

# **Transport og klimaforliket**

**Kan transportsektoren bidra til å redusere klimagassutslippet i Norge, og samtidig kunne tilfredsstille samfunnets transportbehov?**

**Sigurd Støren**

## **Forord fra utgiveren**

Norges Tekniske Vitenskapsakademi skal være en nøytral aktør i samfunnsdebatten som kan levere fakta om aktuelle tekniske og naturvitenskapelige problemstillinger. Målgruppen for informasjonen er i særlig grad politikere, beslutningstagere i det offentlige, journalister, bransjefolk og fagpersoner.

Sven Ullring, som er tidligere leder av NTVAs industrielle råd, har tatt initiativ til at det arrangeres en serie seminarer om norsk industri og infrastruktur, og tilhørende miljøutfordringer. Temaene behandles med industriell økologi som bakteppe. Mot denne bakgrunnen kan ulike sektorer som oljenæringen, kjemisk industri, metallurgisk industri, næringsmiddelindustrien og transportsektoren bli behandlet i seminarer.

I forkant av hvert seminar tar NTVA sikte på å utarbeide et temahefte som faktagrunnlag. Temaheftet skal baseres på statistisk faktaunderlag, beskrive trender, og gi en kortfattet oversikt over virkemidler for mer miljøvennlige løsninger. I etterkant av hvert seminar, planlegges en utvidet versjon av temaheftet, der foredrag, debattinnlegg og konklusjoner fra seminaret, innarbeides.

I 2009 har vi valgt "Transport og klimaforliket" som tema med hovedvekt på vegtransport. For utforming av seminarprogrammet og for utformingen av denne rapporten oppnevnte NTVAs styre følgende programkomité:

Sigurd Støren	NTNU (leder)
Erling Holden	Høgskulen i Sogn og Fjordane
Odd Myklebust	SINTEF/NTNU
Silje Aschehoug	Sintef Raufoss Manufacturing
Hein Johnson	NTVA (sekretær)

Programkomiteen har fått mange gode innspill fra en referansegruppe bestående av:

Sven Ullring	Tidl. DNV (leder)
Knut H. Alfsen	Cicero
Bjørn Haugland	DnV
Kåre Rygg Johnsen	Tekna
Peter Johan Schei	Fridtjof Nansen Institute
Fredric Hauge	Bellona
Egil Myklebust	Tidl. Hydro
Rolf Marstrander	Tidl. Prosus

På vegne av NTVA vil jeg takke programkomiteen og referansegruppen for deres bidrag til seminar og rapport. En spesiell takk til Sigurd Støren som har ledet arbeidet i programkomiteen og skrevet denne rapporten.

For NTVA

Kjell Arne Ingebrigtsen  
President NTVA

## **Forord fra forfatteren**

Det seminaret denne rapporten er knyttet opp mot, er den første i serien av seminarer som tar opp tema om norsk industri og infrastruktur og tilhørende miljøutfordringer med industriell økologi som bakteppe. "Lavutslipputvalget" leverte sin rapport i 2006: "Et klimavennlig Norge" og Stortinget fulgte opp med klimaforliket i januar 2008. Det er derfor naturlig at det nå fokuseres på Norges samlede utslipp av klimagasser målt CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (CO<sub>2</sub>e). Her har programkomiteen valgt å rette søkelyset mot transportsektoren. Innenfor denne bransjen har en hatt en vekst i utslipp av klimagasser de siste årene. I 2007 var samlet utslipp av klimagasser for transportsektoren 17,3 millioner tonn CO<sub>2</sub>e av et samlet norsk utslipp på 55,1 millioner tonn CO<sub>2</sub>e, dvs 31,5 %.

Transport av passasjerer og gods på vei står for en betydelig del av transportytelsene og klimagassutslipp. Innenfor transportsektoren fokuseres det derfor på veitransport av passasjerer og gods. Miljøeffekt av å endre transportform, som for eksempel ved å legge forholdene til rette ved å flytte transportytelser fra vei til bane slik det er foreslått i Stortingsmelding 16 (2008-2009) Nasjonal transportplan 2010-2019, vil imidlertid også sees på.

Spørsmålet vi ønsker å ta opp til diskusjon er:

*I hvilken grad er det mulig å nå klimaforlikets mål innenfor transportsektoren, samtidig som samfunnets transportbehov blir tilfredsstilt?*

NTVA har utarbeidet dette temaheftet som et faktagrunnlag for seminaret og vi håper det kan være til nytte for alle som trenger grunnleggende informasjon om transport og klimautslipp.

I mitt arbeid med planlegging av seminaret og temaheftet har jeg i tillegg til medlemmene av programkomiteen og referansegruppen også hatt kontakt med følgende personer som jeg også vil takke for positive innspill og samarbeid:

Vibeke Nenseth	Transportøkonomisk Institutt, TØI
Tore Hoven	Vegdirektoratet Teknologiavd., TRANSNOVA
Jarle Berg	Bilforlaget (Trygve Tuverud, Jørgen Seeman Berg)
Roar Norvik	SINTEF Teknologi og Samfunn, Transport
Jan Monsrud	Statistisk Sentralbyrå, SSB
Jun Elin Wiik Toutain	Statistisk Sentralbyrå, SSB
Elin Økstad	SFT, klima- og energiseksjonen. Klimakutt-Idédugnad
Jørgen Randers	BI – lavutslipputvalget: "Et klimavennlig Norge"
Audun Ruud	SINTEF Energiforskning AS (Tidligere Prosus).
Laila Borgen Skaiaa	NSB

Spesiell takk til Jun Elin Wiik Toutain, SSB, for bistand med statistikkdata, diagrammer og korrekturarbeid.

Sigurd Støren  
Programkomiteens leder

# NTVA Seminar ”Transport og klimaforliket”

## TEMAHEFTE

### Temahefte

#### Innhold

1. Introduksjon. Klimaforlikets mål 2020.
  2. Industriell økologi
  3. Transportsektoren – definisjon av begreper og kvantitative parametere for transportytelser og klimagassutslipp
  4. Historisk utvikling av transportytelser i Norge for perioden 1990 til 2007.
  5. Kort beskrivelse aktuelle faktorer og trender som påvirker transportbehov og klimagassutslipp.
  6. Referanser
- Vedlegg I.: Seminarprogrammet  
Vedlegg II: Data for transportytelser og utslipp klimagasser 2007  
Vedlegg III: Global Warming Potential

#### 1. Introduksjon. Klimaforlikets mål 2020.

Hensikten seminaret er å ta opp til debatt spørsmålet:

*Hvor langt er det mulig for transportsektoren å redusere klimagassutslippet målt i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter frem til år 2020 samtidig som samfunnets transportbehov tilfredsstilles, sett i lys av Stortingets klimaforlik?*

Formålet med dette temaheftet er å gi noen fakta om transport og klimagassutslipp som bakgrunn for presentasjonene på seminaret og for de problemstillingene som tas opp til debatt. Det omfatter

- Klargjøring av målene som formulert i Stortingets klimagassforlik. Begrepene referansebane og CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.
- Om industriell økologi – et nytt fagområde.
- Definere kvantitative parametere og begreper tilknyttet transportytelser.
- Gi en kortfattet oversikt over den historiske utvikling av transportytelser og kjøretøybestand. Refleksjoner om endring av transportytelser i de neste dekadene.
- Liste opp og kort beskrive viktige sentrale endringsparametere som påvirker transportbehov og klimagassutslipp.

Det globale oppvarmingspotensial (GWP) for klimagasser er gitt ved CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Det skrives her som **CO<sub>2</sub>e** og oppgis ved aggregerte nasjonale beregninger i **millioner tonn (Mt)**, eller ved for et enkelt kjøretøy i **gram/kilometer (g/km)**.

CO<sub>2</sub>e er en **vektet sum** av karbonoksid CO<sub>2</sub>, metan CH<sub>4</sub> og lystgass N<sub>2</sub>O, samt de fluorholdige gassene SF<sub>6</sub>, HFK, PFK:

$$\text{CO}_2\text{e} = 1 \cdot \text{CO}_2 + 21 \cdot \text{CH}_4 + 310 \cdot \text{N}_2\text{O} + [\text{SF}_6, \text{HFK}, \text{PFK}]$$

I aggregerte klimagassregnskaper utgjør de fluorholdige gasser vanligvis mindre enn 3% av oppvarmingseffekten.

<b>TABELL I</b>			
<b>Utslipp av klimagasser, etter kilde. 2007*,</b>			
<b>prosentvis endring 2006-2007* og 1990-2007*.</b>			
<b>Mill. tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter</b>			
	<b>2007</b>	<b>Prosentvis endring 2006-2007</b>	<b>Prosentvis endring 1990 -2007</b>
I alt	<b>55,1</b>	3,0	10,8
Industri	<b>14,7</b>	-2,3	-24,3
Olje- og gassvirksomhet	<b>14,4</b>	10,5	91,6
Veitrafikk	<b>10,3</b>	2,4	33,3
Landbruk	<b>4,3</b>	2,1	- 2,8
Skipsfart (fiske og innenriks)	<b>3,8</b>	3,9	11,8
Andre mobile utslipp	<b>3,5</b>	8,8	45,0
Fyring og annen stasjonær forbrenning	<b>1,7</b>	-12,1	-35,6
Avfall	<b>1,4</b>	-1,4	-23,8
Andre utslipp	<b>1,0</b>	5,9	151,7

