

Rapport för
Vattenfall AB
Utveckling & Miljö

TRALF-projektet

DRIVMEDELSVISION ÅR 2020-2030

Del 2

BILAGEDEL

Ecotraffic R&D AB
Juli 1997

Åke Brandberg
Andres Muld
Bengt Sävbark

TRALF-projektet - Drivmedelsvision år 2020-2030

DEL 1

Innehållsförteckning

Förkortningar - omvandlingstabeller

Sammanfattning	1
Bakgrund, uppdraget	10
1.1 Uppdraget	10
1.2 Arbetets genomförande	10
Krav på framtida transporter	12
2.1 Bärkraftigt transportsystem	12
2.2 Lagar och rekommendationer i USA och EU	13
2.3 Statsmakternas inriktning samt lagar och rekommendationer i Sverige	15
Omvärldsfaktorernas inverkan på framtida transporter	18
3.1 Framtida samhällsutveckling - olika scenarier	18
3.2 Framtida transportbehov - globalt och lokalt	19
3.3 Alternativa transportlösningar	23
3.4 Människors attityder	24
3.5 Råvarutillgångar	26
3.6 CO ₂ - "Växthuseffekten"	29
3.7 Olje- och bilindustrins samt kraftbolagens påverkan	31
3.8 Marknadens påverkan	33
Drivmedel / drivsystem - vision 2020-2030	34
4.1 Dagens och framtida drivsystem	34
4.2 Utveckling i världen av alternativa drivmedel	40
4.3 Utgångspunkter för visionen	42
4.4 Motoralkoholer	43
4.5 DME	45
4.6 Naturgas/LPG	45
4.7 Vätgas	46
4.8 Batteridrift	47
4.9 RME	49
4.10 Bensin och dieselloja	49
4.11 Introduktionsstrategi	51
4.12 Sammanfattande matris	51

Behov av FoU för att realisera målen i visionen	53
5.1 Politiska och marknadsmässiga styrmedel samt lagkrav	53
5.2 Drivsystem	54
5.3 Motoralkoholer	55
5.4 Naturgas / biogas / LPG	56
5.5 Vätgas	57
5.6 Eldrift med batteri	57
5.7 Bensin och dieselolja	58

Slutsatser och rekommendationer	59
6.1 Sammanfattande slutsatser	59
6.2 Aktörer för att realisera visionen	60
6.3 Rekommendationer till Vattenfalls fortsatta inriktning inom drivmedelsområdet	61
6.4 Alternativa scenarier	63
6.5 Tekniksprång inom transportsektorn	63

Ord- och förkortningsförklaringar

Referenser

fortsättning på nästa sida

Del 2 - Bilagedel

- Bilaga 1 - Status och utvecklingstendenser inom transport-, drivmedels- och fordonsteknik**
- Bilaga 2 - Prognoser över framtida transport- och drivmedelsbehov**
- Bilaga 3 - Internationella uttalanden - USA**
- Bilaga 4 - Internationella uttalanden - Europa**
- Bilaga 5 - Drivmedelssituation och drivmedel i perspektiv 2020-2030**
Anders Östman, Kemiinformation AB
- Bilaga 6 - Produktion av Etanol ur förnyelsebara råvaror**
Egon Larsson, ELAB Utveckling AB
- Bilaga 7 - Eldriftsvision år 2020-2030**
Arne Johansson, Catella Generics
- Bilaga 8 - A Third World Perspective**
- **The Need for International Trade and Stakeholder's Consensus via Dialogues**
- **Global and Local Environmental Benefits from Photosynthesis**
Sergio C. Trindade, SE²T International Ltd
- Bilaga 9 - Nya system för individuella snabbtransporter i tätorter**
Tomas Kåberger, Chalmers Tekniska Högskola
- Bilaga 10 - Biobränslen - produktion av värme, el och drivmedel**
Gunnar Svedberg, Professor vid KTH och vice rektor

BILAGA 1**STATUS OCH UTVECKLINGSTENDENSER INOM TRANSPORT-,
DRIVMEDEL- OCH FORDONSTEKNIK****Innehållsförteckning**

Försörjningsfrågor	1
1.1 Fossila energiråvaror	1
1.2 Förnyelsebara energiråvaror	4
Drivmedel och motorer - status och utveckling	6
2.1 Aktuella alternativa drivmedel	6
2.2 Motoralkoholer - metanol, etanol. Etrar (DME, MTBE, ETBE)	7
2.3 Motorgaser - propan, metan, vätgas	10
2.4 Elektricitet	12
2.5 Övriga	13
Produktions- och konverteringsteknik	15
3.1 Naturgas	15
3.2 Biogas	17
3.3 Metanol	18
3.4 Etanol	22
3.5 RME	26
3.6 Summering av utbyten och verkningsgrader	26
Miljö- och hälsofrågor	28
4.1 Utsläppseffekter från källa till användning	29
4.2 Miljö- och markanvändning	35
Utveckling i världen av alternativa drivmedel	36
5.1 Allmänt	36
5.2 USA	36
5.3 Brasilien	37
5.4 Europa	37
Omvärldsfaktorer som har styrt utvecklingen	38
6.1 Ändliga resurser	38
6.2 Transportutveckling	38
6.3 Miljöhot	38
6.4 Bränsleeffektivitet och EG-direktiv	39

BILAGA 1

STATUS OCH UTVECKLINGSTENDENSER INOM TRANSPORT-, DRIVMEDEL- OCH FORDONSTEKNIK

1 FÖRSÖRJNINGSFRÅGOR

1.1 Fossila energiråvaror

1.1.1 Råolja

Dagens transporter är nästan helt försörjda med drivmedel från råolja. Med dagens utvinningstakt varar kända, ekonomiskt utvinnbara reserver, ca 100 Gt (miljarder ton), i storleksordningen 40 år. De totala tillgångarna av konventionell råolja (EUR, Estimated Ultimately Recoverable) har av oljegeologer bedömts vara drygt 2000 miljarder barrels, (Gb; ca 300 Gt), varav 1/3 redan utvunnits. Härutöver finns än större tillgångar av mycket tunga oljor (VHO, Very Heavy Oil), tjärsand och oljeskiffrar. Viss utvinning av sådana sker t ex redan i Venezuela (VHO) och Kanada (tjärsand).

Råolja roll i interregional handel är mycket stor och mer än 2/3 av all oljekonsumtion i världen är föremål för sådan handel.

Då förbrukningen av råolja allmänt förutses öka, främst genom ökad användning i utvecklingsländer, kommer oljeutvinningen oundvikligen att kulminera förr eller senare. World Resources Institute, WRI, bedömer att detta kommer att ske redan år 2010 - 2015 vid olika antaganden om total resurs. I dag sker en överutvinning av lätta, svavelfattiga oljor i förhållande till reserverna av sådana. Framtiden innebär därför en förskjutning mot tyngre och orenare oljor, som är kostsammare att upparbeta. En förskjutning av produktmixen mot lättare produkter, främst drivmedel och petrokemisk råvara, medför också mer långtgående konvertering av råvaran med högre produktkostnader som följd.

Vidare kommer ursprunget att i ökande grad vara Mellanöstern, där mer än 65% av de kända reserverna finns, trots att utvinning av strategiska skäl sker i i-landsområden även om kostnaderna där är högre. Avsevärda (militära) kostnader måste redan i dag läggas på att säkerställa leveranser från Mellanöstern. Transportkostnader för råoljor och energianvändning för transporter är mycket låga även vid långa oceantransporter genom användning av mycket stora tankfartyg.

1.1.2 Naturgas

Naturgas är näst råolja den energibärare som har mycket stor användning men ännu i ringa grad för transporter (metangas och LPG, syntetisk bensin och dieselolja). Som råvara för kemisk industri (ammoniak, metanol, m m) har den betydande användning och metanol har fått viss användning som drivmedel, främst genom etern MTBE som komponent i bensin.

Bedömda reserver av naturgas är av samma storleksordning som av konventionell råolja, men de är utnyttjade i betydligt lägre grad och har därigenom i nuläget längre resterande varaktighet (60 år). Den interregionala handeln med naturgas är mindre än 1/10-del av den totala konsumtionen i världen. Kända reserver av naturgas är mer jämnt fördelade över jorden med Ryssland, Iran och Nordamerika som enskilda områden med största tillgångar. Risken för kartellisering mellan gasleverantörer, så som skett mellan oljeexporterande länder, anses mycket ringa.

De totala tillgångarna av naturgas i jordskorpan är mindre väl utforskade och stor osäkerhet råder om resurser av s k gashydrat (metan anlagrat till vatten i kristallform) på stora djup.

Ökningen av gasanvändning är dock f n högre än för råolja, med miljöskäl som en betydande drivkälla, och utvinningen bedöms komma att kulminera snart efter råoljan vid nuvarande utveckling. Kostnader och energianvändning för transport av naturgas är betydligt högre än för olja, då den måste ske i gasform i rörledningar (på land och i grunda, mindre hav) och då kräver stora flöden (10-tal Gm³/år) eller transporteras nedkyld till kryogen vätska (-162°C) i isolerade tankar på fartyg. Detta sker i viss utsträckning till USA, Västeuropa och framför allt Japan.

Till Sverige importeras naturgas från de danska fälten i södra Nordsjön och distribueras via stamledning mellan Trelleborg och Göteborg. Ett flertal planer för utbyggd gasdistribution har diskuterats både i Sverige och Norge, t ex fortsättning av stamledningen från Danmark till Mellan-Sverige (Stockholm), förbindelse från Mitt-Norge över mellersta Sverige till Finland och eventuellt vidare till Baltikum, förbindelse från Nord-Norge genom Sverige till kontinenten, etc.

Det synes tveksamt om sådana planer kan förverkligas, då den nordiska marknaden är för liten och geografiskt spridd för de mycket stora investeringar, som skulle behövas. Kostnaden för gasen skulle bli hög och svårligen kunna konkurrera med andra, utvecklade fossila bränslen (oljor). Ledningar från norska gasfält till kontinenten byggs för ca 10 gånger högre gasflöden. En investering i ett kraftigt utbyggt nordiskt nät skulle också betyda att man sitter fast i användningen av fossilt bränsle under lång tid. Det synes vara naturligare och ger större flexibilitet att använda gasen nära källorna (landningspunkter för off shore-gas) och där omvandla den till flytande produkt (eller el).

Avtappning från ledning som passerar Sverige från nordnorska eller ryska fält till kontinenten är dock tilltalande möjlighet till tillgång till gas till måttlig kostnad.

1.1.3 Kol

Kol av olika slag (brunkol, stenkol) är den största reserven av energiråvara och kända reserver motsvarar flera hundra års användning vid nuvarande utnyttjningstakt. Kolfyndigheter finns relativt väl fördelade över världen. Interregional handel sker med stenkol men är bara ca 1/10-del av den totala kolkonsumtionen i världen.

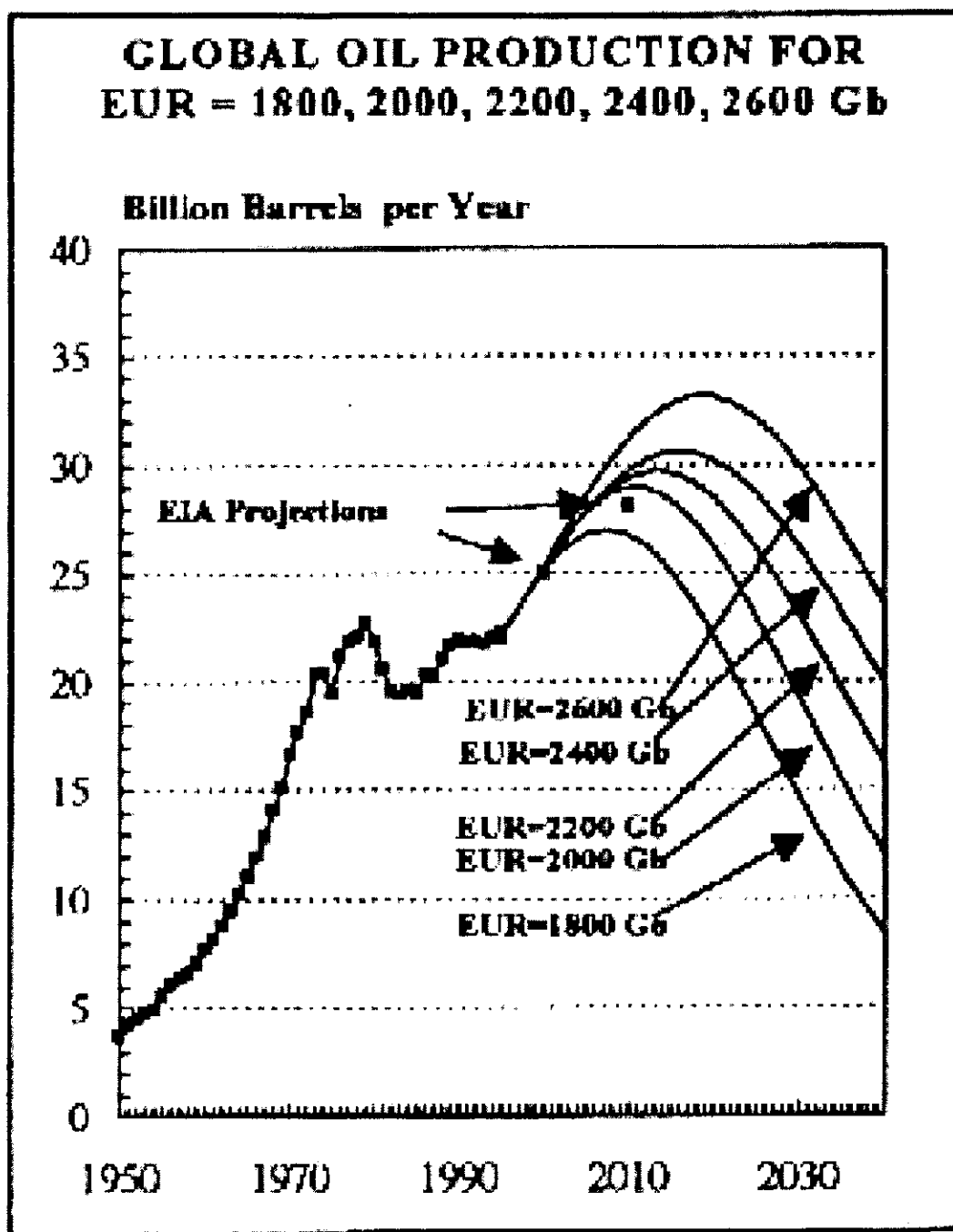
Kol utgör bas för flytande drivmedel endast i ringa utsträckning (Sydafrika) och likaså för kemisk industri (ammoniak, metanol).

1.1.4 Elproduktion

Gemensamt för alla ovannämnda råvaror är att de världen över är bas för termisk elproduktion för bl a järnvägsdrift och som potentiell bas för vägfordon. Av miljöskäl är dock trenden nu att basera ökningar av elproduktionen på naturgas.

1.1.5 Gemensamt för fossila

Alla ovannämnda energiråvaror har vidare det gemensamt att de är fossila och har bildats från organiskt material under förhållanden på jordklotet, som var annorlunda än i dag och inte återkommer. De återbildas inte i nämnvärd utsträckning och är därför ändliga resurser och kan inte vara bas för ett långsiktigt bärkraftigt samhälle frånsett vad deras frigörande kan ha för effekt på vårt klimat på kortare sikt.



Gb = billion (miljarder) barrels

EUR = Estimated Ultimately Recoverable (global oil)

EIA = Energy Information Administration (USA)

1.2 Förnyelsebara energiråvaror

Förnyelsebar energi grundas på solinstrålningen, som är drivkälla för vind och nederbörd och en direkt värmekälla. Instrålad solenergi bedöms årligen vara

bortåt 13.000 gånger människans totala energianvändning. Solenergin är också basen för fotosyntesen, som i biomassa lagrar kemiskt bunden energi. Energiupptagningen i landbiomassa kan vara av storleksordningen 10 gånger vår totala energianvändning.

Solinstrålningen på låga latituder och omvandling till el i fotoceller (PV, Photo Voltaics) av dagens teknikstatus skulle på en yta, som blott är några få procent av Saharaöknens yta, kunna producera elenergi motsvarande hela Europas totala energianvändning. Tidsvariationer och felande lagringsteknik är tekniska hinder. Det har diskuterats att av el genom vattenelektrolys producera vätgas som energibärare för distribution men även detta är problematiskt och kostsamt. Omvandling till lätthanterlig vätska vore önskvärd.

Produktion via solceller på högre latituder som i Sverige har självfallet lägre potential med stora årstidsvariationer men är inte ointressant, då den totala energimängden i Sydsverige är närmare hälften av den i Sahara .

Den direkta fotokemiska dissociationen av vatten till vätgas (och syre) är ännu på forskningsstadiet men har i teorin väl så stor potential som den fotofysiska vägen.

Via fotobiologiska förlopp (fotosyntes) binds solenergi i kemiska föreningar i biomassa, som är den på kort (och längre?) sikt viktigaste råvaran för förnyelsebara drivmedel. Som inledningsvis nämndes är den årliga bindningen många gånger världens av människan använda energimängd. Skogsavverkningar, inkl. brännved, anges till 3450 miljoner m³f motsvarande nära 8.000 TWh, vilket är storleksordningen 1% av den årliga tillväxten. Biomassa är således en mycket stor potentiell resurs.

Tillväxten är beroende av hur mycket ljusenergi en växt kan absorbera genom sin bladyta och permanentgröna träd som t ex gran har över tiden väl så stor beståndstillväxt som årligen lövfällande träd, trots dessas i början snabbare tillväxt. Tillgång till vatten och närsalter (mineral, kväve, fosfor) är av avgörande betydelse och därvidlag är förutsättningarna mycket olika i olika delar av världen. Men däri ligger också möjligheten att förbättra markanvändningen genom skötsel. Marktillgången per capita skiljer sig också mycket på olika håll och (handels)utbyte mellan olika delar blir en nödvändighet för att kunna utnyttja biopotentialen för alla. Internationell handel är ju det som gäller i dag för de fossila energibärarna.

Bedömningar av den svenska biomassapotentialen har gjorts av SLU (SIMS 1995), som anger potentialen i början av 2000-talet till ca 200 TWh, varav ca 45 TWh redan utnyttjas. Spannen avser olika utvecklingsscenarier i två tidsperspektiv (2005 resp. 2020) för massaindustrin, som alltid prioriteras i konkurrens om stamved från gallring. Skogsindustrin har givit en väsentligt lägre bedömning av potentialen av skogsbränslen. Samtidigt bör påpekas att potentialen anges som energi på bas av fuktig råvara och lägre värmevärde, vilket ger en underskattning av tillgänglig energi i råvaran vid konvertering, och

vidare har inte hänsyn tagits till den potential som ligger i förbättrad skötsel av mark, dock utan att hänsyn till biologisk mångfald och annan användning (sociala hänsyn) eftersättes.

Energikommisionen kom 1995 i sin bedömning till slutsatsen att potentialen för biomassa överstiger kraftigt vad som skulle krävas för att försörja ett utbyggt fjärrvärme/kraftvärmesystem. Någon motsättning till utnyttjande av bioråvara även för drivmedelsproduktion synes därför inte föreligga. I praktiken kan en integrerad produktion av drivmedel, el och värme vara den bästa kombinationen.

2 DRIVMEDEL OCH MOTORER - STATUS OCH UTVECKLING

2.1 Aktuella alternativa drivmedel

Motivet för intressera sig för alternativa drivmedel för fordon har varit varierande vid olika tidpunkter. I slutet av 1960-talet var motivet att lösa hälsoproblem. Vid oljekriserna under 1970-talet blev försörjningssäkerheten ett tillkommande motiv. En stor och växande del av oljeförsörjningen vilade på leveranser från Mellanöstern. I detta område finns ca 2/3-delar av världens kända oljereserver.

Från slutet av 1980-talet har befarade framtida klimatproblem beroende på bl a växthuseffekten orsakade av främst förbränning av fossila bränslen kommit i fokus. Vidare har villkoren för ett långsiktigt hållbart samhälle definierats. Dessa innebär att användningen av fossila bränsleråvaror på sikt måste upphöra och hushållning med naturresurser måste ske på naturens villkor och med hänsyn till biologisk mångfald. De aktuella alternativa drivmedlen framgår av tabell 1.

Alternativa drivmedel (tabell 2.1) kan definieras som sådana som inte är baserade på råolja (så görs i amerikansk lagstiftning), då huvudskälet varit att förbättra försörjningssäkerheten och därutöver minska utsläpp av hälso- och miljövådliga ämnen. Naturgas är då en möjlig råvara och även direkt användbar som drivmedel. Metan, propan (finns även med råoljeursprung från raffinaderier), metanol, (etanol), vätgas, elektricitet utgör slutprodukter som drivmedel (även syntetisk bensin och dieselolja kan ingå).

Ställes därutöver kravet att råvaran skall vara förnyelsebar (solenergi direkt eller indirekt) bortfaller egentligen endast propan som attraktivt drivmedel och etanol blir en klar möjlighet. Vegetabiliska oljor tillkommer.

Tabell 2.1.

Alternativa, ej råoljebaserade drivmedel	
Fossilbaserade	Förnyelsebara
Naturgas (metan)	Metan (SNG, biogas)
Propan (LPG)	
Vätgas	Vätgas
Metanol, DME	Metanol, DME
Etanol	Etanol
Elektricitet	Elektricitet
Syntetoljor	Syntetoljor Vegetabiloljor

Eftersom det måste ta lång tid att få drivmedel på förnyelsebar bas att dominera, kan det tänkas att de alternativa under en lång övergångsperiod baseras på fossil bas för att starta introduktion och växande användning och uppbyggnad av allmän tillgänglighet på stationer. Exempel kan vara metanol på naturgasbas och etanol framställd med fossila processbränslen. Möjlighet måste dock finnas till senare överfasning till uthållig bas.

Karakteristika för de olika aktuella alternativa drivmedlen beskrivs något mer ingående nedan.

2.2 Motoralkoholer - metanol, etanol. Etrar (DME, MTBE, ETBE)

2.2.1 Metanol

Metanol är en av de största kemikalierna på marknaden med en tillverkningskapacitet på närmare 25 miljoner ton/år med naturgas som dominerande råvara även om viss produktion sker också från restoljor, stenkol och brunkol. Den snabbast växande marknaden för metanol är dock som drivmedelskomponent i bensin i form av etern MTBE och som direkt drivmedel. 25% av producerad metanol går i dag till drivmedelsmarknaden.

