



Energianvändning i transportsektorn

EN FAKTARAPPORT INOM IVA-PROJEKTET ENERGIFRAMSYN SVERIGE I EUROPA

Utgivare Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, IVA

Text Maria Stenkvist, Energi- och Systemanalys, ÅF-Energikonsult AB

Grafisk form Stefan Lundström, Blue media AB

Omslagsfoto Pressens Bild

Tryck Multitryck, Eskilstuna, 2002.

För tryckning och distribution ansvarar Statens energimyndighet.

Rapporterna kan beställas från Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna och via hemsidan www.stem.se

Innehåll

Sammanfattning	2
Drivkrafter för transporternas utveckling.	3
Godstransporterna allt mer frekventa och individuella	4
Sjunkande kostnader för godstransporter.	4
Större avstånd till arbete och handelsplatser.	4
De flesta resor sker på väg	5
Utveckling i transportsektorn	5
Vägtrafiken dominerar även godstransporterna	5
Fossila bränslen dominerar transportsektorn	6
Flyget är snabbast men förbrukar mest energi	6
Koldioxidutsläppen ökar.	7
Transporter inom EU	8
Transporterna fortsätter att öka	9
Utvecklingen till år 2020 i Europa	10
Teknikutveckling i konventionella fordon	10
Intressanta utvecklingsområden	12
Introduktion av nya drivmedel	12
Få alternativ med förnybart ursprung idag.	13
Dimetyleter och väte lovande på längre sikt	13
Förgasning av biomassa en nyckelteknik	13
Gas – ett nischbränsle i transportsektorn	14
El- och hybridfordon	14
Hybridbussar intressanta för stadstrafik.	15
Bränsleceller	16
Bussar lämpar sig väl för bränslecellsdrift	16
Förbättrad planering av godstransporter	16
Transportsektorn i framtiden.	17
Referenser	18

Sammanfattning

Behovet av transporter har ökat kraftigt under de senaste decennierna. En viktig orsak är den ekonomiska utvecklingen. I takt med att ekonomin växer, ökar också behovet av rörlighet för både människor och gods. Den allmänna trenden mot globalisering och internationalisering, med ökad världshandel och ett ökat internationellt resande, driver också upp efterfrågan på transporter. Turistresor är exempelvis den snabbast växande kategorin av persontransporter inom EU. Andra viktiga faktorer för utvecklingen av persontransporter är bebyggelsestruktur och bilinnehav. För transporter av gods är konjunkturutvecklingen och utvecklingen av industriproduktionen de avgörande faktorerna. På senare år har utrikeshandeln fått en allt större betydelse.

En tydlig trend under de senaste decennierna är att transporter på väg ökat på bekostnad av transporter med järnväg och sjöfart. En förklaring till denna utveckling är en ökad efterfrågan på snabba transporter både för gods och människor. Inom näringslivet ställs krav på att transporter ska komma i rätt tid, »just-in-time«, eftersom man strävar efter minskad lagerhållning. Tillsammans med specialiseringen inom industrin innebär det fler och mer frekventa transporter. En annan förklaring till de ökade vägtransporterna är att de flesta människor idag har tillgång till bil.

En följd av denna utveckling är att transportsektorn är den sektor där energianvändningen växer snabbast i de flesta länder. Eftersom fossila bränslen dominerar energianvändningen och det idag inte finns någon kommersiellt tillgänglig teknik att rena koldioxidutsläppen, ökar också utsläppen av koldioxid från transportsektorn.

Skärpta miljökrav har varit en drivande faktor för teknikutvecklingen mot effektivare fordon och renare bränslen. För personbilarnas del har dock teknikutvecklingen till stor del använts för star-

kare motorer och större bilar. En överenskommelse mellan EU och den europeiska, japanska och koreanska bilindustrin om att minska koldioxidutsläppen till år 2008, driver dock på utvecklingen mot bränslesnålare bilar.

Samtidigt som den befintliga tekniken förbättras utvecklas nya typer av fordon och bränslen. Bränslecellsfordon är den teknik som anses mest lovande idag och tekniken väntas få ett genombrott runt 2010. Hybridfordon, det vill säga bilar med både elmotor och förbränningsmotor, bedöms också vara intressanta, men främst under en övergångsperiod fram till dess att priserna för bränslecellsfordonen sjunkit till rimliga nivåer. Alternativa bränslen, såsom etanol, metanol, biogas och naturgas, väntas också komma in i transportsektorn, men i begränsad omfattning,

För tunga fordon har fokus legat på att förbättra dieseltekniken genom förbättrad avgasrening och utveckling av bränslesnåla motorer. Bränsleekonomin har förbättrats kraftigt fram till mitten av 1990-talet, men därefter har utvecklingen avstannat. Nya utsläppskrav inom EU väntas dock driva på utvecklingen. Det mest lovande alternativet till diesel i tunga fordon är dimetyleter. Även hybridtekniken och bränsleceller kan vara aktuella för tunga fordon, men i första hand för transporter i stadsmiljöer. Flera bussbolag världen över har köpt in hybridbussar och från och med 2003 kommer även bränslecellsbusar att testas i en rad europeiska städer, däribland Stockholm.

Den här rapporten har skrivits av civilingenjör Maria Stenkvis. Maria Stenkvis är verksam som konsult på ÅF-Energikonsult, där hon arbetar med klimat-, elmarknads- och transportfrågor. Hon har mångårig erfarenhet av energifrågor från Energimyndighetens analysavdelning.

Synpunkter har inhämtats från panelen för energianvändning samt via projektets hemsida.

Drivkrafter för utvecklingen i transportsektorn

Under de senaste femtio åren har det skett omfattande förändringar av hur vi bor och arbetar samt hur vi tillbringar vår fritid. Den moderna livsstilen är intimt förknippad med rörlighet. Resor till arbete, studier, fritidsaktiviteter och semesterorter fyller en central roll i de flesta människors liv. Den ekonomiska strukturen förutsätter att varor kan transporteras tvärs över jorden. Transporter spelar därför en viktig roll i vårt samhälle.

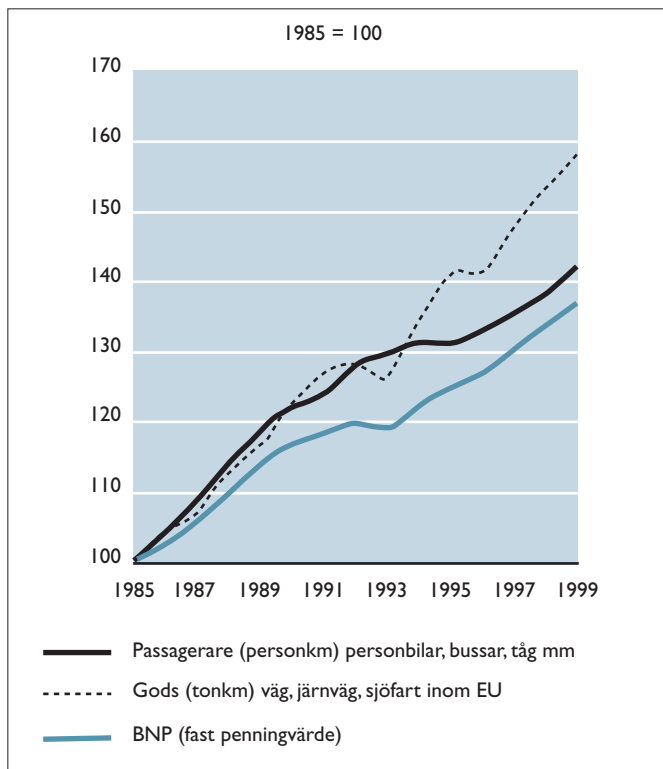
Det finns många faktorer som påverkar behovet av transporter. De viktigaste faktorerna är:

- den ekonomiska utvecklingen
- globaliseringen
- industriproduktionen
- hushållens ekonomi
- bebyggelsestrukturen

Utvecklingen av transportsystemet är kopplad till samhällsutvecklingen i stort sett. I takt med tillväxten i ekonomin ökar behovet av att förflytta människor och gods. Effektiva transporter bidrar i sin tur till den ekonomiska utvecklingen. Förutsättningarna skapas för en ökad specialisering och storskalig produktion, vilket ger ökad lönsamhet. Konkurrensen ökar då de geografiska avstånden minskar i betydelse. Bilden nedan visar det starka sambandet mellan utvecklingen av bruttonationalprodukten (BNP) och utvecklingen av transportbehovet i EU-länderna. Tillväxtens fördelning inom och mellan olika sektorer och regioner är viktig för transportefterfrågans sammansättning.

Den internationella utvecklingen och globaliseringen har en stor påverkan på transporterna. Ökad världshandel och ett ökat internationellt resande driver upp efterfrågan på gods och persontransporter. Resor för turiständamål är den kategori av persontransporter som växer snabbast inom EU. För godstransporterna spelar utrikeshandeln en allt viktigare roll. Huvuddelen av det godstransportarbete som sker i Sverige går till eller kommer från orter utanför landets gränser.

Det gör att utvecklingen av ekonomin och infrastrukturen i övriga EU-länder och andra länder som Sverige handlar med har betydelse för utvecklingen av de svenska transportflödena. På sikt kommer troligen även utvidgningen av EU och utvecklingen i länderna runt Östersjön att ha stor betydelse för godstransporternas utveckling.



Figur 1. Utveckling av transportarbetet inom EU.

Källa: Energy and Transport in Figures, European Commission 2002.