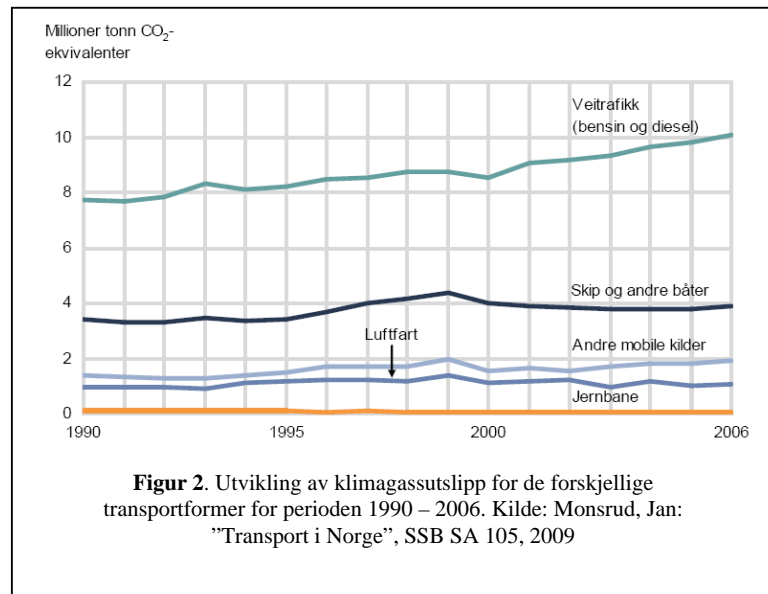
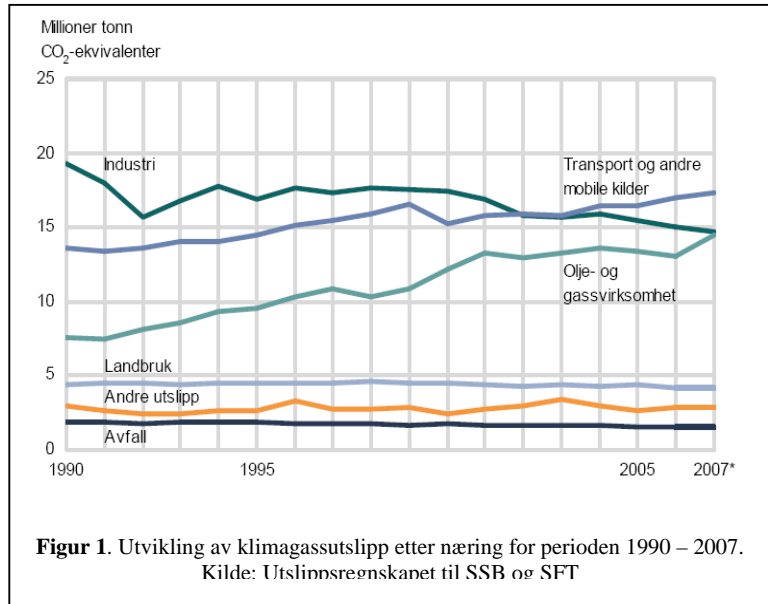
**Kilde:** Utslppsregnskapet til Statistisk sentralbyrå og Statens forurensningstilsyn.

I tabell I er vist utslipp av klimagasser i millioner tonn CO<sub>2</sub>e innenfor Norges grenser i året 2007. Totalt utslipp er 55,1 Mt CO<sub>2</sub>e. Eksklusivt utslipp fra olje- og gassvirksomhet er utslippet 40,7 Mt CO<sub>2</sub>e. Det samlede utslipp for alle mobile utslippskilder er på 17,6 Mt CO<sub>2</sub>e. Det betyr at 43,2 % av samlet klimagassutslipp når utslipp fra olje- og gassvirksomhet ikke regnes med, kommer fra transportsektoren. Veitrafikk alene bidrar med 25,3 %.

Fra figur 1 ser en at mens industrien har hatt en nesten kontinuerlig reduksjon av klimagasser over perioden 1990 til 2007, har transportsektoren hatt en kontinuerlig vekst. Siden 2003 har transportsektoren hatt et større utslipp enn industrien.

Som det fremgår av tabell I og figur 2 har veitrafikk de største utslipp innen transportsektoren med 10,3 Mt CO<sub>2</sub>e i 2007.

Figur 2 viser at veitransport har hatt den sterkeste vekst i utslipp over perioden 1990-2006. Det er særlig tilgang på personbiler og personlig bilbruk som har gitt de største bidrag til denne veksten. Førerkortandelen i befolkningen har økt fra 72 til 87 prosent - og for kvinner spesielt: fra 60 til 82 prosent. Samtidig har andelen av husholdningene med to (eller flere) biler økt betydelig - fra 22 til 40 prosent (Nenseth & Hjorthol 2007), referanse [8].



### Stortingets Klimaforlik [10]

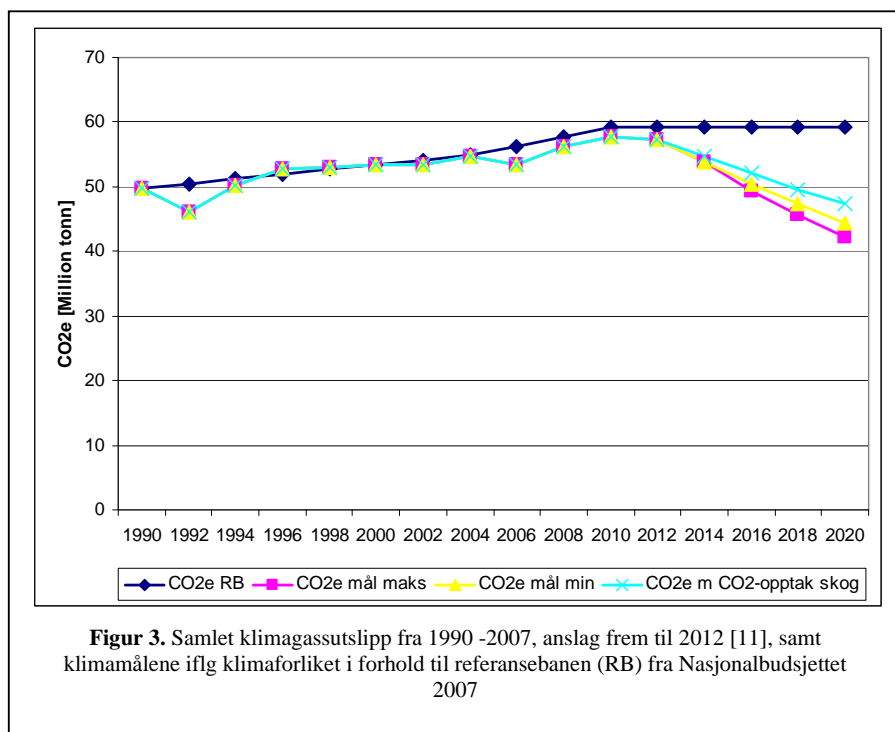
Hovedpunktene i forliket mellom de politiske partier er:

- Partiene er enige om å skjerpe målet for klimautslipp i Norge. Reduksjonen skal være mellom 15 og 17 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter innen 2020 i forhold til referansebanen slik den er presentert i nasjonalbudsjettet av 2007, når CO<sub>2</sub>-opptak i skog er inkludert, ikke 13-16 millioner tonn som regjeringen foreslo. De slår fast at to tredeler av Norges totale kutt skal tas nasjonalt. Enighet om nye tiltak gjør dette mulig.
- Målet om å gjøre Norge til et karbonnøytralt samfunn framskyndes fra 2050 til 2030. Det betyr at Norge skal sørge for utslippskutt i andre land tilsvarende norske utslipp i 2030.

- Norge skal overoppfylle Kyoto-avtalen med 10 prosent, slik regjeringen gikk inn for.
- Det skal legges fram et klimagassbudsjett i forbindelse med statsbudsjettene, som viser utslippsutviklingen og budsjettets klimakonsekvenser.

### Mål for reduksjon av CO<sub>2</sub>e-utslipp for veitrafikk ifølge klimaforliket

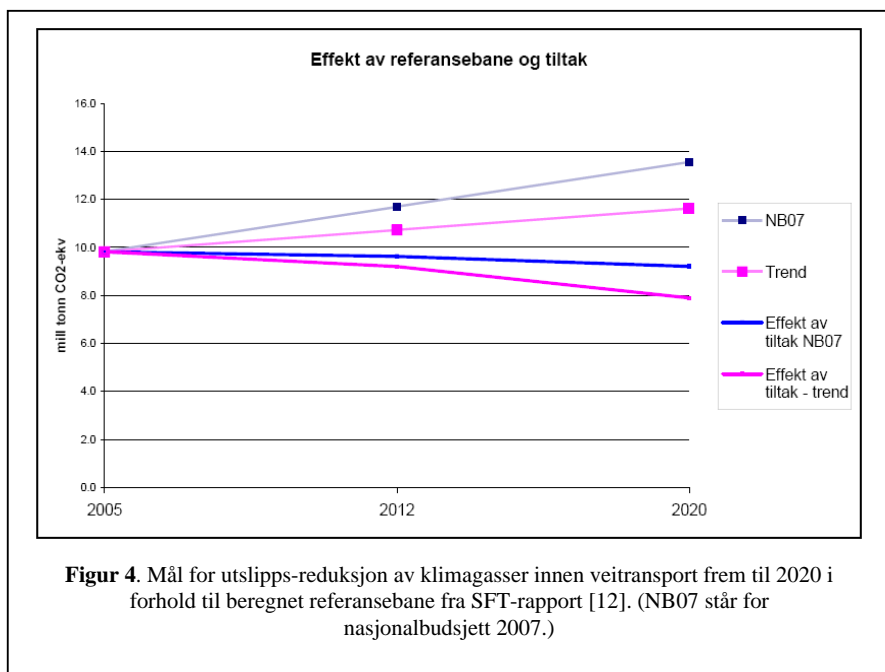
I klimaforliket er det ikke satt opp krav til klimagassreduksjoner innen de enkelte sektorer. På figur 3 er målsetting for samlet utslipp av klimagasser i Norge vist. Som vist i tabell I var Norges totale klimagassutslipp i 2007 55,1 Mt CO<sub>2</sub>e. Klimaforlikets har et mål på en reduksjon på 15-17 Mt CO<sub>2</sub>e frem til 2020 i forhold til referansebanen (RB) som er på 59,3 Mt CO<sub>2</sub>e. Det betyr at målsettingen for utslipp i 2020 ligger i området 42,3 – 47,3 (der opptak av CO<sub>2</sub> i skog er tatt med i det siste tallet, lyseblå kurve, figur 3.