Tillverkningen sker via syntesgas (kolmonoxid - vätgas) och produkten blir därigenom densamma oberoende av råvara. Syntesen är mycket selektiv till metanol, som blir en mycket väl definierad och enhetlig produkt. Andelen biprodukter är med modern syntesteknik bara ett par tiondels procent. Det enda som kan variera beroende på råvara är vattenhalten, som dock bestäms till vanligen max. 0,15% vid slutframställningen genom destillation. Vägen via syntesgas innebär att även biomassa kan användas som råvara och har då potential att vara nästan helt biobaserad. Start av metanolanvändning kan därför med hänsyn till kostnader ske med naturgasbaserad metanol för senare överfasning till bio-metanol.

Metanol är en flytande produkt med kokpunkt på 65°C. Tankning av alkoholer på bensinstationer kommer troligen att omfattas av strängare, om än ännu oklara regler (KFB 1991) än för bensin p.g.a. att metanol är giftklassad (för likaledes giftklassad bensin görs undantag enligt särskild förordning, som ännu ej finns för alkoholer). Den i jämförelse med bensin lägre flyktigheten ger i hanteringen lägre förluster genom avdunstning. Metanols reaktivitet i atmosfären är lägre än för alla bensinkolvätens.

Som drivmedel kan metanol användas som sådan (M100) efter märkning med färg-, lukt- och smakämnen för att varna för förväxling med drickspriten etanol. I dieselmotorer med glödstift kan M100 direkt användas, i annat fall krävs tillsats av tändvilligt ämne i måttlig halt till bränslet. I ottomotorer krävs vid kall väderlek tillsats av anpassade lättflyktiga ämnen (t.ex. 15% bensin; M85) för att kunna starta motorn. System för start med M100 och ottomotorversioner för M100 utvecklas dock (Ecotr. 94a). Metanol har högt oktantal, vilket kan utnyttjas för mer energieffektiv motor. Viktig egenskap vid förbränning är sotfrihet. Metanol kan ses som flytande vätebärare, då det är lätt att katalytiskt frigöra vätgas för att driva bränsleceller.

2.2.2 Etanol

Teknisk etanol tillverkas syntetiskt i dag via eten, som vanligen är naftabaserad och således av råoljeursprung. Framställning kan också ske via förgasning/syntesgas och således vara baserad på vilken råvara som helst. Kostnaden blir emellertid betydligt högre och energiutbytet lägre än för metanol, och det finns därför ingen anledning att gå denna väg, även om den kan vara billigare än nedan omtalade biokemiska processväg.

Dagens etanolproduktion för drivmedelsanvändning (12 miljoner ton/år i Brasilien, 4 miljoner ton/år i USA) sker på biokemisk väg genom jäsning av sockerarter (sockerrör, -betor) eller av stärkelse (majs, vete) som lätt kan omvandlas (hydrolys) till jäsbart socker (hexoser med 6 kolatomer). En liten del har använts till etern ETBE som bensinkomponent

Den råvara som tilldrar sig störst intresse och har störst potential är emellertid lignocellulosa (ved). För närvarande finns cellulosabaserad etanoltillverkning bara som biprodukt vid sulfitmassafabriker (10.000 m³/år i Sverige). Nyckel-

stegen i ny teknik, som behövs i framtiden, är hydrolysen av cellulosan till jäsbära sockerarter och förjäsning av pentoser (med 5 kolatomer), som nu använda mikroorganismer inte kan omvandla till etanol. Pentoser bildas i hög andel från till exempel bark och lövved.

Skall etanol produceras är den biokemiska vägen den naturliga med potential att vara nästan helt biobaserad. Det är för detta viktigt att bioenergi används som bränsle i processen, då energianvändningen är relativt hög, men under en infasningsperiod bör även etanol producerad med fossila processbränslen accepteras för att snabbare kunna bygga upp etanolanvändning.

Etanol är en vätska med kokpunkt på 78°C och ger därigenom låga avdunstningsförluster i distributionen. Produktens renhet bestäms genom destillation i processens slutsteg. För att få vattenfri produkt måste särskilt processteg tillgripas. Etanol måste enligt lag denatureras, vilket innebär tillsats av några procent av andra ämnen, som ej enkelt kan skiljas från etanolen. Den måste vidare enligt särskild lagstiftning hanteras slutet och övervakat för att försvåra tillgrepp och dryckesmissbruk (KFB 1991). Etanols reaktivitet i atmosfären är högre än metanols men lägre än för de flesta bensinkolvätens.

Som drivmedel kan etanol användas på samma sätt som metanol för diesel- och ottomotorer och har högt oktantal för energieffektivare ottomotorer. Vid förbränning är sotbildningen låg. Även etanol kan ses som flytande vätebärare för bränslecelldrift om än vätet är svårare att frigöra. Risken för sotbildning vid vätefrigörelsen något högre.

2.2.3 DME

DME, dimetyleter, är ett derivat av metanol och kan tillverkas direkt från syntesgas och vara självständigt alternativdrivmedel. DME är ett tändvilligt bränsle med sotfri förbränning för dieselmotorer men är en gas (kokpunkt -25°C) och måste hanteras i separat system under tryck (som för motorgas propan). En alternativ eter utan kolkedja är DMM, dimetoxymetan, som är flytande men med kokpunkt på +42°C, vilket är för lågt för lika lätthanterlig distribution som för bensen. Tillverkningsvägen är besvärligare och längre än för metanol och DME, vilket betyder högre kostnader.

2.2.4 Andra etrar

Andra etrar är t.ex. MTBE och ETBE, TAME och TAAE som är kemiska föreningar av alkohol och kolvätet (olefinen) isobuten resp. isopenten. De används redan i stor omfattning (MTBE) som högoktaniga, icke aromatiska komponenter i bensen och är ett verksamt sätt att minska bensenavgasens hälso- och miljöskadlighet genom reformulering av bensen (lagstiftning i USA). Däremot har de inte potential att vara självständiga alternativdrivmedel genom begränsad tillgång av kolvätedelen.

I rapporten "Ethers in Gasoline" (Ecotr. 95a) har etrar som bensinkomponenter redovisats. Följande sammanfattning hämtats från denna rapport.

"Den världsomspännande framgången med användningen av etrar som värdefulla komponenter i bensen baseras på acceptansen från olje-, bil- och alkoholindustrin. Marknadens aktörer väntar nu på lagstiftarnas beslut om befrämjande av biobaserade motorbränslen och komponenter (etrar), innan några slutgiltiga åtgärder vidtas. De ekonomiska förutsättningar måste vara fördrjktiga, långsiktigt hållbara och i harmoni med varandra. Omedelbara åtgärder som behövs i Sverige är skatteutjämning för bioalkoholer, när de används som sådana samt när de används i form av etrar. Vid lagring av bensen med etrar i bergrum krävs ombyggnad av bergrumslager. Båda åtgärderna hör ihop med den förväntade introduktionen av en "klass 1" bensen med förbättrade hälso- och miljömässiga egenskaper.

Därutöver är det idag helt nödvändigt för raffinärer och återförsäljare (oljebolagen) att inte endast betrakta bensenens sammansättning ur tillverkningsynpunkt utan även betrakta den med hänsyn till emissioner vid hantering och slutlig användning. Helhetssynen utgör stommen i den amerikanska lagstiftningen om reformulerad bensen".

2.3 Motorgaser - propan, metan, vätgas

2.3.1 Propan

Propan är en relativt liten biprodukt vid råolje- och naturgasutvinning och uppstår vid en del processer i raffinaderiet. Propan är normalt en gas (kokpunkt -42°C). Propan hanteras därför under tryck (eller lagras nedkyld) och är då i flytande form och kräver ett distributionssystem helt separerat från det för bensen.

Propan har på vissa håll en relativt stor användning som drivmedel för ottomotorer. Propan kan ej bli allmänt tillgängligt av och kan av tillgångsskäl aldrig på långt när få den omfattning bensen och dieselolja har och är m.a.o. ett nisch-drivmedel. I nordliga länder måste det bestå av nästan bara propan (enligt befintliga standarder) men i varmare länder används blandningar av propan och butan under samlingsbeteckningen LPG (liquefied petroleum gas).

Tillverkning av propan syntetiskt, d.v.s. från andra råvaror än olja och på sikt från förnybara råvaror, är inte reellt möjlig, då någon selektiv syntesväg till propan inte finns. En liten del propan bildas som biprodukt vid syntes av flytande kolväten enligt Fischer-Tropsch och Mobil-processerna.

Propan har högt oktantal och kan ge energieffektivare motorer och kallstart bereder mindre problem än med bensen. Propan är fritt från aromater, vilket är stor fördel ur avgassynpunkt, och har låg reaktivitet i luften

Propan är dock en återvändsväg vid sökandet efter långsiktigt hållbara vägar till alternativa drivmedel med potential för stor användning, trots att den har vissa goda egenskaper ur hälso- och miljösynvinkel.

2.3.2 Metan - naturgas, SNG, biogas

Metan är huvudbeståndsdelen (85 - 98%) i naturgas (NG) vid sidan av vanligen några procent etan, propan och inerta gaser (kväve, koldioxid). Metan har kokpunkt på -162°C och hanteras normalt komprimerad till högt tryck (CNG) eller nedkyld till under denna temperatur i flytande form (LNG). CNG är den form som lämpar sig som drivmedel för allmän användning, medan LNG torde fordra yrkesmässig hantering.

NG distribueras på land i rörsystem, vilka är dyrbara att anlägga och kräver mycket stora volymer (miljarder kubikmeter per år) för att få acceptabel kostnad. Drivmedelsanvändning är inte tillräcklig som bas utan sådan kan bara förekomma där gasen redan finns av andra anledningar. NG kan därför inte bli ett allmänt tillgängligt drivmedel utan blir en regional nischprodukt. NG har vissa goda egenskaper ur hälso- och miljösynvinkel och är under en överfasningsperiod ett lämpligt drivmedel att ersätta bensen och dieselolja.

Metan kan syntetiskt framställas på två vägar, dels via syntesgas och selektiv syntes till metan (SNG), dels biokemiskt vid bakteriell nedbrytning av organiskt material i frånvaro av luft (rötning till biogas). Det senare sker spontant i avfallsdeponier och industriellt vid behandling av avloppsvatten eller av över-skottsslam vid reningsverken, avfall från djurhållning och speciella grödor (ex. lucern, gräsarter som rörfen). Råvarubasen för metan kan således vara stor och kan vara av helt förnyelsebart slag.

Biogas måste produceras och användas lokalt eller i anslutning till befintlig NG-distribution.

Som drivmedel lämpar sig metan bäst för ottomotorer (mycket högt oktantal) och har som ämne utan kolkedja den stora fördelen av att kunna förbrännas sotfritt. Metan har inte de kallstartproblem alkoholerna har. Metan är ogiftigt och ger motoravgaser praktiskt taget utan hälsovådliga organiska ämnen. Metan har mycket låg reaktivitet i atmosfären, vilket betyder lågt bidrag till lokal ozonbildning (naturgas med innehåll av högre kolväten är något sämre ur denna synvinkel). Metan är emellertid en mycket mer potent växthusgas än koldioxid och utsläpp måste förhindras.

2.3.3 Vätgas

Vätgas (H_2) förekommer ej i naturen men anses ändå som det ideala bränslet då den inte innehåller kol och i bästa fall bara ger vatten som förbränningsprodukt. Väte är normalt en gas (kokpunkt -253°C) med mycket låg densitet och därmed lågt energiinnehåll per kubikmeter. Även i komprimerad form till samma

tryck som är vanligt för CNG (200 bar) är energitätheten 25% av CNGs och som till vätska nedkyllt väte (LH_2) ca hälften av metanols.

Lagring av vätgas är problematisk, särskilt ombord på ett fordon. Alternativ till komprimering och nedkylning till vätska är upptagande (kemisorption) på vissa metaller som hydrider, från vilka det vid användning kan frigöras genom värmning. Energidensiteten är emellertid fortfarande låg. Bästa sättet att hantera vätet synes vara i kemisk bunden form, som i metanol, varur det sedan katalytiskt avspaltas vid användning.

Vätgas kan användas som gasbränsle i nuvarande kolvmotortyper men dess stora potential ligger som bränsle för elgenererande bränsleceller för elmotordrift av fordon. I praktiken kan en viss kväveoxidbildning inte undvikas vid kolvmotoranvändningen men i vissa bränsleceller är den nästan noll.

Produktion av vätgas sker i dag via syntesgas, och det blir då en fråga om vilken råvaran vid förgasningen är, på samma sätt som för metanol, med vilken jämförelsen bör göras. Den andra vägen till vätgas är via elektrolys av vatten, och det är då en fråga om hur elektriciteten produceras. Denna väg är ur energisynpunkt mycket ofördelaktig och för fordonsdrift vida underlägsen den direkta eldriften bara för att få ett drivmedel som kan lagras något bättre än elektricitet.

Fotocellen har dock många gånger bättre verkningsgrad än fotosyntesen till biomassa, och det har spekulativt diskuterats att utnyttja en del av Sahara-öknen (12%) för att via solcellsel producera vätgas motsvarande hela världens nuvarande energianvändning. Kvar står dock problemen att föra vätgasen till marknaden och använda den för fordon. Syntes mellan vätgas och koldioxid till metanol kunde vara lösningen.

Nya metoder att direkt omvandla solenergi till vätgas genom kemisk eller biokemisk fotolys av vatten behövs för att göra vätgas till ett långsiktigt intressant drivmedel. Den tekniken är emellertid på grundforskningsstadiet.

Väte från syntesgas genom förgasning av biomassa (som vid metanolframställning) är således den med nu förutsebar teknik enda tilltalande möjligheten.

2.4 Elektricitet

Fordonsdrift med el kännetecknas av att elmotorer har mycket högre verkningsgrad än förbränningsmotorer och inga utsläpp sker från fordonet. För helhetsbedömningen måste i hela kedjan sättet för elgenereringen och för framdriften av fordonet tas med. Direkt eldrift via tråd eller på annat sätt kräver samtidig produktion av el, vilket gör systemet inflexibelt och dyrbart.

För autonoma fordon behövs någon form av ellagring ombord t.ex. i batterier, men, då dessa f.n. har alltför låg kapacitet, behövs även elgenerering ombord med förbränningsmotor-elgenerator eller med bränslecell (så kallade hybrid-

system; HEV hybrid electric vehicle), ofta i kombination med viss batterikapacitet som buffert och för lastutjämning. Sådana system lider dock av verkningsgradsförluster, som motverkar den vinst som erhålles genom motordrift under konstanta förhållanden eller användande av bränslecell, vilket gjort att teoretiska vinster ännu inte uppnåtts.

Utsläppen beror således av sådana från kraftverk resp. drivmedel - motorkombination i hybridfordonet. Tillkommande problem är utsläpp vid tillverkning och återvinning av material i batterier. Uthållighetskravet kan i dag bara mötas om el produceras i vattenkraftverk eller i anläggningar med biomassa som energiråvara. Den direkta omvandlingen av solenergi i fotoceller är ännu inte konkurrenskraftig och måste ha någon form av energilagring som komplement. Detta gäller också vind- och vågkraft.

Eldrift av vägfordon är begränsad för närvarande till nischen mindre tätortsfordon, för vilka kort körsträcka mellan laddningar är acceptabel. Hybridfordon för längre körsträckor och tunga hybridfordon förbrukar av drivmedel bara en liten del som elektricitet.

2.5 Övriga

Andra drivmedel, som produceras eller kan produceras i stor skala är syntetisk bensin och dieselolja samt i viss mån vegetabiliska oljor. Blandningar mellan dieselolja och etanol respektive RME testas.

2.5.1 Syntetiska oljor

Med syntesgas kan syntesen styras till att ge flytande kolväten som slutprodukter. Sådant tillverkning av bensin och dieselolja sker från kolbaserad syntesgas i Sydafrika (SASOL; Fischer-Tropsch) och av svavel- och aromatfri dieselolja på naturgasbas i Malaysia (Shell SMDS). Tidigare producerades även bensin (svavelfri) på naturgasbas via metanol i Nya Zeeland (Mobilprocessen). I teorin kan syntesgasen på sikt framställas av biomassa.

Nackdelen med alla dessa är att de har lägre verkningsgrad än syntesen till metan, metanol, DME och vätgas och ger ett brett spektrum av produkter, som kräver omfattande vidarebearbetning. Bränslena är komplext sammansatta, varigenom vinster ur utsläppssynpunkt och förbättringar av motorers verkningsgrad inte uppnås och de lämpar sig inte för bränsleceller.

Fördelen ligger i att produkterna utan problem kan integreras i befintliga råoljebaserade system. På längre sikt är dock denna fördel inte hållbar.

Syntetiska oljor måste därför anses vara en återvändsväg.

2.5.2 Vegetabiloljor

Oljor (fettsyrastrar) av växtursprung (rapsens frön är mest intressanta i Sverige) kan efter omförestning med metanol eller etanol ge oljor, som är goda dieselmotorbränslen (tändvilliga) och i fysisk hantering är jämförliga med nuvarande dieseloljor på råoljebas. RME, rapsfröoljemetylster, är den här bäst kända.

Produktionskapaciteten begränsas av att odlingen ställer stora krav på jord och växtföljder, varför dess potential är (i Sverige) begränsad till $<100.000\text{m}^3/\text{år}$, motsvarande några få procent av dieseloljeanvändningen (Celsius 1994).

RME och liknande oljor har något lägre energiinnehåll än befintliga dieseloljor, vilket något påverkar motoreffekt i befintliga fordon negativt. RME är fri från polycykliska aromatiska kolväten och vissa utsläppsvinster kan göras förutom att koldioxid är av bio-ursprung och odling/tillverkning kan ske med måttliga insatser av fossilbaserad energi och insatsvaror. Vegetabiloljorna har dock komplex sammansättning och saknar andra alternativa drivmedels kemiskt sett enkla uppbyggnad. Visst innehåll av svavel och fosfor i dagens oljor gör det också tveksamt om nödvändiga katalytiska avgasreningssystem är långsiktigt användbara, om inte innehållet kraftigt minskas.

Vegetabiloljor av typ RME måste ses som nischbränslen. Jämförelse av RME med dieselolja MK1 kan sammanfattas i nedanstående punkter

- RME ger lägre utsläpp av växthusgaser. Minskningen är 50-65% i hela kedjan, där konstgödsel och drivmedel vid odling är orsak till fossila utsläpp för RME:ns vidkommande. Minskningen kan vara något överskattad emedan utsläpp av NO_2 (lustgas) från marken är oklar och troligen underskattad.
- RME innehåller inte carcinogena PAH vilket dieseloljorna gör.
- RME bryts biologiskt mycket lättare ned än vad dieselolja gör. En eventuell nackdel i sammanhanget är att RME leder till biologisk slamtillväxt i kontakt med vatten i lagertankar.
- RME har en positiv energiutväxling med en faktor på ca 3, där energiutväxling definieras som kvoten mellan erhållen drivmedelsenergi och energin i insatta fossila energibärare. Utväxlingen är < 1 för dieselolja.
- RME har ca 7% lägre energiinnehåll per volymenhet än dieselolja. Konsekvensen härav är att RME ger något lägre effekt i befintliga dieselmotorer och leder till ca 5% högre volumetrisk bränsleförbrukning jämfört med dieselolja.
- RME kan föranleda stabilitetsproblem vid lagring samt koks bildning i motorn på sikt emedan RME har hög omättnadsgrad.
- * RME uppvisar i stort sett lika stora utsläpp av NO_x jämfört med dieselolja.

2.5.3 Blandbränslen

MK1 dieselloja innehållande ca 15% etanol testas (KFB/SSEU-projekt). Av särskilt intresse är få klarhet i t.ex. stabilitet i blandning, effektförluster i motor (ca 10% jämfört med MK3), korrosion i motor, långtidseffekter i motor, kostsam blandning, brandklass 1-krav för tankningsställe, distributionssystem, problem med garantiåtagande från bilfabrikanter.

3 - 5% inblandning av RME i dieselloja MK1 testas för att kunna ersätta viss del fossil energi.

2.5.4 Summering

Alternativa drivmedel, som har potential att kunna leda till långsiktigt hållbart transportsystem, måste särskilt uppmärksammas och prioriteras. Ett andra kriterium är att utveckling bortom nischanvändning måste finnas.

Elektricitet betraktas som osäkrare för stor omfattning, då det synes ovisst om problemen med ombordlagring och "tankning" på acceptabelt sätt får en lösning, även om el kan finnas tillgängligt överallt och själva drivsättet kommer att ske via elmotor (hybridfordon, som dock har låg elandel). Vätgas, som är attraktivt bränsle i drivsystem med den elektrokemiska bränslecellen, förutsättes främst vara hanterad i bunden form i alkoholer som vätebärare.

Gasformiga drivmedel (propan, metan) ges relativt låg potential då de har begränsad tillgång (propan) eller inte kan allmänt distribueras (metan) och innebär fler drivmedelskvaliteter på marknaden, vilket inte är önskvärt och verkar fördyrande. De bör därför inte vara framtida drivmedel att särskilt satsa på. Nischbränslen måste leva på egna meriter, det vill säga erbjuda användaren kostnadsfördelar utan extra samhälleligt stöd utöver skilda värderingar med hänsyn till hälso- och miljöeffekter. Även om naturgas är en storvolymråvara och överfasning till SNG på biogas kan ske med stor råvarubas innebär gasen på lång sikt en återvändsväg.

3 PRODUKTIONS- OCH KONVERTERINGSTEKNIK

Här behandlas mer ingående endast de drivmedel som i relativt kort tidsperspektiv har stor potential för användning, d.v.s. metan (naturgas, biogas) och motoralkoholer (metanol och etanol). Övriga beskrivs mer översiktligt, vilket särskilt gäller de som ej bedöms kunna vara självständiga drivmedel.

3.1 Naturgas

Naturgasresurserna bedöms vara minst lika stora som de av konventionell råolja men utnyttjas bara i något mer än hälften så hög grad. Vid nuvarande

förbrukningsnivå motsvarar de kända reserverna nära 60 års förbrukning. Reserverna är jämnare fördelade över världen och mindre koncentrerade till Mellanöstern. Största enskilda innehavare av naturgasreserver är Ryssland och ur västeuropeisk synvinkel är dessa och fyndigheterna i Barents hav, Norska havet och Nordsjön av särskilt intresse. Rörförbindelser finns också mellan gasfyndigheter i Nordafrika och Sydeuropa (Italien). Viss import av flytande gas (LNG) sker till några terminaler i Västeuropa. Gasländerna bedöms ha mindre eller ingen benägenhet till kartellisering än vad som skett mellan de oljeexporterande länderna.