Godstransporterna allt mer frekventa och individuella

Omvandlingen från industri- till tjänstedominerad ekonomi ställer nya krav på transportsystemet. Produktionsfaktorerna kapital, arbetskraft och kunskap är inte längre på samma sätt knutna till geografien utan mer rörliga. I takt med att de geografiska marknaderna utvidgas skapas förutsättningar för en ökad specialisering inom olika näringsgrenar. Det har lett till att godstransporterna blir allt mer individuella. Ökade krav på kapitalrationaliseringar tvingar företagen att hålla allt mindre lager. I stället anpassas varuflödena så att varorna ska komma i rätt tid, »just-in time«. I de flesta fall innebär »i rätt tid« krav på att transporterna ska vara snabba. Sammantaget har denna utveckling lett till att transporterna blivit mer frekventa och att möjligheterna att samordna transporter minskat. Idag går många fordon utan last delar av körsträckan.

Sjunkande kostnader för godstransporter

En orsak till att godstransporterna har ökat är att de totala kostnaderna för godstransporter har sjunkit, bland annat som en följd av att transportmarknaderna öppnats för konkurrens. Generellt sett har dock efterfrågan på transporter visat sig vara relativt okänslig för prisförändringar. Många länder i EU har i dag höga skatter på bensin och diesel, bland annat för att dämpa efterfrågan på transporter, men bränsleprishöjningarna har hittills inte kunnat förhindra att efterfrågan fortsätter att öka. En anledning är att bränslekostnaderna för transporter oftast står för en relativt liten del av de totala transportkostnaderna. Ökade bränslekostnader kan dock stimulera till förbättrad bränsleekonomi i fordon. Sambandet mellan bränslekostnader och bränsleekonomi kan illustreras av att USA och Australien tillhör de länder som både har lägst bränslepriser (och drivmedelsskatter) och högst genomsnittlig bensinförbrukning i nya personbilar.

Större avstånd till arbete och handelsplatser

Mängden persontransporter påverkas främst av hushållens ekonomi och inriktningen på den pri-

vata konsumtionen. Andra viktiga faktorer är boendemönster och fördelning mellan sysselsättning och fritid. Den omfattning och standard som kollektivtrafiken erbjuder spelar också en framträdande roll.

En tydlig tendens är att befolkningen blivit mer koncentrerad till storstadsområdena. Bebyggelsestrukturen i, och kring, städerna har förändrats på två sätt. Glest bebyggda bostadsområden har vuxit upp utanför städerna. Vi ser också en utveckling där verksamheter, till exempel stormarknader och affärscentrum, etablerats vid vägarna utanför stadskärnorna, vilket leder till ett ökat behov av biltransporter.

Samtidigt som koncentration av befolkningen i storstadsområdena ökar, tenderar boende och arbetsplatser att bli allt mer utspridda. Såväl svenska som internationella erfarenheter tyder på att det industriella flyttmönstret håller på att avlösas av ett postindustriellt. Det kännetecknas av att människor flyttar i mindre utsträckning. I stället har pendlingsregionerna blivit allt större och även den långväga pendlingen, veckopendlingen, tycks ha ökat under senare år. Tack vare snabbare transportmedel, till exempel snabbtåg, bättre motorleder, rör vi oss idag över större områden. Vi reser i genomsnitt 45 kilometer per dygn, medan vi i början av seklet endast reste en halv kilometer per dygn. Merparten resor är dock korta, mer än varannan resa är kortare än 5 kilometer och hälften av dessa sker med bil. Variationerna regionalt är relativt små, skillnaderna är större mellan kön och inkomstgrupper. Vi reser däremot ungefär lika lång tid som förr, cirka 80 minuter per dygn.

Det finns förväntningar om att en ökad användning av avancerad informationsteknik (IT) kan minska transportbehovet. Genom telefon- och videokonferenser och distansarbete skulle exempelvis antalet arbetsresor och resor till och från arbetet kunna minska påtagligt. Hittills har dock inte denna potential utnyttjats i någon större utsträckning, utan istället har IT-användandet lett till att kontaktytorna ökar, vilket leder till ökat behov av möten och transporter. Vidare tenderar distansarbetande att resa mer och längre och köra

bil i större utsträckning än andra. Dock minskar andelen resor för att uträtta vissa ärenden, till exempel bank- och postärenden.

UTVECKLINGEN I TRANSPORTSEKTORN

De flesta resor sker på väg

Persontransporterna domineras helt av vägtrafiken. Ungefär 90 procent av alla persontransporter (uttryckt i personkilometer) sker på väg. Flygtrafiken har dock ökat förhållandevis mycket under 1990-talet, vilket är en följd av en ökad internationalisering av såväl handel som resemönster. Det totala persontransportarbetet har ökat med 50 procent sedan 1975.

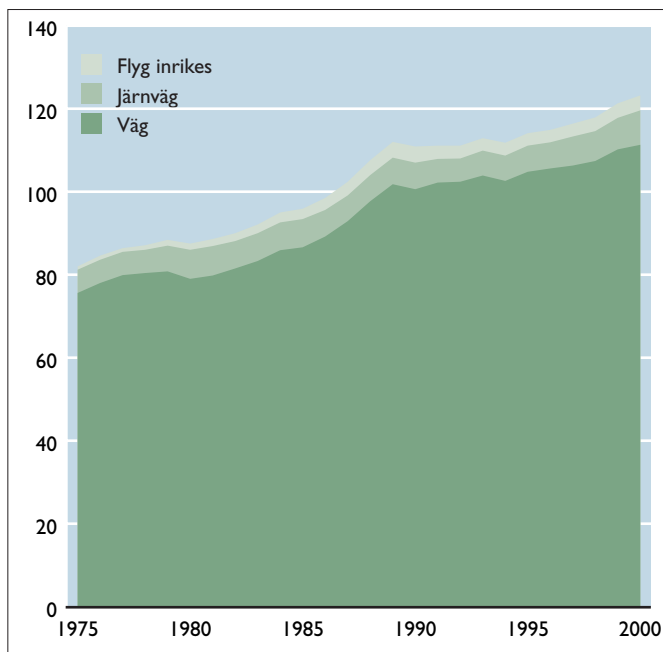
Ökningen har främst skett genom ökade bilresor, men även bussresorna har ökat. Idag har mer än 80 procent av befolkning tillgång till minst en bil. Tåg och övrig kollektivtrafik står tillsammans för 15 procent av det totala persontransportarbetet och gång-, cykel- och mopedtrafik står för 4 procent.

Flygtrafiken har ökat markant under de senaste decennierna, men har under de två senaste åren drabbats av en kraftig nedgång. Persontrafiken med sjöfart har inte ökat nämnvärt under 1990-talet. Trafiken till Gotland har dock ökat med närmare 50 procent sedan 1990.

Vägtrafiken dominerar även godstransporterna

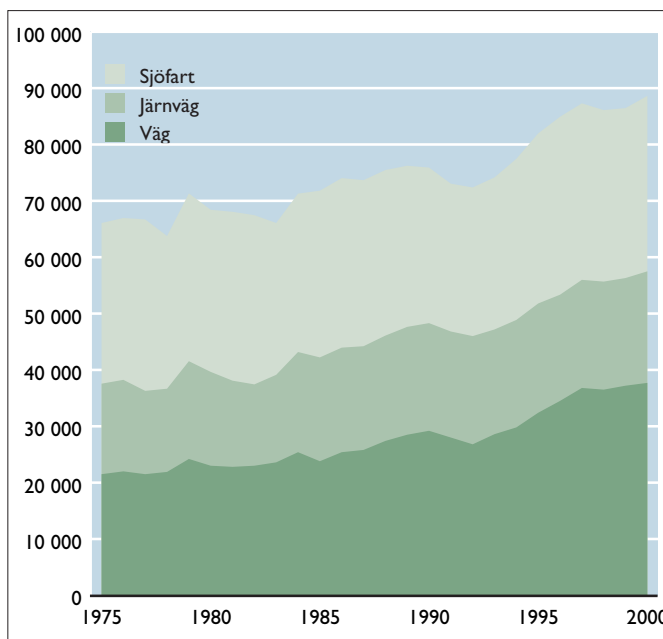
Godstransporterna har ökat med 34 procent sedan 1975. Att godstransporterna ökar beror inte på att mängden gods ökar utan att transportavstånden ökar. I Sverige har mängden gods som transporteras har minskat från drygt 500 miljoner ton 1975 till knappt 400 miljoner ton gods år 2000. En förklaring till att mängden gods minskat är strukturomvandlingen inom industrin. Branscher som producerar högvärdiga produkter, till exempel läkemedel, elektronik, maskiner, har växt snabbare än branscher som producerar lågvärdiga produkter, till exempel järn, stål och malm. Högvärdiga produkter väger mestadels mindre än lågvärdiga.

Under de senaste decennierna har lastbilstransporterna ökat, medan järnvägens och sjöfartens marknadsandel har minskat. En förklaring är nä-



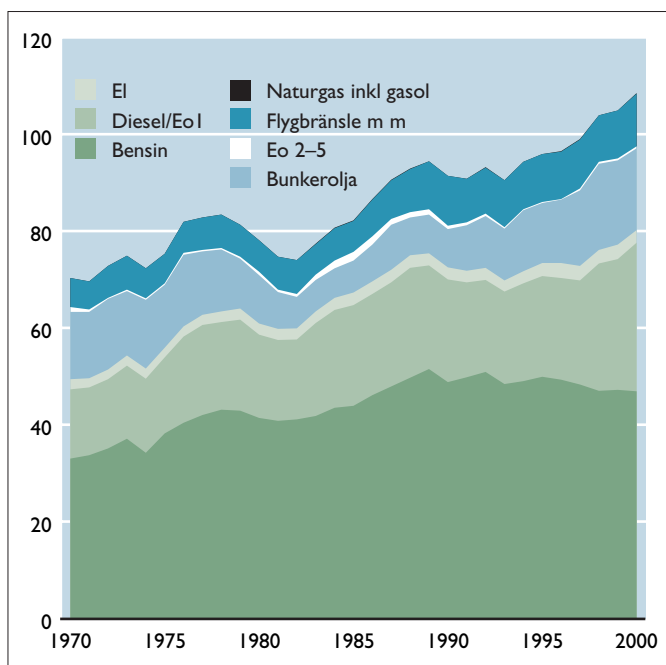
Figur 2. Inrikes persontransportarbete efter färdstätt mellan åren 1975–2000 miljarder personkilometer.