Referansebanen for veitrafikk frem til 2020 er fra nasjonalbudsjettet for 2007 vist på figur 4. for veitrafikk. I den nasjonale transportplan er det satt et "etappemål" for 2020 at transportsektoren skal bidra med en reduksjon i klimagassutslipp med 2,5 til 4 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i forhold til forventet utslipp i 2020 rapportert i forhold til referansebanen beskrevet på side 37 i SFT-rapporten [12] , Figur 4.

Målet for veitrafikk blir dermed et klimagassutslipp på mellom 8 og 9 Mt CO<sub>2</sub>e for 2020. Dette sett i forhold til et utslipp på 10,3 Mt CO<sub>2</sub>e i 2007, med en **vekst** fra 2006 til 2007 på 2,4 %!

Spørsmålet blir derfor: Er det mulig å oppnå en slik reduksjon i klimagassutslipp innen veitrafikk frem til 2020 og samtidig sikre at samfunnets transportbehov blir ivaretatt? Dette blir det sentrale spørsmål som skal behandles på seminaret.



## 2. Industriell økologi

Som beskrevet i forordet, er det et ønske om at den seminarserien vi her setter i gang, skal ha industriell økologi som bakteppe. En kort beskrivelse gis her av dette tverrfaglige område, eller bedre trans-disiplinære fagområde. Industriell økologi er et fagområde som har vokst frem i de siste 20 år og er under kontinuerlig utvikling. NTNU startet det første kurs i Industriell økologi med doktorgradstipendiater i 1994. I 1999/2000 ble et internasjonalt masterprogram og et doktorgradsprogram innen industriell økologi etablert, inkludert valgfrie fag til flere studieprogrammer ved NTNU.

(For mer informasjon se: < <http://www.ntnu.no/indecol> >)

### Definisjonen og innhold av Industriell økologi kan beskrives:

Industriell økologi omfatter studiet av material- og energistrømmer tilknyttet industriell virksomhet og vårt forbruksmønster, virkningene av disse strømmer på miljøet, og hvordan økonomiske og politiske virkemidler, samt sosiale og kulturelle trender, kan påvirke strømmer, transformasjoner og bruk av material- og energiressursene.

Industriell økologi omfatter bl.a. følgende elementer

- analyser av substans-, material-, energi- og produktstrømmer ("industriell metabolisme")
- dematerialisering og dekarbonisering
- teknologiske endringer og dets miljøkonsekvenser
- planlegging, design og vurdering (LCA) av materialers kretsløp og produkters livsløp
- miljøvennlighet design og design for bærekraft ("økodesign")
- utvidet produsentansvar
- øko-industrielle parker ("industriell symbiose")

- produktorientert miljøpolitikk
- økoeffektivitet (samspill mellom livsløpknoster (LCC Life Cycle Cost) og livsløp miljøbelastning (LCA Life Cycle Assessment))

Hensikten med industriell økologi er å forstå hvordan miljøhensyn kan integreres inn i våre industrielle, økonomiske og politiske beslutninger og aktiviteter. Denne integrasjon er en kontinuerlig pågående prosess gjennom formulering av prinsipper, utvikling av metoder og kvantifisering av miljøbelastning, utforme scenarier og utforme løsninger. Gjennom praktiske casestudier, forskning og undervisning arbeides det med å finne løsninger til de miljøutfordringene vi står overfor; globalt, nasjonalt, lokalt og individuelt, i søken etter sosial, økonomisk og økologisk bærekraftig.

Ser en utviklingen fra 1960-årene det vært en prosess der en startet med utslippskontroll, videre med forebygging av utslipp fra prosesser og aktiviteter til renere produksjon i hele fabrikker. Videre ved integrering av hele produktkjeden og materialkretsløpet fra råmaterialer til produksjon, forbruk, deponering eller gjenbruk. Derfra videre til utveksling av energi, materialer og informasjon i hele samfunnet på tvers av verdikjeder på lokalt, regionalt og globalt nivå med en trans-vitenskapelig forskningstilnærming som kombinerer naturvitenskap, systemvitenskap, sosialvitenskap og humanvitenskap.

I analysen av transportsektoren og klimagassproblematikken ser en at de institusjoner som arbeider med transport og miljø, slik som TØI, SSB, SFT, Cicero og SINTEF og andre, har en betydelig spesialkompetanse innen segmenter av fagområdet Industriell økologi. Her ligger et betydelig og interessant forskningspotensial for å innarbeide kompetansesegmentene inn i et samlet hele innenfor konseptet Industriell økologi orientert mot økonomisk, sosial og økologisk bærekraftig transport.

### 3. Transportsektoren - definisjoner

#### **Bruttotonnkm**

Samme som tonnkm, men der både vekt av personer, last og transportmiddel er inkludert.

#### **Buss**

En buss er et kjøretøy for persontransport med over 8 sitteplasser i tillegg til førersetet.

#### **CO2-ekvivalenter**

Utslipp av klimagasser veid sammen i en vektet sum bestemt av den effekt de gir på global oppvarming.

Kyotoprotokollen gir forpliktende mål for industrilandenenes utslipp av klimagasser.

I tillegg til CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O omfatter protokollen også klimagassene svovelheksafluorid (SF<sub>6</sub>), hydrofluorkarboner (HFK) og perfluorkarboner (PFK).

Komponentenes effekt på klimaet er gitt ved **GWP-verdiene** (GWP = Global Warming Potential). (Se vedlegg III for detaljer):

$$\text{CO}_2\text{e} = 1\text{CO}_2 + 21\text{CH}_4 + 310\text{N}_2\text{O} + [\text{SF}_6, \text{HFK}, \text{PFK}]$$

I de aggregerte nasjonale regnskaper er CO<sub>2</sub> (karbonoksid >80%) den største bidragsyter, fulgt av N<sub>2</sub>O (lystgass) and CH<sub>4</sub> (metan), samt fluorholdige gasser PFCs, SF<sub>6</sub> and HFCs (Effekten av de fluorholdige gasser er samlet vanligvis mindre enn 3%).

### **Direkte brutto energiforbruk/utslipp**

Energiforbruk/utslipp gjennom livsløpet til drivstoff, (Fra utvinning, raffinering, transport og forbrenning)

### **Direkte netto energiforbruk/utslipp**

Energiforbruk/utslipp ved transportmidlenes framdrift. For elektrisk jernbane og t-bane er tap i omformerstasjoner og kjøreledninger med.

### **Forbruksfaktor**

Forholdet mellom forbruk i kg, liter eller MJ og vognkm, passasjerkm eller tonnkm

### **Geografisk avgrensing**

- Innenlands transport referer til transport fra et sted i Norge til et annet sted i Norge.
- Transport på norsk område omfatter innenlands transport pluss den delen av transport til og fra utlandet som foregår på norsk område.
- Norge og norsk område omfatter fastlandsnorge pluss norsk territorialfarvann.

### **Godstransportarbeid (Godstransportytelse)**

Det et transportmiddel frakter av en bestemt godsmengde over en viss avstand. Måles i *tonnkilometer* og defineres som produktet av vekt av godsmengde og transportavstand.

### **Godstyper**

- Bulkgoods er varer i uemballert form (våt- eller tørrbulk).
- Stykkgoods er fellesbetegnelse på alt gods unntatt Partigods
- Partigods er større partier som transporteres til en og samme mottaker uten terminalbehandling.
- Samlast er sammenstilling av gods fra forskjellige enheter til en enhet som igjen sendes til forskjellige mottakere på annet sted.

### **Innenlandsk transport**

Transport mellom to steder i Norge.

### **Kjøretøykm (Vognkm.)**

Den samlede avstand ett eller flere kjøretøy har tilbakelagt i et bestemt tidsrom

### **Kombinert bil**

Motorvogn som hovedsakelig er innrettet for transport av personer og gods, og som har minst en seterad bak førerretet og hel, fast vegg mellom førerrom/passasjerrom og godsrom/lasteplan.

**kWh 1 kilowatttime (kWh) = 3,6 megajoule (MJ).**

### **Lastebiler**

- Nyttelast: Den maksimalt tillatte godsmengden bilen er registrert for.
- Totalvekt: Med totalvekt menes sum av bilens vekt, vekt av ev. tilhenger, nyttelast på bilen, nyttelast på ev. tilhenger og vekt av fører (75 kg).
- Andre lastebiler: Omfatter bergingsbiler, betongblandebiler, septiktanktømmere, renovasjonsbiler, kjølebiler m.m..

### **Lastebiler Kjøretøygruppe.**

Inndeling av lastebilparken i ulike grupper etter hvilken type transport bilene brukes til.

Lastebilkostnadsindeksen består av ti slike kjøretøygrupper:

- Tømmertransport, 3-akslet bil med 3-akslet henger
- Trekkbil for semitrailer, 3-akslet bil med 3-akslet henger
- Tankbil, 3-akslet bil uten henger
- Tankbil, 3-akslet bil med 3-akslet henger
- Renovasjonsbil, 2-akslet bil
- Nærtransport, 2-akslet bil
- Kranbil, 3-akslet bil
- Anleggstransport, 3-akslet bil uten henger
- Anleggstransport, 3-akslet bil med henger
- Langtransport, 3-akslet bil med henger

### **Nettotonnm**

Samme som tonnm, men kun lasten er medberegnet. Tonnm er det samme som nettotonnm hvis ikke annet er nevnt.

### **Passasjerbelegg**

Gjennomsnittlig antall passasjerer, føreren er ikke medregnet, i et kjøretøy innenfor en gitt tidsperiode, f.eks. ett år.