Ökad naturgasanvändning förutses ske i hela Europa, vilket för Västeuropas del innebär ökad import från alla närområden, och förbinda nät i alla länder. Till Sverige importeras naturgas från de danska gasfälten i södra Nordsjön och distribueras i stamledning från Trelleborg till Göteborg. Ett flertal planer för utbyggd gasdistribution har diskuterats och projekterats både i Sverige och Norge, t.ex. förbindelse från Mitt-Norge över mellersta Sverige till Finland, framdragning från Nordsjön till norska Östlandet (Oslo) med anknytningsledning till Sverige (Göteborg), Fortsättning av stamledningen från Danmark till Mellan-Sverige (Stockholm), etc.

Ingen av dessa planer synes stå för ett förverkligande. Skälet torde vara att marknaden är för liten och geografiskt spridd för de mycket stora investeringar, som skulle behövas och kostnaden för gasen skulle bli alltför hög och inte kunna konkurrera med andra, utvecklade fossila bränslen (oljor). Ledningar från norska gasfält till kontinenten byggs för ca 10 gånger större gasflöden. En investering i kraftigt utbyggt nordiskt nät skulle också betyda man sitter fast i användningen av fossilt bränsle under lång tid. Det synes vara naturligare och ger större flexibilitet att använda naturgasen nära källorna (landningspunkter för off shore-gas) och där omvandla den till flytande produkt (eller el).

Tekniken för att behandla rågasen till konsumtionsgas är väl etablerad och innefattar avskiljande av kondenserbara kolväten (propan, butaner, osv), svavelföreningar och vatten så att en torr gas för problemfri distribution i rörledningar blir möjlig. Distribution i rör är praktiskt den enda möjligheten. Av kostnadsskäl kan det då bara bli fråga om relativt sätt ett grovmaskigt nät, som inte motsvarar tillgängligheten för flytande drivmedel. I Sverige finns naturgas endast i ledning mellan Malmö och Göteborg med korta avgreningar.

Gassammansättningen är inte lika i skilda fyndigheter och gaskvaliteten varierar därför mellan olika gasnät eller inom detta beroende på varifrån gasen kommer. Detta ställer stora krav på för bränsletillförseln. I det europeiska nätet skiljer sig energiinnehållet med ca 10% i olika delar. Extremer är rysk gas (i Finland) med 98% metanhalt och holländsk gas med hög kvävehalt (14%). Större avvikelser kan förekomma då propan-luftblandning tillförs som reserv och vid belastningstoppar.

3.2 Biogas

Tekniken att framställa biogas (Nutek/KFB 1995a) är inte ny men har hittills tillämpats bara småskaligt och för rening av industriavloppsvatten (livsmedels- och cellulosaindustri) och för stabilisering av slam (rötning) vid reningsverk. Rening för att få metangas lämplig för fordonsdrift är ännu sällsynt.

Nedbrytning av organiskt material sker med en bakterieflora som innehåller selektivt metanbildande bakterier. Processen utföres vid 30-40°C eller vid 50-60°C. Fördelen med den högre temperaturnivån är snabbare process men samtidigt är bränslebehovet större än vid lägre temperatur. Processtiderna är långa och räknas i dagar, vilket nödvändiggör stor reaktorvolym och är huvudorsak till den relativa småskaligheten.

För fasta råvaror med relativt låg vattenhalt, som är fallet för väsentligt utökad biogasproduktion från odlade grödor såsom energigräs, lusern, o.d., utvecklas tvåstegsprocess. I denna görs först en bakteriell nedbrytning ("hydrolys") i fast bädd till organiska ämnen till vattenfas, som sedan går till metanbildningssteg. Tekniken är ännu inte färdig utvecklad. Råvaror med hög ligninhalt som ved passar sämre för biogasframställning. Med energigröda som lusern beräknas cirka 70% av energiinnehållet (lägre värmevärdet) i dess torrs substans kunna erhållas som metan, och med förbrukning av hjälpenergi (bränsle och el) inräknat blir utbytet cirka 56% för hela processen till komprimerad metan för motordrift.

Rågasen håller vanligen 55-75% metan och resten är huvudsakligen koldioxid och vattenånga. Små mängder av svavel- och kväveföreningar finns normalt, och ev. kan spår av från råvaran förångade ämnen (kolväten) finnas. Reningen kan utföras genom absorption av föroreningar i vatten under tryck genom adsorption på fast material, som senare regenereras (PSA-teknik) eller genom separation med membran. Vid reningen görs en förlust av metan på någon eller ett par procent. En metanhalt på lägst 95% uppnås.

För rörtransport och gaslagring vid höga tryck måste vattenånghalten i gasen (daggpunkten) vara låg och detta gäller speciellt för drift av motorer med gasen komprimerad till ca 200 bar i tankarna. Torkningen kan utföras i samband med komprimeringen genom kraftig nedkylning eller adsorption på fast regenererbart material.

I Sverige finns ännu bara en mindre reningsanläggning för biogas för fordonsdrift (Linköping, Trollhättan). Ytterligare satsningar planeras på ett flertal platser i Sverige. Utomlands finns flera och större anläggningar.

3.3 Metanol

3.3.1 Nuläge

För närvarande är naturgas den dominerande råvaran för produktion av metanol. En mindre mängd metanol produceras även med restoljor, stenkol och brunkol som råvaror. En blygsam mängd metanol produceras med metangas, från avfallsdeponi, som råvara.

De produktionsprocesser för metanol som för närvarande användes börjar alla med ett processteg där råvaran omvandlas till syntesgas, det vill säga ett förgasningssteg. Syntesgasen är huvudsakligen en blandning av kolmonoxid och väte. Metanolen bildas ur syntesgasen i ett syntessteg,



där metanolmolekylerna bildas i närvaro av katalysator vid förhöjt tryck och förhöjd temperatur. I många processer måste syntesgasen behandlas på olika sätt innan den är lämplig att användas för syntes.

Typiska behandlingssteg är gasreningssteg, skiftsteg (reglering av förhållandet mellan väte och koloxider) samt tryckförhöjningssteg (kompression). Efter syntes renas den producerade råmetanolen genom destillation för att ge en nästan vattenfri slutprodukt.

Syntesen till metanol är mycket selektiv till metanol, dvs det bildas endast en liten andel (ett par tiondels procent) biprodukter (högre alkoholer, aldehyder, ketoner, etrar och estrar).

Vatteninnehållet i råmetanolen ligger mellan 3-20% , beroende på råvara och processanläggningens detaljutformning. Efter destillation erhålls en nästan vattenfri metanol som innehåller mindre än 0,15% vatten.

Metanolkvaliteten är densamma oberoende av råvara.

Högre kvalitet används som råvara i kemisk industri och innehåller en ytterst liten mängd biprodukter. Det är knappast nödvändigt att uppnå denna höga kvalitet för metanol som skall användas som motorbränsle. Viktiga krav för motorbränsle är låg surhet (aciditet), ångtryck och vattenhalt.

Närmaste produktionsställen, där metanol produceras ur naturgas, ligger i Holland, England och Ryssland (nybyggnation pågår i Norge).

Restoljebaserade anläggningar finns i Europa. Stenkolsbaserade anläggningar finns i USA och Sydafrika. En brunkolsbaserad anläggning finns i Tyskland. I de olje- och kolbaserade anläggningarna bygger förgasningstekniken alltid på syreförgasning. Gasreningen är omfattande bland annat till följd av att råvarorna innehåller svavel och aska. Vidare kräver dessa råvaror ett så kallade

skift-steg i processen, dvs ett processteg där förhållandet mellan väte och koloxider regleras.

Ett omfattande utvecklingsarbete har utförts med torv och biomassa (cellulosa) som råvara för metanoltillverkning. Ingen kommersiell tillverkning med torv eller biomassa finns. Tekniken har dock provats i tyskt-finskt-svenskt samarbete och ledde till att en kommersiell förgasare byggdes i Finland 1988 (Koljonen 1993). Torv och biomassa är lättförgasade (reaktiva; kan förgasas vid relativt låg temperatur) och ligger närmast brunkol i förgasningsegenskaper. Olika utvecklingsprojekt, främst i Sverige och Finland, har lett fram till några olika utformningar av förgasaren. En demonstrationsanläggning i Värnamo använder förgasning av biomassa (ved) under tryck för att få gasbränsle för elgenerering via kombi-cykelteknik.

Moderna, energimässigt självförsörjande anläggningar för produktion av metanol ur naturgas, byggs för cirka 70% utbyte av energiinnehållet i den tillförda råvaran. Potentialen är cirka 80%. Nya anläggningar kan få litet överskott av el för försäljning.

För biomassabaserad metanolframställning i energimässigt självförsörjande anläggning har tidigare ingenjörstudier indikerat drygt 50% utbyte av energiinnehållet i råvarans torrsubstans med hetvatten för fjärrvärme som enda tänkbara biprodukt. En del studier (Katovsky 1993) anger högre utbytestal men är då baserade på högre värmevärde, vilket förklarar skillnad på drygt 3%-enheter.

3.3.2 Utveckling

Traditionellt, sedan 20-talet, har metanol producerats ur naturgas via omsättning till syntesgas med ånga (steam reforming) över katalysator i indirekt värmda tuber. I nyare teknik har syrgasförgasning, ev. i kombination med en mindre "tub-reformer", börjat användas emedan den leder till lägre totala kostnader.

Numera kan GHR (Gas Heated Reactor) tekniken användas för metanolproduktion, vilket innebär att man inte behöver använda tuber som invändigt är under betydligt högre tryck än utvändigt. GHR tekniken innebär i detta avseende både en teknisk och en ekonomisk fördel.

En ny anläggning för produktion av metanol ur naturgas byggs i Norge (Kollsnes). Anläggningen avser exploatering av naturgas från Trollfältet. Fler möjligheter finns andra landningspunkter för gas (Kårstö, befintlig; Tjeldbergodden, planerad för gas från Haltenbanken).

Naturgasbaserad metanoltillverkning förläggs i ökande grad till närheten av naturgaskällor, där naturgasen har ett lågt alternativt värde. Studier har även utförts för att undersöka möjligheten att placera tillverkningen ute till havs (offshore) och för att utnyttja mindre fyndigheter, som ej kan bära kostnader för rörtransport.

Beträffande utvecklingen av olje- och kolbaserade anläggningar för metanolproduktion är situationen rätt statisk. Emellertid har samma förgasningsteknik börjat användas även för elgenerering i kombi-cykel-anläggningar o d med anledning av högre elutbyten samt av miljöskäl.

Till följd av de omfattande utvecklingsarbeten som har utförts med torv och biomassa (trä) som råvara för metanoltillverkning, kan åtminstone en teknik betecknas som beredd för kommersiell demonstration.

En trefas syntesreaktor har utvecklats (Air Products). I denna är katalysatorn uppslammad i vätska. Denna syntesreaktor är energieffektivare än konventionella syntesreaktorer. Andra katalysatorsystem utvecklas för att kunna utföra syntesen vid lägre temperatur och tryck.

Ved och liknande material har nackdel att vara geografiskt spridda, voluminösa och ofta ha relativt hög fukthalt, vilket gör hanteringen vid transporter och i trycksatta anläggningar svårare än för andra bränslen. Förberedandet av råvaran är därför viktigt både för transporter och för hanteringen i fabrik.

En utspridd, voluminös råvara innebär höga transportkostnader, vilka måste vägas mot storleken på konverteringsanläggningen för att få optimala skal-effekter. Tidigare studier indikerar att anläggningen skall byggas relativt stor, vilket också passar drivmedelsmarknaden som är mycket stor.

3.3.3 Etrar

DME (dimetyleter) framställs, f.n. ca 150.000 t/år, genom dehydratisering (avskiljning av vatten) av redan producerad metanol



I ny storskalig produktion av DME kan dehydratiseringen integreras med metanolsyntesen (Topsöe 1995) för att ge DME som huvudprodukt med bibehållen selektivitet. Detta kan ske genom modifikation av katalysatorn, vilket demonstrerats i pilot plant. För renframställning av DME avskiljes och återföres ej omsatt metanol. För drivmedelsändamål räcker det om metanolhalten inte är över 10% för att inte tändvilligheten i en dieselmotor skall bli lidande. Tillverkningen kan då bli något billigare. DME kan framställas även från syntesgas från andra råvaror (kol, biomassa) men detta har ännu inte närmare studerats.

Verkningsgraden i DME-framställningen är några procent högre än för metanol, särskilt om en drivmedelskvalitet kan accepteras, och elöverskottet ökar till att motsvara ett par procent av produktens energi i en naturgasbaserad anläggning.

Det är även möjligt att modifiera befintliga metanolanläggningar för att ge DME som sidoprodukt.

DME är vid normalt tryck och temperatur en gas (kokpunkt -25°C) och måste därför hanteras under tryck, då den är i vätskeform. Hanteringen har stora likheter med den för propan och LPG (Gasol, flaskgas).

DMM (dimetoxymetan, en vätska med kokpunkt på $+42^{\circ}\text{C}$) framställs via formaldehyd (som framställs ur metanol) och har således en längre processväg. Detta innebär lägre energieffektivitet och högre kostnader.

MTBE, MTAE, ETBE, ETAE är exempel på en lång rad etrar, som kan framställas av en alkohol (metanol, etanol, propanol) och en isoolefin (isobuten, isopenten, etc), d.v.s. omättat kolväte med en grenad kolkedja. Dessa finns som biprodukter vid krackning av nafta för framställning av olefiner (eten, propen) som plastråvaror och vid krackning av tjocka oljor i raffinaderier. Tillgången av dessa är relativt begränsad men kan ökas om butaner, som främst finns som mindre sidoprodukt vid råolja- och naturgasutvinning, tas i anspråk som råvara. Dessa måste då först dehydreras och isomeriseras, vilket innebär en längre och dyrbarare processväg och förutsätter tillgång på billiga butaner.

Själva eterbildningen är en enkel reaktion över katalysator, som med god selektivitet ger eter med låg (2-3%) halt av biprodukter (TBA, diisobutan som kan lämnas i produkten vid drivmedelsanvändning).

Reaktionen förlöper vid låg temperatur ($<95^{\circ}\text{C}$) och måttligt tryck (<10 bar) och är svagt exoterm. Den kräver mycket litet ånga för uppvärmning och el motsvarande någon procent av produktens energiinnehåll. Eterframställning i ett raffinaderi ökar således energianvändningen mycket litet och motverkas av att krav på andra komponenters oktantal minskar.

Den begränsade tillgången på kolväteråvaran gör att etrar av denna typ knappast kan komma i fråga ens som självständigt nischdrivmedel. De har i stället funnit plats som högoktaniga icke-aromatiska oxygenatkomponenter i bensen för att minska dennas hälsoskadlighet (reformulerad bensen). I själva verket är kolvätetillgången så begränsad att den potential, som kan finnas för etrar som bensen, inte kan fyllas. Ytterligare användning av oxygenater i bensen måste ske genom direkt alkoholinblandning.

När bensen reformuleras, med etrar som ingående komponenter, ändras emissionernas sammansättning. Viktning visar minskad risk för cancerfall och minskad potential för oxidantbildning (ozon). Nya utvärderingar indikerar också en liten minskning av NO_x emissionen. Bioursprung och användning av bio-bränslen vid framställning medför minskad emission av växthusgaser.

Lagring av bensen som innehåller eter, i underjordiska lager på vattenbädd, i enlighet med nuvarande praxis, kan inte tillämpas. Bergrummen måste därför byggas om för torr lagring. Fullskaleprov kommer att behövas för att verifiera tekniken.

Etrar kommer att spela en nyckelroll i reformuleringen av bensen för att erhålla förbättringar för hälsa och miljö, vilket även eterframställningsprocesser i raffinaderierna kommer att göra. En helhetssyn ger vid handen att etrar bör gynnas före alkylater. Etrar utgör en bekväm väg för att introducera biobaserade komponenter.

MTBE har använts kommersiellt i bensen sedan 1973 och dess användning expanderar starkt för närvarande. Andra etrar såsom MTAE växer i volym. ETBE har redan passerat försöks- och marknads lanseringsstadierna. Ordinär fullskaleproduktion har påbörjats vid ett flertal olika anläggningar (Frankrike, USA). MTBE produceras i Sverige av Statoil i det petrokemiska komplexet i Stenungsund samt i Finland av Neste.

Scanraff har studerat eterproduktion vid raffinaderiet i Lysekil och har särskilt beaktat användning av bioetanol som råvara för ETBE och ETAE. En helt ny produktionsanläggning för ETBE (i raffinaderi), med en kapacitet om 50.000 t/år, kräver en investering om 170 miljoner SEK. Den kräver ca 23.000 t/år etanol. Användning av etanol i stället för metanol ökar investeringskostnaden med 10 - 15%. Användning av raffinaderiets hela olefinpotential för eterproduktion kan ge 120.000 t/år etrar och skulle kräva 54.000 t/år etanol.

Det möter inga hinder att använda alkoholer med bio-ursprung, som därigenom får en allmänt accepterad väg in i bensenpoolen för befintliga bilar.

3.4 Etanol

3.4.1 Nuläge

För närvarande sker storskalig produktion av etanol för drivmedelsändamål i Brasilien och USA. Produktion i mindre omfattning, för inblandning i bensen, förekommer även i många andra länder främst av politiska och importoljeberoende skäl.

Tillverkningen av motoretanol i Brasilien baseras praktiskt taget helt på socker från sockerrör och melass. Tillverkningen av motoretanol i USA är nästan helt baserad på stärkelse från majs, även om det finns anläggningar som använder spannmål (t ex vete) som råvara.

Principiellt sett kan etanol framställas på tre olika sätt, nämligen:

- Genom katalytisk hydratisering av eten.
- Genom förgasning av något kolhaltigt råmaterial och katalytisk syntes.
- Genom jäsning av enkla sockerarter som erhålles ur växter.

Katalytisk hydratisering av eten förekommer men är mest intressant för etanolframställning för andra ändamål än motorbränsle. Råvarubasen är härvid av fossilt ursprung emedan etenen härrör från krackning av nafta eller etan.

Metoden via förgasning och katalytisk syntes kan tillämpas på biomassaråvara. För motoralkoholproduktion uppnås högsta energieffektiviteten om man i syntessteget bildar metanol, varför denna metod är av underordnat intresse för etanolproduktion som avser motorbränsle, även om den kan vara billigare än den biokemiska vägen.

Den för motoretanol mest intressanta metoden är jäsning av enkla sockerarter som erhålles ur växter. Råvarupotentialen är stor. Möjliga råvaror kan indelas i tre kategorier:

- sockergrödor (sockerrör, sockerbetor),
- stärkelsegrödor (främst spannmål)
- lignocellulosa.

Inledningsvis behandlas råvaran för att frigöra de enkla sockerarterna. Därefter används jäst för att jäsa den enkla sockerarten hexos (med 6 kolatomer) till etanol. Slutligen separeras etanolen via destillation. En relativt vattenfri etanol erhålles genom dehydratisering som i regel bygger på tillsats av en tredje komponent som gör det möjligt att destillera av vattnet. I moderna anläggningar förekommer även molekylsikt för att avlägsna vatten och annan teknik provas.

Denna anläggning har under det senaste året byggts ut med rektifieringskapacitet för att tillgodose behovet av etanol till den svenska dryckesmarknaden. Vidare finns det en etanolanläggning utanför Kristianstad med vete som råvarubas. Produktionen är helt inriktad mot dryckesmarknaden.

Den svenska marknaden för drivmedelsetanol uppgår till ca 8 000 m³. Hela behovet tillgodoses för närvarande i huvudsak genom import av vinetanol från Spanien och Italien. Vinetanolen kommer från det överskottsvin som finns i Europa och som destilleras till etanol. Denna verksamheten är en del i den europeiska jordbrukspolitiken och är omgärdad av ett omfattande regelsystem.

I Sverige har genomförts projektering avseende etableringar av etanoltillverkning inom en snar framtid. Dessa potentiella anläggningar avser etanoltillverkning via jäsning av enkla sockerarter från spannmål. Kapaciteten är tänkt att vara av storleksordningen 50.000 m³/år. Anläggningarna avser även produktion av stärkelse och proteinfoder och kan färdigställas under en 3-årsperiod efter ett beslut om investering. Förutsättning för ett sådant beslut är att långsiktig skattefrihet ges för etanol som drivmedelskomponent.

En andra anläggningen för etanoltillverkning finns i Sverige och ligger i Lidköping. Råvaran till denna anläggning utgörs av spannmål (vete). Etanolen produceras via jäsning av enkla sockerarter som frigörs ur råvarans stärkelse. Anläggningen producerar etanol, stärkelse och proteinfoder. Etanolproduktionen är av storleksordningen 6.000 - 7.000 m³/år som för närvarande avses på dryckesmarknaden.

I Sverige pågår för närvarande projektering avseende en etablering av en etanoltillverkningsanläggning inom en snar framtid (färdig 1999 förutsatt att skattebefrielse av etanol för motordrift). Denna potentiella anläggning avser etanoltillverkning via jäsning av enkla sockerarter från spannmål. Kapaciteten är tänkt att vara av storleksordningen 50.000 m³/år. Anläggningen avser även produktion av stärkelse och proteinfoder.

3.4.2 Utveckling

Betydande utvecklingsarbete läggs nu ned på processer som kan utnyttja lignocellulosa som råvara för etanolproduktion. Lignocellulosa utgör en större råvarupotential än socker- och stärkelsehaltiga råvaror. Cellulosa är, i likhet med stärkelse, uppbyggt av polymerer av enkla sockerarter. Innan dessa enkla sockerarter kan jäsas till etanol måste de polymera molekylerna friläggas från skyddande lignin och brytas ned till enkla monomera sockerarter. Kemiskt sett innebär denna nedbrytning en hydrolys. Traditionellt har hydrolys av cellulosa utförts med starka mineralsyror. För att möta dagens krav på energiutbyte och produktionsekonomi utvecklas nya syrabaserade hydrolysförfaranden. Samtidigt pågår utvecklingsarbete för att med enzymer kunna utföra hydrolys av cellulosa. Enzymatisk hydrolys är ju redan den helt dominerande metoden för stärkelsehaltiga råvaror (främst majs och vete).

CASH - processen är en process som har utvecklats för framställning av etanol ur lignocellulosa, främst veden i trädrester och avfall som sågspån. Processen har utvecklats i samarbete mellan Canada (Bio-Hol), America (TVA) och Sverige och avser Hydrolys i 1 eller 2-steg med utspädd svavelsyra med efterföljande jäsning till etanol (SSEU 1991). Lignindelen av råvaran ger, sedan interna bränslebehov täckts, ett fastbränsle som stor biprodukt.