Källa. SIKA. Anm: Brott i transportstatistiken förekommer.



Figur 3. Godstransportarbete efter transportsätt 1975–2000, miljoner tonkilometer. Källa: SIKA.

Anm: Brott i transportstatistiken förekommer



Figur 4. Slutlig energianvändning i transportsektorn i Sverige 1970–2000, inklusive utrikes sjöfart, TWh.

Källa: Energiläget 2001, Energimyndigheten.

ringslivet krav på snabba och flexibla godstransporter. På de kortare sträckorna dominerar lastbilen, medan sjöfarten dominerar på sträckor över 30 mil. Lastbilen står för 40 procent och sjöfarten för 35 procent av det totala transportarbetet uttryckt i tonkilometer. En stor del av sjöfartens transportarbete består av transporter av utrikes gods på svenska farvatten.

Det gods som transporteras med järnväg och sjöfart är traditionellt lågvärdigt massgodis på långa sträckor och ofta i system, till exempel skogsprodukter och produkter från stålindustrin. Godstransporter med järnväg har ökat sedan 1970 och flera faktorer pekar på förbättrade förutsättningar för godstrafik på järnvägen. De svenska banavgifterna har sänkts, lastprofilen har ökat med 25 procent och flera stora infrastrukturinvesteringar genomförs. Även sjöfartens transporter har ökat under 1990-talet. I internationell trafik svarar sjöfarten för de största volymerna.

De godstransporter som sker med flyg är så små att de inte syns i Figur 3. För vissa industrier

med högvärdigt gods har dock flyget stor betydelse, särskilt vid långa avstånd.

Fossila bränslen dominerar transportsektorn

Det har varit svårt att finna konkurrenskraftiga alternativ till bensin och diesel inom transportsektorn. Fossila bränslen svarar fortfarande för närmare 98 procent av den totala energianvändningen. Bensin står för 40 procent och diesel för 30 procent. Diesel används främst i tunga fordon, endast 5 procent av personbilar i trafik drevs med diesel år 2000. Biobränslen, som etanol, metanol och än så länge i mycket liten utsträckning biogas, används i första hand för stadsbussar.

Transportsektorns totala energianvändning har ökat med 55 procent mellan åren 1970–2000. Under 1970- och 1980-talet var det främst bensin och dieselanvändningen som ökade. Flygbränsleanvändningen ökade kraftigt mellan åren 1985–1990. Den ekonomiska krisen under 1990-talets första år ledde till att den totala energianvändningen sjönk under några år, men från och med 1994 har användningen återigen ökat. Diesel och olja för utrikes sjöfart, den så kallade bunkeroljan, är det bränsle som har ökat mest, medan bensinanvändningen sjunkit.

Transportsektorn står idag för 23 procent av den slutliga inhemska energianvändningen i Sverige. Det kan jämföras med en andel på 15 procent år 1970. I den inhemska energianvändningen ingår inte bunkerolja, vilken har ökat med 20 procent sedan 1970. Figuren nedan visar hur energianvändningen inom transportsektorn har utvecklats de senaste trettio åren. Vägtrafiken svarar för närmare två tredjedelar av den totala energianvändningen inom sektorn.

Flyget är snabbast men förbrukar mest energi

Flyget förbrukar mer energi per passagerare än både bil och tåg. Tåg och buss har högre beläggning än bil och har därför lägre energiförbrukning per passagerarkilometer. Jämförs utsläppen per personkilometer, är koldioxidutsläppen högst från inrikes flyg, följt av personbilen och utrikes flyg. Det bör dock påpekas att uppgifterna påverkas av

vilka förutsättningar som använts i beräkningarna, till exempel beläggning, och kan därför variera mellan olika källor.

Fordon	Energi KWh / personkm	Koldioxid g/personkm
Personbil 1)	0,33	110
Buss 2)		15
Persontåg 3)	0,05	1
Flyg, inrikes 4)	0,66	171
Flyg, Boeing 787 5)	0,29	76

1. Genomsnittsbil 1997 års bestånd med två passagerare
2. Stor buss 1997 års bestånd, 60 passagerare
3. Intercity 65% beläggning
4. Resa i Sverige 65% beläggning
5. Genomsnittsresa Hongkong–New York 65% beläggning

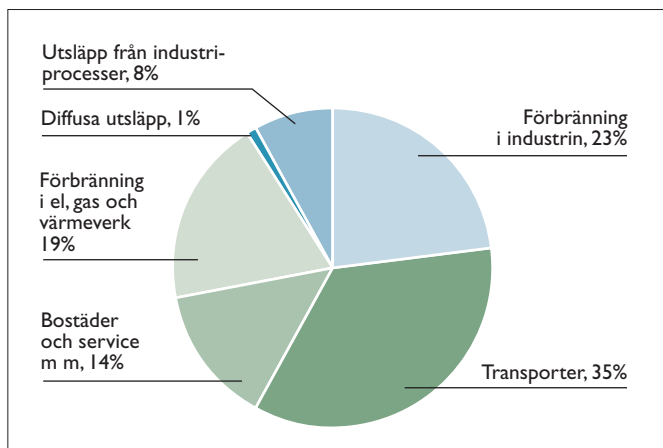
Tabell 1. Energiåtgång (kWh) och utsläpp av koldioxid per personkilometer (g) för olika transportsätt (långväga resor). Källa: SCB.

En liknande jämförelse när det gäller godstransporter visar att flyget förbrukar i särklass mest energi per tonkilometer.

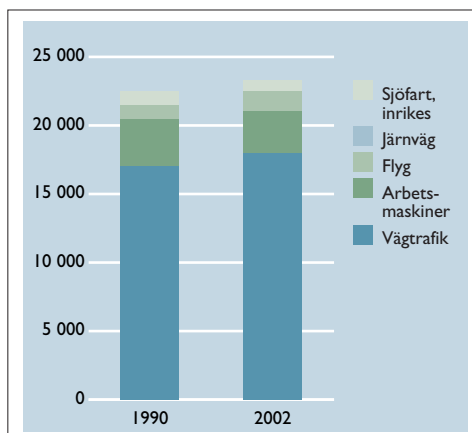
Fordon	Energi kWh per tonkm	Koldioxid g per tonkm
Lastbil 1)	0,52	130
Tåg 2)	0,042	3) 38 4) 5 5) 0,003
Sjöfart 6)	0,078	21
Flyg 7)	3,27	540 000

1. Medeltung lastbil, regional trafik Euro 3, lastförmåga 14 ton, 50% fyllnadsgrad
2. Vagnslasttåg, resa i Sverige,
3. elproduktion kolkondens på marginalen
4. elproduktion nordisk elmix 1997
5. elproduktion enligt Sjs elleverantörers försäljningsmix
6. Mellanstort lastfartyg (2000–8000 dwt)
7. Boeing 737–300QC, resa 500 km, 75% beläggning

Tabell 2. Energiåtgång (kWh) och utsläpp av koldioxid per tonkilometer (g) för olika transportsätt. Källa: www.ntm.a.se



Figur 5. Utsläpp av koldioxid i Sverige år 2000. Källa: SCB, MI 18 SM0201.



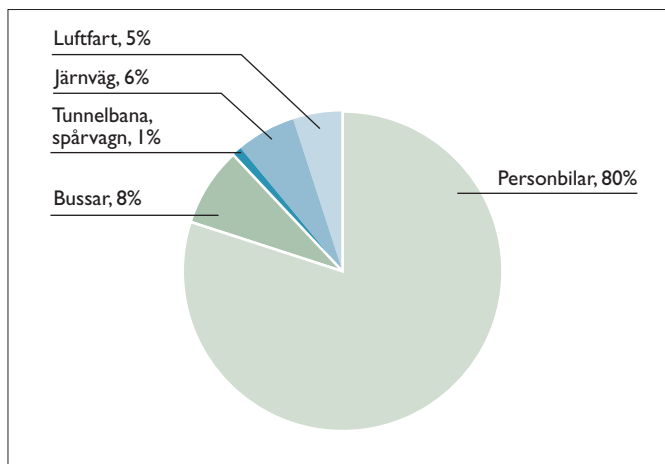
Figur 6. Utsläpp av koldioxid från vägtrafik och övriga transportslag, 1000 ton. Källa: MI 18 SM0201 SCB.

Koldioxidutsläppen ökar

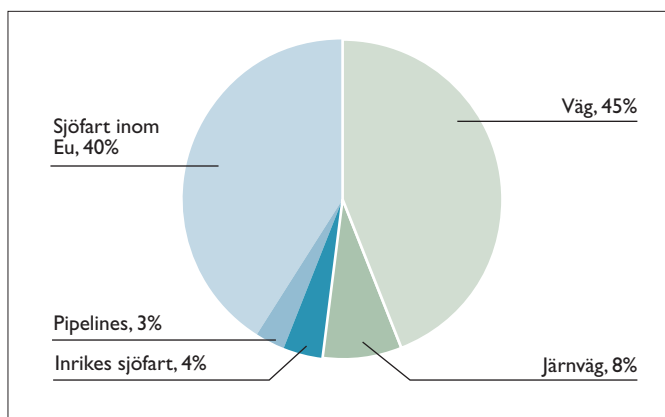
Transportsektorn bidrar i hög utsträckning till många av dagens miljöproblem vad gäller utsläpp av hälsofarliga och miljöfarliga ämnen, buller, oljespill, intrång i värdefull natur och trängsel i städer med mera.

Eftersom det idag inte finns någon kommersiellt gångbar teknik för att rena utsläppen av koldioxid är utsläppen direkt relaterade till bränsleförbrukningen och val av bränsle.