### **Passasjerkm (pkm)**

Antall passasjerer på én tur multiplisert med kjørt distanse. Føreren er ikke med.

### **Personbelegg**

Gjennomsnittlig antall personer, føreren medregnet, i et kjøretøy innenfor en gitt tidsperiode, f.eks. ett år.

### **Personbil**

En personbil er en bil som i hovedsak er beregnet for persontransport. Den har færre enn 8 sitteplasser og har en egenvekt på mindre enn 3,5 tonn.

### **Personbiler i egentransport**

Personbiler som ikke i seg selv representerer en direkte inntektskilde.

### **Personkm (pkm)**

Antall personer inklusive føreren på én tur multiplisert med kjørt

distanse.

### **Persontransport**

Transport av personer (reiser). Innenriks persontransport er reiser mellom steder i Norge.

### **Persontransportarbeidet (Persontransportytelse)**

Mål for den ytelse et transportmiddel utfører når den transporterer et visst antall personer en bestemt reiselengde. Persontransportarbeidet måles vanligvis i enheten *personkilometer* og defineres som produktet av reiselengde og antall personer transportert.

Persontransportarbeidet eller persontransportytelsen er det mest brukte mål på *omfanget* av persontransporten.

.

### **Togkilometer**

Totalt antall km kjørt av lok og motorvogner.

### **Tomgangskjøring**

Innebærer at motoren er i gang i uten at kjøretøyet er i bevegelse

### **Tomkjøring**

Kjøretøyer i ervervsmessig kjøring uten at det blir transportert verken gods eller personer.

### **Tonnkm (tkm)**

Mengde gods på én tur multiplisert med kjørt distanse

### **Totalvekt**

Egenvekt pluss nyttelast.

### **Trafikkarbeid (Transportytelse)**

Den ytelse som blir utført av et transportmiddel. Det omfatter både person- og godstransport. Transportarbeidet måles vanligvis i enheten *kjøretøykilometer* (eller *vognkilometer*) og defineres som summen av den kjørelengde et antall kjøretøyer utfører. Transportarbeidet påvirkes ikke av hvor mange personer eller hvor mye gods de enkelte transportmidlene frakter. Transportarbeidet måler *omfanget* av trafikken.

### **Utslippsfaktor**

Mål for utslippet av en bestemt utslippskomponent ved et kjent aktivitetsnivå for en bestemt kilde, utslippsbærer og næring.

Mengden av en utslippskomponent som produseres ved forbrenning av en gitt masse energivare (f.eks. bensin) i et bestemt forbrenningsmiljø (f.eks. bilmotor). Benevnningen kan være g/kg eller kg/kg. Utslippsfaktor kan også være knyttet til kjørt distanse (f.eks. kjøretøykm) eller person- eller gods-transportarbeid (f.eks. personkm).

### **Varebil**

En varebil er en bil for godsbefordring med tillatt totalvekt mindre enn 3,5 tonn. Det er krav om fastmontert beskyttelsesvegg fra gulv

til tak og fra vegg til vegg.

Varebil med åpent lasteplan skal ha lukket førerhus, og det skal ikke være fast tak over noen del av lasteplanet.

**Veitransport** Bruk av kjøretøyer på veier.

**Andre viktige parametere som påvirker miljøbelastning på veg:**

**Personbilbestand**

Aldersfordeling og nettovektfordeling

**Buss-bestand,**

Aldersfordeling og nettovektfordeling

**Varebilbestand,**

Aldersfordeling og nettovektfordeling

**Bestand av lastebiler**

Type, aldersfordeling og nettovektfordeling

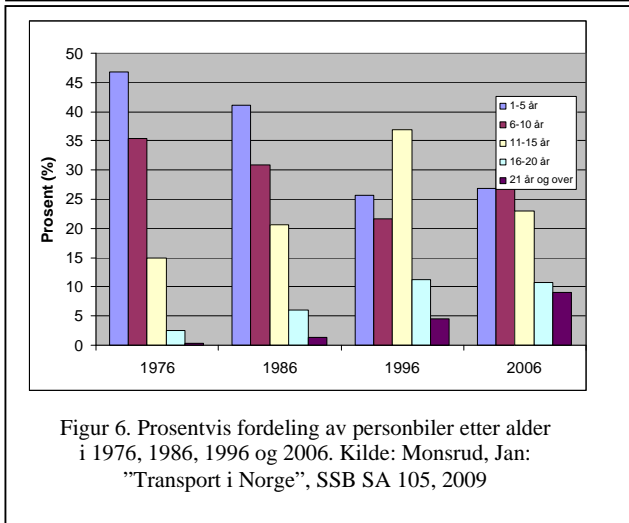
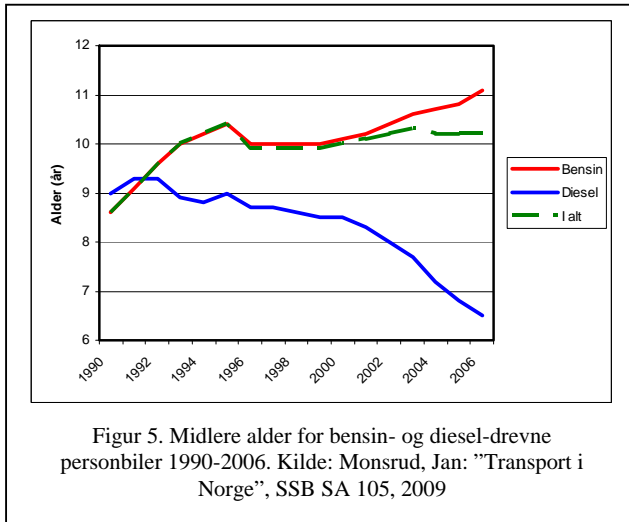
**Mengde bilbensin**

Forbrukt liter pr år

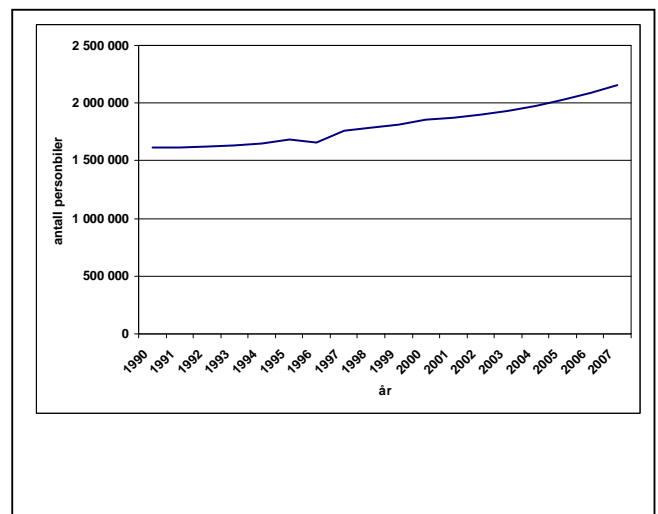
**Mengde autodiesel**

Forbrukt liter pr år

#### 4. Historisk utvikling av transportytelser med tilhørende klimagassutslipp i Norge for perioden 1990 til 2007.

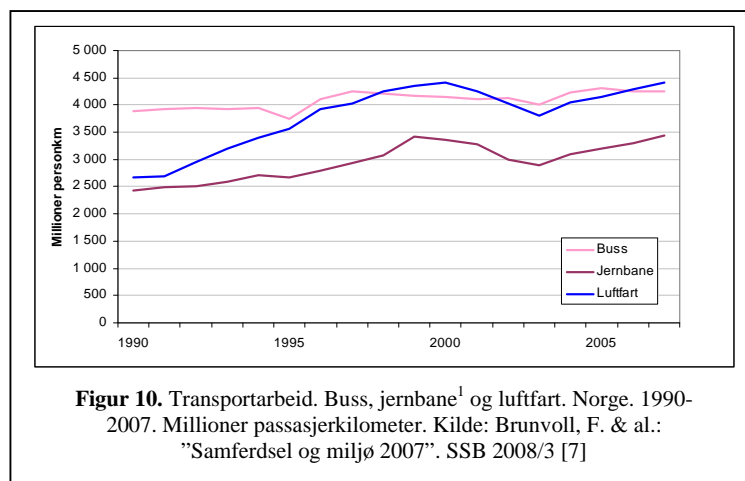
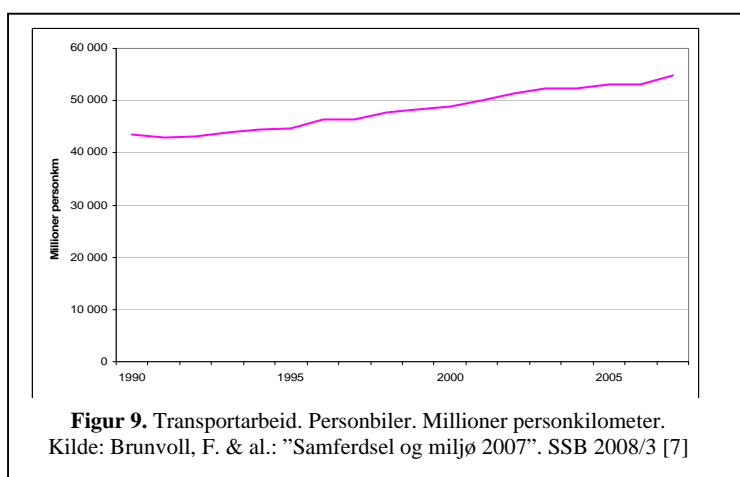
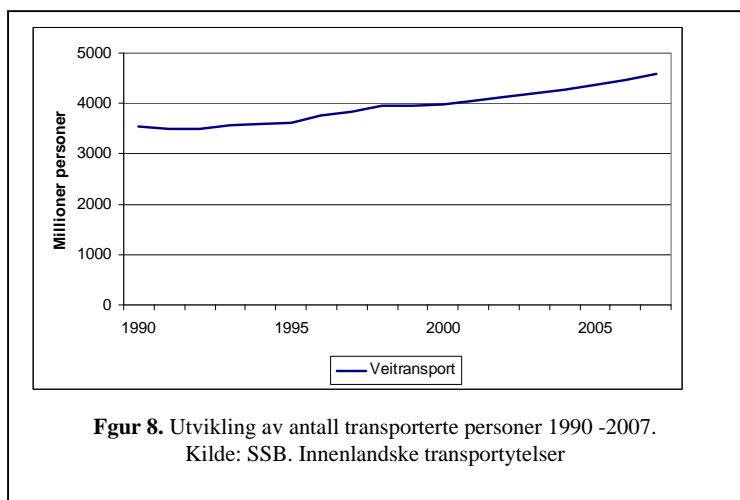