CHAP-processen (Concentrated Hydrochloric Acid Process) är en process som har utvecklats för framställning av etanol ur mycket cellulosarika råvaror, till exempel pappersavfall. Processen är baserad på hydrolys med stark saltsyra och ger högt etanolutbyte men är energikrävande (återvinning av syra, torkning av råvara) och ger ingen biprodukt i form av fastbränsle.

Utvecklingsarbeten bedrivs, bland annat vid LTH (Lund), för att möjliggöra kommersiell enzymatisk hydrolys av cellulosan (Hahn-Hägerdal 1993, Zacchi 1993). Denna biokemiska väg innebär en skonsammare men långsammare nedbrytning. Riskerna för sidoreaktioner och sockerförluster minskas varför sockerutbytet förbättras. För att ge enzymerna stor angreppsytta måste vedråvaran förbehandlas. Enzymåtgången, som är en viktig ekonomisk faktor, är ännu allt för hög. Utvecklingsarbetet inriktas på att hitta metoder för att från en mindre del av råvaran framställa behövliga enzymer.

Andra utvecklingsvägar är användning av vissa bakterier för både hydrolys och förjäsning till etanol (Lycksell 1994). Dessa metoder är dock ännu på grundforskningsstadiet, och tekniska problem kan förväntas vid avskiljningen av

bakterierna och vid koncentrationen av etanolen, då bakterierna inte tål höga etanolhalter vid jäsningsen och är känsligare för störande gifter och infektioner.

Lignocellulosa består dels av cellulosa, som huvudsakligen ger hexoser vid hydrolysen, dels hemicellulosa, som ger stor andel pentoser (sockerarter med 5 kolatomer). Hemicellulosahalten är låg i barrved men hög i bark och lövved. Traditionellt kan man endast kunna förjása hexoser, varför barrved har föredragits som råvara i nuvarande lignocellulosabaserade etanolprojekt även om den är mer svårhydrolyserbar än lövved. För att få acceptabel ekonomi, särskilt med lövved och liknande som råvara, är det oundgängligt att höja utbytet av etanol genom förjäsning även av pentoserna eller omforma dem till med jäst förjäsningsbara sockerarter. Forskning görs för att möjliggöra detta och den väg som valts i Lund (Hahn-Hägerdal) är att modifiera jäst med enzymesystem från andra jästarter med pentosjäsningsförmåga. Därigenom kommer även pentoserna kan utnyttjas i framtida (<10 år) anläggningar.

De olika stegen i processen börjar nu bli väl kartlagda men för slutföra utvecklingsfasen behövs en fullständig, kontinuerligt arbetande pilotanläggning med slutning av processen genom återföring av strömmar. Det finns i Sverige inga konkreta planer på att uppföra en pilotanläggning. Ett förslag har lagts att i ett europeiskt samarbete utnyttja en befintlig anläggning, nu i malpåse i Frankrike.

Ingeniörsstudier över CASH-processen (SSEU 1991) med barrved som råvara indikerar ett av ca 25% av råvarans energiinnehåll som etanol men då finns också en biprodukt (fastbränsle) som i överskott utöver anläggningens egna energibehov motsvarar ca 30% i energitermer. Den enzymatiska processvägen bedöms kunna ge 30% högre etanolutbyte men lägre utbyte av fastbränsle (Zacchi 1993).

I amerikansk litteratur görs mer optimistiska bedömningar baserad på utvecklad teknik, bl.a. innefattande pentosjäsningsen. I USA har också en pilotanläggning byggts och drivits men informationer därifrån finns inte tillgängliga.

3.4.3 Etrar

Motsvarigheten till DME på etanolbas är DEE, dietyleter, som är en vätska med kokpunkt på +32°C. Den är det tidigare vid kirurgi använda bedövningsmedlet eter och har en stark lukt och kan knappast komma i fråga som självständigt drivmedel.

Etanolbaserade, i stället för metanolbaserade, etrar som bensinkomponenter i form av ETBE och ETAE är mycket goda sådana. De framställs som beskrivits ovan.

3.5 RME

Den vanligaste oljeväxten i Sverige är raps, som ger frön med 43-45% innehåll av vegetabilisk olja. Denna kan enkelt utvinnas genom pressning och renas genom sedimentering av slam, men för att höja utbytet kan pressningen utföras varmt (men på bekostnad av ånginsats). Ändå högre utbyten erhålles vid industriell tillämpning genom att extrahera fröresterna med ett lösningsmedel (hexan). Restprodukten (expeller), ca 2 kg per liter rapsolja, används som proteinfoder eller som gödningsmedel.

Vegetabiloljor är estrar, en förening mellan alkoholen glycerol och tre fettsyror med långa kolvätekedjor (16-18 kolatomer), som till stor del är omättade. Den råa oljan är för trögfluten (hög viskositet) och instabil som drivmedel och stelnar strax under rumstemperatur. De måste renas och omvandlas genom omförest-ring med metanol eller etanol till en ester med en fettsyra, rapsfröoljemetyl-/etylester (RME resp.REE). Dessa har acceptabel viskositet men stelningstemperaturen är för hög för extrem vinteranvändning. Glycerol blir en biprodukt vars avsättning på marknaden av kvalitetsskäl kan vara problematisk i konkurrens med syntetisk glycerol.

För att få låg fosforhalt i produkten bör ett förbehandlingssteg innebärande avlägsnande av fosfolipider användas. Oljans svavelhalt måste också uppmärksammas om katalytisk avgasrening skall användas.

Drygt 60% av rapsfrönas energiinnehåll kan erhållas som RME och cirka 33% som foderprodukt. För odling, transporter och omvandling görs energiinsatser, som är knappt hälften av RMEs. Vid odlingen är energiutbytet i rapsfrön (rapshalmen, som ej tillvaratas, oräknad) ca tre gånger energiinsatsen i form av fossila insatsvaror och drivmedel.

3.6 Summering av utbyten och verkningsgrader

Vid angivande energiverkningsgrader i anläggningar för drivmedel från olika råvaror har förutsatts att dessa skall vara energimässigt självförsörjande, det vill säga inte behöva utifrån tillfört bränsle eller el utan basera behoven enbart på råvaran och interngenererad el eller el genererad vanligen i biobränsleeldat kraftverk (vilket antas bli det gällande för ny el). Detta representerar generella fall utan hänsyn till speciella förhållanden på något ställe och bör användas för att vara vägledande på lång sikt.

Själva produktionsanläggningen skall också ses som del i en hel kedja från råvara till slutprodukt och energiinsatserna i hela kedjan skall beaktas. Det är då viktigt att förutsättningarna (typ av energi, teknikval, etc) klart anges.

Härvid har kreditering för biprodukter, som kan användas som bränsle, gjorts med deras energiinnehåll och efter allokering av energianvändning till processtegen för resp. produkts framställning. För produkter som är foder- eller

gödningsprodukter har kreditering skett efter användningen av fossilenergi för de produkter som ersätts. (För RME finns nyare och mer fullständiga data i ref. Celsius 1994.)

Med fossila råvaror (råolja, naturgas) blir resursförbrukningen naturligtvis mer eller mindre högre än energiinnehållet i drivmedlet. Med bioråvaror kan den fossila resursförbrukningen i hela kedjan vara mycket låg. Vid odlingen bindes solenergi i biomassan i en mängd som kan vara 20-30 gånger insatt fossil energi. Vid omvandlingen till drivmedel blir dock utbytet (i energitermer) ofta lågt, 20-60%, då biomassa är en vätefattig råvara och processvägen till färdigt drivmedel är lång. Energiomsättningen blir då relativt hög i förhållande till drivmedelsproduktionen, men denna är i de bästa fallen ändå 5-10 gånger högre än insatt fossil energi i hela kedjan.

För att bedöma slutresultatet i form av lika utfört transportarbete måste också motorns/fordonets verkningsgrad införas. I tabell 3.1 visas detta för de alternativa drivmedlen i personbil och stadsbuss i förhållande till insats för bensindrift respektive dieseloljedrift. Insatsen av fossil energi i biodrivmedelskedjorna multipliceras (föregående stycke) genom fotosyntesen till att ge flera gånger så mycket drivmedelsenergi. I teorin kan biokedjorna vara praktiskt taget utan insats av fossila resurser, då gödningsmedlen också produceras från bioråvara eller kreditering för biprodukt- gödningsmedel kan erhållas. Detta indikeras för lucern-biogaskedjan, emedan grödan/råvaran binder kväve från luften. Extensivt odlad biomassa som råvara för metanol och etanol ger mycket höga tal genom låg energiinsats i form av gödningsmedel och motorbränsle i skogsbruket.

Tabell 3.1.

Energieffektivitet - transportarbete¹⁾ för olika alternativ i förhållande till fossil energiinsats i hela kedjan och jämfört med bensindriven personbil resp. dieseloljedriven stadsbuss

drivmedel	råvara process bränsle	personbil	stadsbuss
Bensin	råolja	1	--
Dieselolja	råolja	--	1
Biogas	lucern, biogas	(netto ingen fossil energiinsats)	
Etanol	trädstrest; CASH	17	14
Metanol	trädstrest	12	10
Vätgas	vattenkraft	8,3	--
Metanol	Salix	7,5	6,3
Etanol	Salix; enzym	6,1	5,2
Etanol	vete; halm	5,6	4,8
Biogas	lucern, fossil	4,4	3,5
RME	biogas	--	3,4
RME	fossil	--	2,5
Etanol	vete, fossil	1,2	1,1
Propan	råolja	1,1	0,9
Naturgas	naturgas	1,2	0,9
El	naturgas	1,8	0,9
Metanol	naturgas	0,9	0,8
Vätgas	naturgas-el	0,3	--

1) För bensindriven personbil är förutsättningen att 15% av drivmedelsenergin blir nyttiggjort som transportarbete och för dieseloljedriven buss 30%.

4 MILJÖ- OCH HÄLSOFRÅGOR

Hälsoaspekter rör dels arbetsmiljön vid råvaruutvinning, drivmedelsproduktion och hantering, dels effekter för allmänheten som följd av försämrad luftkvalitet genom utsläpp vid användningen. Miljöaspekter är av flera slag genom utsläpp till luft, vatten, mark (försurning, kväveövergödning, växtpåverkan och -skador, växthuseffekt). Härtill kommer effekter av förändrad markanvändning, som kan bli påtaglig vid systematiskt utnyttjande av biomassa som råvara.

Arbetsmiljöaspekten behandlas inte här då den dels knappast förändras negativt vid övergång till de alternativa drivmedlen (förutom att fler personer kommer att arbeta med råvaruproduktion), dels täcks av gällande lagstiftning.

4.1 Utsläppeffekter från källa till användning

4.1.1 Utsläpp

Slutanvändningen av drivmedlen, d.v.s. bilavgaserna, dominerar i de flesta fall i kedjan, vilket innebär att hälsoproblem främst finns i tätorter. Data över utsläpp från fordon för alternativa drivmedel finns från provningar av prototyp- och förproduktionsfordon och från uppföljningar av dessa i demonstrations-verksamhet. För lätta fordon är det i huvudsak data från USA med FFV-fordon och för tunga fordon data från bussprovningar i Sverige. Data finns tidigare sammanställda i flera rapporter (KFB1994, Nutek/KFB 1994, Nutek/KFB 1995c, CRC 1994, CRC 1995, Ecotrafic 1995, ARCO, 1995, Gabele 1990, SL 1993; Referenser i hela detta avsnitt finns i rapport till Alternativbränsleutredningen ABU, Maj 1996).

Svårigheten i jämförelser med fordon för bensen och dieselolja ligger i att mätningarna är gjorda för fordon av olika mognadsgrad och med relativt få provade fordon. Därvid erfares ofta att skillnader mellan olika fordon och fordon från olika tillverkare är stora, vilket försvårar jämförelsen mellan olika drivmedel. I FFV kan direkt jämförelse mellan bensen- och alkoholdrift av samma motor ske. Generellt kan sägas att certifierade fordon/motorer för alternativa drivmedel ofta uppfyller avgaskraven för lågemissionsfordon med lägre tillåtliga utsläpp än dagens i två steg med början 1996, (LEV, low emission vehicle, ULEV, ultra low ...), på vissa punkter med god marginal (det bör noteras att de högsta svenska avgaskraven, miljöklass 1-fordon, motsvarar sämsta klass i USA, TLEV, transitional low ...).

Tillgängliga mätdata kan bedömas/sammanfattas enligt följande:

- Kväveoxidutsläpp från alkoholdrivna dieselmotorer är avsevärt lägre än vid dieseloljedrift och med lägst värde för metanol. Metangasdrivna fordon (lean burn-ottomotor) har i uppföljningar nått nära lika låga värden som för etanol men ej motorlab-data. I lätta FFV-fordon med trevägs-katalysator blir kväveoxidutsläppen lägre ju högre alkoholhalten i bränslet är. RME-drivna dieselmotorer har mestadels uppvisat högre utsläpp jämfört med dieselolja.
- Ozonbildande, reaktiva organiska ämnen släpps ut minst från metangasdrivna fordon, följda av metanoldrivna och därefter etanoldrivna. Åtminstone de två förstnämnda ger lägre sammanvägd reaktivitet än bensen och dieseloljedrivna fordon. RME-drift synes inte leda till någon förändring härvidlag.
- Cancerriskämnen (PAC, partiklar, bensen, olefiner, aldehyder) släpps med de alternativa drivmedlen ut i väsentligt mindre grad än med bensen och

dieselolja. Metangas har praktiskt taget inga sådana utsläpp och även för metanol och etanol är de sammantaget kraftigt reducerade trots högre aldehydutsläpp. RME är fritt från PAH och har låga halter av dessa i avgaserna, som ändå visar kvarvarande biologisk aktivitet vid provning (orsak okänd), och de gasformiga ämnena påverkas föga.

- Av växthusgaser är för koldioxiden dess ursprung givetvis den viktiga frågan jämte typ av hjälpbränsle (fossilt, bio-) vid framställningen. För fordonsavgaser dominerar koldioxidutsläppen kraftigt och metanutsläppen är högre för alternativdrivmedlen bara för naturgas/biogas. Dikväveoxid är den tredje aktuella växthusgasen i avgaser och den finns i högre halt i fordon med trevägs-katalysator, men om detta även gäller alkoholer och metan är oklart. Dieselmotorn ger mycket låga utsläpp. Biobaserade drivmedel kan sammantaget ge mycket kraftig reduktion av utsläpp av växthusgaser, som leder till ökning i atmosfären.

4.1.2 Effekter

Diskuterade alternativa drivmedel är praktiskt taget svavel- och kvävefria och utsläpp av försurande ämnen vid produktion är relativt låga men högre än vid den konventionella framställningen av bensen och dieselolja ur råolja, då kedjan helt naturligt innefattar fler och längre gående omvandlingssteg. Den totala försurningseffekten bestäms således av möjligheten till låga utsläpp av kväveoxider vid fordonsdriften.

Lägsta utsläpp för befintliga system är de som använder katalytisk, 3-vägs avgasrening vid ottomotorer (förutsatt att körmönstret är sådant att katalysatorn är i funktion; detta är som bekant inte fallet omedelbart efter kallstart, förrän katalysatorn batterielektriskt förvärmats). Kväveoxidutsläpp på 0,1 g/km kan nås med lätta fordon, vilket uppfyller krav på mer än 90% reduktion. Motoralkoholer har viss fördel av att de har lägre flamtemperatur och därigenom får lägre kväveoxidbildning.

Med motorer som arbetar med luftöverskott (dieselmotorer) är katalytisk kväveoxidreduktion i dag inte möjlig utan låga utsläpp nås genom att luftöverskottet ger "kall" förbränning, dock utan att komma ned till katalytreningsresultat. Möjlig nivå bestäms av hur magert drivmedlet kan säkert förbrännas, men utnyttjandet av detta kan komma i konflikt med önskan om hög motoreffekt. Lägsta kväveoxidutsläpp vid motorcertifieringar har mätts vid metanol-drift och vid metangasdrift (2 g/kWh jämfört med nu gällande krav på 7 g /kWh), men verifieringar genom uppföljningar av fordon i verklig användning (Nutek/KFB 1995 c) är ännu bristfälliga. Det är önskvärt att minska utsläppen till nivån 1 g/kWh för att nå lika låga utsläpp per personkm motsvarande personbilskraven.

Av nya drivsystem har gasturbindrift potential till utsläpp på ned till en tiondel av dieselmotorns, och bränslecellen har potential för nollutsläpp av kväveoxider. Detta ger metanol / etanol bästa potential som alternativt drivmedel.

Ozonbildning leder till både växtskador (inkl. försämrad tillväxt) och hälsoeffekter för människa, vilket föranlett gränsvärden för ozonhalt i luft. Dessa är lägst för inverkan på växtlighet. Ozonbildningen sker genom den samtidiga förekomsten av kväveoxider och oxiderbara organiska ämnen i luften under inverkan av solstrålning. Den är därför högst sommartid och bestäms av de relativa halterna av kväveoxider och organiska ämnen. Förenklat uttryckt kan sägas att ozonbildningens utbredning bestäms av tillgången av kväveoxider och haltnivån av tillgången på organiska ämnen och deras reaktivitet.

Olika ämnen skiljer sig avsevärt härvidlag med metan som det minst reaktiva och lätta olefiner och vissa aromater i bensen som de mest reaktiva. I avgaser är gasformiga olefiner (eten, propen, butener) och aldehyder de mest reaktiva. Metan (naturgas, biogas) medverkar minst för den lokala ozonbildningen (men väl för bakgrunds-nivån) och därefter kommer metanol. Dessa båda har som nämnts också god potential för lägsta utsläpp av kväveoxider.

Katalytisk, 3-vägs avgasrening i funktion ger mycket låga utsläpp av organiska ämnen och de mest reaktiva reduceras lättast, medan metan och bensen som mest stabila ämnen är svårast att reducera. Resthalter vid framtida krav (ULEV; <0,025 g/km) är möjliga att uppnå med lätta fordon. Vid dieselmotorer kan oxidationskatalysator användas för reduktion av organiska ämnen, men deras vanligen lägre avgastemperaturer gör att man måste vara uppmärksam på katalysatorns arbetstemperatur och ev. vidta åtgärder för att upprätthålla denna.

Även om resthalterna är låga är det inte oväsentligt hur sammansättningen av dem är för ozonbildningen. Metangasdrivna fordon kan jämfört med bensindrift ge lägst ozonpotential följd av metanol och etanol även om de senares avgaser innehåller reaktiva aldehyder. Dieselmotorernas avgaser håller relativt sett hög andel olefiner, aromater och aldehyder med en sammanlagd högre ozonpotential än vid alkoholdrift förutom högre kväveoxidutsläpp.

Åtminstone en del av biobaserade drivmedels fördelar kan förloras om utsläpp i produktionsledet genom direkt biomassaeldning tas med. De kan vara högre än i kedjan från råoljebaserade drivmedel men är dåligt utredda. Även utsläpp av organiska ämnen från utökad trädodling bör uppmärksammas.

Cancerrisker genom trafiken uppskattas från utsläpp av partiklar med PAH/PAC och gasformiga ämnen som bensen, 1,3-butadien, olefiner och aldehyder ("air toxics"). Inget av de alternativa drivmedlen är i sig carcinogent (i motsats till bensen med bensen och dieselolja med PAH) och ger vid förbränning inga rester av bensen eller PAC. Karakteristiskt för motoralkoholer är i stället förhöjda utsläpp av enkla aldehyder, formaldehyd med metanol och form- och acetaldehyd med etanol, som också ger något eten. Metangas ger endast spår av formaldehyd, medan naturgas ger något eten som följd av innehållet av etan och propan i gasen. Aldehydutsläppen måste hållas under kontroll genom den katalytiska avgasreningen.

Alla ämnen ger dock inte samma risk för cancer utan deras potens är olika och har kommit till uttryck i vägningstal som måste användas för att kunna jämföra risken med olika drivmedel. Den slutsats, som dragits i USA, att alkoholer och framför allt metangas ger avsevärt lägre risk än bensen och dieselolja grundas på vägningstal, som återges i tabell 4.1 för gasformiga ämnen (för partiklar och PAC görs separat bedömning). Tyvärr finns ingen enighet om vilka vägnings-talen bör vara, vilket tabellen visar. Klart synes vara att butadien innebär högsta risk och acetaldehyd lägsta medan meningarna går isär om formaldehyd. Olefinaserna eten och propen beaktas för närvarande inte i USA.

Tabell 4.1 Relativa cancerrisker (bensen = 1)

Bedömare * Ämne	US EPA	CARB	CAPCOA	"Sverige"
1,3-butadien	34	6	10	8
bensen	1	1	1	1
formaldehyd	1,6	0,2	0,45	3
acetaldehyd	0,27	0,1	0,1	-
eten	-	-	(5) ^o	2
propen	-	-	(0,2) ^o	0,3

^o beräknas som 5% av data för motsvarande epoxider

* US EPA: US Environmental Protection Agency
 CARB: California Air Resources Board
 CAPCOA: California Air Pollution Control Officers Assoc.
 "Sverige": Ehrenberg, Törnqvist, Strålningsbiol. inst, Sthlms universitet

Naturvårdsverkets i Sverige bedömning är att beräknad cancerrisk för allmänheten genom förorenad luft i tätorter är minst 10 gånger högre än acceptabelt, och detta är bakgrund till kravet att utsläpp av cancerriskämnen skall reduceras med minst 90%. Främsta måltavlan är då motoravgaser och eldning av tjocka oljor och fasta bränslen, särskilt vedbränslen p.g.a. de eldstäder som används småskaligt.

Utsläppen av cancerriskämnen i råvaru- och produktionsleden bedöms vara betydligt lägre än vid slutanvändningen med bidrag från biobränsleeldning som möjligt frågetecken.

Akuta hälsorisker i form av luftvägssjukdomar, allergier och astma, som visat en kraftigt stigande trend, förknippas också med utsläpp av ämnen som finns i eller bildas av bilavgaser, kvävedioxid, ozon, aldehyder, partiklar. De påverkas av de alternativa drivmedlen sammantaget i gynnsam riktning som berörts ovan. Lägre riktvärden än f.n. för ozon och fina partiklar i luft kan förväntas med ledning av nya rön om hälsopåverkan i epidemiologiska studier.