Transportsektorn står idag för 35 procent av de totala utsläppen av koldioxid i Sverige. Dessutom



Figur 7a. Persontransport i EU fördelade per färdstätt 1999, personkilometer. Källa: Energy and Transport in figures, European Commission.



Figur 7b. Godstransporter i EU fördelade per färdstätt 1999, tonkilometer. Källa: Energy and Transport in figures, European Commission.

kommer drygt fem miljoner ton från internationell sjöfart och luftfart. Mellan åren 1990 och 2000 har Sveriges utsläpp minskat något, vilket främst beror på en ökad användning av fjärrvärme och elvärme i bostadssektorn. Under samma period har dock utsläppen från vägtrafiken ökat med en miljon ton. Dessutom har utsläppen från utrikes sjöfart och flyg ökat med över 60 procent.

Fördelas de inhemska utsläppen per transportslag kan vi se att vägtrafiken står för nästan 80 procent av transportsektorns koldioxidutsläpp. In-

rikes sjöfart och luftfart bidrar med 4 procent respektive 3 procent av utsläppen medan arbetsmaskiner står för 14 procent. Utöver dessa utsläpp kommer 6,5 miljoner ton koldioxid från bunkring från flyg och sjöfart, det vill säga när fartyg och flygplan tankar i Sverige, men utsläppen sker utomlands.

Utsläppen av koldioxid från vägtrafiken har ökat med 7 procent mellan åren 1990 och 2000. Tunga lastbilar med en totalvikt över 16 ton står för den största delen av ökningen. Personbilers utsläpp har minskat något jämfört med 1990. De inhemska utsläppen av koldioxid från flygfarten minskade mellan 1999 och 2000. Det förklaras med att inrikestrafiken har effektiviserats genom större och mer bränsleeffektiva flygplan samt bättre beläggning. Det sker dock en tillväxt inom utrikesflyget. Utsläppen från järnvägen är starkt beroende av vilken energimix som ligger bakom elektriciteten, eftersom 95 procent av trafiken drivs med elektricitet. Resterande 5 procent svarar dieselloken för. Koldioxidutsläppen från sjöfarten har ökat med 18 procent mellan 1990 och 2000.

Transporter inom EU

Utvecklingen inom transportsektorn i EUs medlemsländer skiljer sig inte nämnvärt från utvecklingen i Sverige. Transportsektorn är den sektor som växer snabbast inom EU. Energianvändningen har ökat med 47 procent sedan 1985 och transportererna står för mer än 30 procent av den slutliga energianvändningen.

Inom persontransporterna mer än fördubblades biltrafiken inom EU under perioden 1970–1998, medan järnvägsresandet ökade med drygt 30 procent. Den största ökningen står flygresandet för, som mer än sjudubblades under perioden, dock från en låg utgångspunkt. Under år 2001 har flygtrafiken dock drabbats av en kraftig nedgång. Terrordåden den 11 september 2001 är en starkt bidragande orsak, men även innan fanns tecken på avmattning i den internationella ekonomin. Personbilar har en något större andel, och tunnelbana och spårvagn har något lägre andel i EU jämfört med Sverige, se Figur 6.

Godstrafiken på lastbil har tredubblats inom EU under perioden 1970–1998. Under samma period minskade järnvägstransporterna med 15 procent. Järnvägen har en betydligt lägre marknadsandel av godstransporterna än i Sverige. Sverige och Österrike är de enda länder inom EU där järnvägen har en marknadsandel som överstiger 30 procent. I USA transporteras nästan tio gånger så mycket järnvägsgods som inom EU.

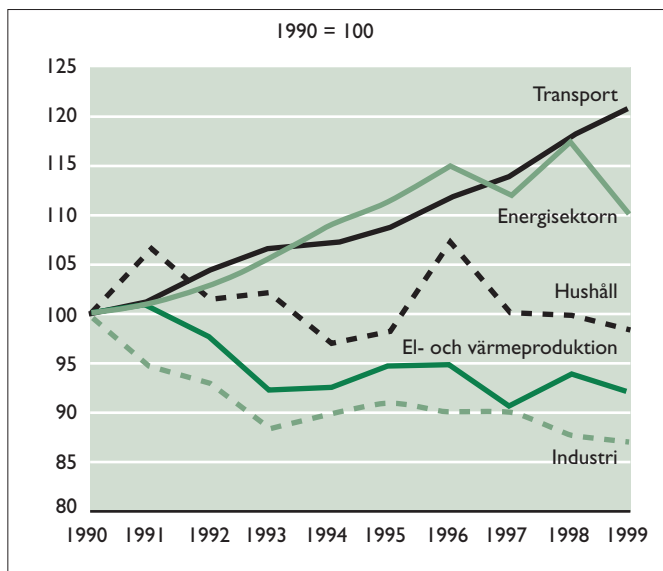
Transportsektorns utsläpp av koldioxid har ökat med 15 procent mellan 1990 och 1998 i EU. Samtidigt har utsläppen från andra sektorer minskat, vilket innebär att transportsektorns andel av de totala koldioxidutsläppen har blivit större, vilket framgår tydligt av Figur 7.

Transporterna fortsätter att öka

Transportarbetet förväntas fortsätta öka, och i Sverige förväntas vägtransporterna öka mest, på bekostnad av övriga transportslag. I arbetet med att ta fram den tredje svenska nationalrapporten till FNs klimatkonvention har SIKAs bidragit med prognos för persontransporter 2010 och 2020. Prognosen bygger på att det inte görs några nya investeringar eller andra åtgärder i infrastrukturen än de som redan är genomförda eller påbörjade under 2001. I dessa prognoser förväntas persontransportarbetet öka med i genomsnitt 1,8 procent per år mellan 1997 och 2010 och med 1,2 procent per år mellan år 2010 och 2020. En viktig förklaring till ökningen är att bilinnehavet förväntas öka kraftigt. Mätt som antalet personbilar per 1 000 invånare, från 419 år 1997, till 510 år 2010 och 568 år 2020.

Personbilstrafiken står både för den största absoluta och relativa ökningen, vilket innebär att den ökar sin dominerande marknadsandel från 83 procent av transportarbetet 1997 till 85 procent 2010. Även flygresandet ökar starkt till 2010 och ökningen fortsätter även mellan åren 2010 och 2020. Den främsta anledningen till ökningen är att prognoserna utgår från ökade inkomster i hushållen. Det bör dock påpekas att dessa prognoser togs fram innan den 11 september 2001.

Järnvägstrafiken ökar nästan lika kraftigt som



Figur 8. Utsläpp av koldioxid i EU 1990–1999. Källa: Energy and Transport in Figures, European Commission 2002.

biltrafiken till år 2010, men ökar betydligt långsammare mellan 2010 och 2020. En förklaring till detta är att man i prognosen antagit att det inte görs några ytterligare satsningar i järnvägsinfrastruktur efter dem som påbörjats 2001 och att trafikeringen hålls konstant på 2010 års nivå. I verkligheten kommer sannolikt nya beslut om investeringar i infrastrukturen att fattas under perioden.

Generellt förväntas resorna bli både fler och längre till 2010 och det är fritidsresorna som förväntas öka mest.

Godstransporter förväntas, enligt SIKAs prognos från år 2000 öka med 25 procent i Sverige mellan 1997 och 2010 från 81,5 till 102,5 miljarder tonkilometer. Lastbilarna ökar mest både i relativa och absoluta tal. Godstransporterna på väg ökar med 13 miljarder tonkilometer, det vill säga drygt 60 procent av den totala ökningen. Även övriga transportslag ökar, sjöfarten med 20 procent och järnvägen med 10 procent. Järnvägens begränsade ökning beror på förväntningar om framkomlighetsproblem på kontinenten. Sammantaget innebär den förväntade utvecklingen att lastbilens andel av godstransporter i Sverige ökar från

42 procent 1997 till omkring 46 procent 2010, medan andelen av övriga transportslag minskar något. Prognosen utgår från att inga trendbrott kommer att ske under perioden.

Utveckling transportarbete	1997–2010	2010–2020
<i>Persontransporter</i>		
Totalt transportarbete, miljarder personkm	26%	11%
Personbil	29%	13%
Buss	8%	-5%
Järnväg	26%	2%
Flyg inrikes	24%	18%
<i>Godstransporter</i>		
Totalt transportarbete, miljarder tonkm	25%	10%
Tunga lastbilar	38%	26%
Järnväg	10%	7%
Sjöfart	20%	14%

Tabell 3. Prognos över transportarbete för person- och godstransporter i Sverige till 2020. Källa: Energimyndighetens klimatrappport 2001 (SIKA).

Den väntade utvecklingen beräknas medföra att koldioxidutsläppen ökar med 20 procent från basåret 1997 till 2020. I beräkningen ingår inte utsläppen från utrikes flyg och sjöfart. Dessa förväntas öka med över 60 procent fram till år 2020. I prognoser antas dagens styrmedel gälla, vilket lett till att användningen av alternativa bränslen förväntas bli marginell även år 2020. Ett annat viktigt antagande är att den så kallade ACEA-överenskommelsen fullföljs. Det är en frivillig överenskommelse mellan EG-kommissionen och den europeiska bilindustrin om att minska nya personbilars koldioxidutsläpp med 25 procent fram till år 2008 jämfört med 1995 års nivå. Antagandet innebär att effektiviseringstakten för personbilstrafiken beräknas bli högre jämfört med den historiska utvecklingen.

Utvecklingen till år 2020 i Europa

STREAMS (Strategic Transport Research for European Member States) har tagit fram ett referensscenario för transportsektorns utveckling i EU till år 2020. Modellen bygger på gemensamma förutsättningar och antaganden på EU-nivå. Vik-

tiga antaganden i scenariot är att de transeuropeiska nätverken är fullt utbyggda till 2020 och att BNP bedöms öka med 2,25 procent per år.

