utslippene opptil 50%. Videre vil en avgiftslette særlig gjelde personbiler, da andre kjøretøytyper har reduserte eller ingen avgifter. Dette ville hjelpe for å få de siste pre-katalysatorbiler bort fra veien, men "dødligheten" for disse bilene vil øke i årene fremover uansett [SFT og SSB, 1999]. Det er også et spørsmål om det ikke er bedre å bruke penger på ettermontering av katalysatorer enn å ta provenytapet. Et siste argument er at en redusert nybilpris nå, vil gjøre ny teknologi relativt dyrere. Alt i alt er vi skeptiske til denne løsningen utfra dagens kunnskap. Tiltaket bør utredes nøye dersom myndighetene vurderer å gjennomføre det, og ikke vedtas hals over hode i en opphetet budsjettdebatt.



En alternativ løsning til å senke nybilprisene for å redusere andelen gamle biler, er å gjøre som i Sverige og opprette miljøsoner i de største byene (Stockholm, Gøteborg, Malmø og Lund). Her får man ikke kjøre inn med gamle og forurensende kjøretøy. Ulempen er at systemet vanskelig kan gjelde personbiler på grunn av sosiale aspekter. Imidlertid vil man kunne sette krav til det meste av dieseldrevne kjøretøy, fordi disse ikke er personbiler. Dette vil gi betydelig effekt på partikkelforurensingen, men hvor stor effekt tiltakene vil få, kommer litt an på hvordan man utformer regelverket for sonene. En rapport om den svenske ordningen er under utarbeiding.

**figur 84.**  
**Kart over miljøsonen i Stockholm. Legg merke til at hovedveiene (grønne streker) er unntatt av praktiske hensyn. Miljøsonen er på 5x7 kilometer.**



**figur 85.**  
**Utslipp av NO<sub>x</sub> fra skip og båter i innenriksfart 1998.**  
 Kilde: SSB (2000)

En miljøsoner vil videre være et anvendelig verktøy i arealplanleggingen. En miljøsoner kan knyttes opp mot tiltak som rensing av røyk fra vedfyring, prioritering av kollektiv og/eller syklende og gående i trafikkbildet, prioritering av samkjørende og krav om samlasting, krav om partikkelfilter, prioritert parkering til nullutslippskjøretøy, piggfrie dekk med videre.

Bykommunene bør opprette miljøsoner uten å ha en plan for alle tiltakene. Når først miljøsonene er på plass, kan tiltakene legges til etter behov. Miljøsoner er et lokalt tiltak som vil være rettet mot lokale miljøproblemer. Mulighet til medvirkning fra befolkningen innenfor sonen vil være stor.

Det er utvilsomt mye som kan gjøres i forhold til byluft, også tiltak som ikke gjelder eksosutslipp. Det er viktig med en helhetlig tilnærming til problemet, både hva gjelder utslipp fra ulike sektorer, forholdet til andre miljøproblemer enn byluft og ulike tidsperspektiver. Uansett må skifte av dieselkvalitet raskt vurderes, kollektivtrafikken styrkes, renseutstyr på busser kreves og miljøsoner opprettes.

## 8.2 Tiltak mot forurende utslipp fra skip og båter

Skip og båter står som vist i kapittel 2.2 for store deler av de forurende utslippene i Norge, særlig NO<sub>x</sub>-utslippene. I tillegg viser SFT (1999c) at mange av de billigste NO<sub>x</sub>-reducerende tiltakene kan gjøres ombord på skip og båter.

Skip og båter har ikke vært underlagt krav til utslipp på samme måte som bilene. Dette har ført til at utviklingen har gått så sakte at alle forbedringer har blitt og vil bli oppveid av trafikkveksten (se figur 16). De eneste NO<sub>x</sub>-kravene skip er underlagt, er utslippskrav til NO<sub>x</sub> fra nye motorer med virkning fra 2000 (kravene er ennå ikke ratifisert, men når det skjer vil de gjelde med tilbakevirkende kraft). Gøteborgprotokollen som omfatter NO<sub>x</sub>-utslipp fra skip og båter i innenriksfart gjelder allerede fra 2010. Dette betyr at det må gjøres tiltak både på gamle og nye fartøy.

Gøteborgprotokollen gir oss anledning til å slippe ut maksimalt 156.000 tonn NO<sub>x</sub> i 2010. Dersom vi forsetter at utslippene fra vegtrafikken vil reduseres i takt med EU-kravene, og at alle andre sektorer skal redusere sine utslipp prosentvis likt, må skip og båter redusere sine NO<sub>x</sub>-utslipp med 20% (19.000 tonn). Forutsetter vi at all reduksjon skal foretas i transportsektoren må skip og båter redusere utslippene sine med 36% (34.300 tonn).

I kapittel 5.4 nevnte vi ulike teknologier som kan redusere utslippene. Mye av denne teknologien er allerede klar. Den største flaskehalsen er derfor å stille krav som ikke er for konkurransevridende i forhold til utenlandske aktører. I tillegg må man unngå å komme for mye i konflikt med det internasjonale regelverket. Men skip og båter er en sammensatt gruppe der ulike virkemidler kan brukes overfor ulike segmenter. Deler vi opp skip og båter i grupper får vi en utslippsfordeling som vist i figur 85. Deler vi ytterligere opp, får vi resultatet i tabell 29.

Vi ser at fiske står for store deler av utslippene. Av fiskebåtene står de med lengde over 27meter for 78% av NO<sub>x</sub>-utslippene fra fiskeflåten, mens de bare utgjør i overkant av 400 båter eller 5% av fiskeflåten [SSB, 1996]. Dette betyr at tiltak mot et begrenset antall båter kan ha stor effekt. Fiske faller egentlig utenfor begrepet transport, men innenfor begrepet mobile utslippskilder.

### 8.2.1 Virkemidler

I kategorien skip og båter er mye av virksomheten underlagt konsesjoner, offentlig anbud eller annen offentlig påvirkning. Dette gjør det forholdsvis lett å få på plass

virkemidler. Det første myndighetene må gjøre er å feie for egen dør; det vil si starte med sine egne skip. Her trengs det ikke andre grep enn bevilgninger.

Den andre gruppen er rutegående skip. Disse går oftest ruter som er lagt ut på anbud eller er på annen måte under myndighetenes kontroll. Her kan myndighetene sette krav ved anbud eller kjøp av transporttjenester. Myndighetene må være villige til å

Kategori og underkategori	tonn NO <sub>x</sub>	tonn NO <sub>x</sub> underkategori	Prosent
<b>Fiskebåter</b>	<b>27344</b>		<b>38%</b>
kortere enn 27 meter		6010	
lengre enn 27 meter		21334	
<b>Rutebåter</b>	<b>12867</b>		<b>18%</b>
Riksveiferger		5001	
Andre bilferger		574	
Hurtigruta		2995	
Lokalruter		4297	
<b>Gods- og standbyfartøyer</b>	<b>21831</b>		<b>30%</b>
Tank-/kombinert		4031	
Tørrlast		6606	
Bøyelastere, supply-/standby		9112	
Godsruter		1204	
Slepebåter		877	
<b>Andre fartøy</b>	<b>5800</b>		<b>8%</b>
Redningsfartøy		100	
Forsvaret		2000	
Andre statlige skip		300	
Andre (usikkert anslag)		3300	6%
<b>Mobile borerigger</b>	<b>4576</b>		

betale en høyere pris for transporttjenestene på grunn av rederienes kostnader til rensing. Videre er fiskebåter avhengig av fiskekvoter som myndighetene deler ut. Dette gir myndighetene mulighet til å stille miljøkrav til virksomheten, slik de gjør med industri og mang en annen mindre næringsvirksomhet. Her er det noen få store båter som står for det meste av utslippene.

De mobile boreriggene vil også måtte ha tillatelser av ulike slag, der myndighetene kan stille krav.

Skip i godstransportnæring er den kategorien det vil være vanskeligst å stille krav overfor, fordi de er i konkurranse med utenlandske skip som har mulighet for å komme seg inn på markedene. For skipene som er knyttet opp mot oljevirkomheten i Nordsjøen, kan man imidlertid stille krav til oljeselskapene om at det skal benyttes supply- og bøyelastere med NO<sub>x</sub>-rensing. For de andre er miljødifferensierte havneavgifter en viktig mulighet. Havneavgiftene vil ikke diskriminere mellom norske og utenlandske skip. I Sverige har man allerede et system og flere land vurderer det samme. I Norge har vi fra før miljødifferensiert tonnasjeskatten, men man regner ikke med at dette vil ha så stor betydning fordi differensieringen er for liten. Imidlertid kan systemet videreføres til havneavgiftene. Myndighetene har en unik mulighet til å differensiere havneavgiftene i og med gjennomgangen av "Havne- og farvannsloven" i høst. Det er snakk om en stor mengde båter som må gjøre noe med utslippene sine. Antallet kan reduseres noe ved å ikke stille krav til båter som vil bli hugget før Gøteborgavtalens mållår 2010. Selv om det er noen år til Gøteborgprotokollen skal være oppfylt, er det på høy tid å sette inn tiltak. Man var i gang med prosessen gjennom NO<sub>x</sub>RED-programmet som ga støtte til skip som gjorde NO<sub>x</sub>-reducerende

**Tabell 29.**  
**Utslipp av NO<sub>x</sub> fra skip- og båter i Norge.**

tiltak, men dette programmet ble avsluttet i år 2000.

Myndighetene må nå fornye NO<sub>x</sub>RED prosjektet for å vinne mer kunnskap, samtidig som man posisjonerer seg for å kunne stille krav. Det betyr at miljødifferensiering må inn i havneloven, kravene til utslippsreduisering må utformes, og det må settes datoer for når kravene som er beskrevet ovenfor skal iverksettes slik at næringene får tid til å forberede seg. Arbeidet vil ta noe tid så det er viktig å begynne nå. I arbeidet må myndighetene igjen tenke i flere tidsperspektiver samtidig. Det betyr at selv om NO<sub>x</sub>-reduksjon er det kortsiktige problemet, må man tenke på at skip og båter skal være hydrogendrevne om noen år: Det betyr at myndighetene heller bør støtte hydrogenprosjekter enn naturgassprosjekter i marin sektor, fordi dette vil være en varig løsning. Med naturgass kan man risikere som for veitrafikken, at man gjør investeringer i infrastruktur som ikke kan brukes om noen år: Det er eventuelt bedre å bygge opp en infrastruktur sertifisert for hydrogen som midlertidig benyttes til gass. Det samme gjelder skipene: bygg med seriøs mulighet for konvertering til hydrogen

### **8.3 Hva gjør vi med flytrafikken?**

Den persontransporten som øker mest, er fly. Og mens biltransport har en naturlig begrensning (det er grenser for hvor mange timer folk er villige til å tilbringe i en bil), har flytransport i overskuelig framtid knapt noen annen enn en prismessig begrensning i en stadig mer globalisert verden. Med andre ord har flytrafikken et enormt vekstpotensiale, og dermed også utslippene fra flytrafikken. Teknologien vil bringe oss fly med betydelig reduserte utslipp og legre inn i fremtiden også 0-utslippfly, men likevel sitter vi igjen med et stort energiforbruk. Vi vil også ha store utslipp frem til 0-utslippsteknologi er faset inn.