Figurene 5, 6 og 7 viser utvikling av midlere levetid, aldersfordeling og bestand av personbiler i Norge. Det viser at det er blitt kjøpt stadig flere nye dieseldrevne personbiler enn bensinbiler i de siste årene. Videre viser figur 6 at vi har fått en økende andel eldre biler i 2006 i forhold til de tidligere år. Det betyr at det ligger et godt potensial for å skifte ut eldre biler med store CO<sub>2</sub>-utslipp med nye biler, lavutslipp diesel, hybride eller elektriske dersom gode incitament gis fra det offentlige. Figur 7 viser at økningen i bestanden av personbiler pr år er tiltagende. Det betyr at tilførsel av nye biler øker mer enn avhending av gamle biler. Bestanden av personbiler i 2007, dvs registrerte kjøretøy, var 2.155.000, mens det var registrert 25.000 busser (jfr vedlegg II)



Figur 7. Bestand av personbiler 1990-2007. Kilde: Brunvoll, F. & al.: "Samferdsel og miljø 2007". SSB 2008/3 [7]

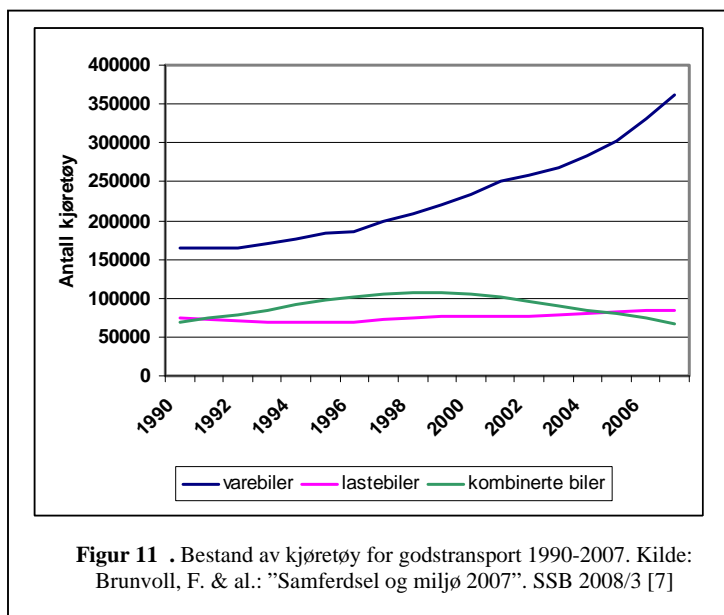
Figurene 8, 9 og 10 viser utvikling av persontransport, Antall reiser i 2007 innenlands var 4,5 milliarder enkeltreiser innenlands, og 33,5 millioner enkeltreiser til eller fra utenlandet (Jfr figur 8 og Vedlegg II).



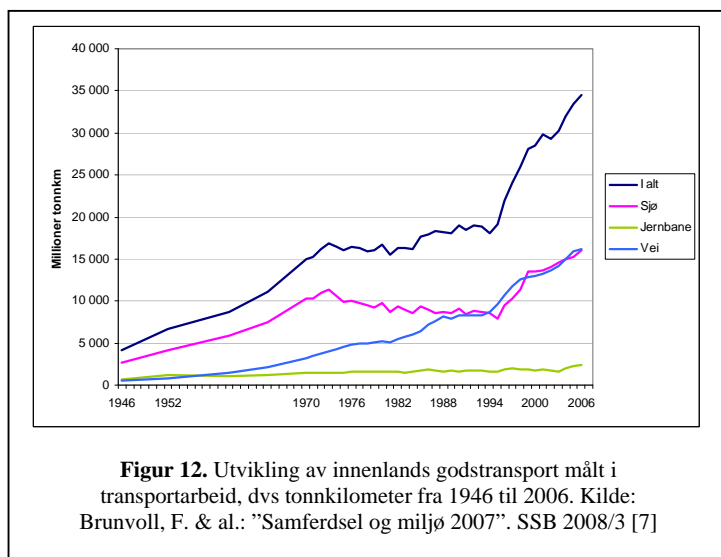
Summen av antall km den alle passasjerer/ personer har reist på sine enkeltreiser over et år, er målt i passasjerkilometer (buss, bane, fly der fører(e) ikke er medregnet) og personkilometer (for personbiler, der sjåfør er medregnet). Figur 9 viser innenlands transportarbeidet for personbiler (personkm), og figur 10 transportarbeidet for buss, bane og fly. Mens rundt 56 milliarder personkm ble utført i personbil i 2007, var antall passasjerkm med buss ca 4,25 milliarder personkm., dvs samlet rund 60 milliarder personkm på vei. Antall passasjerkm på jernbane var rundt 3 milliarder passasjerkm, dvs 5% av persontransport på vei. Antall passasjerkm med fly var nærmer 4,5 milliarder passasjerkm, eller 7,5% av veitrafikken.

Figurene 11 og 12 viser utvikling av godstransport innenlands i Norge. Bestanden av lastebiler har ikke økt så mye, kombinerte biler er redusert, mens bestanden av varebiler har økt kraftig i perioden. I 2007 var bestanden av lastebiler + kombinerte biler (Totalvekt > 3.5 tonn 152.000, mens bestanden av varebiler var på 362.000. Samlet var det 514.000 kjøretøy for godstransport, som er ca. 25% av antall personbiler og busser.

Utvikling av innenlands godstransport målt i transportarbeide tonnkm, figur 12 viser at

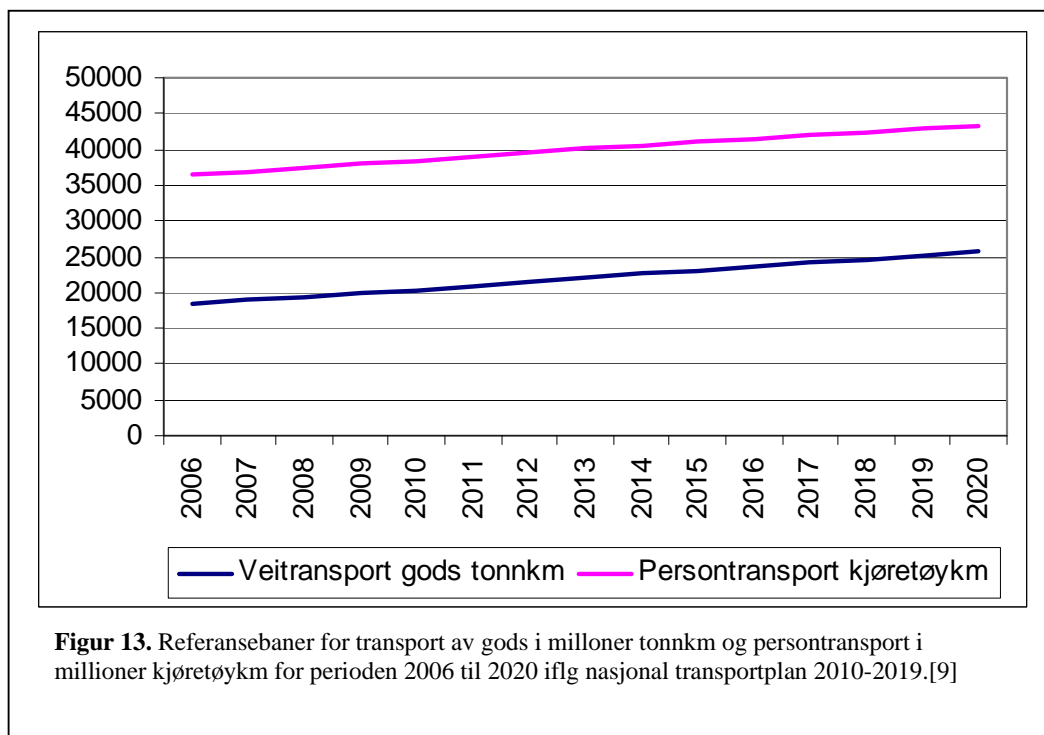


omtrent like mye gods fraktes sjøveien (av og pålasting innenlands) som godstransport på vei, hver på ca 16 milliarder tonnkm i 2007. Jernbanen fraktet ca 2.5 milliarder tonn, eller ca 7% av samlet godstransportarbeide. Som vist i Vedlegg II, var mengden gods fraktet innenlands, hhv. 256 millioner tonn på vei, 87 millioner tonn sjøveien og 7 millioner tonn på jernbane i 2007. Det betyr at jernbanen frakter ca 2% av samlet godsmengde i 2007. Det ligger en betydelig utfordringer å skape konkurransedyktig godstransport med jernbane i de neste 10 år!



Fra Stortingsmelding nr. 16. Nasjonal transportplan 2010-2019 [9] er en referansebane for utvikling av transportytelse anslått. Dette er det behov for transportytelse som forventes, dersom ingen spesielle tiltak gjøres. Figur 13 er viser referansebanen for godstransport på vei i millioner tonnkilometer [9, tabell 4.1] og for persontransport på vei [9, tabell 4.2] i millioner kjøretøykilometer. Fra 2006 til 2020 er det anslått en økning i transportert gods på vei fra 18500 til 25784 Mtkm, dvs 7284 Mtkm eller ca 40% økning. Persontransport øker fra 36357 til 43391 Mkm, dvs 7034 Mkm eller ca 20%.