Växtskador sker direkt genom förekomst svavel- och kväveoxider och ozon i luften samt indirekt genom förurning av mark, som är mest markant för skogsmark. Förändringar i gynnsam riktning genom de alternativa drivmedlen har diskuterats ovan.

Växthuseffekten påverkas framför allt genom utsläpp av fossil koldioxid och är därigenom huvudsakligen en fråga om drivmedlens råvaruursprung. Biobaserad metan (biogas) och alkohol kan ge minst 80% lägre utsläpp av växthusgaser, som praktiskt taget helt sker i råvaru- och produktionsleden. En given förutsättning är att energianvändningen vid produktionen är baserad på biomassa, då annars hela minskningen omintetgörs, vilket är fallet med den på majs baserade produktionen av etanol i USA.

I hela kedjan måste även utsläpp av andra kraftfulla växthusgaser, framför allt metan och dikväveoxid, beaktas (Ecotraffic 1992). Ingen av i dag eller på rimlig sikt realiserbara drivmedelskedjor har eller kan få nollutsläpp av växthusgaser på grund av dessa ämnen. Även om metanutsläppen vid metangasdrift är relativt sett höga är det för biogas viktigast att diffusa utsläpp vid produktion hålls nere. Katalysatorbilar ger i dag små utsläpp av dikväveoxid, vilka dock är en liten källa i jämförelse med andra och kanske kan (och bör) minskas genom utvecklingsarbete.

Det bör också noteras att växthusgasutsläpp vid användning av väterik naturgas som sådan eller som råvara för metanol inte är högre utan snarare lägre än för bensin och dieselolja från råolja.

4.1.3 Summering

Summering av de valda alternativa drivmedlens hälso- och miljöegenskaper görs i tabell 4.2 i en jämförelse med dieseloljedrift och i tabell 4.3 med bensin. För genomslag av drivmedlen blir slutsatsen att alkoholerna, trots att metan medför lägsta hälsorisker, ger bästa utsikter för förbättrad hälsa och miljö. Naturgas och biogas bör dock vara en intressant nisch att till fullo utnyttja.

Tabell 4.2.

Bedömd relativ* inverkan av olika drivmedel för tunga fordon på hälso- och miljöeffekter

Drivmedel ¹	Fossil energi- användning (hela kedjan)	Försur- ning ²	Hälsa, akut ³	Hälsa, kronisk ⁴	Ozon- potential ⁵	Växthus- potential ⁶
Diesellojla mk1	0	0	0	0	0	0
Biogas	++	++	++	++	++	++
Naturgas	0	++	++	++	++	0
Biometanol	++	++	+	+	++	++
Metanol från naturgas	-	++	+	+	++	0
Bioetanol	++	+	+	+	+	++
RME	+	0	0	0?	+	+

*) 0 för diesellojla, + bättre än, ++ betydligt bättre än, - sämre än,

¹) Värdena gäller för fordon som är utrustade med en katalysator som reducerar utsläppen av kolväten och kolmonoxid

²) Kväve och svaveloxider, lokalt och i hela kedjan

³) CO, kväve- och svaveloxider, partiklar lokal (luftkvalitetsriktvärden), aldehyder

⁴) PAC, bensen, gasformiga olefiner, form- och acetaldehyd (sammanvägda)

⁵) Organiska ämnen (VOC /vägda/), CO, NO_x

⁶) CO₂ (fossil), CO metan dikväveoxid (N₂O), VOC och NO_x (vägda)

Emissioner från olika drivmedelsanvändning ger upphov till skilda miljö- och hälsoeffekter. Naturgas och biogas ger vid förbränning upphov till lägre utsläpp av reaktiva och toxiska kolväten jämfört med diesellojledrift och alkoholdrift. Användningen av alkoholer som drivmedel ger i sin tur upphov till mindre reaktiva och toxiska kolväten än vad diesellojla gör. De biobaserade drivmedlen ger upphov till lägre växthuseffekt än vad de fossilbaserade gör.

Tabell 4.3.

Bedömd relativ* inverkan av olika drivmedel för personbil på hälso- och miljöeffekter

Drivmedel ¹	Fossil energi- användning (hela kedjan)	Försur- ning ²⁾	Hälsa, akut ³⁾	Hälsa, kronisk ⁴⁾	Ozon- potential ⁵⁾	Växthus- potential ⁶⁾
Bensin mk2	0	0	0	0	0	0
Biogas	++	-	++	++	++	++
Naturgas	+	0	++	++	++	+
Biometanol	++	-	+	+	++	++
Metanol från naturgas	0	-	+	+	++	0
Bioetanol	++	-	+	+	+	++

*) 0 för bensin, + bättre än, ++ betydligt bättre än, - sämre än,

¹⁾ Värdena gäller för fordon som är utrustade med en trevägs katalysator, som reducerar utsläppen av organiska ämnen, kolmonoxid och kväveoxider

²⁾ Kväve och svaveloxider, lokalt och i hela kedjan

³⁾ CO, kväve- och svaveloxider, partiklar lokal (luftkvalitetsriktvärden), aldehyder

⁴⁾ PAC, bensen, gasformiga olefiner, form- och acetaldehyd (sammanvägda)

⁵⁾ Organiska ämnen (VOC /vägda), CO, NO_x

⁶⁾ CO₂ (fossil), CO metan dikväveoxid (N₂O), VOC och NO_x (vägda)

Emissioner från olika drivmedelsanvändning ger upphov till skilda miljö- och hälsoeffekter. Naturgas och biogas ger vid förbränning upphov till lägre utsläpp av reaktiva och toxiska kolväten jämfört med bensindrift och alkoholdrift. Användningen av alkoholer som drivmedel ger i sin tur upphov till mindre reaktiva och toxiska kolväten än vad bensin gör. De biobaserade drivmedlen ger upphov till lägre växthuseffekt än vad de fossilbaserade gör, medan biobaserade alkoholer i tillverkningsledet med nuvarande teknik ger högre kväveoxidutsläpp.

4.2 Miljö- och markanvändning

För ny markanvändning och nya grödor med höga avkastningar i form av biomassaenergi (kemiskt bunden solenergi) måste målet vara att ytterligare miljöstörningar undviks och helst leda till berikande av tidigare utarmade skogs- och jordbrukslandskap.

Det övergripande målet är att utnyttjande av mark och vatten skall

- ses som led i en långsiktig hushållning,
- ske på ett sätt att rik variation av naturtyper, biotoper och arter kan bibehållas (biologisk mångfald, bibehållande av naturens genbank),
- naturligt förekommande arter bevaras i livskraftiga bestånd och
- ge möjligheter till rekreation och friluftsliv i ett varierat landskap.

(SNV-MaTs 1994)

5 UTVECKLINGEN I VÄRLDEN AV ALTERNATIVA DRIVMEDEL

5.1 Allmänt

Alternativa drivmedel har använts eller används för närvarande i en rad olika länder. Beroende av land varierar utbytet. Orsakerna till de olika valen av drivmedelsalternativ har också varierat över tiden allt ifrån energiförsörjning, minskad oljeimport, övergång till inhemsk råvara till drivmedlens fördelar ur miljö- och hälsosynpunkt.

5.2 USA

I USA är för närvarande motorgas det största alternativa drivmedlet. Vad gäller vätskeformade alternativa drivmedel har USA valt att koncentrera sig på alkoholer och då i första hand på metanol.

I USA påverkas utvecklingen av alternativa drivmedel i hög grad av de lagar och förordningar som styr dessa frågor. Detta gäller allt från

- * Standard på luftkvalitet
- * Krav på inblandning av oxygenater i bensin
- * Krav på visst antal fordon drivna med alternativa drivmedel i större fordonsflottor
- * Emissionkrav på fordon
- * Krav på minsta försäljning av fordon som uppfyller vissa krav

Tidigare försök att genom relativt omfattande subventioner få igång en produktion av etanol för fordonsdrift har inte lett några större framgångar. Etanolproduktionen motsvarar idag ca en procent av den totala drivmedelsmarknaden. Trots en mycket effektiv produktion av majs krävs fortfarande efter 10 års produktion subventioner för att göra bioetanolen konkurrenskraftig gentemot bensinen.

I USA har under senaste åren startat ett omfattande program för forskning, utveckling, demonstration i syfte att få igång en större användning av biobaserade drivmedel. För att biodrivmedel skall få en möjlighet att etablera sig på marknaden krävs att en eller flera av följande händelser inträffar

- * Förbättring av teknologi för att odla biomassa och konvertera denna till drivmedel
- * Höjningar av de idag låga priserna på bensin och dieselolja
- * Acceptans av fördelar beträffande CO₂ och minskad oljeimport vid användning av biobaserade drivmedel

Så länge de nya drivmedlen förblir dyrare än konventionella kommer de inte kunna införas i någon större omfattning. Det är inte politiskt gångbart i USA att föreslå höjningar av drivmedelsskatter eller införa andra restriktioner för bilåkandet.

Under senaste tiden har bränsleceller fått en allt ökad uppmärksamhet inte bara i USA utan även i Europa och Japan. I flera av de forskningsprogram som pågår ser både industrin och myndigheterna bränsleceller som en potentiell teknologi som kan ersätta förbränningsmotorn på lång sikt. De främsta fördelarna med bränsleceller med förbränningsmotor är att

- bränslecellen har bättre verkningsgrad
- ett fordon drivet på bränsleceller emitterar mycket låga halter föroreningar
- till miljö- och hälsoproblemen relaterade luftföroreningar reduceras drastiskt
- försörjningstryggheten säkras
- möjligheter finns att driva bränsleceller på förnybara energikällor vilket innebär att det är en långsiktigt transportteknologi

Trots lovande utvecklings- och testprogram återstår fortfarande en del barriärer att övervinna.

5.3 Brasilien

Brasiliens valde för ca 20 år sedan en satsning på etanol som ett alternativ till bensin. Förutom frågan om energiförsörjning genom egen produktion var också frågan om att få avsättning för delar av den egna sockerproduktionen.

Satsningen har skett på såväl inblandning i bensin (22% etanol i bensin) som ren etanol som drivmedel. I början av satsningen såldes i stort sett bara personbilar avsedda för drift med ren etanol. Idag är försäljningen i stort sett nere under 5% av nybilsförsäljningen. Idag körs personbilar antingen på ren etanol eller etanol som inblandningskomponent i bensin.

Det största problemet med etanolsatsningen i Brasilien har varit att balansera tillgång och efterfrågan på såväl fordon som drivmedel.

5.4 Europa

I Europa har satsningen på alternativa drivmedel varit främst på CNG, etanol och RME. Inget av alternativet har hitintills uppnått att omfatta några större volymer. I Frankrike sker satsningarna på etanol och RME. Inblandning av ETBE och även etanol i bensin samt RME i dieselolja är idag etablerad teknik i Frankrike. Erfarenheterna att införa biodrivmedel i Frankrike har varit så goda att man nu satsar på att obligatoriskt införa RME i dieselolja och ETBE i bensin från år 2000. En huvudförutsättning är därvid befrielse från drivmedelsskatt. I

Frankrike strävar man efter att redan från början involvera näringslivet i biodrivmedelsprogrammet samt att söka internationellt samarbete i syfte att bli minskade kostnaderna.

Inom EU har det diskuterats att ersätta 5% av Europas fossila drivmedel med biodrivmedel till år 2005. En av förutsättningarna är att det måste införas skattelättnader för biodrivmedel samt att satsning sker på forskningsresurser för att förbättra biodrivmedlens konkurrensförmåga.

6 OMVÄRLDSFAKTORER SOM HAR STYRT UTVECKLINGEN

6.1 Ändliga resurser

Det största intresset för och behovet av alternativa drivmedel hänger nära samman med utvecklingen på den internationella oljemarknaden. Av grundläggande betydelse är att oljan så småningom kommer att bli en alltför knapp och dyrbar vara för att kunna brännas upp i eldningsanläggningar för värme- eller elkraftsproduktion eller för fordonsdrift.

En rad olika uppskattningar om världens råoljetillgångar har presenterats. Uppgifterna kan variera med hänsyn till att definitiva metoder saknas för att fastställa hur mycket olja som finns i olika oljefält som med dagens teknik är lönsamt att utvinna. Med nuvarande utvinningstakt och prognostiserad förbrukning beräknas, enligt OECD, reserverna räcka i storleksordning 40 år. Den beräkningen bygger på dagens kända utvinningsbara tillgångar vilka dock kan utökas genom prospektering.

6.2 Transportutveckling

Antal motorfordon har ökat kraftigt sedan andra världskriget. Såväl persontransporter som godstransporter uppvisar en stadig ökningstakt från år till år. Enligt olika bedömare har vi inte ännu nått någon topp i ökningstakten utan vi kan förvänta oss en fortsatt årlig ökning både inom OECD länderna och inte minst i 3:e världen.

6.3 Miljöhot

Miljöhot där transportsektorn orsakar betydande påverkan är växthuseffekt, försurning, övergödning, marknära ozon, inverkan av svårnedbrytbara organiska ämnen, buller och intrång. Koldioxidutsläppen från trafiken har ökat under de senaste åren. I samband med de världsomfattande ansträngningarna att

bekämpa klimatförändringar har olika länder förbundit sig att senast år 2000 stabilisera koldioxidutsläppen till 1990 års nivåer.

6.4 Bränsleeffektivitet och EG-direktiv

Under 1970-talet och till mitten av 1980-talet fanns det en tydlig tendens till bränsleeffektivitet och därmed en lägre bränsleförbrukning per kilometer. Därefter har det i princip inte gjorts några större framsteg.

Inom OECD länderna pågår olika program för att införa strängare normer för giftiga fordonsutsläpp. Inom EU pågår t ex arbete med att ta fram bindande direktiv för utsläppsnormer och bränslespecifikationer som skall träda i kraft år 2000 och 2005. Syftet är att på detta sätt minska luftföroreningsproblemen och uppnå de uppställda målen för luftkvalitet. Inom EU-kommissionen pågår vidare diskussioner om att införa krav på genomsnittliga bränsleekonomimål på 5l/100 km för nya bensindrivna bilar resp 4,5l/100 km för nya dieseldrivna bilar för år 2005. Denna förbättring kan enligt EU uppnås genom tekniska förändringar och en övergång till mindre kraftfulla fordon inom varje marknadssegment, medan en viss minskning av bränsleförbrukningen skulle härröra från lättare och mindre fordon. Koldioxidutsläppen skulle med dessa åtgärder tillsammans med andra kunna reduceras. Följande åtgärdspaket diskuteras inom EU

- Införande av högre bränslepriser med syfte att motivera rationellare användning av bilar
- Tillämpning av transporttelematik inom de regionala och lokala transportplanerna för att minska trafikstockningarna
- Flexibla arbetstider och distansarbete för att minska pendeltrafiken
- Förbättringar av kollektivtrafiken
- Påverka körbeteendet t ex genom lägre hastigheter

BILAGA 2**PROGOSER ÖVER FRAMTIDA TRANSPORT- OCH
DRIVMEDELSBEHOV****1 STATSMAKTERNAS INRIKTNING AV
TRANSPORTSEKTORN****1.1 Sammanfattning nationella**

I olika riksdagsbeslut fastställs de principer som skall gälla för trafikpolitiken. Förslag till principer lämnas i regel av statliga utredningar som har i uppdrag att utarbeta förslag till nationella planer för kommunikationer i Sverige. Den senaste utredningen som har haft i uppdrag att ta fram förslag, kommunikationskommittén tillsatt av regeringen den 22 december 1994, föreslår (SOU 1996:166) att följande principer bör gälla för hur samhället styr användningen av transportsystemet mot de politiska målen och ett samhällsekonomiskt effektivt resursutnyttjande:

- Trafikpolitiken ska utgå från såväl långsiktiga mål om en god livsmiljö och vad naturen och människornas hälsa tål som politiskt avvägda etappmål.
- Den förda politiken på nationell, regional och lokal nivå sätter ramarna för hur resurserna inom transportsektorn fördelas i samhället, t ex när det gäller väg- och järnvägsutbyggnader och utbudet av kollektivtrafik.
- Medborgarna och företagen avgör själva hur de vill ordna sina transporter inom de ramar som samhället gett. För att detta ska kunna ske på ett för samhället effektivt sätt förutsätter det dock att man i sin valsituation inte enbart tar hänsyn till egna vinster och kostnader, utan även till effekterna på samhället i stort. Detta kan ske genom ekonomiska styrmedel eller regleringar som internaliserar de externa effekterna, dvs för den enskilde trafikanten inkluderar kostnader som drabbar andra.
- Det är inte tillräckligt att använda priset på transporter som styrmedel. Det handlar om att kombinera ekonomiska styrmedel och olika former och regleringar som leder till målen på ett så kostnadseffektivt sätt som möjligt.

1.2 Sammanfattning EU

Vidare föreslås att det svenska regelsystemet måste utformas så att de samverkar med omvärldens. EG:s regelsystem innebär begränsningar men är också stöd när man skall lägga fast principer och även konkreta värden för den svenska vägbeskattningen och andra styrmedel som berör vägtrafiken. EG-reglerna består främst av följande komponenter:

- Mineraloljedirektiven - minimiskatt på fordonsbränslen och principen om lika beskattning av bränslen för samma ändamål.
- Bestämmelser om högsta tillåtna utsläppsnivåer (avgaser och buller) från motorfordon - reglerar möjligheterna till skattedifferentiering i förhållande till bilarnas högsta tillåtna avgasutsläpp.
- Bestämmelser om fordonsskatter och vägavgifter för tunga lastfordon.

Mineraloljedirektiven minskar Sveriges handlingsfrihet när det gäller skatt på biobaserade drivmedel. Det är inte tillåtet att ha lägre skattesatser på sådana drivmedel, förutom i samband med pilotprojekt. Det pågår dock arbete inom EU att utforma nya skatteregler för alternativa biobaserade bränslen.

När det gäller högsta tillåtna utsläpp pågår arbete inom EG-kommissionen med nya avgasbestämmelser som ska bli obligatoriska år 2000 resp år 2005. När dessa nya bestämmelser har fastställts blir det möjligt att stimulera en frivillig tillämpning av framtida krav genom t ex en differentierad fordonsbeskattning. Inom EG-kommissionen har också påbörjats ett arbete med att utforma ett system för miljöklassning av tunga fordon. Ett sådant system bör ge framtida möjligheter att differentiera fordons- och försäljningskatterna efter miljö- och säkerhetsegenskaper.

1.3 Bakgrund

Sedan 1970-talet har en målmedveten inriktning från statsmakternas sida varit bl a en satsning på forskning och utveckling mot en successiv övergång till förnybara energibärare. Syftet är att säkerställa en långsiktigt uthållig och miljömässigt acceptabel utveckling. Satsningen på alternativa bränslen under 70-talet var en viktig försörjningsfråga som alternativ till importerade oljeprodukter medan under 80- och 90-talet alltmer fokusering skett kring biobränslens hälso- och miljöfördelar.

Intensifieringen av statsmakternas satsningar grundar sig på olika politiska beslut i riksdagen genom fastställande av trafikpolitiken inför 90-talet, miljöpolitiken inför 90-talet, energipolitiken och riktlinjer för ett kretsloppsanpassat samhälle. Den svenska transportsektorns oljeberoende är fortfarande dock obrutet. Aktuella prognoser pekar vidare på ökad förbrukning av bensin och

diesel vilket bl a medför ökade utsläpp från fossila bränslen inom transportsektorn. Riksdagen har bl a därför i enlighet med klimatkonventionen beslutat att koldioxidutsläppen från fossila utsläpp bör stabiliseras år 2000 på 1990 års nivå för att därefter minska. Koldioxiden från trafiken kan minskas bl a genom introduktion av alternativa drivmedel, t ex etanol, med lägre innehåll av fossilt kol. Potentialen är stor för besparingar inom såväl personbilssektorn som för den tunga trafiken.

I den politiska energiuppgörelsen 1991 beslöts att satsa 120 miljoner kronor under en fyraårsperiod på fortsatt utveckling och användning av motoralkoholer. Ansvaret för utformningen och genomförandet av 120 Mkr-programmet åvilar Kommunikationsforskningsberedningen (KFB). Programmet kommer att slutredovisas till regeringen under 1997.

I slutbetänkandet från trafik- och klimatkommittén "Klimatförändringar i trafikpolitiken" (SOU 1995:65) föreslås bl a åtgärder att uppnå riksdagens beslut om koldioxidminskningar. Kommittén anser att minskningen inom transportsektorn måste genomföras genom en ökad bränsleeffektivitet och introduktion av alternativa drivmedel och drivformer. Ett av förslagen från kommittén är därför en successiv höjning av koldioxidskatten för fossila bränslen vilket förutsätts leda till en minskad förbrukning av fossila bränslen och stimulera en ökad användning av biodrivmedel.

Den av regeringen tillsatta kommunikationskommittén har i slutbetänkandet - Ny kurs i trafikpolitiken (SOU 1997:35), som presenterades nu i mars månad - bl a föreslagit åtgärder för att klara det långsiktiga koldioxidmålet. Enligt kommittén måste användningen av fossila bränslen inom transportsektorn minska kraftigt. En introduktion av biobaserade bränslen bör därför påbörjas redan nu. En sådan introduktion underlättar möjligheterna att nå etappmålet om minskade koldioxidutsläpp från transportsektorn med 15% från 1990 till år 2020. Kommittén förslår mot denna bakgrund följande åtgärder:

- Låginblandning i bensin av motoralkoholer tillverkade ur biomassa senast från år 2002. Inblandningen skall vara lika med idag högsta tillåtna syrehalt, vilket motsvarar ca 5 volymsprocent etanol.
- Introduktionen ska i första hand ske genom frivilliga åtgärder. Regeringen bör omgående inleda förhandlingar med drivmedelsbranschen för att göra en låginblandning möjlig. Parallellt med detta bör man förbereda de författningsförändringar som kan behövas för att säkerställa att introduktionen kan ske även om en frivillig överenskommelse inte kan nås.
- Befrielse från koldioxidskatt för drivmedel från förnybara energikällor.
- Befrielse från energiskatt för drivmedel från förnybara energikällor under lång tid. När koldioxidskatten på fossila drivmedel höjts, och det finns tillräcklig tillgång på drivmedel från förnybara energikällor till konkurrenskraftiga priser, bör energiskatten höjas stegvis så att externa effekter internaliseras.

- Statligt stöd till anläggningar för produktion av etanol.
- Intensifierad verksamhet med forskning, utveckling och demonstration av teknik med användning av drivmedel från förnybara energikällor.