Flyget förutspås få den snabbaste utvecklingen under perioden. Det är viktigt att notera att även dessa prognoser upprättades innan terrordåden den 11 september 2001. Tåget väntas också öka kraftigt, medan biltrafiken har en måttlig årlig tillväxt.

Trafikslag	Tillväxt per år 1994–2020 %
Flyg	7,3
Bil	0,8
Buss	0,3
Långsamma transporter	-0,2
Tåg	2,8
Totalt	1,5

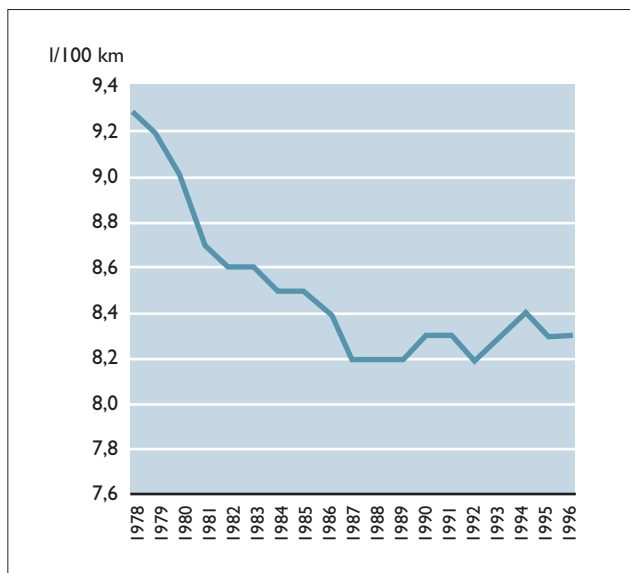
Tabell 4. Utveckling av persontransporter efter transportslag 2020 inom EU, 1000 personkilometer per dag. Källa: Europeiska kommissionen.

I EUs vitbok för en gemensam transportpolitik bedöms godstransporterna öka med 38 procent och persontransporterna med 24 procent från 1998 till år 2010.

TEKNIKUTVECKLING I KONVENTIONELLA FORDON

Under flera decennier har krav på renare avgaser och lägre bränsleförbrukning drivit på den tekniska utvecklingen av förbränningsmotorer och reningsteknik. Även sammansättningen av bensin och diesel har ändrats för att minska utsläppen. Miljöklassningen av bensin och diesel är exempel på detta. Övergången till diesel av miljöklass 1 och 2 har inneburit minskade utsläpp av rök, hälsoskadliga kolväten och svavelföreningar och kväveoxider samt lett till att avgasernas hälsoskadlighet minskat väsentligt. Historiskt har kraven handlat om utsläpp av kolväten, kväveoxider, kolmonoxid och partiklar. Nu ökar kraven på minskade utsläpp av koldioxid.

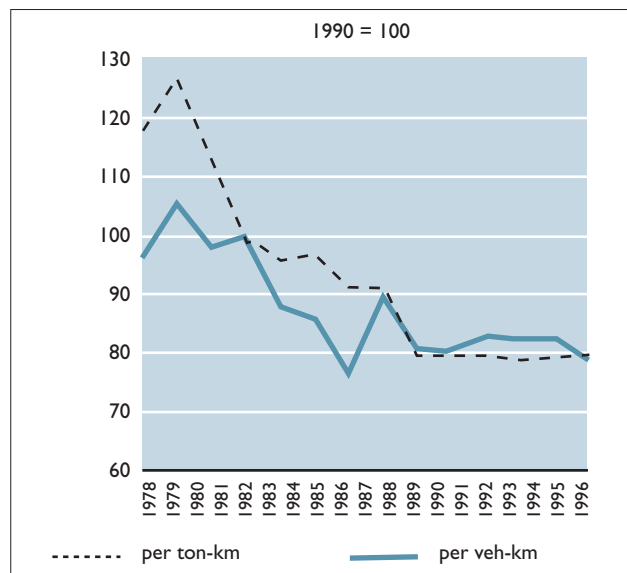
Effektiviseringen av personbilars bränsleförbrukning visas i Figur 8. Under perioden 1978–1987 minskade den genomsnittliga bränsle-



Figur 9. Genomsnittlig bränsleförbrukning i nya personbilar 1978–1996 i Sverige. Källa: ODYSSEE databas.

förbrukningen i nya personbilar från 9,3 liter till 8,2 liter per 100 kilometer. Men 1996 hade motsvarande siffra ökat till 8,3 liter per 100 kilometer. Anledningen till att förbrukningen ökat är att andelen stora bilar har fördubblats. En annan anledning till att förbrukningen inte gått ned är att ny teknik och förbättrad effektivitet för personbilar i första hand använts till starkare motorer snarare än lägre bränsleförbrukning. Den genomsnittliga specifika förbrukning beräknad på samtliga bilar har också minskat sedan 1986. Mellan 1986–90 minskade förbrukningen med 2,3 procent per år, men därefter har den legat kvar på samma nivå.

Nyare uppgifter från fordonstillverkarnas rapportering till EU-kommissionen visar att den genomsnittliga bränsleförbrukningen hos nya bilar inom EUs medlemsländer sjönk från 7,6 till 6,8 liter per 100 kilometer mellan 1995 och 2000. (Beräkningsmetoden har justerats, vilket gör att dessa uppgifter inte är direkt jämförbara med uppgifterna för perioden 1978–96.) De europeiska tillverkarna har lyckats minska utsläppen mest. Den årliga förbättringstakten har hittills varit 1,5 procent. För att nå målet enligt ACEA-överenskom-



Figur 10. Utveckling av bränsleförbrukningen i lastbilar i Sverige 1978–2000. Källa: ODYSSEE databas.

Tillverkare	Andel av total försäljning %	Utsläpp år 2000 g CO ₂ /km	Förbättring 1995–2000 %	Årlig förbättring %
ACEA	85	169	-8,6	-1,7
JAMA	12	183	-6,6	-1,3
KAMA	3	191	-3,0	-0,6
Alla	100	172	-7,5	-1,5

Tabell 5. Den europeiska (ACEA), japanska (JAMA), och koreanska (KAMA) bilindustrins utveckling av koldioxidutsläpp från nya personbilar försålda inom EU. Källa: European Commission (2001 c).

melsen (att minska utsläppen av koldioxid med 25 procent till år 2008–09) måste dock den årliga reduktionen nå 2 procent under hela perioden.

När det gäller tunga fordon har fordonsindustrin fokuserat på att förbättra dieselmotorerna för att kunna klara de strängare utsläppskraven. Såväl förbrukning per tonkilometer som fordonskilometer för lastbilar har minskat med knappt 40 procent respektive 15 procent mellan åren 1987 och 1995. Därefter ökade utsläppen per fordonskilometer något, medan utsläppen per tonkilometer har legat konstant mellan 1996 och 2000. Utvecklingen visar att godstransporterna blivit mer

energieffektiva. Detta beror dels på den tekniska utvecklingen av specifik konsumtion för lastbilar och dels på att lastfaktorn för lastbilar har ökat.

Intressanta utvecklingsområden

Exempel på utvecklingsområden för förbränningsmotorer idag är direktinsprutning för bensinmotorer (GDI, gasoline direct injection), där bland annat Mitsubishi tidigt använt tekniken och nu kommer med en andra generation. De flesta europeiska tillverkare har också utvecklat liknande teknik som antingen nyligen introducerats eller kommer att introduceras inom kort.

En viktig förbättring av bränsleförbrukning i förbränningsmotorer kan uppnås genom att motorerna stängs av vid tomgång, vilket också skulle ge förbättrad luftkvalitet. För detta krävs kraftigare motor, generator och batteri. Ett sådant system används i den så kallade 3-liters dieselbilen VW Lupo 3L.

Variabel kompression är ett annat sätt att minska bränsleförbrukningen som SAAB har satsat på att utveckla under 20 år. År 2000 presenterade SAAB en ny motor som bedöms kunna minska bensinförbrukningen med 30 procent och som kan köras på såväl bensen som diesel och etanol.

För dieselmotorer pågår utveckling av avgasreduktion genom katalysatorer och EGR (Exhaust Gas Recirculation) etc. Den sistnämnda tekniken går ut på att en mindre mängd av avgaserna återförs till förbränningsutrymmet, där de koldioxidrika avgaserna sänker temperaturen vid förbränningen genom att absorbera värme. Toyota har exempelvis utvecklat en ny kombination av filter och katalysator med automatisk regenerering.

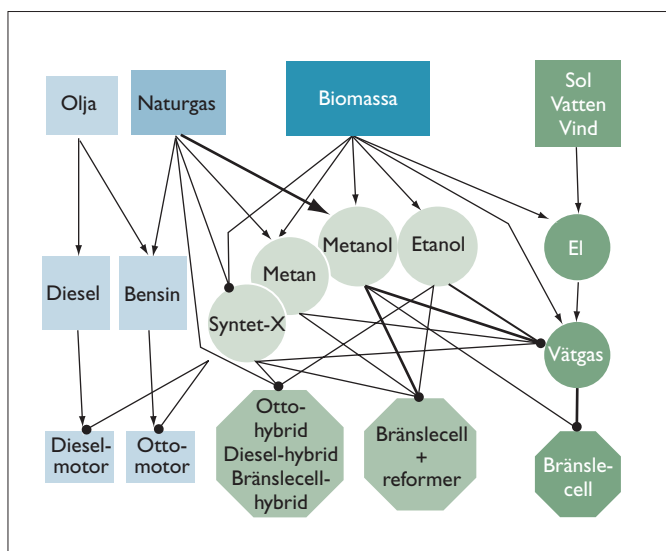
För bussar liksom för personbilar finns fortfarande stor potential att minska framdrivningsmotståndet. Av emissionsskäl kan valet bli att gå över till nya drivsystem såsom dieselhybrider eller bränsleceller.