En viktig parameter når det gjelder drivstofforbruk og dermed klimagassutslipp, er den samlede vekt av kjøretøy pluss godsvekt pluss antall personer transportert. Dette måles i bruttotonnm. Denne parameteren inngår ikke i tilgjengelig statistikkdata. Det gjøres her et grovt overslag over denne parameteren både for godstransport og persontransport: Basert på tilgjengelige data, anslås nettovekt kjøretøy for transport er det dobbelte av gjennomsnittelig transportert godsvekt. Det betyr at bruttotonnm for godstransport vil øke fra 55500 til 77352 Mbruttotkm fra 2006 til 2020



Anslåes videre at gjennomsnittelig bruttovekt på kjøretøy for persontransport er 1,2 tonn, så vil bruttotonnm for persontransport øke fra 43628 til 52069 Mbruttotkm. Samlet for gods og personer vil det gi en transportbelastning på vei som i 2006 var på 99.128 Mbruttotkm, som så øker til 129421 Mbruttotkm i 2020, dvs 30293 Mbruttotkm eller 31% fra 2006 til 2020.

I 2006 var utslipp av klimagasser 10,4 Mt CO<sub>2</sub>e. Det betyr  $10400000/99128 \text{ g/tkm} = 105 \text{ g/bruttotkm}$ .

Beregningen gir at for hvert tonn bruttovekt kjøretøy som kjører én kilometer, så slippes det ut 105 gram CO<sub>2</sub>e.

Dersom klimagassutslipp ikke reduseres pr bruttotonnm frem til 2020, vil det bety et utslipp på  $10,4(129421/99128) = 13,6 \text{ Mt CO}_2\text{e}$ . Dette tall stemmer bra med referansebanen for CO<sub>2</sub>e-utslipp ifølge den nasjonale transportplan, men det er et for høyt tall ifølge den trendkorleksjon som er gjort av SFT [12] (Se figur 4 ovenfor). En reduksjon i spesifikt utslipp pr bruttotonnm er forutsatt i trendanalysen, eventuelt at samlet bruttotonn og/eller kjørte kilometer vil reduseres gjennom effektivisering uten at etterspurte transporttjenester reduseres.

Skal det samlede CO<sub>2</sub>e-utslipp fra veitransport reduseres fra 10,4 til 8,0 Mt CO<sub>2</sub>e frem til 2020, betyr det en reduksjon i CO<sub>2</sub>e-utslipp til X g/bruttotkm kombinert med en reduksjon i

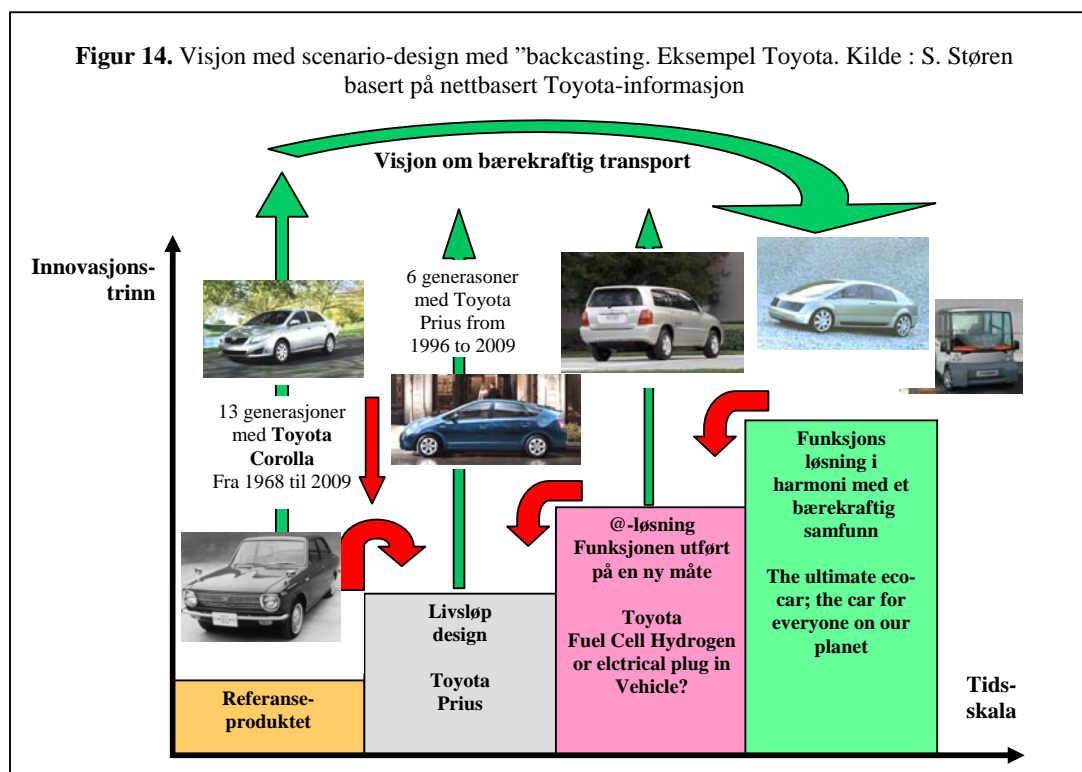
den samlede sum av bruttovekt til alle kjøretøy, Y bruttotonn, og/eller sum av kjørte km til Z km, slik at følgende formel blir tilfredsstillt:

$$X \cdot Y \cdot Z = 8.000.000 \text{ Mg CO}_2\text{e} \quad (\text{dvs } 8 \cdot 10^{12} \text{ gram CO}_2\text{e})$$

der X måles i g/bruttotkm  
 Y måles i bruttotonn  
 Z måles i km  
 og produktet Y\*Z måles i Mbruttotkm

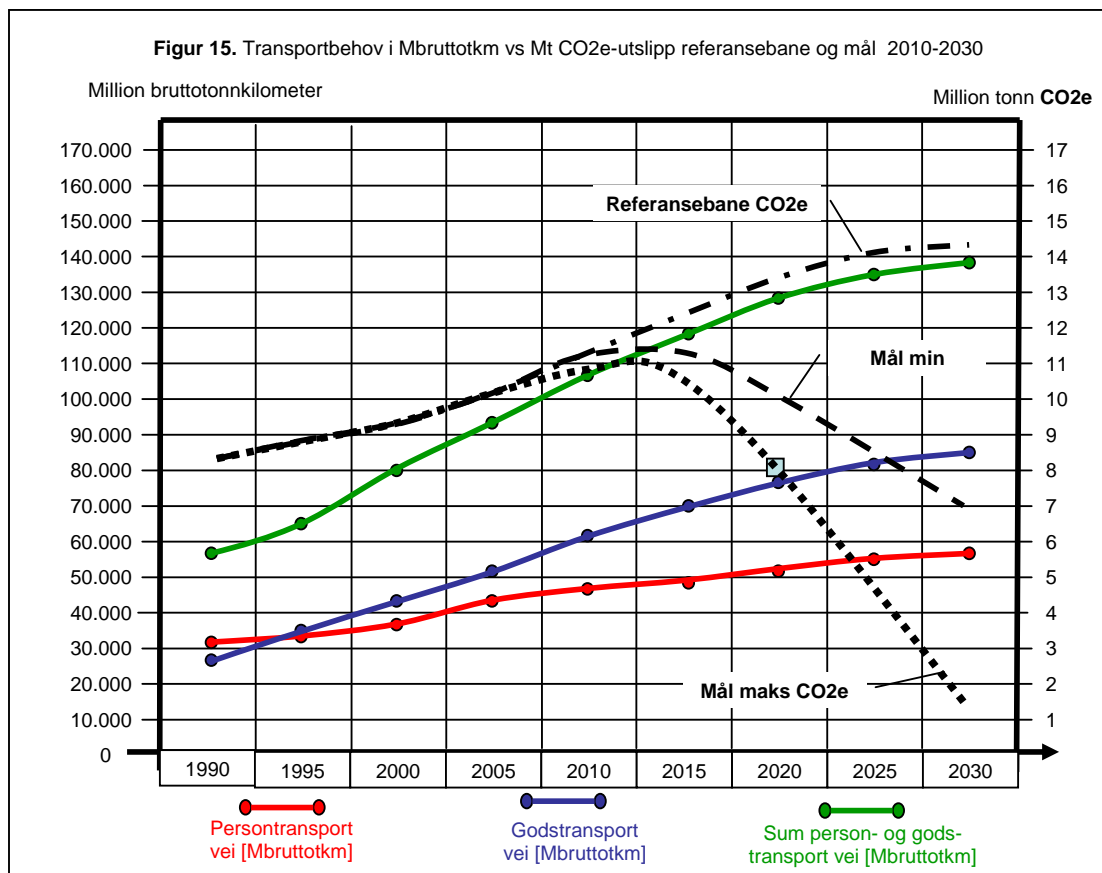
Det vesentlige spørsmål vil nå være: Hvilke tiltak må settes i verk, dvs. hvilke kombinasjon av sentrale endringsparametere må benyttes for å nå målene for redusert klimagassutslipp innen veitransport, og til hvilken kostnad? Kan industriell økologi og økodesign være til hjelp for å avklare dette spørsmål?

Scenarier med "backcasting" og prosjekter. Analyse av "lock-ins".



Innen området Industriell Økologi og Økodesign er scenarietutvikling med "backcasting", som innebærer at en går baklengs fra en fremtidsvisjon til mer og mer realistiske utviklingstrinn som så ender opp med kortsiktige utviklingsmål. Prosjekter finansieres og iverksettes, der

prosjektene samlet orienteres mot den formulerte visjonen.. Figur 14 viser et eksempel med Toyota, visjonen er ”The ultimate eco-car; the car for everyone on our planet”; det kortsiktige målet er hybridbilen Prius. Tilsvarende visjoner og skrittvisse utviklingsmål mot bærekraft kan gjøres for alle viktige bidragskilder til klimakutt.