#### **8.3.1 Luftfartens miljøpåvirkning og rammevilkår**

FNs vitenskapelig panel i klimaspørsmål, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), har i en studie av luftfartens påvirkning av det globale klimaet (1999) satt en prognose på økning i flytrafikken på 5% per år frem til 2015. Samtidig er det beregnet at luftfartens økning av CO<sub>2</sub> utslippene vil utgjøre 3% per år [SAS, 2001] under forutsetning av at det oppnås en overgang til mer moderne fly med mer effektive motorer. Det antas imidlertid at nedbrytning av klimagasser i høyere luftlag (over 10.000 ft) går saktere enn i lavere luftlag. Dette innebærer at klimaeffekten av utslippene fra luftfarten kan være minst 2-3 ganger høyere enn tilsvarende utslipp fra land- og sjøtransport. Det finnes per i dag ingen generelle internasjonale normer for hva som er akseptable utslipp fra fly. FN har gjennom sitt organ for sivil luftfart ICAO (International Civil Aviation Organisation) fastsatt regelverk som dekker avgangs- og landingsfasen av flygingen. I ICAOs miljøkomite er ulike markedstilpassede virkemidler som skatter, avgifter, frivillige avtaler og kvotesystemer vurdert for å minske luftfartens miljøpåvirkning. I forhold til avgifter har ICAO fra 1950- årene kjørt en politikk om avgiftsfritt flydrivstoff. Det er imidlertid et voksende krav fra EU om å innføre CO<sub>2</sub>-avgift på flydrivstoff, selv om EU framhever at en foretrekker en internasjonal avgift for ikke å svekke de europeiske flyselskaperenes konkurransevilkår. Norge har per i dag en CO<sub>2</sub> avgift på flydrivstoff. For utslipp av NO<sub>x</sub> og støy er standarder definert av ICAO. I tillegg er det fastsatt enkelte nasjonale og regional bestemmelser. Som eksempel nevnes at Sverige og Sveits har innført en utslippsavgift på NO<sub>x</sub>.

### 8.3.2 Tiltak og virkemidler i luftfart

Løsningsrommet for luftfarten er med dagens kunnskaper relativt begrenset, både rent fysisk men også fordi luftfarten er så internasjonal at nasjonale tiltak og virkemidler har begrenset mulighet og virkning.

Teknologiske forbedringer for å redusere miljøbelastningen fra luftfarten er mulig, men forbedringene vil raskt spises opp av veksten. I vår jakt på 0-utslippsløsninger har vi per dags dato ingen løsning for fly. Hydrogen som drivstoff vil fjerne CO<sub>2</sub>-utslipp, men vil fortsatt gi NO<sub>x</sub>-utslipp. I tillegg slippes det ut vanndamp, og mye tyder på at disse såkalte kondensasjonsstripene har en klimaeffekt. Bellona vil likevel anbefale at det arbeides videre med bruken av hydrogen som drivstoff i fly.

Et annet miljøtiltaket som vil gi utslippsreduksjoner, er å dempe veksten i flytransporten. Dette kan gjøres både ved å øke belegget, og ved å redusere totaltransporten i luft.

### Teknologiutvikling

Norge må være pådriver for å få EU til å stille miljøteknologikrav, eksempelvis tilsvarende "Californiakravene", jf kap. 7.1. I tillegg bør flyselskapene stille krav til produsentene av fly og motorer slik at teknologiutviklingen også tar miljøhensyn.

### Miljøavgifter

Miljøavgifter er som nevnt ovenfor et virkemiddel som kan dempe veksten og utslippene fra luftfarten, selv om totaleffekten av virkemiddelet er begrenset. Miljøavgifter vil også, avhengig av størrelsen på avgiften, bidra til at forurenseren faktisk betaler for sine utslipp, og dermed være i tråd med forurenseren skal betale-prinsippet.

Bellona foreslår at dagens CO<sub>2</sub>-avgift på flydrivstoff endres slik at den knyttes opp til forbrukte mengder drivstoff i norsk luftrom og at den også utvides til å omfatte andre forurensende komponenter som NO<sub>x</sub>. I tillegg foreslår vi at luftfartsgebyrene i så stor grad som mulig miljødifferensieres etter støy og utslippsparametre, jf. forslag om miljødifferensiering av havneavgifter.

### Effektivisering og utnyttelse av rutenett

I Norge har man i mange år hatt fri konkurranse i luftfarten, der trafikken i hovedsak har vært dominert av to selskaper. Resultatet av dette har vært at flere ruter har blitt fløyet av begge selskaper til like tidspunkter. I år 2000 hadde SAS en kabinfaktor på innenlandsrutene (belegg) på 59%, Braathens hadde kabinfaktor på ca 55,5%. Ved å effektivisere og samordne rutenettet i Norge viser grove anslag at det kan oppnås en reduksjon i antall flyvninger på ca 15%. Dette vil redusere utslippene med 100.000 tonn CO<sub>2</sub> og 300 tonn NO<sub>x</sub>. Ytterligere effektivisering bør tilstrebes.

## 8.4 Andre tiltak

### 8.4.1 Biodrivstoff

Beregninger viser (som tidligere nevnt) at biodiesel fra ryps kan dekke ca 3% av dieselforbruket [TI, 1998a] eller i størrelsesorden 10% dersom det også utvinnes av avfall. Forutsatt at anslaget er riktig, vil dette bety at biodiesel kan redusere de fossile CO<sub>2</sub>-utslippene fra veitransport med 4,3% eller transportsektoren med 2,5%. Biodiesel kan brukes rent på mange eksisterende kjøretøy eller med noen prosents oppblanding i vanlig diesel av alle. Dette tiltaket alene kan bidra til en CO<sub>2</sub>-utslippsreduksjon (alle sektorer) i Norge på ca. 1%. Dette er lite i forhold til hva som kreves av utslippsreduksjoner, men er betydelig i forhold til Kyotoavtalen.

Myndighetene har allerede fritatt biodiesel for dieselavgifter. Dette er et bra virkemiddel, men avgiften har ikke vært treffsikker. Et treffsikkert tilleggsvirkemiddel er å påby en viss innblanding i vanlig diesel. 5% innblanding er uproblematisk i forhold til kjøretøyenes funksjon (Teslo pers. medd., 2001).

Etanol er et biodrivstoff som kan blandes i bensin. Etanol har antagelig like så stort potensiale som biodiesel.

#### **8.4.2 Bilavgiftene**

Personbilene er det transportmiddelet som er sterkest avgiftsbelagt. Bilen betaler engangsavgift, årsavgift, drivstoffavgift med mer (se vedlegg 1). Elbilene er unntatt fra alle avgiftene mens hybridbilene er unntatt for avgifter på elmotoren.

De fleste bilavgiftene er fiskale, dvs. at de er kun inntektsbegrunnede. Det er likevel mulig å vri avgiftene slik at de også kan stimulere miljømessig riktige løsninger. Bellona foreslo derfor høsten 2000 at bilavgiftene burde endres slik at de ble differensiert etter miljøparametre. Dette resulterte i at Stortinget høsten 2000 ba Regjeringen om å utrede engangsavgiftssystemet og komme med forslag som gir miljø- og sikkerhetsforbedringer innen år 2003 [B.innst.S. nr 1 (2000-2001)].

Bilavgiftene kan deles i tre hoveddeler: Nedenfor følger Bellonas forslag til hvordan disse kan brukes i miljøøyemed. Det totale nivået fra avgiftene kan opprettholdes.

#### **CO<sub>2</sub>-avgiften på drivstoff.**

Ut fra et miljø- og ressursøkonomisk synspunkt bør avgiften være så lagt så nært selve utslippet som mulig. Siden CO<sub>2</sub>-utslipp fra bilen er helt knyttet opp til forbruket, er denne avgiften riktig. Siden skadene knyttet til utslipp er den samme uansett hvor utslippet skjer, bør avgiften være lik for hele sektoren (og også for de øvrige sektorer). Vi foreslår derfor at bilens CO<sub>2</sub>-avgift på drivstoff til biler holdes på dagens nivå, og at de andre CO<sub>2</sub>-avgiftene harmoneres på samme nivå.

#### **Årsavgiften.**

I dag er årsavgiften den samme for alle biler, bortsett fra veteranbiler. Vi foreslår at denne differensiere etter antall kjørte kilometer. Dette vil i større grad gjenspeile bilens eksterne kostnader som veislitasje og veikapasitetsutnyttelse. Siden dagens forsikringsordninger allerede er differensiert etter kjørelengde, vil dette være enkelt å gjennomføre.

#### **Engangsavgiften.**

Utslipp fra bil per kjørte km avgjøres i kjøpsøyeblikket, og det er derfor riktig å knyttes avgifter opp til bilens potensiale for utslipp. En miljødifferensiering av engangsavgiften vil gi et insitament til å kjøpe de minst forurensende bilene. Vi foreslår at engangsavgiften differensieres etter utslippskomponenter som måles i forbindelse med typegodkjenningen (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> og HC), og vekt. Det midlertidige avgiftsfritaket for nullutslippsbiler må beholdes til det nye systemet er på plass. En mer utfyllende beskrivelse av miljødifferensiert engangsavgift finnes i vedlegg 9. Mer om bil- og drivstoffavgifter generelt finnes på Bellona web ([www.bellona.no/imaker?id=18270&sub=0](http://www.bellona.no/imaker?id=18270&sub=0)).



## **Kap. 9 Konklusjon.**

### **En transportpolitikk som tar miljøet på alvor**

Denne rapporten viser at utslippene fra transportsektoren er store, med betydelige skadevirkninger for mennesker og miljø både lokalt og globalt. Prognosene bekrefter at dette vil fortsette dersom ikke nødvendige tiltak gjennomføres. Rapporten dokumenter mange måter å redusere dagens utslipp på, men det er bare ny teknologi som gir muligheter for nullutslipp fra transportsektoren i fremtiden. Karbonfrie drivstoffer som elektrisitet og hydrogen, er det Bellona mener gir store nok utslippsreduksjoner i et samfunn med omfattende behov for transport.

For å få forurensningsfri teknologi på plass, er det viktig med teknologidrivende virkemidler. Bellona har i dette arbeidet søkt å finne de virkemidler som er treffsikre og politisk mulig å gjennomføre.

Bellona anbefaler derfor følgende virkemidler for nullutslipp:

#### **Bellonas forslag til virkemidler for null-utslipp**

- 1. Norge følger Californias krav om at minst 2% av nybilsalget skal være nullutslippsbiler fra 2005. Prosentandelen utvides etterhvert**
- 2. Det opprettes et hydrogenfond fram til 2020 på et årlig beløp tilsvarende 10% av dagens inntekt fra CO2-avgiften (272 mill Nkr årlig)**
- 3. Midlertidig avgiftsfritak for null-utslippskjøretøy**
- 4. Hydrogen beholder sitt avgiftsfritak som drivstoff i en overgangsfase**
- 5. Gunstig avskrivningsregler for nullutslipps-transportmidler.**

Dagens miljøkonsekvenser av transport er uakseptable. Bellona anser det derfor som svært viktig at det umiddelbart igangsettes tiltak for å redusere utslippene frem til nullutslippsteknologi er innført. Det er helt nødvendig å gjennomføre slike tiltak for at Norge skal klare å overholder internasjonale avtaler og for å begrense skadene på natur og mennesker. Samtidig er det viktig at disse tiltakene ikke blokkerer for de utslippsfrie transportløsningene eller medfører store negative samfunnsøkonomiske konsekvenser.