Effektiviseringsmöjligheterna för lastbilar är lägre än för personbilar. En orsak är att lastbilarna sedan länge optimerats med tanke på låg bränsleförbrukning, eftersom köparna ställt sådana krav. Framtida utsläppskrav enligt »Euro IV« (utsläppskrav som ska gälla inom EU från och med 2005/2006) sporrar till ytterligare teknikutveckling. Bland annat Volvo har redan introducerat dieselbussar som klarar dessa krav. Möjligheterna att minska fordonets totalvikt är betydligt mindre jämfört med personbilar, eftersom andelen nyttolast är mycket större.

INTRODUKTION AV NYA DRIVMEDEL

Det pågår ett stort utvecklingsarbete inom fordonbranschen för att ersätta de fossila bränslena med förnybara. Såväl lokala som globala avgasbestämmelser driver på arbetet. Kalifornien har världens strängaste avgaslagstiftning och en nollvision för utsläppen har skapat en mycket modern bilpark.

På den svenska marknaden finns idag fordon som drivs av rapsmetylester, etanol och naturgas eller biogas. Vätgas ses som en möjlig framtida lösning. Bränslecelltekniken bedöms som den mest lovande tekniken på längre sikt, men el- och hybridfordon är också en möjlighet att minska utsläppen. Figur 11 visar vilka alternativ som står till buds vad gäller råvara, drivmedel och teknislösningar.



Figur 11. Exempel på alternativ som står till buds i transportsektorn. Källa: Olle Hådel, Vägverket.

Inblandning eller rena bränslen?

Introduktionen av nya bränslen kan ske genom inblandning i befintliga drivmedel eller genom användning av rena bränslen. Fördelen med inblandning av biodrivmedel är att de snabbt kan introduceras på marknaden när en fungerande produktion har startat. Det krävs inga nya fordon, anpassning av gamla fordon eller utbyggnad av distributionsnät. Fordonsägare behöver heller inte välja bränsle. Genom låginblandning kan en stor marknad byggas upp. När bränslet finns i garanterade volymer till acceptabelt pris kan även fordon som kör på rent biobränsle introduceras i större skala. Bränsle i ren form behövs för att driva på den tekniska utvecklingen mot fordon som är optimerade för de nya drivmedlen.

Få alternativ med förnybart ursprung idag

Idag finns få alternativa drivmedel med potential för storskalig användning som baseras på förnybara energikällor. Det är framför allt etanol från spannmål som kan komma till användning på kort sikt. Redan idag blandas 4–5 procent etanol in i bensinen som säljs i Mälardalsområdet (all bensin som kommer från depåerna i Norrköping, Stockholm, Nacka och Södertälje). Låginblandning av etanol sker även i andra länder, till exempel USA och Brasilien. På längre sikt kan det bli aktuellt med användning av etanol i ren form i motorer.

Etanol producerad ur spannmål är i dagsläget kostsamt och inte energieffektivt. Dessutom är råvarutillgången begränsad. Etanol från cellulosa och även metanol och dimetyleter från cellulosa skulle kunna produceras i större mängder, men först på längre sikt. Det krävs fortsatt forskning för att utveckla kostnadseffektiv produktion. Energimyndigheten beslutade i december 2001 att stödja uppförandet av en pilotanläggning för etanolproduktion i Örnsköldsvik.

Bränsleflexibla bilar kallas ofta FFV-fordon (Flexible-Fluid-Vehicle) och kan köras på både bensin och etanolblandningar av dessa. I Sverige finns ett nät av cirka 50 tankstationer för leverans av etanol till personbilar (E 85 som innehåller 85 procent etanol och 15 procent bensin) och sedan

flera år finns över 300 stycken Ford Taurus Flexible Fuel i Sverige. Med start hösten 2001 introduceras fyra tusen Ford Focus och även Volvo har lanserat ett program med FFV-fordon. Etanolens lägre energiinnehåll gör att bränsleförbrukningen blir cirka 30 procent högre per kilometer än för en bensinbil, trots högre verkningsgrad.

Alternativ som växtolja, till exempel rapsmetylester (RME), kan användas i begränsad skala som nischbränslen. Det finns idag ett stort antal projekt på kontinenten som rör användning av rapsmetylester. Myndigheternas strategigrupp (Energimyndigheten, Vägverket och Vinnova) bedömer dock att rapsmetylester inte är utvecklingsbart som biodrivmedel, bland annat på grund av höga kostnader och små volymer. Däremot har rapsmetylester unika smörjande egenskaper som bör utnyttjas i form av additiv till torra bränslen.

Dimetyleter och väte lovande på längre sikt

Dimetyleter är ett lovande bränsle för tunga fordon som ger låga utsläpp och har hög effektivitet i ett systemperspektiv. En annan fördel är att distributionen av dimetyleter är enklare än för övriga gasformiga bränslen, eftersom den relativt lätt kan kondenseras till en vätska. Dimetyleter kräver emellertid specialanpassade fordon, eftersom den måste trycksättas för att överföras till vätskeform.

Dimetyleter kan framställas ur både biomassa och naturgas, men framställning ur naturgas har fördelar i form av högre verkningsgrad och lägre kostnader.

Vätgas är det mest lovande bränslet men kräver ett helt nytt system för produktion, distribution och fordon. Mycket utvecklingsarbete återstår, varför vätgas måste betraktas som en lösning på lång sikt, det vill säga om 20–30 år.

Förgasning av biomassa en nyckelteknik

Genom förgasningsteknik kan flera olika drivmedel framställas, till exempel dimetyleter, metanol, syntetiska kolväten och väte. Som råvara utnyttjas antingen biomassa eller gas från fossila källor. Vid förgasning av biomassa fås en gasblandning, som kan renas till så kallad syntesgas. Syntesgasen be-

står av kolmonoxid (CO) och vätgas (H₂). Med hjälp av olika katalysatorer kan sedan olika drivmedlen framställas ur syntesgasen. I dag finns ingen anläggning för framställning av syntesgas i Sverige. Myndigheternas strategigrupp (Energimyndigheten, Vinnova och Vägverket) anser dock att förgasning av biomassa är en nyckelteknik tack vare den stora flexibiliteten i processen.

Ett annat tänkbart alternativ är att tillverka dessa drivmedel genom svartlutsförgasning, vilket är intressant för Sverige som har många massabruk. Svartlut är en biprodukt vid tillverkning av pappersmassa.

Gas – ett nischbränsle i transportsektorn

Naturgas och biogas utnyttjas i dag i begränsad omfattning i transportsektorn. Enligt en uppskattning vid årsskiftet 2000/2001 fanns i Sverige omkring 1350 lätta och 650 tunga gasfordon. Den stora andelen tunga fordon är unik i ett internationellt perspektiv. Enbart i Skåne är cirka 250 bussar av Skånetrafikens totalt 800 bussar gasdrivna. I Linköping finns världens största biogasdrivna bussflotta. I övriga världen finns cirka 2 miljoner gasdrivna fordon, de flesta i Argentina, Italien och Ryssland.

FAKTARUTA

Det finns flera typer av fordon med elmotorer, såsom batterifordon, elhybridfordon och bränslecellfordon. Batterifordonet drivs framåt av den elektriska energi som lagras i fordonets batteri. Batterifordonets främsta fördelar är att de inte släpper ut några avgaser och att de är tysta och energieffektiva. De största nackdelarna är att räckvidden är begränsad och att det tar lång tid att ladda batterierna.

Hybridbilen har både en elmotor inklusive ett batteri och en förbränningsmotor. Förbränningsmotorn brukar oftast vara en bensin – eller dieselmotor, men kan lika gärna var en gasturbin, en stirlingmotor eller en bränslecell. Alla bränslen som är aktuella för motordrift går i princip att använda även för hybriddrift. Hybridfordon är effektivare än fordon som körs med konventionell drift tack vare att hybriddriften tillåter förbränningsmotorn att arbeta vid den belastning som är mest effektiv. En annan fördel med elmotordrift är att energin vid bromsning kan återvinnas till batteriet. Eftersom förbränningsmotorn inte ensam driver fordonet kan motorns varvtal och belastning styras på ett sätt som är gynnsamt för både avgasutsläpp och bränsleförbrukning. Hybridfordon kan också gå på ren eldrift i känsliga miljöer. En annan fördel är att räckvidden kan vara lika stor som för ett konventionellt fordon.

Metangasen används antingen i komprimerad form, CNG (compressed natural gas), eller som vätska, LNG (liquid natural gas). För att naturgasen och biogasen ska kunna lagras i flytande form förvaras den i kärl med ett tryck på över 250 bar.

En fördel med naturgas- och biogasdrift jämfört med bensindrift är de lägre koldioxidutsläppen, 20–25 procent lägre utsläpp för naturgas och drygt 90 procent lägre för biogas (nettoutsläpp). Naturgas är dessutom ett relativt billigt bränsle och finns tillgängligt i många länder. Dessutom krävs endast mindre förändringar i befintliga förbränningsfordon för att de ska kunna köras med gas. En nackdel är att gasformiga bränslen är kostsamma att distribuera. De måste dessutom sättas under tryck för att fordonet ska nå en acceptabel körsträcka per tankning.

Gasbilar kan ofta köras på både bensin och metangas och kallas därför »bi-fuel«. Räckvidden blir därför inte sämre än för vanliga bilar, men det kan vara svårt att få tag i gas. Natur- och biogasfordonens geografiska användningsområde är begränsat till gasens distributionsnät som i Sverige omfattar de sydvästra delarna av landet. I dag finns omkring 12 tankställen för naturgas och 12 för biogas i Sverige. Det nordligaste tankstället ligger i Uppsala. I Europa finns totalt omkring 600 tankställen, varav de flesta finns i Tyskland och Italien. I USA finns naturgasbussar i Los Angeles, Sacramento och Atlanta.