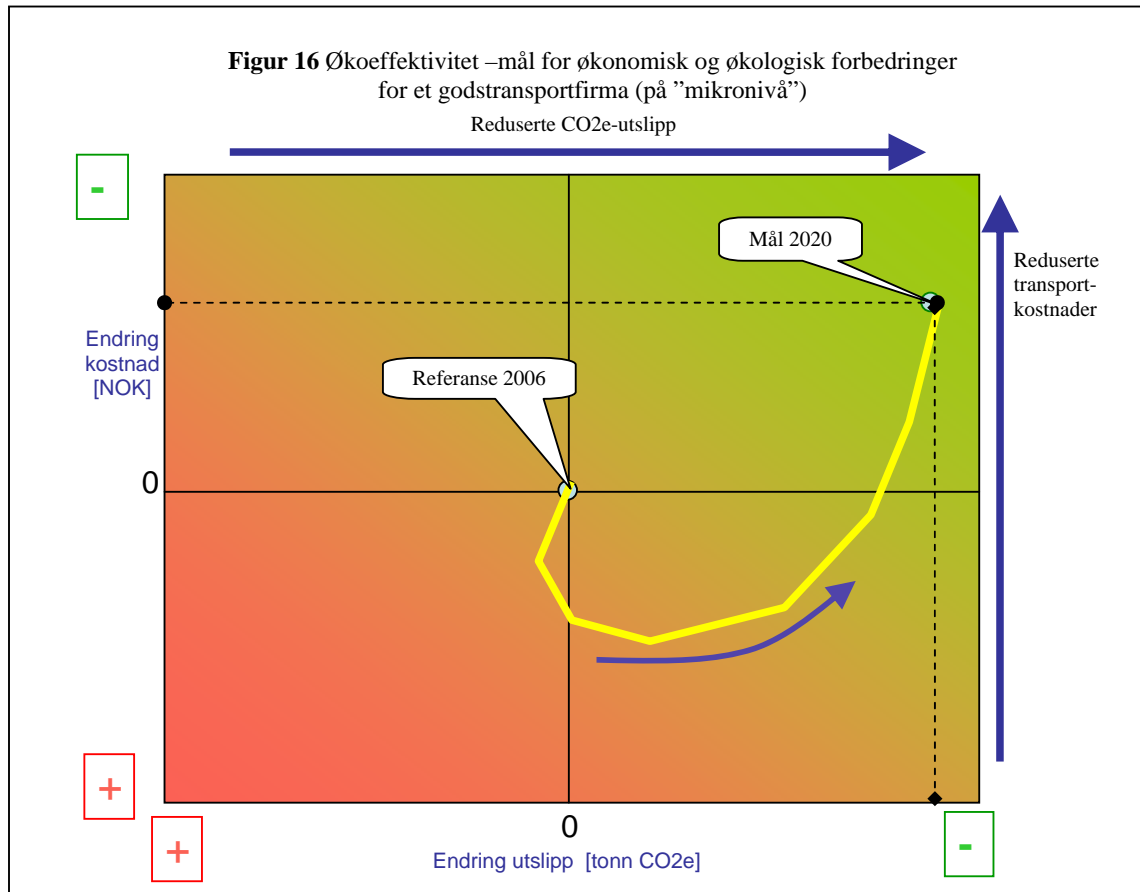


Sett ut fra en nasjonal strategi kan strategien til Toyota være en del av en ”nasjonal strategipakke” der en ser på den mulige utviklingen av hele den nasjonale kjøretøybestanden og utviklingen av nasjonal bruttotonnm over tid, sammen med andre viktige endringsparametere. En slik dynamisk utvikling kan representeres ved diagram som skissert på figur 15. Her vises referansebaner for veitransport, målt i millioner bruttotkm, sammen med referansebane for Mt CO2e-utslipp, der også målområdene for 2020 og 2030 er vist.. ”Mål maks” betyr at veitransport bidrar med så stor reduksjon at opptak fra skog gjør sektoren CO2e-nøytral, mens ”Mål min” krever internasjonale kvotekjøp i 2030.(Ref.: Klimaforliket)

Figur 16 viser hvordan et godstransportforma kan sette opp et diagram for utvikling av økoeffektivitet. Endring CO2e-utslipp for bedriftens bilflåte settes opp med året 2006 som referanseår langs den horisontale akse, og endringer i transportkostnader for bedriften settes opp i den vertikale akse også her med året 2006 som referanseår. Her er vist et mål for reduksjon av utslipp CO2e, sammen med en reduksjon av transportkostnadene. Dette er alltid et ideelt mål. Med ”lock-in”, eller ”innlåsing” forstås motstand mot å foreta nødvendig investeringer, bevilgninger, forskning, utvikling og fornyelse som skaper forutsetning for å nå målet i 2020. Den gule kurven på figur 16 viser at i prosessen for å nå målet, vil det kreve

økede utslipp og merkostnader i forhold til referansen. Politikerene og myndighetenes oppgave er å sikre at transportøren ikke belastes med merkostnader og utslippsansvar som reduserer konkurransevnen til transportbransjen. Klimakutt skal kombineres med nyskaping som gir øket konkurransekraft til kommersielle transportfirmaer i forhold til internasjonale konkurrenter. Og de kommersielle transportytelsene skal kunne leveres til en pris, tilgjengelighet og tidsforbruk som forbedrer konkurransevnen til norsk vareproduserende industri.

Når det gjelder ikke-kommersiell persontransport, kan det være andre "lock-ins" som holder utviklingen tilbake; i første rekke kanskje; den generelle holdning til bilbruk i den norske befolkning.



Figur 16 beskriver et "mikro-nivå" innen transport, og kan benyttes for det enkelte kjøretøy, husholdning og bedrift. Dette kan så aggregeres opp til et tettsted, kommune, region og nasjonen som helhet.

## **5. Sentrale endringsparametere som påvirker transportbehov og klimagassutslipp.**

På seminaret vil foredragsholderne belyse de forskjellige problemstillinger og løsningsmuligheter som transportsektoren står overfor, se Vedlegg I. Noen av de sentrale endringsparametere skal kort beskrives her. Sannsynligvis vil en samlet systemløsning med "løsningspakker" gi den reelle mulighet for reduksjon av CO<sub>2</sub>e-utslipp, der et optimalt samspill mellom endringsparameterne søkes.

:

### **Teknologiske nyvinninger**

Effektivisering av forbrenningsmotoren, spesielt med diesel som brennstoff

Hybide "plug in"-løsninger

Elektrifisering

### **Endring av bilbestand**

#### **Politiske virkemidler**

Avgifts- og subsidie-politiske virkemidler.

Omlegging til andre transportformer med lavere CO<sub>2</sub>e-utslipp, tidsforbruk, kostnader.

#### **Infrastruktur**

Lokalisering, sentralisering (reurbanisering og suburbanisering (urban sprawl))

#### **Logistikk**

Informasjonssystemer.

#### **Kjøremønstre**

Holdningsendringer, informasjons- og kontrollsystemer for hastighet, akselerasjoner, utslippintensitet og kostnader.

#### **Landets økonomisk utvikling**

BNP vs transportendring; i Norge øker økonomisk vekst mer enn persontransport; dvs en relativ dekoblingstendens. Bedret tilgang til transportressurser (så vel bedre biltilgang som kollektiv-tilbud

#### **Sosiale trender**

Mobilitetsendringer relatert til demografi, husholdstype, alder, kjønn, inntekt, utdanning (bilbruk f eks ikke lenger entydig koblet til høy(ere) inntekt/utdanning (figur tilgjengelig))

#### **Endringer i kulturelle "paradigmer"** (holdninger, verdier)

miljø-/klimabevissthet, urban livsstil, post-materialisme (ny forbrukerbevissthet med finanskrise?)

#### **Globalisering**

Gryende bilde av "den globale landsby" orientert mot økonomisk, sosial og økologisk bærekraft vokser frem.

## 6. Referanser

- [1] Walker, G. & King, D.: "THE HOT TOPIC. How to tackle global warming and still keep the lights on". Bloomsbury Publishing. 2008
- [2] Journal of Industrial Ecology (Official journal of the International Society of Industrial Ecology ISIE)
- [3] Rideng, A. og Vågane, Liva: "Transportytelser i Norge 1946-2007". TØI rapport 979/2008. Transportøkonomisk Institutt, September 2008.
- [4] Toutain, J. E. W., Taarneby, G., Selvig, E.: "Energiforbruk og utslipp til luft fra innenlandsk Transport". Statistisk Sentralbyrå, Rapporter 2008/49, Desember 2008
- [5] Hille, J., Storm, H., Aall, C., Sataøen, H.: "Miljøbelastningen fra norsk forbruk og norsk produksjon 1987-2007". Vestlandsforskning. Rapport 2/2008. April 2008
- [6] Randers & al.: "Et klimavennlig Norge". Utredning fra et utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 11. mars 2005. Avgitt til Miljøverndepartementet 4. oktober 2006
- [7] Frode Brunvoll, Vilni Verner Holst Bloch, Erik Engelién, Henning Høie, Trine Haagensen, Jan Monsrud, Marit E. Sand og Asbjørn Willy Wethal: "Samferdsel og miljø 2007. Utvalgte indikatorer for samferdselssektoren". Statistisk Sentralbyrå. Rapporter 2008/3
- [8] Vibeke Nenseth og Randi Hjorthol "Sosiale trender av betydning for bilbruk", TØI rapport 874/2007, Oslo: Transportøkonomisk institutt
- [9] Stortingsmelding nr. 16. Nasjonal transportplan 2010-2019. Samferdselsdepartementet 13. mars 2009.  
<http://www.regjeringen.no/pages/2162529/PDFS/STM200820090016000DDDPDFS.pdf>
- [10] "Avtale om klimameldingen". Stortinget 17. januar 2008.  
[http://www.regjeringen.no/Upload/MD/Vedlegg/Klima/avtale\\_klimameldingen.pdf](http://www.regjeringen.no/Upload/MD/Vedlegg/Klima/avtale_klimameldingen.pdf)
- [11] Kathrine Loe Hansen, Torstein Bye og Dag Spilde: "Utslipp av klimagasser i Norge – i dag, i går og den nære framtid" Statistisk Sentralbyrå. Rapporter 2008/17. Mai 2008.
- [12] "Reduksjon av klimagasser i Norge. En tiltaksanalyse for 2020" SFT-rapport TA-2254/2007 ISBN 978-82-7655-514-. Juni 2007.
- [13] Holger Schlaupitz: "Energi- og klimakonsekvenser av moderne transportsystemer Effekter ved bygging av høyhastighetsbaner i Norge". Rapport 3/2008, Norges Naturvernforbund .September 2008