Selv om hovedvekten av rapporten dreier seg om finne løsninger som gir en utslippsfri transportsektor, anbefaler likevel Bellona følgende tiltak og virkemidler for å begrense utslipp i fra transport på kort sikt:

#### **Anbefalte tiltak og virkemidler for bedre byluft**

- 1. Krav til forbedring av drivstoffkvalitet**
- 2. Kraftig styrking av kollektivtransport, med krav om avgassrensing på buss. som**
- 3. Krav til partikkel- og NOx-rensing på eksisterende dieserbiler**
- 4. Miljøsoner i byer**

#### **Anbefalte tiltak og virkemidler for NOx-reduksjoner**

- 1. Rensekrav for båter stilles gjennom fiske-, ferjekonsesjoner og konsesjoner for bøyelastere og supply offshore**
- 2. Rensekrav stilles gjennom offentlig anbud**
- 3. Rensekrav til statens egne båter**
- 4. Miljødifferensierte havneavgifter**

#### **Anbefalte tiltak og virkemidler for CO2-reduksjoner**

- 1. Krav om 2% innblanding av biodiesel**
- 2. Transportavgiftene differensieres etter miljøparametre som blant annet utslipp**

Bellona slår fast at ny teknologi er en reell løsning på transportnæringens utslipp til luft. Vi understreker allikevel at miljøproblemer som trivsel, støy, ulykker, arealkonflikter og ikke minst energi- og ressursbruk fortsatt må adresseres når transportsektoren er blitt utslippsfri.

Den aktuelle teknologien for nullutslipp er utviklet . Nå gjelder det å stimulere til etterspørsel og masseproduksjon av forurensningsfrie transportmidler. En slik "transportrevolusjon" forutsetter strenge og forutsigbare krav og økonomiske ordninger. Utviklingen av hydrogenbaserte og elektriske løsninger gir grunnlag for en optimisme som ikke var tilstede for bare få år siden. Hydrogen kan både produseres fornybart og ved å separere og deponere CO<sub>2</sub> fra naturgass. På denne måten kan vi produsere store mengder hydrogen som drivstoff i løpet av kort tid. Dette gjør at mange må tenke på nytt. Bellona har gjennom denne rapporten søkt å gjøre tilgjengelig det faktagrunnlag som ligger til grunn for våre standpunkter og anbefalinger .

Bellona er svært takknemlig for den hjelpen vi har fått fra mange personer til denne rapporten, og setter pris på innspill og forslag til vårt videre arbeid.

## Kilder

AEA Technology, 2000. Marsh, G., Hill, N., Sully, J. Consultation on the need to Reduce the sulphur content of petrol and diesel fuels below 50 ppm: - a policy makers summary. AEA Technology Environment. Rapport AEAT/ENV/R/0372 Rapporten er laget på oppdrag av EU kommisjonen, DG Environment. 107 sider.

Airbus, 1996. Dr Klug, H. Environmental Compability of Cryoplane. Daimler-Benz Aerospace

Bain, A og Schmidtchen, U., 2000. Why and how the "Hindenburg" burnt. <http://www.dwv-info.de/pm/pe00hb.htm>

Bellona, 1997. Sur nedbør Del 2: Virkninger. Bellona Faktaark nr 70. 2 sider.

Bellona, 1998. Brenselceller. Bellona Faktaark

Bellona, 1998. Rensing og deponering av CO<sub>2</sub>. Bellona Faktaark

Bellona, 1999a. Grønn kraft og varme. Bellona rapport nr 3 1999

Bellona, 2000a. Belegg og kapasiteter for ulike fremkomstmidler. Upublisert notat. 6 sider.

Bellona, 2000b. Grinna, S. Miljøvirkninger av transport. Bellona arbeidsnotat 2/2000. 62 sider.

Bellona, 2001 in prep. Hydrogen (Arbeidstittel). Bellona rapport under arbeid. Planlagt for August 2001

Bellona, 2002. Grinna, S., Utslipp fra uliketransportmidler. Bellona.

B.innst.S.nr: (2000-2001). Innstilling fra finanskomiteen om Nasjonalbudsjettet for 2001 og forslaget til statsbudsjett medregnet folketrygden for 2001. Finanskomiteen. 169 sider.

Blomen, L. & Mugerwa, M., 1993. Fuel Cell Systems. Plenum Press, New York. 614 sider. ISBN 0-306-44158-6

BMW, 2000. Milberg, J. BMWs hjemmesider 10. Juli 2000. [http://www.bmwgroup.com/e/index2.shtml?s80&0\\_0\\_www\\_bmwgroup\\_com/7\\_innovation/7\\_1\\_clean\\_energy/7\\_1\\_0\\_clean\\_energy.shtml&](http://www.bmwgroup.com/e/index2.shtml?s80&0_0_www_bmwgroup_com/7_innovation/7_1_clean_energy/7_1_0_clean_energy.shtml&)  
[http://www.bmwgroup.com/e/index2.shtml?s80&0\\_0\\_www\\_bmwgroup\\_com/7\\_innovation/7\\_1\\_clean\\_energy/7\\_1\\_0\\_clean\\_energy.shtml&](http://www.bmwgroup.com/e/index2.shtml?s80&0_0_www_bmwgroup_com/7_innovation/7_1_clean_energy/7_1_0_clean_energy.shtml&)

Brewer, G.D., 1991. Hydrogen Aircraft Technology. CRC Press 1991

Calstart, 1999. DaimlerChrysler Sets Fuel Cell Car Price Target: \$18K News notes 12/15/99 <http://www.calstart.org>

Concawe, 1999. Fuel quality, vehicle technology and their interactions. Concawe rapport 99/55. 66 sider. [http://www.concawe.be/Download/Reports/Rpt\\_99-55.pdf](http://www.concawe.be/Download/Reports/Rpt_99-55.pdf)

COWI, 1999a. Luftfartens vilkår i Skandinavien – Prisens betydning for valg av transportform. SAS. 74 sider.

COWI, 1999b. Luftfartens vilkår i Skandinavien – Energiforbruk og luftemissjoner. SAS. 105 sider.

Czernik et al, 2000. Czernik, S., French, R., Feik, C. og Chornet, E. Production of Hydrogen from Biomass-Derived Liquids. Chemistry for Bioenergy System Center, National renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, USA 80401. 11 sider.

DOE, 2000. The hydrogen information network US dept of energy <http://www.eren.doe.gov/hydrogen/>

Energimyndigheten, Motormännens Riksförbund, Vägverket, Konsumentverket, Naturvårdsverket, Bilprovningen & MTC, 1999. Använd din motorvärmaren rätt. Statens energimyndighet, Sverige. 8 sider.

Erland Nilson AB, 2000. CRT-Avgasrening för dieselfordon. 2 sider .pdf. <http://www.erlandnilson.se/files/frame.htm>

EV World, 2001. Ballard Sees Fuel Cell Cars Available in 2 Years. EV World 18 mai, 2001 <http://evworld.com/databases/shownews.cfm?pageid=news180501-06>

Farstad, K., 2000, juni. Pers.medd. Spesialrådgiver Norges Automobilforbund.

Finansdepartementet, 1997. Avgift på godstransport på veg. Rapport fra en interdepartemental arbeidsgruppe nedsatt av finansdepartementet. 110 sider.

Finansdepartementet, 2000. Brev av 25/07/2000 Høring: forskrift om miljødifferensiert tonnasjesskatt.

Ford, 1998. Fords R&D on direct hydrogen fuel cells systems. EVS-15.

Ford, 2001. Dr.-Ing Dübel, F.-M., Status of the Fuel Cell powered Electric Vehicle. Lysbilde-serie fra mars 2001. Ford Forschungszentrum, Aachen.

Friedmeier, 2000. Test experiences with the DaimlerChrysler Hydrogen – Fueled Fuel cell Electric Vehicle NECAR 4. Journal Of Power Sources Elsevier 1999 Hydrogen energy progress XIII vol2 IAHE.

GM (General Motors), 2000. GM Unveils Next millenium Fuel cell Vehicle, GM Media 11.1.2000 <http://www.gm.com>

Hart, D., 1997. Hydrogen Power: Financial Times 1997

Heydorn, 1998. Hydrogen. SRI Consulting

Hydro, 2000. Erfaringer med NEBUS i Oslo. Hydro media

Hyweb, 1999-2001, <http://www.Hyweb.org>

IMO, 1998. MARPOL – 25 years. IMO. Focus on IMO. <http://www.imo.org/imo/focus/1998/marpol25.pdf>

IMO, 1999. IMO briefing 21 December 1999. <http://www.imo.org/imo/briefing/1999/fax19.htm>

Jansson, K., 2000. NOx emission reduction whit HAM system m/v Marinella. Viking Line. Foredrag for Norges Rederiforbund 12. apr 2000.

Jernbaneverket, Kystverket, Luftfartsverket & Statens veivesen, 1999. Forslag til Nasjonal transportplan 2002-2011. Vegdirektoratet. 250 sider.

Jørgensen, K., 1998. Personbilers energiforbrug. Institut for Bygninger og Energi, Danmark. 25 sider. <http://www.ens.dk/emr/publikationer/bil98.htm>

KFLT (Utvalget for vurdering av konkuransforholdene i luftfartsnæringen), 1999. Om betydningen av skatter, avgifter og gebyrer for luftfartens konkuransvilkår. Nedsatt av Finansdepartementet juni 1999. 173 sider.

Kvinge, F., 2001. Pers. medd. pr e-post 22. mai 2001.

Laveskog, A., 1992. Emmisions and Fuel Consuption at FTP Test Cycles at +22C and -2C from Vehicles Equipped with Blockheaters. SAE paper 920014.

Lillioe-Olsen og Transportutvikling AS, 1999. Hurtigående sjøtransport i Nord-Norge. Containerførende katamaran. Forsudie. 49 sider.

Låg, M. 2001. Ansatt ved Folkehelse. Natur og Ungdom seminar 9. mars 2001.

Miljøstyrelsen, 1997. Larsen, P.B., Larsen, J.C., Fenger, J. & Steen, S.J. Sundhetsmæssig vurdering av luftforurensning fra vejtrafikk. Miljøstyrelsen, Danmark. Miljøprosjekt nr 352. 287 sider. ISBN 87-7810-737-7

Myhre, J. E. (Nettbuss), 2000. Pers. medd. 11. august 2000.

NILU, 1997. Hagen, L.O. BTEX og 1,3-butadien som luftforurensningsproblem. NILU rapport OR 60/97. 48 sider. ISBN 82-425-0926-3.

NILU, 1998. Larssen, S. og Hagen, L.O. Luftkvaliteten i norske byer. NILU oppdragsrapport 69/98. 31 sider. ISBN 82-425-1031-8.

NILU, 1999. Slørdal, L.H. og Tønnesen, D. Fremskrivningsberegninger av NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub> for Oslo for 2005 og 2010. En sensitivitets- og tiltaksstudie. NILU oppdragsrapport 56/99. 66 sider. ISBN 82-425-1120-9.

NLF (Norsk lastebileierforening), 2000. Christine Holtan. Miljøtiltak i godstransport på vei – noen hovedpunkter i forhold til lavsvovel diesel og rensefilter. Notat. 1 side.

NP (Norsk petroleumsinstitutt), 2001. Oljeselskapene garanterer svovelfattig diesel. Artikkel per 9. april på NP-web. [www.np.no](http://www.np.no).

NSB, 1998. Miljøregnskapet 1998. NSB. 32 sider.

NTP (National Toxicology Program), 2000. Report on Carcinogens 9th Edition U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Toxicology Program: <http://ehp.niehs.nih.gov/>

OFV (Opplysningsrådet for veitrafikken), 2001. Fakta om bil. OFV. 24 sider hefte.

Opel, 2000. Hydrogen Povered, Road going Fuel Cell Zafira with a range of about 400 km. GM Media 29.2.2000 <http://www.opel.com>

Oslo kommune, 2000a. Samferdeletaten. Strategisk plan for Samferdseletaten 2000-2003. Samferdseletaten. 15 sider. Med henvisning til PROSAM rapport 56/1998.