Volvo har sedan flera år gasdrivna personbilar i sitt utvecklingsprogram och säljer från och med 2002 så kallade »bi-fuel«-fordon av modellerna S80, V70 och S70. Dessa kan köras antingen på gas eller bensin. Även Volkswagen kommer att introducera en modell av »bi-fuel«-typ, VW Golf Variant 2,0 »bi-fuel«, på den svenska marknaden till sommaren 2002.

På lastbilssidan har sex stora transportföretag i Sverige gått samman i ett projekt för att pröva gasdrivna lastbilar. Genom att göra mindre anpassningar av naturgasdrivna lastbilar kan nu fordonen även köras på biogas. Lastbilarna kommer att klara Euro IV utsläppskrav, vilket bland annat innebär minskade utsläpp av kväveoxider och parti-

klar. Körs lastbilarna på biogas kommer även utsläppen av koldioxidutsläpp att reduceras påtagligt.

EL- OCH HYBRIDFORDON

Elhybridfordon betraktas i dag av biltillverkarna som ett övergångsalternativ för personbilar i väntan på att kostnaderna för bränslecelldrivna fordon faller till konkurrenskraftiga nivåer och de tekniska problem som finns har lösts. I Japan är elhybriden den alternativa drivlina som fått mest gehör och samtliga biltillverkare utvecklar hybridlösningar för närvarande.

Den första serietillverkade hybridbilen, Toyota Prius, sattes i produktion i slutet av 1997. De första åren har bilen bara sålts i Japan, men under år 2000 började den säljas även i Europa och Nordamerika. Bränsleförbrukningen i Prius ligger omkring 5,1 liter per 100 kilometer (blandad körning). Toyota har introducerat två nya hybridfordon under 2001, Estima och Crown. Andra exempel på hybridfordon är Honda Insight och Honda Civic. Bränsleförbrukningen i den sistnämnda ligger omkring 5 liter per 100 kilometer. Att dessa fordon har så låg förbrukning förklaras med att modellerna utvecklats för att ge lågt luftmotstånd och ha låg vikt.

På tio års sikt beräknas bränsleförbrukningen komma att sjunka med 30–50 procent i hybridfordon.

Intresset för batteribilar, främst små batteribilar, har ökat något under de två senaste åren inom den japanska bilindustrin. Även Ford har investerat omkring en miljard i batteribilstillverkaren Think Nordic. En förklaring till det ökade intresset är kravet på att sälja minst 10 procent noll-emissionsfordon i Kalifornien som träder i kraft 2003. Ingen av de japanska biltillverkarna verkar dock ha planer på att starta serietillverkning av batterifordon.

Mycket talar för att batteribilens framtid ligger i utvecklingen av nischmarknader, som stads- och skåpbilar. Utvecklingen är således delvis beroende av vilka miljökrav som kommer att ställas. Andra användningsområden som redan idag är aktuella är batteridrivna gaffeltruckar, transportbilar och

servicefordon på flygplatser och rangerbangårdar. Utvecklingen är också beroende av att nya upplåtelseformer för bilar utvecklas, som till exempel bilpooler. I en bilpool är det lättare att hantera batteribilens nackdelar som att laddnings- och serviceinfrastrukturen inte är fullt utvecklad, att inköps- och driftskostnader är höga och att räckvidden är kort.

Exempel på batteridrivna fordon är »Think City« som tagits fram av Think Nordic (ett Fordägt företag) och Toyotas »e.com«. »E.com« har använts i bilpooler i Japan. Båda bilarna är specialiserade för att utnyttjas i stadstrafik.

Hybridbussar intressanta för stadstrafik

Hybridbussar är ett intressant alternativ för innerstadstrafik av flera skäl, dels kan generatorns drivmotor anpassas efter driftsförhållanden och därmed ge låga emissioner, dels kan den stängas av helt vid passage av känsliga miljöer. Stockholm, Uppsala, Malmö och Göteborg har under ett par år testat hybridbussar i kollektivtrafiken. Storstockholms lokaltrafik har haft sex bensindrivna elhybrider som numera drivs med etanol. Uppsala och Malmö har två biogasdrivna elhybridbussar och i Göteborg testas två hybridbussar med gasturbiner.

FAKTARUTA

I bränslecelldrivna fordon matas elmotorn med el från en bränslecell. I bränslecellen omvandlas kemisk energi till elektrisk energi. I sin enklaste form oxiderar cellen vätgas till vattenånga med hjälp av syre från luften. Om andra bränslen används, till exempel metanol eller bensin, bildas också koldioxid och små mängder av andra gaser. Omvandlingen är effektiv, mer än hälften av energin blir till elektricitet. Den teoretiska verkningsgraden för en bränslecell är över 70 procent. Mest aktuella för fordon är bränsleceller av PEM-typ (proton exchange membrane). Fördelar med denna typ av cell är att den är lätt, svarar snabbt på gaspådrag och har kort starttid.

Bränslecellen kan drivas med olika bränslen, antingen med vätgas som lagras ombord på bilen eller vätgas som producerats ombord på bilen av annat väterikt bränsle, metanol eller bensin, i en särskild omformare. Det finns också en typ av bränsleceller som kan drivas direkt med metanol, den så kallade direktmetanolcellen, men den är ännu i tidigt utvecklingskede.

De flesta fordon är dock fortfarande prototyper och serieproduktion är inte aktuellt ännu. De olika systemen som finns är mer eller mindre skräddarsydda med hänsyn till lokala bussföretags önskemål. Det är inte heller säkert att hybridbussar någonsin kommer att bli kommersiellt gångbara, eftersom bränslecelltekniken för bussar kommit så långt. Hybridbussar med bränsleceller kan dock vara ett intressant alternativ för stadsbussar.

Batteribussar kan ta en liten nisch av bussmarknaden i stadsmiljöer, speciellt i områden där satsningar görs på elektrifierade transportlösningar. I USA finns 200 batteribussar. Flera av Europas större städer gör även försök med batteribussar, dock i betydligt mindre skala än USA. I Sverige har Uppsalabuss 10 batteribussar, som ursprungligen var byggda för dieseldrift.

På lastbilssidan bedöms hybriden vara den teknik som har bäst möjlighet att utvecklas för transporter i citykärnorna. Bland annat Volvo har skaffat sig erfarenhet av att bygga hybridlastbilar. Besparingen i bränsleförbrukning bedöms inte bli lika stor som för personbilar. Volvo bedömer att en besparing på högst 20–25 procent är mest sannolikt.

BRÄNSLECELLER

Bränslecelldrivna fordon är fordonsindustrins förstahandsval som fordonsteknik för både lätta och tunga fordon i framtiden. Enligt mångas bedömning kommer bränslecelltekniken att få ett stort genomslag runt år 2010.

Toyota har annonserat att de kommer att leverera bränslecelldrivna bilar från och med sommaren 2003. General Motors, Ford och Chrysler hade tidigare planerat att producera bränslecelldrivna bilar från omkring 2004. Ford har dock under 2002 deklarerat att deras masstillverkning av bränslecellfordon kommer att förskjutas till efter 2010, främst på grund av de höga kostnaderna för tekniken och avsaknaden av infrastruktur för vätgas. För närvarande (juni 2002) ser vätgasdrivna bränsleceller ut att vara den mest lovande tekniken, såväl General Motors och Toyota driver denna utvecklingslinje.

En av de stora utmaningarna för bränslecelltillverkare är att få ned kostnaderna för bränsleceller. Kostnaderna har kunnat sänkas tack vare att mängden platina i katalysatorn har kunnat minskas. Fortfarande är kostnaderna höga. Priset på Toyotas bränslecellsbil väntas ligga mellan 450 000 och 900 000 SEK. Ett annat stort hinder är avsaknaden av distributionsnät för vätgas.

Bränsleförbrukningen i bränslecellsfordon beräknas kunna bli 60–70 procent lägre än i konventionella nytillverkade fordon i dag.

Bussar lämpar sig väl för bränslecellsdrift

Det finns flera skäl till att bussar lämpar sig för bränslecellsdrift. I en buss finns tillräckligt med plats för vätgastankar. I likhet med naturgasbussar kan trycktankar för vätgas placeras på busstaket. Dessutom klarar sig stadsbussar med ett enda tankställe. Ett annat skäl är att det verkar finnas bussoperatörer som är villiga att betala den merkostnad det innebär med bränslecellteknik för att få en buss som bara släpper ut vattenånga samt bullrar mindre än en dieslbuss.

Ballard Power System installerade för första gången bränsleceller i en buss 1993. De har utvecklat ett system för bussar som drivs av väte som lagras ombord på bussen. Bussarna har en räckvidd på cirka 400 kilometer och dieslbussens prestanda. De går i trafik i Chicago och Vancouver. Från år 2002 ska Ballard inleda serieleveranser för bussar. Vidare ska Daimler Chrysler under år 2002 leverera mellan 20 och 30 bränslecelldrivna bussar som ska köras i tio europeiska städer, däribland Stockholm. I Stockholm planerar lokaltrafiken att med EU-bidrag köpa tre prototyper av bränslecellsbusar för provtrafik i innerstan från 2003. Enligt fordonsindustrins bedömning kan de första bränslecellsbusarna rulla i reguljär trafik i liten skala omkring år 2005.

Förbättrad planering av godstransporter

Teknikutveckling och introduktion av nya drivmedel är inte det enda sättet att uppnå minskad energianvändningen och minskade koldioxidutsläpp från transportsektorn. Inom godstransporterna är

förbättrad logistik en fråga som branschen arbetar aktivt med, eftersom den både ger miljövinster och ekonomiska fördelar. Förbättrad logistik går ut på att designa och planera det logistiska nätverk som behövs för att föra en råvara eller färdig produkt från produktionsställe till konsumtionsställe på det mest effektiva sättet. En annan definition på logistik är »rätt produkt, rätt kvantitet, rätt plats, rätt tid, rätt kund och rätt kostnad«.