## VEDLEGG I: Seminarprogram "Transport og klimaforliket"

Tid	Aktivitet
09:00 - 10:00	<b>Registrering, forfriskninger</b>
10:00 - 10:10	<b>Åpning ved President for NTVA.</b>
1010 - 1030	<b>De nasjonale og globale energi- og miljøutfordringer i de neste dekader. Norsk transportsektor i et helhetsperspektiv. (20 min + 5 min. spørsmål)</b> <b>Foredragsholder:</b> Sverre Aam, adm.dir. SINTEF Energiforskning AS
10:35 - 11:05	<b>1. Hovedforedrag (30 min.)</b> <b>Historisk utvikling av transportsektoren i Norge. Transportytelser og miljøbelastninger. Trender.</b> <b>Foredragsholder:</b> Jun Elin Wiik Toutain, seniorrådgivr SBB
11:00 - 11:20	<b>Diskusjon.</b> Diskusjonsleder Sven Ullring, tidl. konsernsjef DNV
11:20 - 11:55	<b>2a. Keynote speech (30 min.)</b> <b>The contributions of the Automotive Industry to the reduction of CO2 emission from road transport in the next 20 years.</b> <b>Speaker:</b> Hans Jürgen Schäfer, Dr. Volkswagen External Relations, Science and Technology
11:55 - 12:30	<b>Lunsj</b>
12:30 - 13:00	<b>2b. Keynote speech (30 min.)</b> <b>The contributions of the Automotive Industry to the reduction of CO2 emission from road transport in the next 20 years.</b> <b>Speaker:</b> Per Løken, Environmental and quality manager, Toyota Norge AS
13:00 - 13:20	<b>Diskusjon.</b> Diskusjonsleder Rolf Marstrander, tidl. Prosus
13:20 - 13:55	<b>3. Hovedforedrag (30 min.+ 5 min.)</b> <b>Utvikling av godstransport i Norge for perioden 2010-2030. Klima-avtalens utfordringer</b> <b>Foredragsholder:</b> Asbjørn Johnsen, sjefsingeniør TRANSNOVA
15.55 - 14:35	<b>4. Hovedforedrag (30 min.)</b> <b>Utvikling av persontransport i Norge for perioden 2010-2030. Klima-avtalens utfordringer.</b> <b>Foredragsholder:</b> Christina Bu, miljørådgiver NAF
14:35 - 14:55	<b>Diskusjon.</b> Diskusjonsleder Erling Holden, Høgskolen i Sogn og Fjordane
14.50 - 15:10	<b>Kaffe , te og forfriskninger</b>
15:10 - 15:45	<b>5. Hovedforedrag (30 min.+ 5 min)</b> <b>Strategier og mål for reduksjon av klimagassutslipp innen transportsektoren i Sverige. Hvilke virkemidler settes inn?</b> <b>Foredragsholder:</b> Sven Hunhammar, Naturvårdsverket, Sverige
15.45 - 16.15	<b>6. Hovedforedrag (30 min.)</b> <b>Samfunnsmessige vilkår for bærekraftig transport</b> <b>Foredragsholder:</b> Lasse Fridstrøm, Instituttetsjef TØI
16:15- 16:35	<b>Diskusjon.</b> Diskusjonsleder Egil Myklebust, tidl. generaldir. Hydro
16:35 - 16:50	<b>Kaffe , te og forfriskninger</b>
16:50 - 17:40	<b>7. Avstemming blant tilhørerne over hvilke scenarier/virkemidler de mener er de beste for å nå klimaavtalens mål</b>
17:40 - 18.00	<b>Resultater av avstemmingen.</b>
18:00 - 18:30	<b>8. Oppsummering</b> Erling Sande, Stortingsrepresentant og medlem av Energi- og miljøkomiteen på Stortinget.

18:30 - 19:00	<b>Aperitiff</b>
19:00	<b>Middag etter fulgt av sosialt samvær</b>

## VEDLEGG II: Data for 2007 (Kilder: TØI, SSB)

	Veg-transport	Bane	Sjø	Luft	Totalt
Passasjertransport (På-og avlasting innenlands)					
- Passasjerer (millioner personer)	4 582	161	51	10	4 803
- Persontransportarbeid (millioner personkm)	60 597	3 432	857	4 408	69293
- Gjennomsnittelig transportavstand (km)	13	21	17	432	14
- Trafikkarbeid (millioner kjøretøykm)	33 504				
- Trafikkarbeid (millioner tonnkm med anslag Tomvekt + passasjerer + gods = 1.2 tonn/kjøretøy)	40204				
- Bestand av kjøretøy (registrerte personbiler)	2 155 000				
- Bestand kjøretøy (registrerte busser)	25 000				
Godstransport (På- og avlasting innenlands)					
- Gods (Millioner tonn, ekskl. kont.sok.)	256	7	87	-	
- Godstransportarbeid (Millioner tonnkm gods)	16 251	2 467	16 313	19	35 051
- Gjennomsnittelig transportavstand (km)	64	348	187	643	
- Trafikkarbeid (Millioner kjøretøykm)	4 844				
- Trafikkarbeid (millioner tonnkm med anslag av tomvekt + gods + passasjerer = 10 tonn/kjøretøy)	48 440				
- Bestand kjøretøy (lastebiler, totalvekt >3.5 t)	152 000				
- Bestand kjøretøy (varebiler)	362 000				
Passasjertransport (med grensepassering)					
- Enkeltreiser til og fra utlandet (tusener enkeltreiser)	33 500	470	6 272	14 777	55 164
- Trafikkarbeide (millioner kjøretøykm på norsk territorium)	2 680				
- Trafikkarbeide (millioner tonnkm på norsk territorium ved anslag tomvekt + passasjerer + gods = 1.2 tonn/kjøretøy)	3 216				
Godstransport (med grensepassering)					
- Godstransportarbeide (millioner tonnkm på norsk territorium)	2 164	441	34 124	23	36 752
- Godstransportmengde på vei (import og eksport, millioner tonn)	12,1	1,7	68,7	0,1	82,1
- Gjennomsnittelig transportavstand (km)	179				
- Trafikkarbeide (millioner kjøretøykm)	213				
- Trafikkarbeide (millioner tonnkm med anslag tomvekt + gods + passasjerer = 20 tonn)	4 260				
Salg drivstoff					
- Bilbensin (millioner liter)					1 950
- Autodiesel (millioner liter)					2 955
- Jetdrivstoff (millioner liter)					894
Utslipp klimagasser					
Samlet utslipp i Norge (nasjonale tall)					
- CO2 (millioner tonn)					44,9
- CO2-ekvivalenter (millioner tonn)					55,0
Mobil forbrenning (Transport totalt)					
- CO2-ekvivalenter (millioner tonn)	10,4		3,9	0,9	15,2
Transport inkl. mobilt utstyr					17,3

### VEDLEGG III. Global Warming Potential

Global Warming Potential referenced to the updated decay response for the Bern carbon cycle model and future CO<sub>2</sub> atmospheric concentrations held constant at current levels. Source: Climate Change 1995, The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report, page 22.

Species	Chemical formula	Lifetime (years)	Global Warming Potential (Time Horizon)		
			20 years	100 years	500 years
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	variable §	1	1	1
Methane *	CH <sub>4</sub>	12±3	56	21	6.5
Nitrous oxide	N <sub>2</sub> O	120	280	310	170
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	264	9100	11700	9800
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	5.6	2100	650	200
HFC-41	CH <sub>3</sub> F	3.7	490	150	45
HFC-43-10mee	C <sub>5</sub> H <sub>2</sub> F <sub>10</sub>	17.1	3000	1300	400
HFC-125	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>5</sub>	32.6	4600	2800	920
HFC-134	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	10.6	2900	1000	310
HFC-134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	14.6	3400	1300	420
HFC-152a	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub>	1.5	460	140	42
HFC-143	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	3.8	1000	300	94
HFC-143a	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	48.3	5000	3800	1400
HFC-227ea	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>7</sub>	36.5	4300	2900	950
HFC-236fa	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	209	5100	6300	4700
HFC-245ca	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	6.6	1800	560	170
Sulphur hexafluoride	SF <sub>6</sub>	3200	16300	23900	34900
Perfluoromethane	CF <sub>4</sub>	50000	4400	6500	10000
Perfluoroethane	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	10000	6200	9200	14000
Perfluoropropane	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	2600	4800	7000	10100

Perfluorobutane	C4F10	2600	4800	7000	10100
Perfluorocyclobutane	c-C4F8	3200	6000	8700	12700
Perfluoropentane	C5F12	4100	5100	7500	11000
Perfluorohexane	C6F14	3200	5000	7400	10700

§ Derived from the Bern carbon cycle model.

\* The GWP for methane includes indirect effects of tropospheric ozone production and stratospheric water vapour production.