Oslo kommune, 2000b. Hunnes, O.K og Myrteveit, I. Luftforurensning i Oslo. Status utvikling og føringer. Helsevernetaten Oslo kommune rapport 54/2000. 57 sider.

Reuters, 2001. Toyota sees record pretax profit in 00/01-Nikkei. Tokyo, 9 Mai 2001

SAS, 1999. Miljørapport 1998. SAS. 48 sider.

SAS, 2001. Miljørapport 2000. SAS

SFT (Statens forurensningstilsyn), 1995. Mortensen, L.M. Effekter på avlinger, skog og annen vegetasjon (dose-resons). Luftforurensninger – effekter og verdier (LEVE). SFT-rapport 95:21. ISBN 82-7655-320-6.

SFT (Statens forurensningstilsyn), 1996. Ozon ved bakken – et økende problem. SFT. Fakta nr 4 juni 1996. 4 sider. ISSN 0806-4008.

SFT (Statens forurensningstilsyn), 1997b. Weidemann, F. Tiltak for reduksjon av NMVOC-utslipp i Norge. Beregning av kostnader. SFT rapport 97:11. 104 sider. ISBN 82-7655-043-6.

SFT (Statens forurensningstilsyn), 1997c. Tørseth, T., Rosendahl, K.E., Hansen, A.C., Høie, H & Mortensen, L.M. Avlingstap som følge av bakkenært ozon. Vurderinger i perioden 1989-1993. SFT rapport 97:02. 47 sider. ISBN 82-7655-022-3.

SFT (Statens forurensningstilsyn), 1998. Hansen, A.M. & Hunnes, O. Luftforurensning i Oslo. Fremskrivninger og tiltak. SFT rapport 98:15. 68 sider. ISBN 82-7655-127-0.

SFT (Statens forurensningstilsyn), 1999b. Stølan, A. CO<sub>2</sub>-utslipp, areal- og transportpolitikk. SFT rapport 99/07. 25 sider. ISBN 82-7655-160-2.

SFT (Statens forurensningstilsyn), 1999c. Selvig, E., Weidemann, F., Hoel, A., Lefferstad, H. Reduksjon av NO<sub>x</sub> utslipp i Norge - Tiltaksanalyse for mållåret 2010. SFT. 125 sider. ISBN 82-7655-175-0.

SFT (Statens forurensningstilsyn), 2000a. Selvig, E., Weidemann, F. & Rosland, A. Reduksjon av klimagassutslipp i Norge. SFT rapport 1708/2000. 170 sider. ISBN 82-7655-199-8.

SFT (Statens forurensningstilsyn), 2000b. Rosendahl, K.E. Luftforurensning - effekter og verdier (LEVE). Helseeffekter og samfunnsøkonomiske kostnader av luftforurensning. SFT rapport 1718/2000. 55 sider. ISBN 82-7655-205-6.

SFT og SSB (Statens forurensningstilsyn og Statistisk sentralbyrå), 1999. Bang, J., Flugsrud, K., Holtskog, S., Haakonsen, G., Larssen, S., Maldum, K.O., Rypdal, K., & Skedsmo, A. Utslipp fra veitrafikk i Norge. SFT. 163 sider. ISBN 82-7655-156

SL (Stor Oslo lokaltrafikk), 2001. Pers. medd. per e-post fra Solveig Martinsen.

SSB (Statistisk sentralbyrå), 1996. Flugsrud, K. og Rypdal, K. Utslipp til luft fra innenriks sjøfart, fiske og annen sjøtrafikk mellom norske havner. SSB rapport 96/17. 52 sider. ISBN 82-537-4321-1.

SSB (Statistisk sentralbyrå), 1997a. Holtskog, S., og Rypdal, K. Energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge. Statistisk sentralbyrå, rapport 97/7. 44 sider. ISBN 82-537-4400-5.

SSB (Statistisk sentralbyrå), 1997b. Monsrud, J. Eie og bruk av personbil. SSB rapport 97/10. 56 sider. ISBN 82-537-4411-0

SSB (Statistisk sentralbyrå), 2000. Naturressurser og miljø 2000. SSB. 282 sider. ISBN 82-537-4788-8

SSB (statistisk sentralbyrå), 2001a. Upublisert oversikt over utslipp fra kjøretøy i Norge 1999. Med fremskrivninger.

SSB (statistisk sentralbyrå), 2001b. Web-artikkel per 14.mai 2001. [www.ssb.no](http://www.ssb.no)

St. meld. nr. 58 (1996-1997). Miljøvernpolitikk for en bærekraftig utvikling. 224 sider.

St. meld. nr. 29 (1997-1998) Norges oppfølging av Kyotoprotokollen. Miljøverndepartementet. 90 sider.

St. meld. nr. 8 (1999-2000) Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand. Miljøverndepartementet. 157 sider.

St. meld. nr. 46 (1999-2000) Nasjonal Transportplan 2002-2011. Samferdselsdepartementet. 270 sider.

St. meld. nr. 24 (2000-2001). Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand. Miljøverndepartementet.

St. prp. nr. 1 (1995-1996). Om endringer i kjøretøyavgiftene og om endring av proposisjonen om statsbudsjettet for 1996 Skatte- og avgiftsfritak. Finans- og tolldepartementet. 32 sider.

St. prp. nr. 1 (1999-2000). Skatte-, avgifts- og tollvedtak. Finansdepartementet. 185 sider.

Statens helsetilsyn, 1999. Bedre byluft. Rapport fra arbeidsgruppe som har vurdert strakstiltak, varslingsgrenser og terminologi. Statens helsetilsyn. IK-2674. 41 sider.

Statens Institutt for Folkehelse (Folkehelse), Norsk institutt for skogforskning (NISK), Norsk institutt for luftforskning (NILU), 1992. Virkninger av luftforurensning på helse og miljø. Anbefalte luftkvalitetskriterier. SFT rapport 92:16. 200 sider + vedlegg.

Statens institutt for folkehelse (Folkehelsa), Riksantikvaren og Direktoratet for naturforvaltning (DN), 1998. Miljø og helse – en forskningsbasert kunnskapsbase. Folkehelsa. 290 sider. ISBN 82-7364-127-9.

Statoil, pers. medd., 2001. E-post fra Frode Kvinge med opplysninger fra en av Statoils toksikologer.

Teslo, pers. medd., 2001. Telefonsamtale 11. mai 2001. Teslo arbeider med import av biodiesel

TI (Teknologisk institutt), 1995. Figenbaum, E. Biodiesel - en livsløpsanalyse. TI

TI (Teknologisk institutt), 1998a. Skedsmo, A. og Hagman, R. Energiforbruk og avgassutslipp fra transportmidler med tradisjonelle og alternative drivstoffer. Dagens verdier og alternative drivstoffer. Teknologisk Institutt. 49 sider.

TI (Teknologisk institutt), 1998b. Hagman, R., Ørjasæter, J., Karlsen, P.G., Bang, J. & Weum, M. Alternative miljøtiltak for bruktbilparken. TI rapport ordre nr 32810. 52 sider + vedlegg.

TI (Teknologisk institutt), 2000. Skedsmo, A. Eksosutslipp av partikler (PM10). Teknologisk institutt, rapport nummer 48487. 22 sider

Trafikministeriet, 2000. Begrensning af transportsektorens CO2-udslip - Muligheder og virkemidler. Trafikministeriet, Danmark. 78 sider. ISBN 87-90262-78-6 <http://www.trm.dk/pub/co2-udslip/trafikministeriet-publikationer-filer/indeks.html>

Turner, 1999. Solar energy cans supply all our energy needs. NTNU Hydrogen Electrochemistry and energetics.

TØI (Transportøkonomisk institutt), 1994. Solheim, T., Hammer, F. og Johansen, K.W. Kollektivt og forurensende? Miljøeffekter av å forbedre kollektivtilbudet i norske byer. TØI rapprt 245/1994. 54 sider. ISBN 82-7133-878-1.

TØI (Transportøkonomisk institutt), 1996. Skarstad, O. Konkurransflater i godstransport 1994. TØI rapport 323/1996. 52 sider. ISBN 82-7133-969-9.

TØI (Transportøkonomisk institutt), 1997. Thune-Larsen, H., Madslie, A. og Lindjord, J.E. Energieffektivitet og utslipp i transport. Transportøkonomisk Institutt, notat 1078/1997. 32 sider + vedlegg. ISSN 0806-9999.

TØI (Transportøkonomisk institutt), 1998a. Lea, R. Tomkjøring med lastebil i Norge. TØI. 53 sider. ISBN 82-480-0052-4

TØI (transportøkonomisk institutt), 1998b. Rystam, Åsa. Konkurrans- og samarbeidsflater mellom ulike transportmidler for lokal persontransport. TØI notat 1120/1998. 31 sider + vedlegg. ISSN 0806-9999

TØI (transportøkonomisk institutt), 1999a. Eriksen, K.S., Markussen, T.E. & Pütz, K. Marginale kostnader ved transportvirksomhet. TØI rapport 464/1999. 71 sider. ISBN 82-480-0129-6.

TØI (transportøkonomisk institutt), 1999b. Stangeby, I. Reisevaner i Oslo/Akershus 1998. TØI notat 1129/1999. 25 sider. ISSN 0806-9999.

TØI (transportøkonomisk institutt), 1999c. Jensen, T. & Eriksen, K.S. Alternative systemer for beregning av engangsavgift for personbiler: TØI rapport 434/1999. 31 sider: ISBN 82-480-0096-6.

TØI (transportøkonomisk institutt), 2000a. Kolbenstvedt, M., Solheim, T. & Amundsen, A. Miljøhåndboken. TØI. 426 sider: ISBN 82-480-0147-4

TØI (transportøkonomisk institutt), 2000b. Eriksen, K.S. Partikkelrensings effekt på marginalkostnadene. TØI arbeidsdokument TØI/1257/2000 per 27.juni 2000. 12 sider:

Tørnquist, M. og Ehrenberg, L., 1994. On Cancer Risk Estimation of Urban Air Pollution. Environmental Health Perspectives volum 102, Supplement 4, oktober 1994. 10 sider.

US EPA, 1998., Health risk assessment of 1,3-butadiene. United States Environmental Protection Agency <http://epa.gov/nceawww1/butadiene.htm>

Vegdirektoratet, 1998. Kjerkreit, A. & Odeck, J. En gjennomgang av etterspørselstatisiteter i transportsektoren. Vegdirektoratet, Miljø- og samfunnsavdelingen, MISA publikasjon 98/01. 44 sider:

Veidirektoratet, 2000a. Avgassregelverk (m/ drivstoffer). Veidirektoratet. Kompendium. 48 sider: Vestlandsforskning rapport 8/97. 94 sider:

Vegdirektoratet, 2000b. Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure. Utkast til nasjonal statusrapport, versjon mai, 2000. 55 sider:

Vestlandsforskning, 1993. Høyer, K.G. og Heiberg, E. Persontransport – konsekvenser for energi og miljø. Direkte og indirekte energibruk og miljøkonsekvenser ved ulike transportmidler. Vestlandsforskning, rapport 1/93. 195 sider: ISBN 82-428-0097-9

Vestlandsforskning, 1997. Holden, Erling. Miljøkrav til tyngre kjøretøy – trenger vi det?.