1.4 Prognoser över framtida transport- och drivmedelsbehov

1.4.1 Nuläget

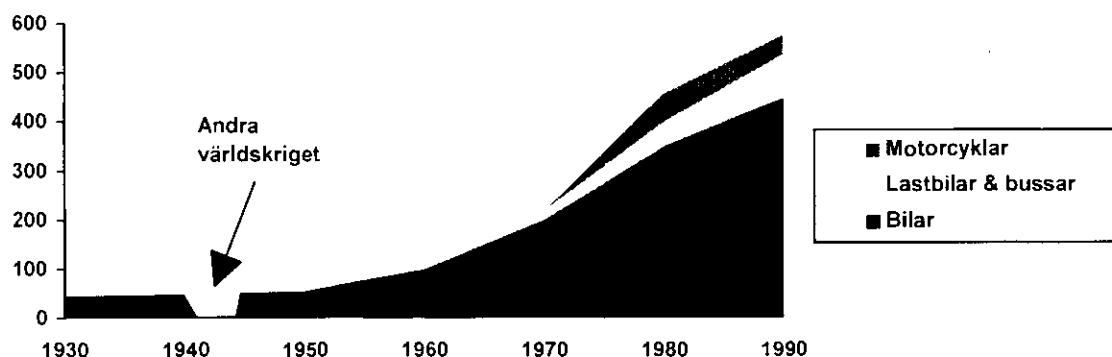
Trafikens stora betydelse för miljöutvecklingen kan ses bl a utgående från det faktum att antalet motorfordon har ökat markant år från år ända sedan andra världskriget.

År 1988 överskred världens motorfordonspark 500 miljoner fordon. För närvarande bedöms antalet motorfordon i världen till omkring 650 miljoner fordon. Kvalificerade bedömningar tyder på att 700 miljoners gränsen kommer att överskridas senast år 2000.

Med begreppet motorfordon avses i det här sammanhanget summan av personbilar, lätta och tunga lastbilar samt bussar, dock inte motorcyklar. Två och trehjuliga fordon, dvs motorcyklar i någon form, medräknas inte i detta sammanhang. Ökningstakten för dessa fordon är hög främst utanför OECD området.

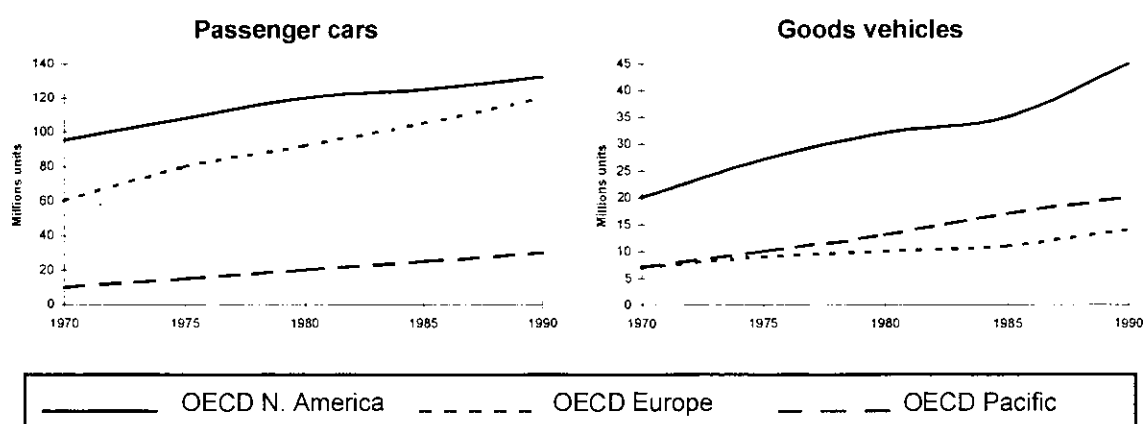
För att lättare förstå ökningstakten kan man fokusera på det faktum att år 1990 var antalet motorfordon i världen 13 gånger fler än år 1950. Ökningstakten i världen under perioden 1930 -1990 framgår av diagrammet nedan.

Fordonsutveckling i OCED (Miljoner fordon), Källa OECD



Av diagrammet nedan visas en uppdelning av fordonsutvecklingen inom OECD länderna med avseende på personbilar och godstransportfordon under perioden 1970 - 1990. Av diagrammet framgår bl a att ökningen av godstransportfordon i alla OECD-områden har varit stor det senaste årtiondet. Endast kurvan för ökningen av personbilar i Europa visar högre stigningstakt under motsvarande period. Denna trend bedöms hålla i sig trots att varutransporter i samhället visar en tendens att öka. Förhållandet med ökade varutransporter är speciellt markant t ex i Mellaneuropa.

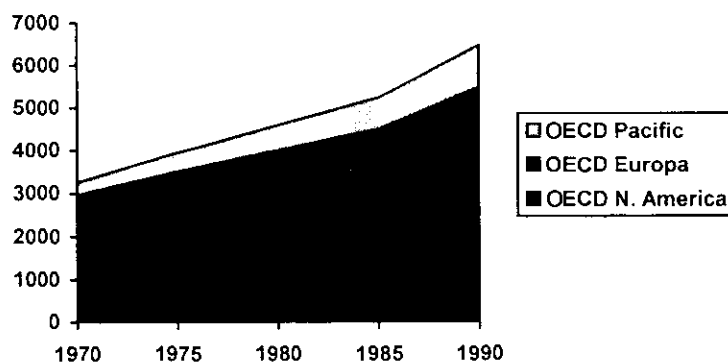
Fordonsutvecklingen uppdelad på regioner, källa OECD



För miljöpåverkan mm är det mest intressanta frågan egentligen inte hur många fordon som finns utan snarare mängden transportarbete som fordonen utför. Detta arbete mäts i statistiken inom OECD i form av antalet fordonskilometer.

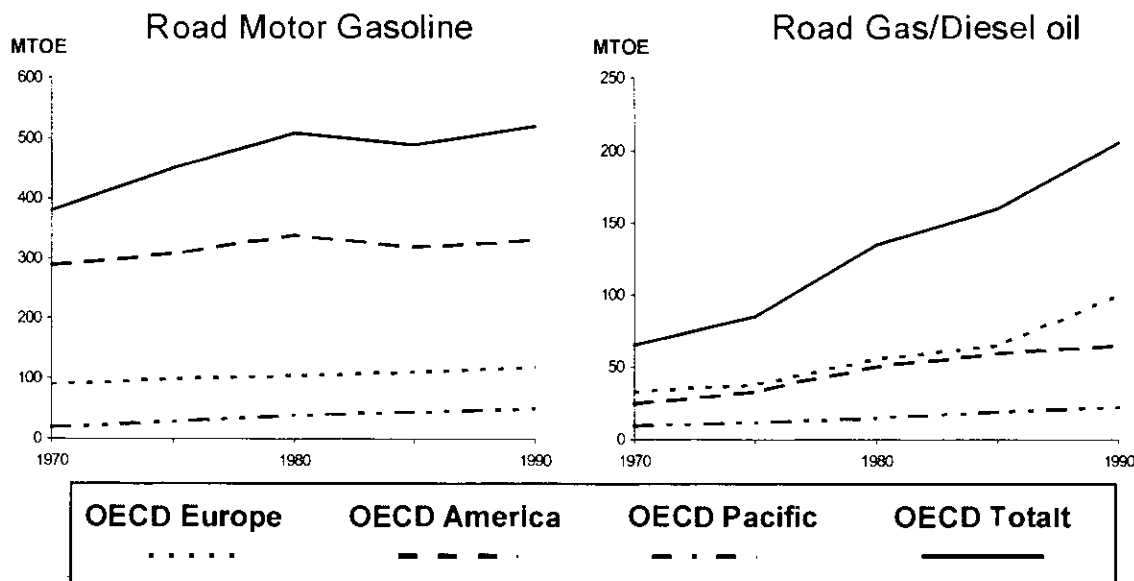
Antal fordonskilometer globalt sett ökar från år till år. Av diagrammet nedan framgår statistik över ökningen av antal fordonskilometer för samtliga fordon från år till år inom OECD under perioden 1970-90.

Andel fordonskilometer i miljarder kilometer, Källa OECD



Bränsleförbrukningen har en direkt inverkan på CO₂ emissioner. Av följande diagram framgår statistik över bensin- och dieseloljeförbrukningen i OECD länderna under perioden 1970 - 90.

Bensin- och dieselförbrukning i OECD-länderna, Källa OECD
(MTOE=Millions Tonnes Oil Equivalent)



1.4.2 Prognoser över framtida utveckling

För att få en uppfattning över vilken planering som gäller som utgångspunkt för framtida utveckling av transporter har kontakter tagits med bl a Henrik Swahn, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Jack Short, European Conference of Ministers of Transport (CEMT), Kenneth M. Friedman, Stephen Peak och Laurie Michaelis samtliga OECD. Tillsammans med dessa personliga kontakter och den skriftliga dokumentation som föreligger kan följande sammanfattningar göras.

En samstämmig uppfattning är att vi ännu inte nått toppen av antal motorfordon inom OECD länderna. Den årliga ökningstakten kommer att fortsätta en tid framåt. Trots att det finns indikationer på att bränsleförbrukningen per km kommer att minska framgent kommer det totala drivmedelsåtgången inte att minska eftersom nybilsökningen är större. Speciellt är detta beroende av det dominerande inslaget från ökningen i u-länderna och i svagare utvecklade länder.

Som en tumregel kan utgångspunkten vara att för närvarande utgör antalet fordon inom OECD ca 70% av alla fordon i världen. Denna procentsats förväntas sjunka gradvis till att vara ca 50% år 2030. Orsaken till detta förhållande är att u-länderna och svagare utvecklade länder utanför OECD förväntas

öka sin relativa andel av fordonsparken. OECDs prognostiserade framtida utvecklingen av motorfordon redovisas i följande sammanfattande tabell.

Årlig ökning av antalet motorfordon (procent), Källa OECD

REGION	1980-1990	BASE-CASE			
		1990-2000	2000-2010	2010-2020	2020-2030
OECD Europe ¹	3.4	2.4	2.0	1.0	1.0
OECD North America ²	2.0	1.7	1.6	1.6	0.5
OECD Pacific ³	4.0	3.0	1.9	0.9	0.9
OECD Average	2.8	2.2	1.8	1.2	0.8
Rest of the World	6.6	5.1	4.5	3.7	3.5
Global Average	3.6	3.0	2.7	2.2	1.9

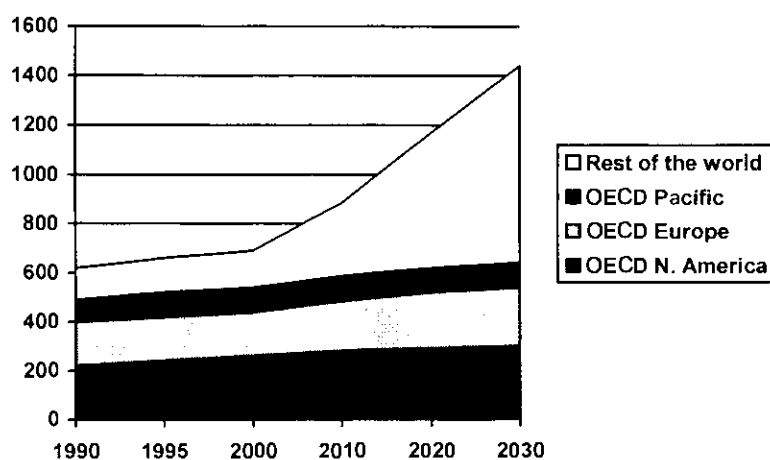
1. EC member countries and EFTA countries, plus Turkey and Iceland

2. Canada and the United States

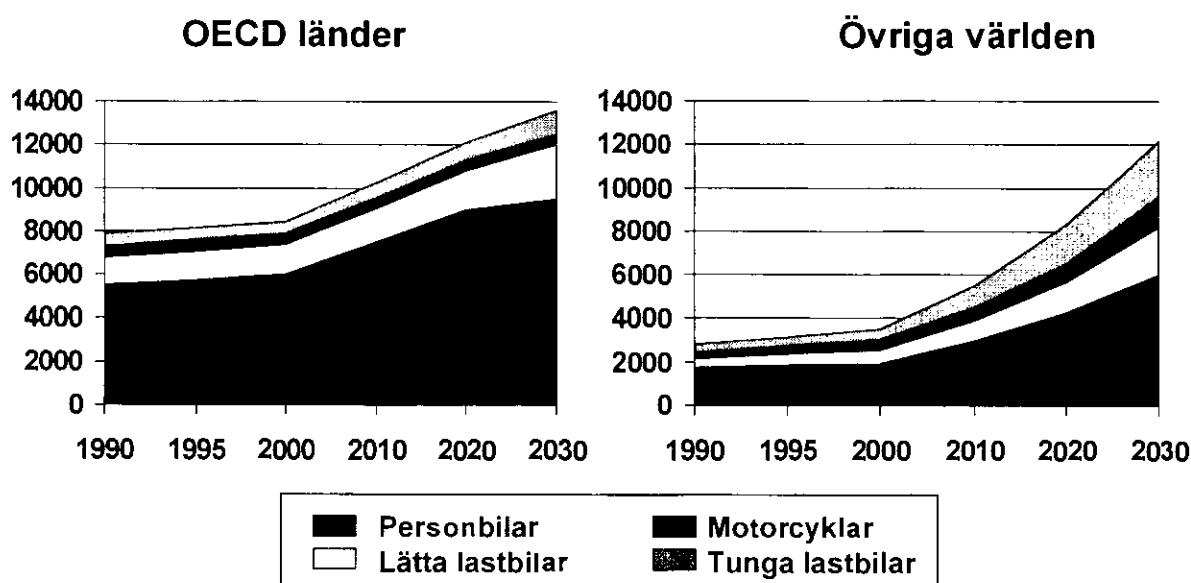
3. Japan, Australia and New Zealand

Utgångspunkterna för denna bedömning är bl a en antagen BNP-utveckling på i genomsnitt 2,8% per år i i-länderna och på 4,1% i utvecklingsländerna. Siffrorna bygger på ett omfattande beräkningsarbetet med detaljerade redovisningar. Ökningstakten av antalet motorfordon för hela världen har av OECD prognostiserats enligt följande figur.

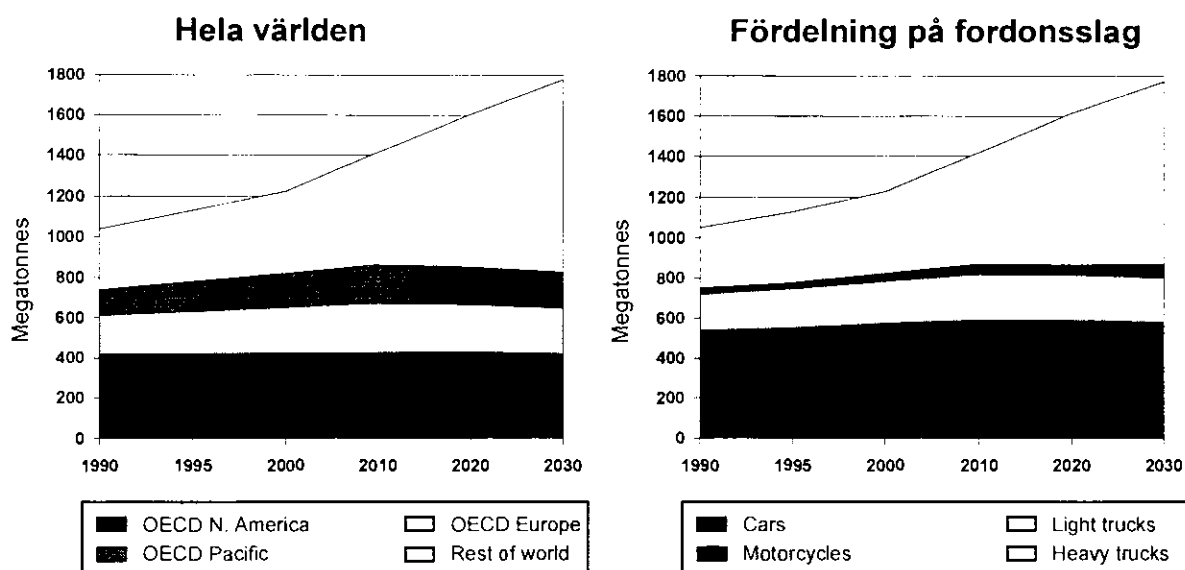
Ökningstakten av antalet fordon, Källa OECD
(miljoner fordon)



Den bedömda utvecklingen av antalet fordonskilometer per år framgår av figurerna nedan (10^9 km)



Fordonens bränsleförbrukning utvecklar sig olika för personbilar och lätta lastbilar respektive tunga fordon. För personbilar och lätta lastbilar bedömer OECD att den tekniska utvecklingen leder fram till en reduktion av bränsleförbrukningen med ca 15% per kilometer och årtionde under perioden 2000-2020. Däremot bedöms inte den tekniska utvecklingen leda fram till någon nämnvärd minskning av den totala bränsleförbrukningen under samma period. Med dessa utgångspunkter tillsammans med det prognostiserade totala trafikarbetet blir det totala bränsleförbrukningen under denna period i enlighet med figurerna nedan



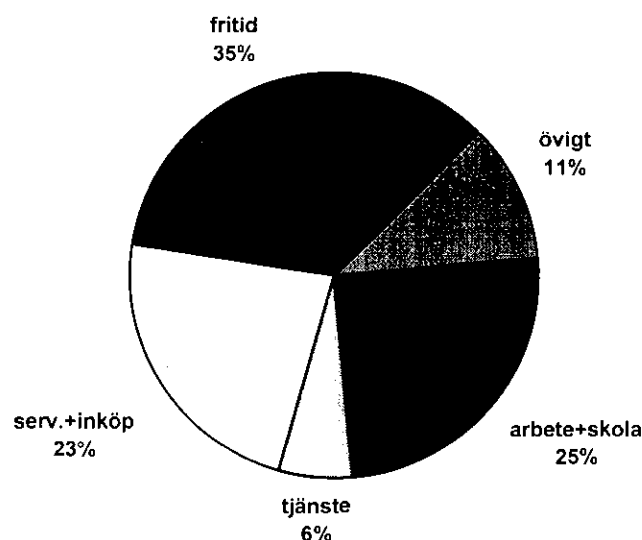
1.4.3 Utvecklingen i Sverige

Persontransporterna har ökat starkt sedan 1950-talet. Den snabba expansionen av resandet som uppstod under efterkrigstiden mattades dock temporärt under 1970-talet. Orsaken var kraftigt stigande realpriser på bensen i kombination med allmän ekonomisk stagnation. Efter år 1981 har resandet åter ökat markant.

Sedan 1950 har persontrafikarbetet i Sverige femfaldigats medan befolkningen har ökat med 24% under samma tid. Detta innebär att vi reser fyra gånger längre per person och år i dag än vad vi gjorde 1950. Ökningen har framför allt skett genom att bilresandet har ökat. Huvuddelen av hushållen har skaffat sig bil under denna tid. År 1954 var bilinnehavet 75 bilar per 1000 invånare och idag har det stigit till drygt 400 bilar per 1000 invånare. Dagens motsvarande siffror är för Tyskland 550 bilar per 1000 invånare, för USA 650 bilar per 1000 invånare och för Kina 9 bilar per 1000 invånare.

År 1950 stod personbilen för 25% av persontransportarbetet. Idag har motsvarande siffra stigit till drygt 75%. Drygt en tredjedel av alla resor utgörs av fritidsresor, medan inköps- och serviceresorna är ungefär lika många som resorna till arbete och skola, cirka en fjärdedel för vardera gruppen av det totala antalet resor. Tjänsteresorna svarar bara för 6% av resorna. Av följande figur framgår fördelningen på olika reseärenden för 1994.

Personresor efter resärende 1994, Källa SIKA (RiksRVU)



Godstransporter följer i stort sett konjunkturutvecklingen. Mest karaktäristiskt för de senaste decenniernas utveckling av det inrikes godstransportarbetet är att

lastbilen har rykt fram som det dominerande transportslaget. På senare år har dock ökningstakten för lastbilstrafiken varit långsammare, samtidigt som gods-
trafiken med järnväg har ökat något. Inrikesjöfarten har efter en uppgångs-
period under 1970-talet stagnerat eller gått tillbaka.

Den framtida utvecklingen av resandet påverkas helt klart av vilken trafikpolitik som förs och vilka åtgärder som genomförs. Flera av de faktorer som har legat bakom den historiska tillväxten består dock sannolikt i framtiden. Ökade framtida inkomster innebär att allt fler hushåll skaffar bil. Fler personer får också råd att resa långt. Ändrade värderingar och ökade miljökrav kan medföra ett minskat resande. IT- utvecklingens konsekvenser är svåra att bedöma idag men det går inte utesluta att den kan påverka resandet i både ökande och minskande riktning.

De prognoser som SIKa m fl gör är således beroende av vilka antagande som görs om den framtida samhällsutvecklingen. Prognoser som redovisas i SOU 1996:26 Ny kurs i trafikpolitiken pekar på en ökningstakt av transportarbetet med 1,3% per år till 2010. Antalet personbilar beräknas öka med mellan 800 000 och 900 000 fordon från 1993 till 2010. Det finns en stark tendens till fortsatt ökning av bilresandet om än lite långsammare än tidigare. Denna tendens till fortsatt ökning av biltrafiken återfinns också i de flesta andra europeiska länder.

Den framtida utvecklingen av godstrafiken bestäms, liksom den historiska utvecklingen, av en rad olika faktorer främst följande:

- Den ekonomiska tillväxten i Sverige och i omvärlden
- Befolkningsstillväxt och befolkningsomfördelning
- Tillkomst av nya produkter och tjänster
- Krav på kontinuerliga leveranser
- Ökad förädlingsgrad och produktdifferentiering
- Utrikeshandelns utveckling och ändrade råvaruförsörjningskanaler

Vidare bestäms den framtida utvecklingen av vilken trafikpolitik som bedrivs, framtida transportkostnader, transportteknik, trafikering, kapacitet och transportkvalitet.

Kommunikationskommittén redovisar en prognos över det framtida totala inrikes godstransportarbetet. Bedömningen är att det årliga ökningstakten blir 1,5% per år mellan 1993 och 2010. Detta är något snabbare takt än under perioden 1975-93 då transportarbetet växte med 1,2% per år.