Val av färdmedel är en viktig fråga inom logistiken. Ur ett miljöperspektiv är det angeläget att föra över transporter från lastbil till sjöfart eller järnväg, eftersom dessa färdmedel utnyttjar mindre energi per tonkilometer än lastbilstransporter. EU-kommissionen har länge förespråkat så kallade intermodala eller kombinerade godstransporter. Det innebär i korthet att godset transporteras med det mest lämpliga färdmedlet. Enligt EUs transportministrar innebär detta att vägtransporter ska utnyttjas för de initiala och avslutande transporterna och att sjöfart och järnväg ska utnyttjas för huvuddelen av transporten så långt som möjligt.

En annan möjlighet till förbättrad logistik är genom övergång från individuell packning till bulktransporter för att minska antalet transporter. Planering av vilken rutt som ska väljas är också en viktig faktor i detta arbete. Som hjälpmedel utnyttjas IT-hjälpmedel som GPS-teknik, det vill säga geografisk positionsbestämning, geografiska informationssystem (GIS), program för rutt-optimering, elektronisk orderhantering och centraliserade kommunikations- och styrsystem. Med dessa hjälpmedel kan rutten samordnas och optimeras och man får möjlighet att styra det rätta fordonet till rätt plats i rätt tid. Ett transportföretag i Sverige har tillämpat GPS-baserat trafikövervakningssystem i Småland med resultatet att körsträckorna minskade med 15 procent.

Vidare arbetar vissa transportföretag med utbildning i miljövänlig körstil, så kallad »ecodriving«. Man har bedömt att föraren kan påverka bränsleförbrukningen upp till 25 procent. Bränsleförbrukningen påverkas av körsätt, planering av rutten, genomsnittlig hastighet, rullmotsstånd, luftmot-

	Ångmaskin	Elmotor	Förbränningsmotorer
Teknik	Känd teknik	Enkel	Ny teknik
Kvalitet	Pålitlig, låga emissioner	Tyst, Låga emissioner	Bullrande, utsläpp av föroreningar
Start	Acceptabel	Lättstartad	Svårstartad, med vev
Bränsle	Köptes i järnhandlar	Långsam uppladdning	Köptes i järnhandlar
Räckvidd	Stor	Liten	Stor
Andra faktorer av betydelse	Tunga fordon som skadar vägar och fastnar lätt		Henry Ford (låga kostnader) Petroleumindustrin

Tabell 6. Möjliga tekniker för bilar vid år 1900. Källa: Energy Needs, Choices and Possibilities, Shell 2001.

stånd för exteriör utrustning, elanvändning och mängden smuts, snö eller lera på bilen. Ett transportföretag genomförde ett pilotprojekt för 10 förare under år 2001. Vid utvärderingen kunde man konstatera att dieselkonsumtionen hade minskat med drygt 17 procent, medan den genomsnittliga hastigheten hade ökat med drygt 2 procent.

Transportsektorn i framtiden

Hur kommer då morgondagens transporter att se ut? Vilken teknik eller vilka tekniker som kommer att få genomslag är mycket svårt att bedöma idag. Förutsättningarna för de tekniker som beskrivits förändras kontinuerligt på grund av den generella tekniska utvecklingen, politiska beslut och förändrade ekonomiska förutsättningar. Oljebolaget Shell har gjort en studie av framtidens energisystem och tagit fram scenarier till år 2050. I studien illustreras svårigheterna att bedöma vilken teknik som får genomslag med en beskrivning av situationen vid 1900-talets början. Då stod valet mellan förbränningsmotorn, elmotorn och ångtekniken. Trots att förbränningsmotorer uppvissade en rad nackdelar i jämförelse med övriga alternativ var det den tekniken som fick genomslag och blev förhärskande i minst hundra år.

Referenser

- Ahlvik, P.m.fl, 2001, *Förutsättningar för storskalig introduktion av motoralkoholer som drivmedel på den svenska marknaden*, Ecotrafic/Energimyndigheten 2001.
- Andersen O mfl, *Energy in transport of goods, Nordic examples*, Ecotrafic R&D rapport 6/99
- Azar et al, *Hydrogen or methanol in the transportation sector?* KFB- Rapport 2000:35
- Banverket et al, *Trafikverkens miljörapport år 2000*
- Bucksch.S, *Strategi för bränslen i framtida fordon*, Vinnova Rapport VR 2001:11
- Egebäck, K, Bucksh, S, 2000, *Hybridfordon – Ett alternativ för den svenska bilparken*, KFB-Rapport 2000:24
- Egebäck K-E, Rydén, C, *Förstudie om teknik för gasdrivna fordon*, Vinnova Rapport VR 2001:20
- Energimyndigheten, 2000 *Utveckling och produktion av el-, hybrid, och bränslecellfordon i Japan – mars 1997 – december 1999*, ER 8:2000
- Energimyndigheten, Vinnova, Vägverket, 2001, *Introduktion av biodrivmedel på marknaden – Myndighetsgruppen rekommendationer*
- Energy Needs, *Choices and Possibilities – Scenarios to 2050*, Shell 2001
- European Commission 2001, *Whitepaper – European transport policy for 2010*, Time to decide.
- Ingo S., Parmeby, J, 2000, *Elfordon på programmet – Rekommendationer för Sverige*, KFB-rapport 2000:47
- IVA 1990, *Trafik, miljö och hälsa – en lägesrapport*, IVA-Rapport 379
- Johansson B, Åhman.M, 2000; *Koldioxidneutrala transportsystem – en studie av energieffektiva fordon och förnybar energi*, KFB-Rapport 2000:28
- KFB-rapport 2000:42, *Batteribilen rullar in*
- KFB-rapport 2000:43, *Framtidens bil*
- KFB-rapport 2000:44, *El- och hybriddrift av buss och lastbilar*
- KFB-rapport 2000:45, *Grönt ljus för elhybrid och bränslecell*
- Kågesson, P, 2001, *Transportsektors koldioxidutsläpp och den svenska miljöpolitiken – En kritisk granskning*, Vinnova Debatt VD 2001:3
- Månsson, T, 1998, *Rena fordon med biodrivmedel – En kunskapsöversikt*, KFB-rapport 1998:1
- Rader-Olsson, A, 2000, *Rena fordon med eldrift*, KFB-Rapport 2000:26
- Regeringens proposition 2001/02:20, *Infrastruktur för ett långsiktigt hållbart transportsystem*
- SIKA 2000, *Transporter och kommunikationer*, årsbok 2000/2001
- STEM, 1998, *Energy efficiency in Sweden, Analysis based on ODYSSEE Data Base from the SAVE projekt »Cross-country comparison on energy efficiency indicators«*
- SOU 2000:8, *Framtida godstransporter – transportköparnas krav på transportsystem*
- Steen P, m.fl, 1997, *Färder i framtiden – transporter i ett bärkraftigt samhälle*, KFB Rapport 1997:7
- Uppenberg.S. m.fl, 2001, *Miljöfaktabok för bränslen Del 2 – Bakgrundsinformation och Teknisk bilaga*, IVL-rapport B 1334-2B

Vinnova 2001, *Japan inför nya fordonsbränslen och drivsystem – en översikt hösten 2000*, VR 2001:5

Åhman, M., 1999, *Teknik för energieffektiva personbilar*, KFB-meddelande 1999:22

Personliga kontakter

Johan Trouvé, Schenker AG

Sebastian Bäckström Transportteknik, Chalmers

Ulf Arensberg, Volvo Lastvagnar i Sverige AB

Mårten Johansson, Svenska Åkeriförbundet

Alice Kempe, Energimyndigheten

Olle Hådell, Vägverket

Kanehira Maruo, Chalmers tekniska högskola

Energianvändning i transportsektorn

Behovet av transporter har ökat kraftigt under de senaste decennierna, som ett resultat av en växande ekonomi och ökad globalisering. Vägtransporterna ökar på bekostnad av järnväg och sjöfart. En följd av denna utveckling är att transportsektorn i de flesta länder är den sektor där energianvändningen ökar snabbast. Eftersom fossila bränslen dominerar energianvändningen ökar också utsläppen av koldioxid från transporterna.

Skärpta miljökrav har varit en drivande faktor för teknikutvecklingen mot effektivare fordon och renare bränslen, även om teknikutvecklingen för personbilar främst lett till starkare motorer och större bilar. Bilindustrin driver dock på utvecklingen mot bränslesnålare bilar och gamla tekniker förbättras samtidigt som nya utvecklas. Läs om transportindustrins drivkrafter och utvecklingen av nya moderna teknikerna i denna rapport om transportsektorns energianvändning.

Energiframsyn Sverige i Europa

Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA, är en oberoende arena för kunskapsutbyte. Genom att initiera och stimulera kontakter mellan olika kompetensområden och över nationsgränser fungerar akademien som gränsöverskridande brobyggare mellan näringsliv, forskning, förvaltning och olika intressegrupper.

IVA-projektet »Energiframsyn Sverige i Europa« belyser det svenska energisystemet ur framför allt ett europeiskt men även ett globalt perspektiv. Det europeiska är viktigt mot bakgrund av pågående avregleringar och genom att el- och gasnät knyts samman i allt större regioner. Klimatfrågan motiverar ett globalt perspektiv.

Genom att blicka framåt i tiden vill IVA stimulera till intressanta och balanserade diskussioner genom att ge nya insikter och tankeväckande men trovärdiga och realistiska framtidsbilder av det svenska energisystemet som en del av Europas.

Energiframsyn vänder sig till beslutsfattare inom förvaltning, näringsliv och forskning men också till en vidare krets av personer, som arbetar med eller intresserar sig för energifrågor.

I detta arbete har en skriftserie om ett antal populärt hållna rapporter med dagens fakta och med en bedömning av utvecklingen i ett 20-årsperspektiv tagits fram för att ge underlag till Energiframsyns framtidsbilder. Denna skrift ingår i serien Energiframsyns Faktarapporter.