Vestlandsforskning, 1998a. Lundli, H.E., Høyer, K.G. og Holden, E. Transportsenarier for Oslo. Grunnlagsnotat. Vestlandsforskning, notat 5/98. 60 sider: ISSN 0804-8835

Vestlandsforskning, 1998b. Lundli, H.E., Andersen, O., Høyer, K.G. Transportsenarier for Oslo. 1996-2016. Vestlandsforskning rapport 13/98. Vestlandsforskning. 53 sider: ISBN 82-428-0159-2

Vestlandsforskning, 1999. Lundli, H-E. og Vestby, S.E. Luftfart og miljø. En sammenlikning mellom fly og andre transportmidler for energi, utslipp og areal. En dokumentasjonsrapport. Vestlandsforskning, rapport 9/99. 136 sider: ISBN 82-428-0177-0

WHO, 1995. Updating and revision of the air quality guidelines for Europe. Report on a WHO Working Group on Volatile Organic Compounds. Bryssel, Belgia 2.-6. oktober 1995.

WHO, 2000. Guidelines for air quality. WHO. <http://www.who.int/peh/>

Winter, C.J et al., 1988. Hydrogen as an energy carrier. Springer Verlag

Østmoe, K., 2000. Det amerikanske samfunnet tilpasser seg lave bensinpriser – og det norske tilpasser seg høye. Samferdsel 4-2000. Sidene 16-17.

Zumdahl, 1993. 1993 Chemical Principles

## Vedlegg I

### En oversikt over avgifter knyttet til transportmidlene

Det gjøres oppmerksom på at avgiftene kan forandres ved hvert statsbudsjett og påfølgende revideringer. Denne oversikten er per år 2000. Årlige oppdateringer utgis hvert år som "Stortingsproposisjon nr I (20xx-20xx) for budsjettermin 20xx. Skatte-, avgifts- og tollvedtak".

#### Personbil

##### Engangsavgift (importavgift)

- Differensiert etter motoreffekt, sylindervolum og vekt.
  - For varebiler, kombinerte biler, minibusser, campingbiler og drosjer beregnes engangsavgiften som en prosentvis andel av avgiften til vanlige personbiler.
  - Inkludert her er vrakpantavgiften (1300,-)
  - Proveny er 7,8 milliarder kr
- Årsavgift
- 2005,- Ingen differensiering.
  - Proveny 4,6 milliarder kr

Slagvolum		Effekt		Vekt	
<b>Opp til 1200 ccm</b>	7,43 kr pr ccm	Opp til 65 kW	97,18 kr pr kW	Opp til 1150 kg	25,16 kr pr kg
<b>1200 – 1800 ccm</b>	19,45 kr pr ccm	65 – 90 kW	354,45 kr pr kW	1150- 1400 kg	50,23 kr pr kg
<b>1800 – 2200 ccm</b>	45,74 kr pr ccm	90 – 130 kW	709,12 kr pr kW	1400 - 1500 kg	100,64 kr pr kg
<b>Over 2200 ccm</b>	57,15 kr pr ccm	Over 130 kW	1200,00 kr pr kW	Over 1500 kg	117,05 kr pr kg

1 kW = 1,36 hestekrefter

tabell 30.  
Systemet for engangsavgifter på personbiler 1999 (TØI, 1999c)

##### Personskadeavgift

- 360,- Ingen differensiering.
- Proveny 0,6 milliarder kr

##### Bensin og dieselavgift

- Basisavgift kr 4,34 for bensin og kr 3,74 for diesel per liter
- CO2 avgift kr 0,94 for bensin og kr 0,47 for diesel per liter
- Svovelavgift kr 0,07 per påbegynte 0,25 vekt% svovel over 0,05 vekt%.
- Proveny på bensinavgifter er 10 milliarder
- Proveny på dieselavgifter er 4,7 milliarder

##### Omregistreringsavgift

- Avgift for å erstatte mva og derved hindre spekuleringer
- Kraftig differensiert etter registreringsår og vekt.
- Proveny 1,5 milliarder kr

Totalt proveny var i 1999 på 32 milliarder kr. Merverdiavgift på avgiftene kommer i tillegg.

#### Lastebil

Det betales ikke avgifter ved innkjøp av lastebiler. Det betales heller ikke vrakpant eller investeringsavgift.

Når det gjelder årsavgift går det et skille ved vekt på 12 tonn. Er lastebilen over 12 tonn, har EU en minimumsgrense for årsavgift. Norge ligger helt ned til denne for laveste sats, og deretter har man en differensiering oppover basert på vekt, fjærsystem og alder etter eurokrav-klasse [St. prp I (1999-2000)] (tabell 2).

Lastebiler under 12 tonn betaler en udifferensiert på 1140 kroner per år:  
Drivstoffavgifter som for personbil.

Kjøretøy		Registreringsår	Vektkomponent	Miljøkomponent
Vogntog 50 tonn, luftfjæret,	3+3 aksler	1997	2755	3900
Vogntog 50 tonn, annet fjæringssystem, 3+3 aksler		1992	4387	9600
Lastebil 18 tonn, luftfjæret,	2 aksler	1997	992	2100
Lastebil 18 tonn, annen fjæring,	2 aksler	1992	2247	5400

### Buss

Det betales ikke engangavgift på busser over 6 meter med mer enn 17 seteplasser [St. prp. nr 1 (1999-2000)]. For minibusser betales det en prosentsats av beløpet en like stor personbil ville betalt.

Busser med totalvekt over 12 tonn betales vektårsavgift som systemet for lastebiler. Minibusser betaler 1965 kroner per år:

Drivstoffavgifter som for personbil. Man kan få refundert 95% av autodieselavgiften [pers. medd. Myhre, 2000].

### Tog

Leie av skinnegangen er basert på kjøreveisavgift som i 2000 utgjorde 1 øre per brutto tonnkilometer. Unntatt for kjøreveisavgiften er kombinerte transporter (bil-tog-bil). Toget betaler ikke årsavgift [Thorsen pers. medd. 2000].

Ved innkjøp betaler NSB full investeringsavgift, 7% på både gods- og personmaterieil. [Thorsen pers. medd. 2000].

Andre avgifter: tollavgift ved bruk av utenlandsk godstogmaterieil internt i Norge. Denne avgiften er lastebilen unntatt. Det betyr at en utenlandsk lastebil kan kjøre tollfritt med gods i Norge, mens togmaterieillet blir belastet med tollavgift. [Thorsen pers. medd. 2000].

Drivstoffavgifter er CO2 avgift og svovelavgift på 0,515 kr per liter diesel og elavgift på 0,0555 kr per kWh.

### Skip

#### Rederiskatt

- Det betales kun skatt på overskuddet når det tas ut av rederiet.

#### Tonnasjeskatt

- Rederiet betaler tonnasjeskatt som beregnes på grunnlag av nettotonnasjen (volumet av skipets lasterom og /eller passasjerområder) av de skip rederiene eier uansett flagg [St. prp. nr 1 (1999-2000)]. Dersom skipet oppfyller viss miljøkrav, kan man få opptil 25% reduksjon av denne skatten [Finansdepartementet, 2000]

#### Drivstoff

- Innenriks sjøfart betaler svovelavgift og CO2 avgift.

#### Andre avgifter og gebyrer

- Havneavgift, losavgift, farledsavgift, registreringsavgift, gebyr for teknisk kontroll og klassegebyr.

**tabell 31: Eksempel på avgiftsbelastning. Forslag for år 2000.  
(St. prp. 1 (1999-2000))**

## **Fly**

[KFLT, 1999]

Flyelskapene har for de fleste innkjøp (inkludert flymaskiner) fritak for investeringsavgift. Fly er unntatt for drivstoffavgifter. Et unntak er fyllingsavgiften (5,5 øre/l) som er inkludert i landingsavgiften. Innenlandske flyvninger er også pålagt en lav CO<sub>2</sub> avgift (26 øre per liter) og en lav svovelavgift (1,3 øre per 0,25% vektandel svovel over 0,05%). I tillegg betales det en rekke luftfartsavgifter og/eller gebyrer.

Disse skal være en betaling for tjenester som ytes fra infrastruktur, navigasjonsutstyr med mer:

- Startavgift. Varierer mellom flypassene og er også blant annet avhengig av flyets høyeste tillette vekt.
- Støyavgift. For Bodø lufthavn og Gardermoen lufthavn er det fastsatt særskilte avgifter som støy- og nattillegg.
- Passasjeravgift. Kr 21,91 per sete for innenriksflyvninger og kr 80,34 per person for utenriksflyvning.
- Underveisavgift betales for navigasjonstjenester når flyet er i luften.

## Vedlegg 2

### En oversikt over virkning på utslipp fra veitrafikk (inkludert gods) ved teknologisk utvikling omtrent som EURO og Auto/oil kravene.

Utregningen er hentet fra SFT og SSB (1999).

Forutsetninger for de ulike alternativene.

#### Basisalternativet:

- Prognose for trafikkarbeid er basert på Regjeringens langtidsprogram for 1998-2001. Økningen i kjøretøyparken vil være slik at antall personbiler vokser årlig med 1,3 %, busser med 1,0 % og godsbiler med 1,9 %.
- Nye EURO-krav til avgass og drivstoff år 2000 og 2005 i henhold til de forslagene til direktiv som er lagt frem for person- og varebiler og tunge kjøretøy.
- 30% reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp for bensin personbil, 20% for diesel personbil og 10% for tyngre diesel kjøretøyer.

#### Forutsetninger for de ulike alternativene.

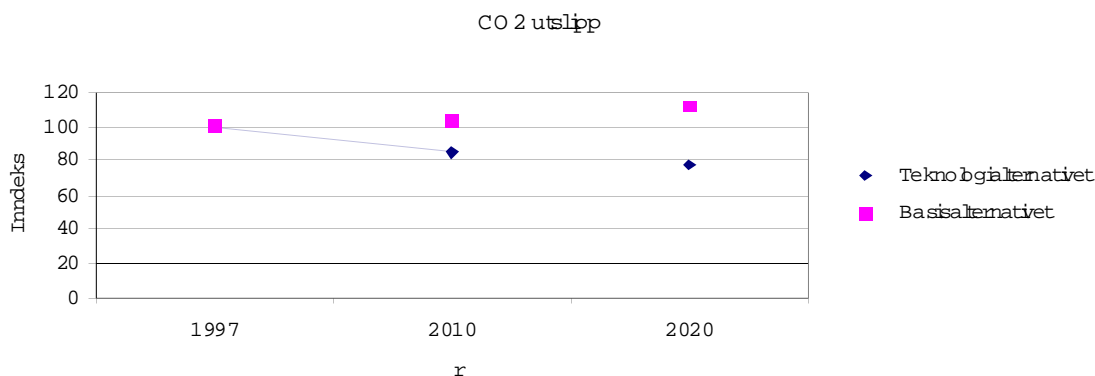
	År 1997	År 2010 med teknologisk utvikling og trafikkvekst	År 2010 med teknologisk utvikling men uten trafikkvekst	Prosentvis endring fra 1997 uten trafikkvekst	År 2020 med teknologisk utvikling og trafikkvekst	År 2020 med teknologisk utvikling, men uten trafikkvekst	Prosentvis endring fra 1997 uten trafikkvekst
CO <sub>2</sub>	8,8	9,1	7,5	-15%	9,8	6,9	-22%
NO <sub>x</sub>	59,6	28,8	24,1	-60%	28,1	19,6	-67%
NM <sub>VOC</sub>	56,3	17,4	15,9	-72%	12,8	10,4	-82%
PM <sub>10</sub>	3,7	1,0	0,8	-78%	0,8	0,6	-84%
PM <sub>2,5</sub>	3,5	0,9	0,8	-77%	0,8	0,6	-83%
PAH	0,7	0,4	0,3	-57%	0,4	0,2	-71%
Benzen	1,9	0,3	0,3	-84%	0,2	0,2	-89%

#### Teknologialternativet:

- Som basisalternativet, men uten volumvekst. Totalantallet for hver kjøretøyklasse holdes fast. Slik isoleres effekten av endringer i teknologi og drivstoff fra trafikkvekst.

tabell 32.