SIKA har genomfört beräkningar av det framtida trafikarbetet med utgångspunkt från olika scenarier. Utgångspunkten för bedömningarna har varit långtidsutredningens (LU 95) scenarier om tänkbara utvecklingar av Sveriges ekonomi fram till 2010. I LU:s basscenario förväntas befolkningen i Sverige öka till ca 9,5 miljoner år 2020. Med förutsättningarna i jämförelsealternativet bedömer SIKa att det totala transportarbetet i landet ökar med cirka 35% fram

till 2020 jämfört med 1993. Antal bilar förväntas öka från dagens cirka 3,6 miljoner till nästan 5 miljoner. Uttryck i transportarbete kommer bilen fortfarande att svara för cirka 80% av resandet.

Utvecklingen av transportarbetet i SIKAs jämförelsealternativ relativt 1993. Samhällsutvecklingen enligt LU95:s basscenario. Mark att använda modeller inte är speciellt utvecklade för gång och cykeltrafik. För persontransporter uttrycks transportarbetet i personkilometer, dvs reslängd per person multiplicerat med antalet resenärer. För godstransporter används enheten tonkm.

Persontransporter

	1993-2010	1993-2020
Personbil	+25%	+39%
Buss	+3%	+5%
Järnväg	+61%	+73%
Flyg inrikes	+36%	+49%
Gång, cykel	+0%	+0%
Totalt	+24%	+35%
Flyg utrikes	+89%	+175%

Godstransporter

	1993-2010	1993-2020
Lastbil	+30%	+41%
Järnväg	+32%	+37%
Sjöfart	+16%	+22%
Totalt	+26%	+33%

1.4.4 Framtida nya transportlösningar

Om målet med ett transportsnålt samhälle ska uppnås måste det ske en bättre samordning av bebyggelseplanering, infrastruktur och trafik. I de större städerna är det viktigt att ge kollektivtrafiksystemet en påverkan på hur bebyggelsen lokaliseras och utformas. Bostadsbebyggelse nära viktiga kollektivstråk bör vara relativt tät. Personaltäta arbetsplatser och service kan med fördel förläggas till knutpunkter mellan kollektivtrafikstråken.

Studier av varudistribution i städer visar att bilarna i genomsnitt är mindre än halvfulla när varutransporterna startar. Det finns stora möjligheter att effektivisera varudistributionen genom t ex att flera distributörer samordnar sina varutransporter.

Detaljhandeln har omstrukturerats och koncentrerats kraftigt under de senare år. Detta har inneburit att daglivarubutiker i bostadsområden och stadskärnor har lagts ned och nya butiker har etablerats i delvis externa lägen med god biltillgänglighet med ett ökat biltrafikarbete som en följd.

Människor har idag fler fritidsaktiviteter utanför grannskapet än tidigare. Den allt mer specialiserade fritidssysselsättningen genererar ett stort transportbehov. Ofta deltar olika medlemmar i hushållet i olika aktiviteter på skilda platser och tidpunkter vilket har bl a bidragit till att antalet tvåbilshushåll har ökat.

Informationstekniken (IT) är redan idag spridd i samhället. Svenska folkets tillgång till olika typer av IT-utrustningar är hög särskilt på arbetsplatser och i skolorna. En relativt stor andel av de sysselsatta, 12%, uppger att de regelbundet distansarbetar någon gång i veckan eller mer sällan. Detta förhållande har inneburit att en del av dessa personer har minskat sitt arbetsresande.

Flera undersökningar visar på att även mindre trafikminskningar kan öka framkomligheten i trafiken väsentligt. En viktig aspekt är att informationstekniken gör det möjligt att anpassa resandet på ett sätt som medför ett bättre utnyttjande av den befintliga infrastrukturen. Om utvecklingen av IT påverkar tidpunkten för resorna kan framkomligheten förbättras märkbart och därmed belastningen på trafiksystem.

För godstransporter ger IT möjlighet till effektiviseringar. IT kan göra transporterna billigare och lättare att erbjuda snabba och frekventa transporter.

För att lösa tätortsproblemen krävs förmodligen, utöver nationella skatter och regleringar, särskilt lokalt inriktade styrmedel. Tänkbara styrmedel för tätortstrafik kan vara:

- vägavgifter
- parkeringspolitik
- miljözoner
- stöd till kollektivtrafik
- trafikreglering, trafiksanering, bilfria zoner
- hastighetsbegränsning
- samdistribution
- samåkning

BILAGA 3**INTERNATIONELLA UTTALANDEN - USA**

Nedanstående är några uttalanden och sammanfattningar som noterats vid rundresa i USA under tiden 26 april - 4 maj 1997 vid besök hos myndigheter, företag och organisationer. Förutom namngivna har ytterligare personer deltagit vid de arrangerade mötena.

1 WHITE HOUSE STAFF - Washington, DC**Office of Science & Technology Policy**

Dr. Mark A. Bernstein, Senior Policy Analyst (Biomass Coord.)

Donald G. Hillebrand, Ph.D. (SAE)

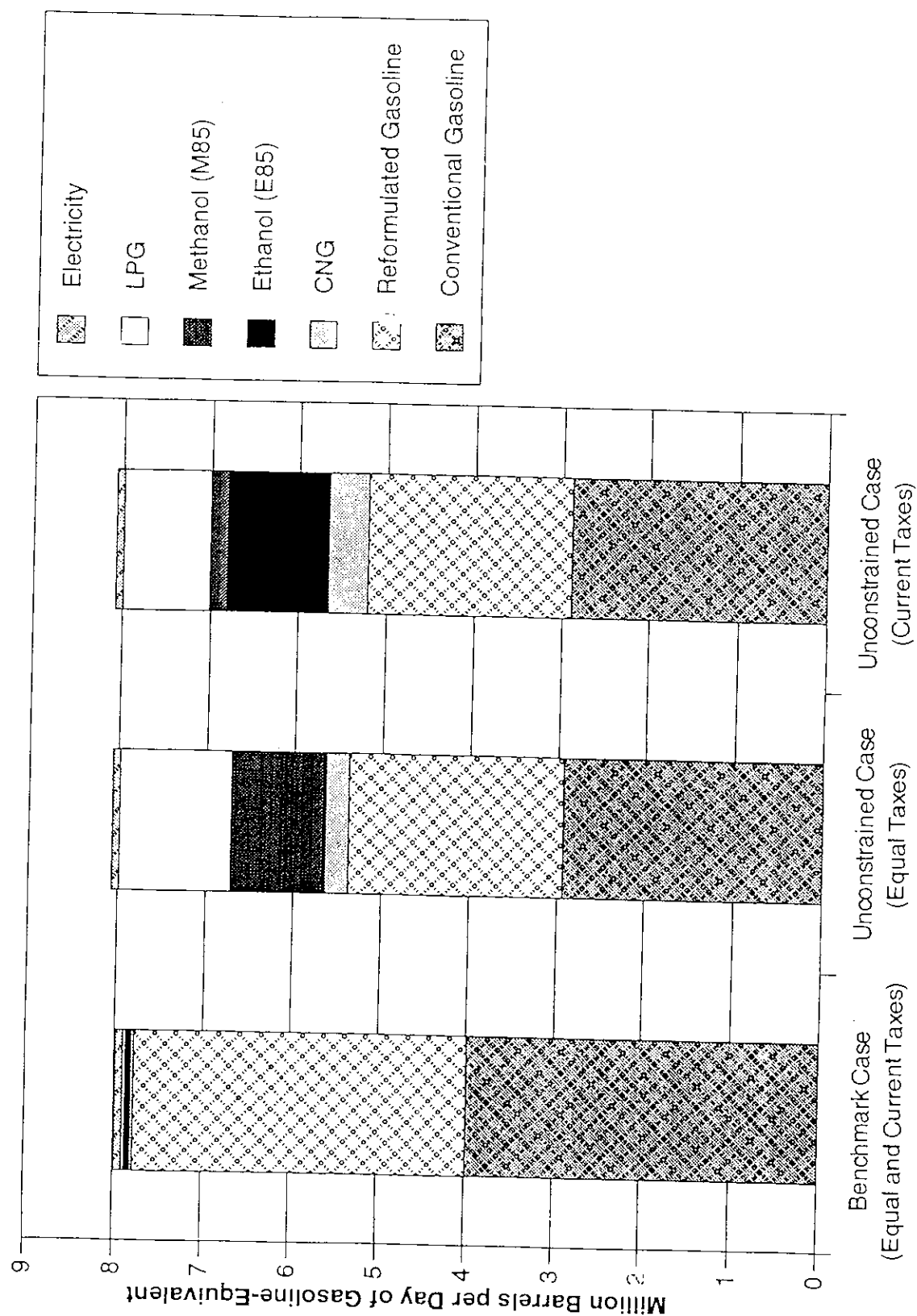
- Problem är
 - oljeimportberoendet
 - tätortsföroreningar
 - ev. klimatpåverkan.
- Åtgärder från administrationens sida är
 - att se till nya luftkvalitetsnormer införs
 - att ställa krav på förbättrad bränsleeffektivitet (återinföra bindande CAFE-regler, presidentens PNGV-projekt)
 - att planera för effektivare infrastruktur för transporter
 - att studera för minskning av fossila bränslen.
- Höjd drivmedelsbeskattning som styrmedel är inte politiskt möjligt.
- Marknaden skall bestämma bränsleval.
- Begränsningar av växthusgasutsläpp är inte drivkraft för närvarande. Förhandlingar om bindande reduktioner (Kyoto december 1997) sköts av utrikesdepartementet. "Det behövs en het sommar för att höja det politiska intresset".
- Lokalt producerad vätgas ses som långsiktig möjlighet, dock ej nödvändigtvis framställd på förnybar bas (alt. petrobas) eller använd i bränslecell (alt. kolvmotor).

2 DEPARTMENT OF ENERGY (DoE) - Washington, DC**Offices of Transportation, Automotive, Energy Efficiency.**

Brian T. Castelli, Chief of Staff, Kenneth L. Heitner, Ph. D., David E. Rodgers, Ray Costello, Tom Gross, John Atchinson (f d EPA)

- DoE driver med stöd av lagstiftning (CAAA; EPACT, etc) program för att stödja utveckling (PNGV, batterier, eldrift av fordon, biodrivmedel via NREL,) och demonstration/införande av fordon för alternativa drivmedel (Clean cities, Clean Fuels Vehicles, CAFE-undantag för alkoholer).
- Studerar olika scenarier med hjälp av datorsimuleringsmodell (Alternative Fuels Trade Model, AFTM) som beskriver alternativens möjligheter för USA mot bakgrund av världsmarknaden för bränsleråvaror.
- Försörjningssäkerhet är prioritet nummer ett. Hälsolägesförbättringar kommer därefter medan klimatdebatten är svag i USA, CO₂-argument har ingen stor roll och ingen klar policy finns. Utan incitament kommer ingen nämnvärd reduktion av växthusgaser att ske. Förbättrad bränsleeffektivitet och viss rörelse mot biobränslen är främsta vapen med potential till stor effekt men utvecklingen på lång sikt är osäker (trots EPACTs mål på 30 % ersättning till 2010).
- Införande av nya system är svårt i USA. Marknaden skall bestämma och DoE måste vara bränsleneutralt. Skattedifferentiering kan ej användas som styrmedel (trots att federala och delstatliga skatter är olika i dag).
- Naturgasanvändning i fordon begränsas av distributionsskäl (men blir ändå betydande), batterieldrift förblir en nisch. Störst tilltro till hybriddrift och biodrivmedel i form av etanol (NREL-resultat förväntas bli positiva) på lång sikt.
- Många talar om behov att internalisera externa kostnader men inget görs konkret.
- Resultat från studier med AFTM finns redovisade senast i en rapport i serien "Assessment of costs and benefits of flexible and alternative fuel use in the U.S. transportation sector." - Technical report fourteen: Market potential and impacts of alternative fuel use in light-duty vehicles: A 2000/2010 analysis. Som exempel på resultat visas figur 1-3 (på nästa sida) med stort genomslag för oxygenater i reformulerad bensin, alkoholer och LPG (räknas som alternativt drivmedel i USA), totalt 30 % ersättning av råoljebaserade drivmedel.

Figure I-3 — Light-Duty-Vehicle Fuel Use in the Primary Cases
Under the Reference Oil Price Scenario in 2010



3 WORLD BANK - Washington, DC
Industry and Energy, Transportation ... Development
Departments, Environmentally Sustainable Development
Richard Stern, Director, Anthony Pelligrini, Director

- Klar inriktning mot bärkraftig utveckling. Underströk behovet av att internalisera externa kostnader vilket förordas utgöra bas för den helt kommersiella verksamheten (ny ledning dock utsedd men ännu utan deklaration av inriktningen).
- Kraftigt ökande transportbehov förutses. För att få bärkraftiga system erfordras utvecklade kollektivtrafiksatsningar (Peking m fl storstäder i tredje världen). Den snabba tillväxten i ett land som Kina (1,2 miljarder innevånare) kommer att leda till att medelklassen inom en 10 -15-årsperiod efterfrågar bilar i en omfattning som väsentligt medverkar till att nuvarande dryga 650 miljoner fordon beräknas överstiga 1 miljard fordon.
- Växthusdebatten har i stort uteblivit och USA agerande i Kyoto har stor betydelse för att starta processen. Ytterligare 10 år behövs därefter för att någon effekt skall bli märkbar i 3:e världens handlande. "Det behövs en extremt varm sommar för att uppnå politiskt tryck".

4 WORLD RESOURCES INSTITUTE - Washington, DC
Climate, Energy and Pollution Program
James J. MacKenzie, Ph.D, senior associate.

- Oljeanvändningen kommer att kulminera 2010 - 2015 med hänsyn till prognoser på ökad förbrukning och beräknade totala resurser. Figur 2.1 i bilaga 1.2 illustrerar detta för olika antaganden om den totala resursens storlek.
- Framtiden ligger i eldrivsystem och bränsleceller. (Oklart vilket bränslet skall vara, alla alternativ har brister.) Skeptisk till biomassapotentia.

5 WORLDWATCH INSTITUTE - Washington, DC
Seth S. Dunn, staff researcher.

- Senare tid fokusering på elbilar. Kartläggning världen över.
- Eldrift i hybridbilar trolig utveckling (ex. PNGV).
- Utvecklade batterier för elbilar.
- CNG och LPG som källa för vätgas.

**6 U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) -
Washington, DC och Ann Arbor , MI**

Office of Mobile Sources, FED, Tech Analysis Branch

David Kortum, James W. Caldwell, Joseph R. Sopata, Joseph B. Fernandes.

Jeff Alson (senior policy analyst) , Cheryl L Bynum, Deborah W. Adler

- Arbetar med växthusgasproblemet och skall ge underlag inför förhandlingarna i Kyoto i dec-97. Hitintills har USA tagit steg i rätt riktning genom att (så småningom) underteckna Rio-deklarationen, i Berlin gå med på att kvantifiering av mål behövs, vilket skall påbörjas i Kyoto december 1997.
- Internationell handel med alternativ ingår inte som mål. USA föredrar inhemsk produktion för att ej medverka till ökad import av drivmedel.
- I USA går utvecklingen åt fel håll - längre körsträckor, större bilar, starkare motorer, etc.
- CO₂-argumentet måste få slå igenom - "det behövs en het sommar" för att få igång den politiska debatten. Republikanerna är starka motståndare.
- Alkohol-FFV har inte fått det genomslag man tidigare hoppats på men kan få nytt liv p g a reglerna runt CAFE-beräkningarna (alkholdelen räknas inte in).
- Förespråkar oxygenater i bensin. Komplexa modellen för att beräkna effekter av RFG skall ses över på grundval av nya data. Låg svavelhalt i fas 2 - RFG nödvändig för god katalysatorverkan (låg NOx). Fas 3 - RFG behövs kanske.
- Om bränslen och bilar:
 - höjd bränsleeffektivitet första prioritet
 - hybriddrift PNGV
 - bränslen på förnybar bas
 - flytande drivmedel - alkoholer för allmän användning
 - batteri-drift - nisch
- Om förändring till förnybar bas befinner sig nödvändig - varför inte starta nu för att få lägre kostnader i långa loppet.

7 FORD MOTOR COMPANY - Detroit, MI
Alternative Fuel Vehicles

Mike T. McCabe, Marketing Manager Worldwide AFV, Elizabeth A. Ardisana, AVT Planning Specialist

Roberta J. Nichols, Ph.D, Alt. Fuels Consultant (retired), tidigare manager för Fords utveckling av AFV (särskilt FFV och elbil).

- Neutral attityd till val av alternativt drivmedel.
- Utvecklar och säljer för alla drivmedel - CNG, LPG, EtOH, MeOH, el (batteri) men vill ha färre alternativ. CNG och bioetanol dagens favoriter.
- Driver inte frågan om AFV.
- AFVs säljs nu i för litet antal. Marknaden bara begränsade flottor. Fokuserar på komponenter och system.
- Använder nu bly-batterier i enda modellen (pick up), mycket förkortad körsträcka i kallt väder. Skall skifta till Ni-hybridbatteri för årsmodell 1999. Uppladdning till 80 % på 10 min.
- Hybridbilar (HEV) i produktion ligger 10 -20 år bort i tiden. Kostnaden för dubbla drivsystem problemet.
- Vänta-och-se - attityd till vätgas som drivmedel.

8 CALIFORNIA ENERGY COMMISSION (CEC) - Sacramento, CA
Transportation Technologies and Fuels Office
Daniel W. Fong, P.E., Manager

- Alternativa drivmedel behövs både av försörjningsskäl (diversifiering av tillförsel) och hälso-/miljöskäl.
- Metanol var förstahandsval, etanol bra om den tillverkas i Kalifornien från agri-industrins (största bransch i Kalifornien) rester. Ingen tillverkning för närvarande, ett misslyckat projekt är nedlagt.
- Metanol tekniskt bra men ekonomiskt svårt. Oljebolagen distribuerar inte metanol som ett normalt tillgängligt drivmedel och tankningsstationerna missköts (60 st allmänna stationer för närvarande, av totalt ca 10.000, plus 40-50 st för fordonsflottor).
- Metanolindustrin är inte aktiv. CEC ser inget hinder för internationell handel med alternativdrivmedel (metanolimport).

- Mindre hälso- och miljöfördelar mot bensin genom införande av kaliforniska RFG (unik i USA) och motorutvecklingen. RFG-bilar kan möta ULEV-krav. Större skillnader för tunga fordon (dieseloljedrift).
- Konkurrerande alternativ är dels naturgas (import från Kanada, the Rockies, Texas) i anslutning till befintligt nät, dels eldrift genom ZEV - mandatet. LNG i tunga fordon kan komma i transportkorridor österut från Kalifornien.
- Batteribilar begränsad nisch.
- Direkt eldrift föredras framför vägen via vätgas.
- Direktmetanol-bränslecellen (DMFC) utvecklas av Jet Propulsion Lab. men ligger 10 år bort i tiden.
- FFV kan få ny utveckling genom EPACT och med CAFE -reglerna som pådrivande, men metanolindustrin måste medverka och agera för att täcka in distributionen.
- Ser pessimistiskt på USAs (och Kaliforniens) roll som ledare för åtgärder mot ev. klimateffekter. Klimatsimuleringsmodeller ses som ännu otillräckliga och ej övertygande. Bilden klarnar ej förrän om 5 år. Regeringen tvekande, och den kaliforniska agri-industrin agerar ej.
- Om åtgärder mot klimateffekter befinnns nödvändiga kommer de att riktas mot transporter och kolbaserad elproduktion.

9 **BALLARD POWER SYSTEMS - Burbank, CA (mötesplats)**

Larry Berg, Ballard Agent, Former Chair of South Cost Air Quality Management District

- Arbetar för att sälja in sin utveckling av bränslecellen (vätgas eller reformerad metanol) och hänvisar till överenskommelse med Mercedes-Benz om introduktion i liten personbil (A-140-serien). Har utvecklings/demo-projekt med bussar i Kanada och USA men endast ett fåtal fordon är i drift.
- Ballard-systemet är ett så kallade PEM fuel cells (proton exchange membran).
- Enligt pressrelease av 14 april 1997 förslås Daimler-Benz och Ballard investera över \$450 miljoner i bränslecellsutveckling. Styrelsebeslut 29 maj 1997. D-B ingår därmed som ägare till 25% i Ballard.
- Förutom Mercedes har GM, Honda, Volkswagen och Volvo ett samarbete med Ballard. Även Ford diskutera ett samarbete om att förse Taurus-

modellen med Ballard-systemet och framdeles sin P2000-modell. Toyota har ett eget system som förväntas nå framgång.

- D-B har som mål att få ett antal demonstrationsfordon i drift till år 2003 och att få igång en tillverkning av 100.000/år med början år 2005 -2010. D-B har haft ett samarbete med Ballard sedan 1994.
- Utvecklingsstatus kan förenklad beskrivas så att kostnaden bör reduceras med tio gånger och storleken med sex gånger.
- Tre testbussar levereras till Vancouver hösten 1997 och ytterligare sju testbussar planeras för Chicago slutet 1997 början 1998.

**10 CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD (CARB) - El Monte, CA
Mobile Source Control Division, LEV-section**

Paul R. Hughes, Manager, Sarah Carter, Jason Wong
(inkl. tidigare möte i Sacramento med James (Jim) Boyd, former
CEO of CARB i Sacramento)

- CARB har varit drivkraften för utvecklingen av både alternativa drivmedel och förbättrad bensen genom sina ständigt skärpta emissionskrav och LEV - programmet och har stått på sig (Boyd) trots motstånd från olje- och bilindustri.
- Kommande skärpningar för tyngre lätta bilar (MDV) kommer från 1998 som SULEV-krav, som är ungefär halva ULEV-gränserna. För ZEV diskuteras ELEV (equivalent ZEV) med gränser som är 1/10 av ULEV och inte har några avdunstningsutsläpp. De avses kunna vara tillämpliga för hybridfordon.
- CARB är i princip neutralt vad avser alternativa drivmedel men pekar på att NG måste anses som nischbränsle och att flera parallella distributionssystem för allmän användning inte är möjliga.
- Metanol och FFV har kommit litet vid sidan av då genomslag på marknaden uteblivit. Någon utveckling av FFV utöver tidigare provade modeller har man inte sett av.
- Förhoppningarna är uppenbarligen stora beträffande batteribilar med nya batterityper (litium-polymer) och beträffande hybridbilar. Dessa bör dock ha kapacitet för enbart batteridrift under 30 - 60 km. Kostnaderna ses som största hinder för spridningen av elfordon. På sikt ses hybridbilar som den stora potentialen för lägre bränsleförbrukning och emissioner (Boyd).
- Massutsläpp från fordon korrigeras med faktorer för olika reaktivitet med avseende på ozonbildning på grundval av mätning vid CARBs laboratorium.