Beregnet utslipp år 2010 og 2020 fra veitrafikk. Mengder i tonn. CO<sub>2</sub> i kilotonn



### Vedlegg 3

#### En oversikt over virkning på utslipp fra veitrafikk (inkludert gods) dersom alle personbilturer under 2 km erstattes med sykkel eller gange.

Utrengningen er hentet fra SFT og SSB (1999).

##### Basisalternativet:

- Prognose for trafikkarbeid er basert på Regjeringens langtidsprogram for 1998-2001. Veksten i antall kjøretøy er antatt å bli som følger: antall personbiler vokser årlig med 1,3 %, busser med 1,0 % og godsbiler med 1,9 %.

- Nye EURO-krav til avgasser og drivstoff år 2000 og 2005 i henhold til de forslagene til direktiv som er lagt frem for person- og varebiler og tunge kjøretøy. Videre 30% drivstoffreduksjon for bensin personbiler, 20% for diesel personbiler og 10% for tunge dieselskjøretøyer.

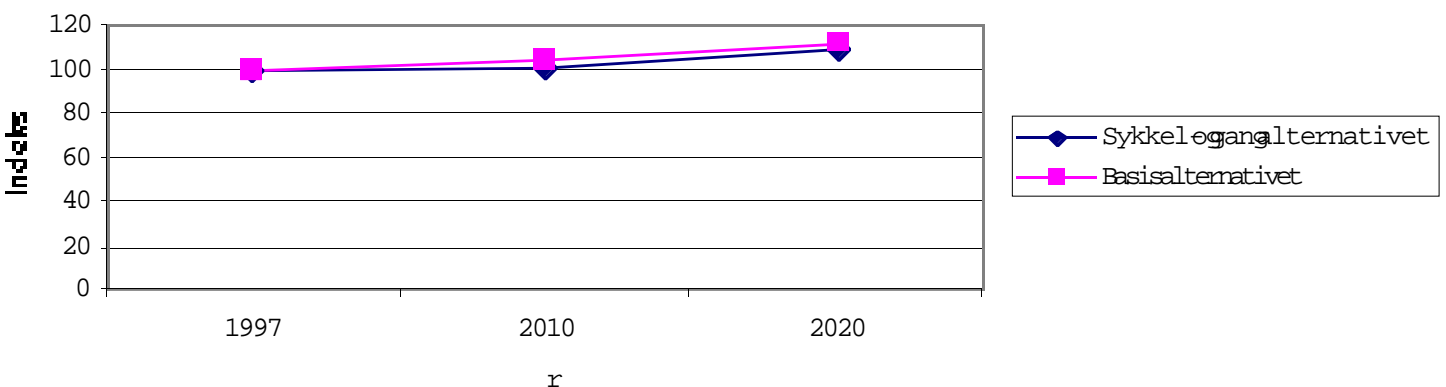
Tabell 33

Utslipp ved sykkel- og gangalternativet og basisalternativet.

##### Sykkel og gangalternativet:

	År 1997	Basisalternativ år 2010	Sykkel og gangalternativet år 2010	Prosentvis forskjell	Basisalternativet år 2020	Sykkel og gangalternativet år 2020	Prosentvis forskjell
CO <sub>2</sub>	8,8	9,1	8,9	- 2,2%	9,8	9,6	-2%
NO <sub>x</sub>	59,6	28,8	28,1	-2,5%	28,1	27,5	-2,1%
NMVOC	56,3	17,4	15,2	-12,7%	12,8	11,5	-10,2%
PM <sub>10</sub>	3,7	1,0	0,9	0 til -10%	0,8	0,8	-0%
PM <sub>2,5</sub>	3,5	0,9	0,9	-0%	0,8	0,8	-0%
PAH	0,7	0,4	0,4	-0%	0,4	0,4	-0%
Benzen	1,9	0,3	0,3	-0%	0,2	0,2	-0%

CO<sub>2</sub>utslipp



Figur 87

CO<sub>2</sub> utslipp ved gang- og sykkelalternativet og basis alternativet.

## Vedlegg 4

### En oversikt over virkning på utslipp fra veitrafikk (inkludert gods) dersom all vekst i persontrafikk skjer med kollektive transportmidler.

Utrekningen er hentet fra SFT og SSB, 1999.

Forutsetningene er viktige for regnestykket. Dersom man skal bygge ut kollektivtransporten primært av miljøhensyn og ikke av sosiale hensyn slik som i dag, vil utbyggingen komme i områder med høyt belegg. Dette vil gi en høyere gevinst enn hva forutsetningene nedenfor vil gi.

#### Basisalternativet:

- Prognosen for trafikkarbeid er basert på Regjeringens langtidsprogram for 1998-2001. Veksten i antall kjøretøy er antatt å være følgende: personbilbestanden vokser årlig med 1,3 prosent, busser med 1,0 % og godsbiler med 1,9 %.

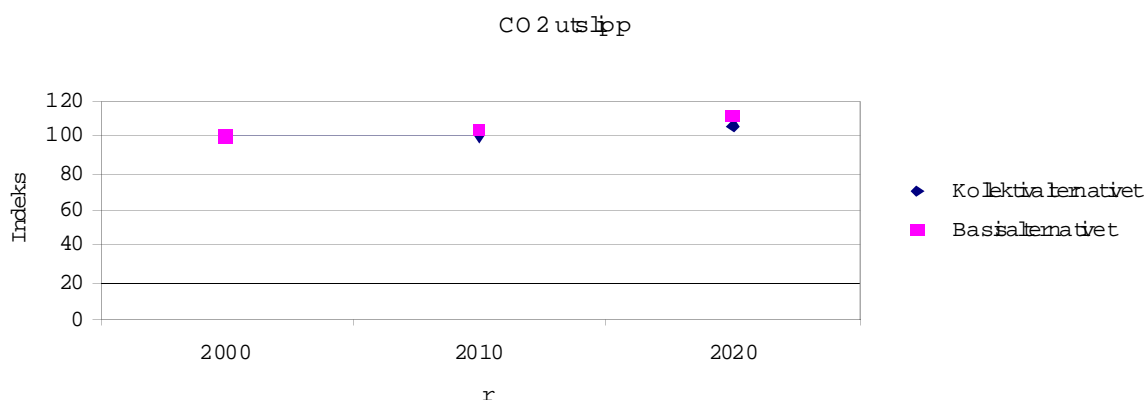
- Nye EURO-krav til avgass og drivstoff år 2000 og 2005 i henhold til de forslagene til direktiv som er lagt frem for person- og varebiler og tunge kjøretøy. Videre 30% drivstoffreduksjon for bensin personbiler, 20% for diesel personbiler og 10% for tunge dieselskjøretøyer.

#### Kollektivalternativet:

- Den forventede veksten i trafikkarbeid til personbiler overføres til kollektivtrafikk. Personbilbestanden holdes fast. Ellers som basisalternativet. Det antas at forholdet mellom buss og bane forblir som i dag. Kapasitetsutnyttelsen forblir uforandret.

**tabell 34**  
Beregnet utslipp år 2010 fra veitrafikk. Mengder i tonn. CO<sub>2</sub> i kilotonn.

	År 1997	Basisalternativ år 2010	Kollektiv alternativet 2010	Prosentvis forskjell	Basisalternativet år 2020	Kollektiv alternativet 2020	Prosentvis forskjell
CO <sub>2</sub>	8,8	9,1	8,8	-3,3%	9,8	9,3	-5,1%
NO <sub>x</sub>	59,6	28,8	30,8	+6,9%	28,1	31,7	+12,8%
NMVOG	56,3	17,4	16,7	-4,0%	12,8	11,9	-7,0%
PM <sub>10</sub>	3,7	1,0	1,0	0%	0,8	0,9	+12%
PM <sub>2,5</sub>	3,5	0,9	0,9	0%	0,8	0,8	0%
PAH	0,7	0,4	0,4	0%	0,4	0,4	0%
Benzen	1,9	0,3	0,3	0%	0,2	0,2	0%



**Figur 88**  
Reduksjon av CO<sub>2</sub> dersom all persontrafikkvekst foregår med buss og bane, sett i forhold til et basisalternativ

## Vedlegg 5

En oversikt over belegg og kapasiteter for ulike fremkomstmidler.  
Hentet fra Bellona (2000a).

## BELEGG og KAPASITETER

### Kilde og kommentarer

<b>PERSONBIL belegg:</b>		
Bompengeringen:	1,32	(Faktiske observasjoner ved bompengeringen, gjennomsnittlig virkedag, folk bosatt i Oslo.)Vibe, Nils (1991) Reisevaner i Osloområdet. Endringer i reisevaner i Oslo og Akershus fra 1977 til 1990. TØI (VF mener denne er for lav (Transportsenarier for Oslo side 11))
Oslo og Akershus	1,49	(Faktiske observasjoner ved bompengeringen, gjennomsnittlig virkedag, folk bosatt i Oslo.)Vibe, Nils (1991) Reisevaner i Osloområdet. Endringer i reisevaner i Oslo og Akershus fra 1977 til 1990. TØI (VF mener denne er for lav (Transportsenarier for Oslo side 11))
Oslo	1,75	(Folk bosatt i Oslo, Gjennomsnittlig dag.) Monsrud, Jan (1997) Eie og bruk av personbil. Noen utviklingstrekk 1980-1995. SSB rap 97/10
Akershus	1,73	(Folk bosatt i Oslo, Gjennomsnittlig dag.) Monsrud, Jan (1997) Eie og bruk av personbil. Noen utviklingstrekk 1980-1995. SSB rap 97/10
Oslo og Akershus	1,60	Reiser foretatt med personbil på vegnettet i Oslo og Akershus (Lundli et al 1998. Transportsenarier for Oslo. Grunnlags notat. Vestlandsforskning, side 12)
Lange reiser (>200km)	2,2 (44%)	(Lundli og Vestby 1999. Luftfart og miljø. Vestlandsforskning. side 105, med utgangspunkt i Monsrud 1997 Eie og bruk av personbil. SSB)
By og tettstedsreiser	1,4 av 5	Gir også tall fra andre kilder (Høyser og Heiberg, 1993. Persontransport – konsekvenser for energi og miljø. Vestlandsforskning side 1)
Mellomlange reiser	2,0 av 5	Gir også tall fra andre kilder (Høyser og Heiberg, 1993. Persontransport – konsekvenser for energi og miljø. Vestlandsforskning side 1)
Antatt belegg 2010		(Høyser og Heiberg, 1993. Persontransport konsekvenser for energi og miljø. Vestlandsforskning side 1)
–by og tettstedsreiser	1,2	
-- mellomlange reiser	1,8	
Gjennomsnitt hele landet	1,82	(Holtskog og Rypdal (1997) energiforbruk og utslipp til luft fra transport i Norge. SSB side 18)
<b>BUSS, belegg:</b>		
Rutebiler gjsn 1994	26%	(Holtskog og Rypdal (1997) energiforbruk og utslipp til luft fra transport i Norge. SSB side 18)
Mellomlange reiser/ landevei		Gir også tall fra andre kilder (Høyser og Heiberg, 1993. Persontransport– konsekvenser for energi og miljø. Vestlandsforskning side 4)
-Ekspressbuss	22 av 48 (45%)	
- andre rutebusser	10 av 48 (21%)	
By- og tettstadsreiser		Gir også tall fra andre kilder (Høyser og Heiberg, 1993. Persontransport –konsekvenser for energi og miljø. Vestlandsforskning side 4)
- Rutebuss	16 av 77 (21%)	
- Småbuss	5 av 21 (24%)	

## TOG belegg

Gjennomsnitt	32%	Tallene er regnet ut på grunnlag av meg på grunnlag av tall side 11 (Thune Larsen 1997 Energieffektivitet og utslipp i transport. TØI.)
Gjennomsnitt 1994	32%	(Holtskog og Rypdahl 1997, Energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge. SSB ifølge Lundli og Vestby 1999. Luftfart og miljø. Vestlandsforskning.)
Fjerntog 1989	45%	Sørlands-, Dovre- og Bergensbanen. Antagelig høyere i dag (Torper 1991. Energi og forurensning til luft for transportsektoren ifølge Lundli og Vestby 1999. Luftfart og miljø. Vestlandsforskning side 106.)
Mellomlange reiser		Gir også tall fra andre kilder (Høyer og Heiberg, 1993. Persontransport – konsekvenser for energi og miljø. Vestlandsforskning side 4)
- persontog	36% (280 plasser)	
- IC tog	32% (400 plasser)	

## T-BANE og TRIKK belegg

T-bane I	5% (310 plasser)	(Høyer og Heiberg, 1993. Persontransport – konsekvenser for energi og miljø. Vestlandsforskning side 7)
Trikk	20% (128 plasser)	(Høyer og Heiberg, 1993. Persontransport – konsekvenser for energi og miljø. Vestlandsforskning side 7)

## FLY belegg

Gjennomsnitt SAS 1997	64,9%	(Lundli og Vestby 1999. Luftfart og miljø. Vestlandsforskning. side 50)
- Utenriksreiser	65%	
- Interkontinentale reiser	80%	
- Europareiser	59%	
Braathens 1997		(Lundli og Vestby 1999. Luftfart og miljø. Vestlandsforskning. side 64)
- utland	52,8%	
- innland	57,6%	
- charter	82,1%	
Widerøe 1997		(Lundli og Vestby 1999. Luftfart og – miljø. Vestlandsforskning. side 69)
- DH8-100	49,0%	
- DH8-300	58,0%	
Innenriks	59,3%	(Holtskog og Rypdahl 1997, Energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge. SSB side 22)
Twin Otter	50% (20 plasser)	(Høyer og Heiberg, 1993. Persontransport – konsekvenser for energi og miljø. Vestlandsforskning side 8)
SAS 1997		Tall fra SAS i følge Lundli og Vestby, 1999. Luftfart og miljø. Vestlandsforskning side 50.
- interkontinental	79,3%	
- europa	57,3%	
- Interskandinavisk	59,9%	
- Norge	61,0%	
SAS 1998		SAS 1999 Miljørapport 1998. side 3
- Norge	62,2%	
Braathens 1997		Tall fra Braathens i følge Lundli og Vestby, 1999. Luftfart og miljø. Vestlandsforskning side 64.
- Charter	82,1%	
- Innland	57,6%	
- Utland	52,8%	

## BÅT, belegg

Bilfergeruter innenlands 1993	20,8%	(Holtskog og Rypdahl 1997, Energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge. SSB side 22)
Hurtigrute 1993	50-60%	(Holtskog og Rypdahl 1997, Energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge. SSB side 22)
Hurtigbåt	27% (av 201 plasser)	201 plasser er fra de siste båtene som ble satt inn i trafikk i Sogn og Fjordane før 1993. (Høyer og Heiberg, 1993)

## Vedlegg 6

### Oversikt over avgasskrav i Norge gjennom tidene.

Krav	Tidsrom (registreringsår)	Gjelder for
ECE 15-00	1974-1977	Bensin person- og varebiler
ECE 15-02	1978-1979	Bensin person- og varebiler
ECE 15-03	1980-1984	Bensin person- og varebiler
ECE 15-03/04	1985-1988 <sup>1</sup>	Bensin person-, varebiler, gods og buss
US 83	1989-1994	Bensin personbiler
US 87	1991-1994	Diesel personbiler
US 90	1992-1994	Bensin og diesel varebiler
93/59/EEC	1995-1996	Bensin, LPG og diesel personbiler
93/59/EEC	1995-1997	Bensin og diesel varebil, bensin buss
94/12/EC, 96/69/EC	1997-2000	Bensin, diesel og LPG personbil
96/69/EC	1998-2000	Bensin og diesel varebil, bensin buss
98/69/EF trinn 1 <sup>2</sup>	2001-2004	Bensin, LPG og diesel person- og varebil
EU-forslag	2005-	Bensin, LPG og diesel person- og varebil
EURO I (91/542/EEC,A)	1993-1995	Diesel gods og buss
EURO II (91/542/EEC,B)	1996-2000	Diesel gods og buss
EURO III (Com (97)/627/EF, forslag)	2001-2004	Diesel, LPG og CNG gods og buss
EURO IV-Forslag	2005-	Diesel, LPG og CNG gods og buss

Tabell 36

Oversikt over avgasskrav gjennom tidene.

Kilde: veidirektoratet, 2000a

<sup>1</sup> Gods 1980-2000, buss 1980-1994, varebil og buss 1985-1991

<sup>2</sup> Kravnivået omtales ofte som EURO III

## Vedlegg 7

### En oversikt over de europeiske utslippskravene til biler (EURO og Auto/oil).

tabell 37

Krav for lette bensinkjøretøyer (gram per km).

Kilde: Veidirektoratet, 2000a.

	Pm	NOx	HC	CO	HC+NOx	TEST CYCLE
Euro 2 - 1996	-	-	-	2,20	0,50	ECE+EUDC
Euro 3 - 2000	-	0,15	0,20	2,30	-	ECE+EUDC(I)
Euro 4 - 2005	-	0,08	0,10	1,00	-	ECE+EUDC (I)

tabell 38

Krav for lette dieserbiler (gram per km).

Kilde: Veidirektoratet, 2000a.

	Pm	NOx	HC	CO	HC+NOx	TEST CYCLE
Euro 2 - 1996	0,080	-	-	1,06	0,71	ECE+EUDC
Euro 3 - 2000	0,050	0,50	-	0,64	0,56	ECE+EUDC(I)
Euro 4 - 2005	0,025	0,25	-	0,50	0,30	ECE+EUDC (I)

Tabell 39

Krav til tunge dieserbiler (gram per kWh).

Kilde: Veidirektoratet, 2000a.

	PM	NOx	HC (ii)	CH4	CO	smoke	Test cycle
Euro 2 - 1996	0,15	7,0	1,1	-	4,0	-	ECE R49
Euro 3 - 2000 "conventional"+"advanced" diesel (iv), (v)	0,10	5,0	0,66	-	2,1	0,8	ESC and ELR (vii)
Euro 3 - 2000 "advanced" diesel + gas (v)	0,16	5,0	0,78	1,60	5,45	-	ETC (ix)
Euro 4 - 2005 all engines except gas (vi)	0,02	3,5	0,46	-	1,50	0,50	ESC and ELR (viii)
Euro 4 - 2005 all engines (vi)	0,03	3,5	0,55	1,10	4,00	-	ETC (ix)
Euro 5 - 2008 all engines except gas (vi), (x)	0,02	2,0	0,46	-	1,50	0,50	ESC and ELR (viii)
Euro 5 - 2008 all engines (vi), (x)	0,03	2,0	0,55	1,10	4,00	-	ETC (ix)
EEV (vii) all engines except gas (vi)	0,02	2,0	0,25	-	1,50	0,15	ESC and ELR (viii)
EEV (vii) all engines	0,02	2,0	0,40	0,65	3,00	-	ETC (ix)

#### Notes

(i) "key on" cycle, without 40 sec idle

(ii) All HD limits beyond Euro 2 are Council "Common Position" proposals, 21/12/98

(iii) For ETC cycle limits are for NMHC

(iv) "conventional" diesel includes EGR and / or oxydation catalysts, for small engines Pm max 0.13

(v) "advanced" diesel includes de-NOx and / or Pm traps plus alternative fuels, for small engines Pm max 0.21

(vi) From Euro 4 all engines except gaseous fuelled engines will be tested on both ESC / ELR and ETC tests

(vii) "EEV" = Enhanced Environmentally Friendly Vehicle.

(viii) ESC is modified 13 mode steady-state test. Includes ELR load response smoke test

(ix) ETC is fully transient test

(x) Euro 5 proposal will be reviewed in 2002

### EURO III til V for lette biler (direktiv 98/69/EF) gjelder:

#### 1. For alle biler med ottomotor:

- Avgassutslipp fra eksosrør ved normal temperatur
- Avgassutslipp fra eksosrør ved lav temperatur (Ny)
- Drivstoffordampning fra tank og drivstoffsystem
- Utslipp av veivhusgasser
- Holdbarhet av utstyr for utslippsreduksjon (katalysator)
- Holdbarhet av utstyr for selvdiagnose (Ny)

#### 2. For biler av kategori M1 (personbiler med høst 9 personer inkludert føreren) og N1 (varebiler med tillatt totalvekt under 3500 kg) med dieselmotor.

- Avgassutslipp fra eksosrør
- Holdbarhet av utstyr for utslippsreduksjon
- Holdbarhet av utstyr for selvdiagnose (Ny)

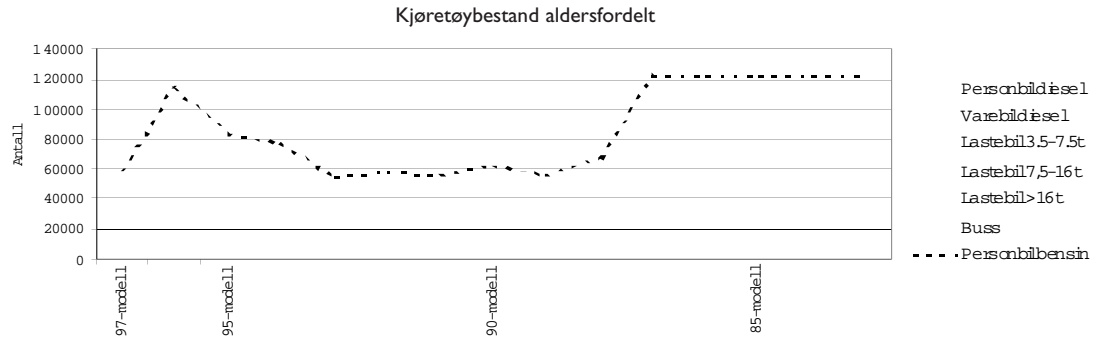
### EURO III til V for tunge biler (Europaparlaments- og Råddirektiv 1998/69/EF) gjelder:

- Utslippskravene strammes inn og man tar i bruk nye testsyklar.
- Det kommer avgasskrav til gassmotorer.
- Egendiagnoseutstyr blir obligatorisk fra 2005. (Veidirektoratet, 2000).

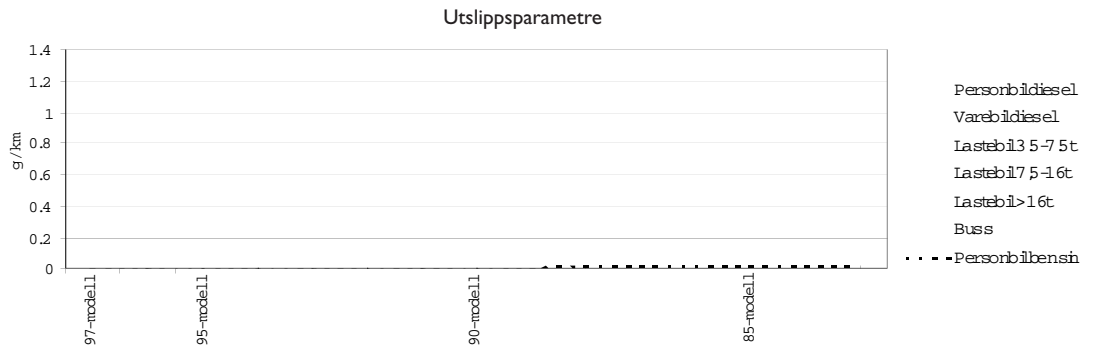
## Vedlegg 8

### En oversikt over utslipp av Partikler (PM10) og NOx etter kjøretøyenes alder og type.

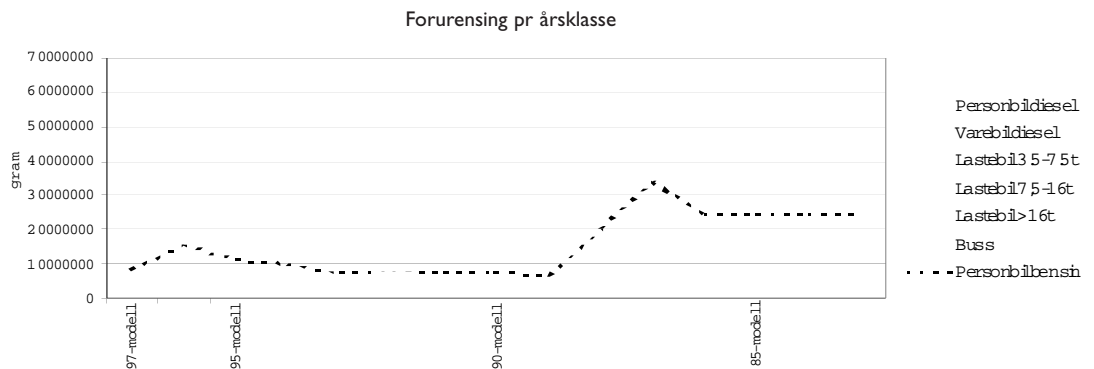
**Figur 89**  
Aldersfordeling i kjøretøyparken. X-aksen viser årsmodell. Y-aksen viser antall kjøretøy. Kjøretøy med alder 10 til 14 er et gjennomsnitt for denne perioden.  
Kilde: SFT og SSB (1999).



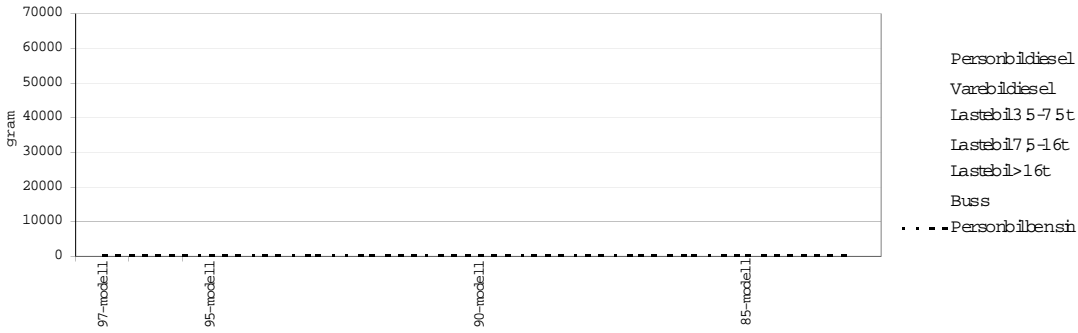
**Figur 90**  
Utslipp av PM10 per kjørte kilometer fra gjennomsnittsbilen fra ulike årsklasser. X-aksen viser årsmodell. Y-aksen viser utslippene per år i gram.  
Kilde: SFT og SSB (1999).



**Figur 91**  
Totale utslipp av PM10 fordelt på årsklasser og kjøretøytype. X-aksen viser årsmodell. Y-aksen viser utslipp som en indeks. Y-aksen viser utslippene per år i gram.  
Kilde: SFT og SSB (1999).

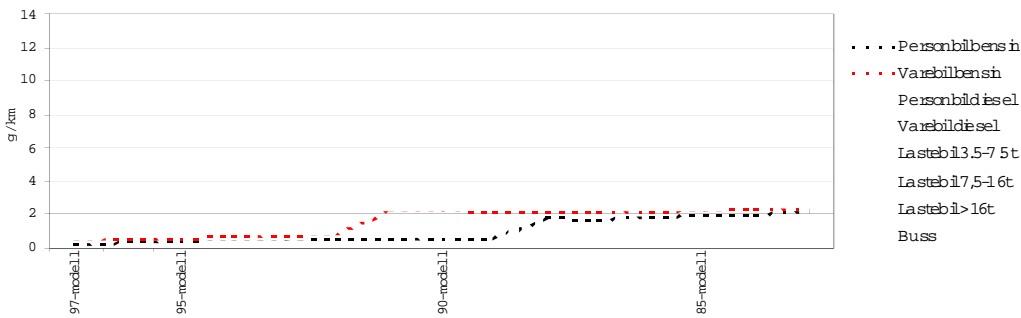


Forurensing pr kjøretøy og år (utslippsfaktor\* kjørelengde)



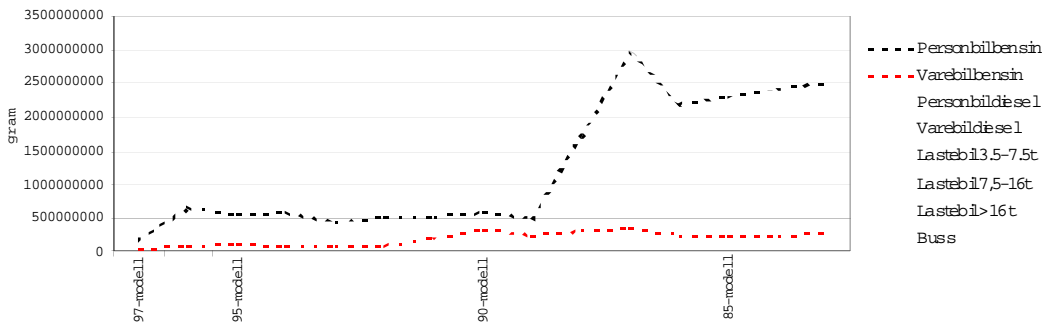
**Figur 92**  
Utslipp av PM10 for ett gjennomsnittskjøretøy på ett år dersom man tar hensyn til alder og kjørelengde. X-aksen viser årsmo-  
dell. Y-aksen viser utslippene per år i gram.  
Kilde: SFT og SSB (1999).

Utslippsparametre



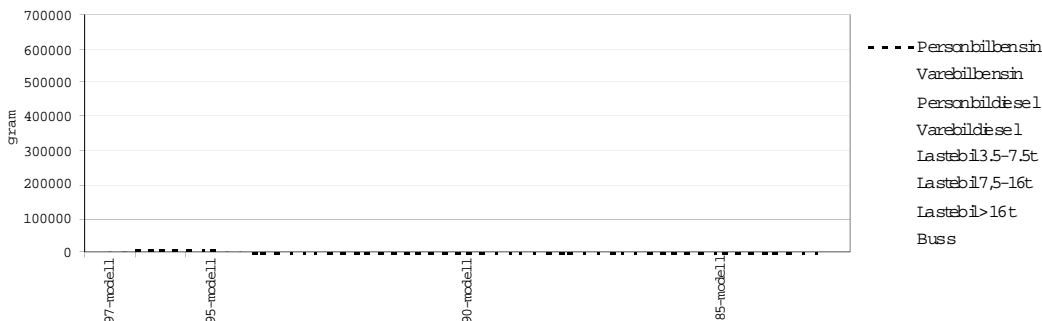
**Figur 93**  
Utslipp an NOx fra gjennomsnittsbilen fra ulike årsklasser. X-aksen viser årsmo-  
dell. Y-aksen viser utslippene per år i gram.  
Kilde: SFT og SSB (1999).

Forurensing pr årsklasse



**Figur 9**  
Totale utslipp av NOx fordelt på årsklasser og kjøretøytype. X-aksen viser årsmo-  
dell. Y-aksen viser utslippene per år i gram.  
Kilde: SFT og SSB (1999).

Forurensing pr kjøretøy og år (utslippsfaktor\* kjørelengde)



**Figur 10**  
Utslipp av NOx for ett kjøretøy på ett år dersom man tar hensyn til utslippsparametre og kjørelengde. X-aksen viser årsmo-  
dell. Y-aksen viser utslippene per år i gram.  
Kilde: SFT og SSB (1999).

## Vedlegg 9

### Bellonas forslag til en provenynøytral endring av engangsavgiften for personbil. Beskrivelse av formlene i nytt engangsavgiftssystem for personbiler:

#### Gammelt system for engangsavgift personbil:

Importpris + engangsavgift = Pris til Norge

#### Engangsavgiften består av tre uavhengige ledd:

Engangsavgift = Masseavgift + sylindervolumavgift + effektavgift

Hvert av leddene har en progresjon for ivareta fordelingshensyn (se tabell 1).

#### Nytt for engangsavgift personbil:

Importpris + engangsavgift = Pris til Norge

#### Engangsavgiften består av fem uavhengige miljøledd:

Engangsavgift = CO<sub>2</sub>-ledd + NO<sub>x</sub>-ledd + HC-ledd + PM<sub>10</sub>-ledd + Masse (vekt)-ledd

Hvert av leddene vil være avhengig av disse variablene:

- Vektingstall: Et tall mellom 0 og 100 som er fastsatt på grunnlag av en vurdering av hvor skadelig den enkelte komponent er.
- Fullavgiftsgrense: 100% avgift oppnås ved utslipp lik EURO krav for NO<sub>x</sub>, HC og PM<sub>10</sub> og ved CO<sub>2</sub>-utslipp og vekt lik en grense vi fastsetter. Man kan også få mer enn 100% avgift for CO<sub>2</sub> og vekt.
- Aktuell forurensing: Tall som viser utslipp. Hentes fra typegodkjenningens dataene.
- Poengpris: Hvor mye en reduksjon er verdt (bestemmes til slutt for å oppnå provenynøytralitet).

Variablene (et sett for hvert miljøledd) settes sammen i formlene:

Vektingstall × (Aktuell forurensning / Full avgiftsgrense) = Vektpoeng. Vektpoeng × poengpris = Avgift for miljøledd N

Til slutt må poengpris tilpasses så systemet blir provenynøytralt.

Det kan også hektes på et ledd slik at man sikrer at det finnes biler som er like billige som før og det skal finnes biler som er like dyre som før, dersom dette skulle være ønskelig for Stortinget (jf St prp I Tillegg nr 3 (1995-96)).

#### Liste over variable:

- Importpris på ulike biler
- Antall solgte av ulike biler
- Gammel avgift
- Vektingstall for alle miljøledd (se nedenfor)
- Fullavgiftsgrense for alle miljøledd (se nedenfor)
- Aktuell forurensing for alle miljøledd
- Poengpris (tilpasses etter proveny)

#### Fullavgiftsgrense:

- CO<sub>2</sub>: må settes
- HC: 0,20 g/km (EURO 3 for bensin)
- NO<sub>x</sub>: 0,50 g/km (EURO 3 for diesel)
- PM<sub>10</sub>: 0,05 g/km (EURO 3 for diesel)
- Masse: må settes





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