För närvarande pågår kartläggning av E85drift. För M85 har faktorn 0,41 konstaterats i jämförelse med bensindrift.

- CARB program för fordon (inkl off road - maskiner) ingår i den SIP (State Implementation Plan) som upp rättats för att minska luftföroreningsproblemen till år 2010.

11 **CALSTART - Burbank / Los Angeles**

Bill van Amburg, Vice President

- Calstart är en organisation (med 60 % privat finansiering och 40 % via offentliga projekt), som medverkar i och driver verkstadshotell för olika företagsprojekt för eldrivna fordon. (Jim Boyd, tidigare CARB, verksam som konsult inom Calstart.)
- Som andra huvuduppgift att insamla information om elbilar världen över och sprida information om eldriftens möjligheter och fördelar.
- Saknar erforderlig CO₂-debatt i USA.

12 **NORTHEASTERN UNIVERSITY - Boston**

Via kontakt med N.M. Rodriguez, Prof.

- Forskar inom området lagring av vätgas "800 mil på en tank" (adsorption på grafitfibrer av nano-storlek).
- Flera rapporter kommer att släppas inom kort d v s så snart som vissa patentfrågor har klarlagts.
- Första rapporten förväntas i SCIENCE i sommar. Ecotrafic finns nu med på "mailing list" och kommer att bli informerad enligt e-mail från Rodriguez.

BILAGA 4**INTERNATIONELLA UTTALANDEN - EUROPA**

Nedanstående är några uttalanden och sammanfattningar som noterats vid rundresa i Europa under tiden 12 - 14 maj 1997 hos myndigheter och organisationer. Förutom namngivna har ytterligare personer deltagit vid de arrangerade mötena. Programmet i Bonn administrerades av de tekniska attachéerna vid ambassaden. På motsvarande sätt ordnades programmet i Paris av den svenska OECD-delegationen i Paris.

Europaresan genomfördes av Egon Larsson, ELAB Utveckling AB och Andres Muld, Ecotrafic.

**1 Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft,
Forschung und Technologie - Bonn
Ministerialrat Dr Günter Marx**

- Satsningen på alternativa drivmedel måste betala sig. Alternativen är idag ekonomiskt olönsamma eftersom råoljepriset är så lågt. Högre oljepriser kommer att tvinga fram alternativen.
- Elbilsatsningen i Tyskland tveksam eftersom elen produceras från kolkraftverk och således ger inget positivt CO₂-tillskott. Energieffektiviteten dessutom dålig eftersom bilen utnyttjas mest till korta och ofta återkommande körningar i stadstrafik. Dessutom är elbilar alltför dyra för att kunna uppnå någon större marknadsandel.
- Stora satsningar på vätgas och bränsleceller i Tyskland. Siemens, BMW, Mercedes m fl satsar stora utvecklingsresurser inom det här området. Stor tilltro till tekniska genomslag i utvecklingen. Successiva små tekniska framgångar leder till framtida lönsamma slutlösningar. Resurser inom rymdteknologin kan utnyttjas inom det här området. Ludwig Bölkow har ett mycket intressant projekt tillsammans med Mercedes när det gäller bränslecellsutvecklingen. Vätgas blir i framtiden det strategiska drivmedlet som kan tillverkas från olika råvaror som naturgas, solenergi, vatten mm. Delstatliga satsningar inom det här området t ex Bayerns stora intresse och en kamp mellan olika delstater.
- Oljeföretagen blir i framtiden energiföretag med tillverkning och distribution av vätgas.

- Fritidsåkandet kommer att öka i framtiden bl a pga av en ökad arbetslöshet. Nya intelligenta trafiklösningar kommer att utvecklas.
- Naturgas är det kortsiktiga mest aktuella alternativa drivmedlet. Neoplan, MAN och Mercedes satsar på naturgasbussar för kollektivtrafik i tätorter. RME är inget stort alternativ och kommer endast ha begränsad omfattning.

2

Mineralölwirtschaftsverband, MWV

Frau Dr Maren Ernst- Vogel, Boris Heitmann MWV och Bernd Nierhauve ARAL

- Petroleuminstitutet tror att råoljetillgångarna räcker under en mycket lång tid. Hälsoproblemen i tätorterna är till stor del lösta genom bättre bensin och dieselskvaliteter. Dyrt att framställa ännu bättre kvaliteter. I det korta perspektivet är det endast naturgas som kan anses vara ett alternativt drivmedel. År 2010 kan naturgas ha en marknadsandel på 10%. Biodiesel, etanol m fl uppvisar inga klara fördelar i ett större perspektiv om hela kedjan från råvara till slutanvändning tas med.
- Inga större öknings av drivmedelsbehovet eftersom det kommer fram bränsleeffektivare motorer och intelligenta trafiklösningar. Emissionsproblemen finns i Kalifornien men inte i t ex Hamburg. Viktigt att vi inte inför i Europa de kaliforniska kraven eftersom sådana styrintstrument passar inte här.
- På längre sikt år 2040 - 2050 kan bränsleceller bli aktuella inom transportområdet. De är viktigt att alla system som införs är kostnadseffektiva.
- Idag mycket dålig balans mellan ekologi och ekonomi. Subventioner löser inte de långsiktiga miljöproblemen. Marknadskrafterna kommer att vara den viktigaste framgångsfaktorn.

3

Bundesministerium für Wirtschaft

Dr Arkenberg

- Tyskland arbetar mycket aktivt inom EU att införa hårdare krav på utsläpp från bilarna. Auto/Oil-programmet kommer att ställa nya krav på bensin och dieselolja.
- År 2000 kommer 95% av personbilarna ha katalysatorer. Motsvarande siffra är idag 65% men 80% av all bensin förbrukas av bilar som har katalysatorer.
- Raffinaderierna måste arbeta med att ta fram produkter som klarar Air Quality målen för år 2000 och 2010. Bedömningen är att det finns goda

förutsättningar att uppnå dessa mål. Tyskland arbetar för att få följande krav införda i EU:

- Bensin max 1% bensen och max 50 ppm svavel
 - Dieselolja max 50 ppm svavel
- Bilindustrin löser sina problem inom relativ kort tid. Svårigheten är för raffinaderierna i södra Europa medan de som ligger i norra Europa klarar kraven med stora investeringar. I Tyskland uppgår denna siffra till ca 7 miljarder Dmark.
 - Myndigheterna har alltid möjligheter att begränsa trafiken på de platser som inte klarar miljökraven. Höga bensenutsläpp är ett problem.

4 Bundesministerium für Umwelt Regieringsdirektor Dr Tore Knobloch, Dr Gordo Jain

- Bensin och dieselkvaliteterna kommer att förbättras varvid motoranpassning leder till att NO_x-utsläppen blir avsevärt lägre.
- Elbilar ingen lösning eftersom elen kommer från en fossil råvara. Kanske en lösning för Sverige med el från förnybara råvaror. Det måste dessutom till bättre batterilösningar och lägre priser. Dagens elbil är för dyr och har dålig effektivitet.
- Naturgas enda realistiska alternativet på kort sikt. NO_x-utsläpp under 2g/kwh i bussar. Andra föroreningar reduceras med katalysatorer. Lämpligt drivmedel till taxi, distributionsbilar och bussar i tätorter.
- Naturgas kan vara steget till framtida vätgasteknologin. Om vätgas kan tillverkas från förnybara råvara blir den ett mycket intressant framtida alternativ.
- Frågan är inom vilket område skall tillgången på förnybar råvara användas? Det kanske finns områden där den totala effekten blir större vid utnyttjande av en förnybar råvara.
- Nya framtida lösningar kommer inom transportområdet. En större satsning kommer att ske inom kollektivtrafikområdet. Statliga företag privatiseras för att höja effektiviteten. En större grad av regionalisering genomförs.
- Idag har Tyskland 550 bilar per 1 000 personer. Prognoser pekar mot en ökning till 800 innan kurvan avtar. Mer än 50% fritidsåkande idag. Framtiden blir mer flexibel med delstidsarbete, flexiblare arbetstider, distansarbete och ökad kollektivtrafik.
- Stora satsningar på järnväg kommer i framtiden.

- Råoljetillgångar räcker trots ökade behov främst från 3:e världen. Bränslepriset kommer att gå upp vilket bl a leder till att andra alternativ får genomslagskraft på marknaden.
- Bränsleeffektivare lösningar kommer att minska bränslebehovet.
- I Europa bör vi inte införa de kaliforniska kraven. Bättre att marknadskrafterna själv styr utvecklingen mot en bättre miljö.

5 European Commission - DG XI - Environment

Jean Marie Mackowski

- EU är mycket oroad över koldioxidutsläpp från trafiken. Man pekar på de senaste årens bristande framsteg då det gäller att höja bränsleeffektiviteten hos bilar.
- I ett scenario med oförändrad verksamheten kommer CO₂-utsläppen från bilar att öka med 20% fram till år 2000 och med ca 36 % fram till år 2010 i förhållande till 1990 års siffror.
- EU vill ställa upp mål för bränsleförbrukning och förslå olika åtgärdsprogram i övrigt för att komma till rätta med klimatproblemen.
- År 2005 skall nya bilar ha en genomsnittlig bränsleförbrukning på 0,5 l/mil för nya bensindrivna bilar resp 0,45 l/mil för nya dieseldrivna. Uppfattningen är att biltillverkarna kan klara dessa mål. EU vill teckna avtal med biltillverkarna när det gäller att vidta sådan åtgärder.
- Åtgärderna bör vara kostnadseffektiva. Rättvisefråga att inga grupper får uteslutas från bilägande eller användande. Särskild hänsyn bör tas till äldre och handikappade.
- Differentierade skatter och avgifter bör införas som styrmedel för att motivera efterfrågan på bränslesnålare bilar. Differentierade årliga vägskatter på grundval av koldioxidutsläpp.
- Satsar på forskning och utveckling genom inrättandet av en *specialistgrupp för morgondagens bil*. Syftet är att uppnå ett genombrott då det gäller att minska bränsleförbrukningen och koldioxidutsläppen från motorfordon sett i längre perspektiv.
- Åtgärder mot att minska användningen av motorfordon genom att
 - påverka körbeteendet
 - tekniska och icke tekniska åtgärder för att uppnå högre bränsleeffektivitet

- förbättring av kollektivtrafiken
- tillämpning av transporttelematik för att minska trafikstockningarna
- flexiblare arbetstider och distansarbete för att minska pendeltrafiken

6 European Conference of Ministers of Transport Deputy Secretary General Jack Short

- Trafikökningen fortsätter ca 2% per år. Fler bilar och ett ökat fritidsåkande. Godstrafiken i Europa ett mycket stort problem. GATT, arbetskraftens rörelse, öststaternas intrång i västvärlden, bättre konjunkturer leder till att godsflödena ökar markant. Kombitransporter måste få ett kraftfullt genomslag för att reducera effekterna.
- Vi har ännu inte toppen på ökningen. Politikerna ovilliga att fatta långsiktiga beslut som är nödvändiga för att komma till rätta med bl a klimatproblemen. Marknaden saknar långsiktiga signaler.
- Ett ökat beroende av bilen och rättvisekrav hos grupper som kvinnor, minoriteter och lågavlönade. Ca 65% av allt åkande är fritidsåkande. 85% av befolkningen i Paris använder kollektivtrafik men trots detta har Paris en ohållbar trafiksituation på vägarna.
- Enda sättet att komma till rätta med klimatproblemen är att använda ekonomiska styrmedel. Restriktioner och förbud kombinerat med 7%-ig årlig bensinskattehöjning för CO₂-utsläpp skulle kunna ge oss möjligheter att komma till rätta med CO₂ problemen inom trafiksektorn.
- Egentligen har det inte skett någon större ökning av drivmedelspriset sett under den senaste 20-årsperioden.
- Utvecklingen av infrastrukturen i Europa är viktigt för politiker för att bl a annat klara arbetslösheten. Till vägarbeten behövs dock mindre antal personer nu än tidigare.
- Befolkningsökningen kombinerat med transportproblematiken blir ett problem för städer i storleksordningen upp till 500 000 personer.
- Idag ett 99%-igt oljeberoende inom transportsektorn. Oljan räcker under en lång tid. Utvecklingen i 3:e världen kommer att ta längre tid än planerat. Jämför med tidigare prognoser om utvecklingen i Ryssland. Vid en bristsituation kommer alternativen att utvecklas.
- Den etablerade olje-, bil- och transportindustrin är svår att ändra på. CO₂-frågan tas inte på allvar. Det behövs några riktiga kriser inom transportområdet för att få igång ett nytt synsätt mot miljöriktiga satsning.

7

OECD / IEA

**Head of Energy Technology Policy Division Kenneth Friedman,
Stephen Peak och Laurie Michaelis**

- OECD räknar med en 25%-ökning av trafiken till år 2010. Transportsektorn är den svåraste sektorn att göra förändringar mot en bättre miljö. Teknikutvecklingen och marknaden går åt fel håll. Utvecklingen går mot bättre bilar, längre livslängder men också större bilar. Bränsleförbrukningen går inte ned. 93% av hushållen i Japan har bil. Medelhastighet under 20 km/tim. Renare bränslen införs men inget riktigt konkret sker på biodrivmedelsområdet.
- Järnvägssatsningar för att avlasta vägtrafiken har avstannat. Bensin hade av miljöskäl inte fått komma in på marknaden idag. Vi har för låga drivmedelspriser idag.
- IT-satsningar kan förändra bilden. Bilen kan bli mer av en arbetsplats med den nya tekniken. Bränslepriset har inte gått upp men kapitalkostnaden har ökat kraftigt. 12-14% av den totala årliga bilkostnaden utgörs av bränslekostnad. Kapitalkostnad allt tyngre. Privatleasing alltmer vanligt i USA. 650 bilar per 1 000 personer i USA jämfört med 9 bilar per 1 000 personer i Kina.
- Satsningen i Kina måste ske mot mindre bränslesnålare bilar och alternativa system.
- Försäkringsbolagen har insett klimatproblemen och vill nu att man ska satsa på åtgärder inom detta område.
- Det kan bli en framtida obalans i raffinaderierna eftersom efterfrågan på lättare fraktioner kommer att öka i och med kravet på bättre produkter.
- Transportindustrin är cyklisk och behöver stora vinster för att kunna satsa på framtida utveckling. Flygindustrin t ex satsar ingenting på framtiden.
- Hybridfordonet det mest tänkbara framtida alternativet. Reformulering av bensin fortsätter men endast mindre förbättringar på dieseloljan. Bränsleceller kommer längre fram i utvecklingen.
- Elbilar ingen framtida lösning. Batteriproblem, marknaden efterfrågar inte dessa bilar. I USA kan elbilen endast bli en 3:e bil i en familj. Stora infrastrukturproblem vid en introduktion i stor skala. Svårt att få bilindustrin att samarbeta. För dyra lösningar. Ingen större satsning sker i Europa inom detta område.

- Lokala satsningar viktiga för att introducera nya systemlösningar både på fordonssidan och vad gäller drivmedel. Det personliga engagemanget är av mycket stor betydelse. Mindre och lättare bilar i stadskärnor måste bli den framtida lösningen.

DRIVMEDELSITUATION OCH DRIVMEDEL I PERSPEKTIV 2020-2030

Föreliggande betraktelse - som kanske snarare ska kallas "spekulation" - har tagits fram på kort tid. Detta utgör skälet, om än ej ursäkten, för den mycket summariska texten. Tiden har inte ens medgivit en normal textgranskning.

Bakgrunden till betraktelsen har varit ett önskemål om en sammanställning av Anders Östmans uppfattning om tänkbar utveckling inom området inför år 2020-2030. Tankarna är således mina personliga även om de är resultatet av mångårigt deltagande i svensk utveckling av bl a alternativa drivmedel.

En sammanfattning av resultatet ges i figurform sist i texten.

Innehåll

1. Drivkrafter för förändringar	1
2. Drivmedelsförändringar under inflytande av de olika drivkrafterna	4
3. Slutsatser och diskussion i perspektivet 2020-2030	12
4. Kommentarer till utvecklingen 2000-2020	16
5. Sammanfattning.....	17

DRIVMEDELSITUATION OCH DRIVMEDEL I PERSPEKTIV 2020-2030

Betraktelse av Anders Östman, mars 1997

1. Drivkrafter för förändringar

Prognosarbete har den något paradoxala egenskapen att vara lättare - och förmodligen säkrare - att genomföra på längre sikt än i kort perspektiv. Det hänger naturligtvis samman med att prognoser över flera år (5-10?) utjämnar svängningar som sker i kortare tidsintervall. Konsumtion och den bakomliggande förbrukningen är t ex i kort perspektiv utsatt för ett antal lokala eller specifika faktorer som lönebildning, skatteregler, m m vilka starkt påverkar utfallen under årsvisa förlopp. Över en något längre period får bl a konjunktursvängningar påverkan.

Om däremot tidsperioden sätts mellan 5 och 10 år utjämnas dessa "begränsade" faktorer och man kan ofta med gott resultat extrapolera den senaste tioåriga utvecklingen. För t o m en så kraftig påverkan som oljeprishöjningarna i mitten av 70-talet och inledningen av 80-talet utjämnades resultatet inom ca 10 år. En förutsättning för enkel extrapolering är emellertid naturligtvis att ingen fundamental parameter ändras eller t ex att något paradigmskifte inte sker. En uppfinning eller ny utveckling kan förändra de fundamentala förutsättningarna liksom ex-vis en uttömning av en resurs.

Att söka ge synpunkter på tänkbar utveckling inom drivmedelssidan i ett tjugo- till trettioårigt perspektiv innebär en så lång tidsrymd att den nästan måste inkludera dramatiska förändringar. Utan sådana blir sannolikt utvecklingen "trivial", d v s en enkel extrapolering av den förutvarande utvecklingen kan användas. Bland de faktorer som kan medföra 'dramatiska förändringar' har nedanstående identifierats:

Oljetillgångarna har hittills kunnat bedömas räcka i ytterligare minst femtio år - med aktuell årsförbrukning - så länge den typen av prognoser gjorts. Vid varje tillfälle uppskattningar av återstående reserver genomförts, har man kunnat identifiera oljetillgångar som motsvarar denna framförhållning. Möjligen kan man se tendenser till att tidsperspektivet krymper men i huvudsak brukar man hänvisa till att prospekteringen, d v s identifieringen av oljereserver, inte får någon större drivkraft då en femtioårsperiod återstår för de kända reserverna.

Till detta är att lägga att utvinningskostnaderna för nya reserver ökar. Det är inte sannolikt att man i någon nämnvärd grad kommer att finna nya reserver i lättillgängliga områden med låga utvinningskostnader.

Med förbehåll för kostnadsfaktorn förefaller dock inte oljetillgångarna vara en förändrande parameter av sådan dignitet att en kvalitativ förändring skulle ske till 2020-2030.

Kostnadseffekten i sig skulle emellertid kunna ge nog så dramatiska kvantitativa effekter. Det kan inte uteslutas att den ständiga ökningen i drivmedelsförbrukning avstannar vid vissa prishöjningar för att plana ut på en nivå som anges av kostnaderna. Ett exempel på sådan effekt kan vara att lokal odling eller framställning av matvaror inte längre konkurreras ut av effektivare odling eller framställning på längre avstånd. Därmed försvinner ett transportmoment och drivmedelsanvändningen ökar inte längre.

En annan faktor med samma potentiella påverkan - eller kanske med än större potentiell effekt - är miljöeffekterna av transporter. De samlade miljöeffekterna är redan idag stora. Förutom den välkända

koldioxiden och kväveoxiderna innebär transporterna dragning av vägar och uppbyggnad av stora infrastrukturella anläggningar (hamnar, köpcentra, etc).

I ett 20- till 30-årigt perspektiv kan det inte uteslutas att de direkta och indirekta miljöeffekterna blir så stora att paradigmskiften börjar framträda. Koldioxidbildningen utgör redan idag ett tungt (politiskt) argument för minskning av användningen av fossila bränslen/drivmedel. Längs svenska motorvägar finns också tydliga tecken på det som antas vara effekter av kväveoxider, m m. Vidare förmärks idag tecken på en större debatt och mer ifrågasättande av trafikleder och köpcentra som kräver bil.

Kombinationen mellan miljöfaktorn och kostnadsökningar är en intressant parameter. Dels finns i det politiska klimatet tydliga tecken att man söker öka kostnaderna för fossila bränslen/drivmedel. Som argument används då koldioxiden och önskemål om "uthålliga energisystem". Vidare finns idag en dålig korrelation mellan "marknadsmässiga" priser och miljömässiga transporteffekter. Om LCA används som mått på det senare framgår t ex att frukt från Nya Zeeland och Frankrike är betydligt mer miljöbelastande än svensk frukt medan kostnaderna för den förra är påtagligt mycket lägre. Kostnaderna för en vara återspeglar således på intet sätt den miljöbelastning som åstadkoms.

Om de politiska ambitionerna angående miljön fortsätter, måste ett samband etableras mellan kostnader och miljöeffekter. Detta kommer i första hand att drabba olja och kol som primära energikällor, d v s få effekter på dagens transportsystem.

Som ytterligare en parameter i transportsystemen finns naturligtvis motorerna. Å ena sidan kan motorförändringarna ses som en effekt av förändringar i transporttekniken - d v s transportmedelstillverkarna följer med utvecklingen. Å den andra kan också dessa tillverkare bli en drivande kraft för förändringar. (Av någon anledning har samarbetet mellan drivmedelstillverkare och t ex bilindustri hittills varit notoriskt dåligt - åtminstone i Sverige)

Under senare år har inslaget av "miljöanpassade" bilmodeller och miljömässigt avancerade fordon varit påtagligt på bilmässor, m m. Även om dessa produkter hittills har mest marknadsföringsvärde och i stor utsträckning tjänar till att visa upp den framsynthet som olika företag besitter, förefaller såväl mängden demonstrationer som attityden till dem implicera ett delvis nytt tänkande. Det är inte alls uteslutet att transportmedelstillverkare i ett tjugoårigt perspektiv kommer att få en avsevärt större utvecklingsstyrande inverkan.

Beträffande "Samhällsbyggnad och transporter" saknar undertecknad kompetens att bedöma de eventuella effekterna. För en lekman framstår vissa lokala tendenser relativt tydliga. I jämförelse med t ex 70- och 80-talen ökar viss lokal tillverkning och distribution (bagerier, direktleveranser från jordbruk, etc). Samtidigt är det uppenbart att internationaliseringen och storskaligheten i tillverkning ökar vilket i allt väsentligt innebär ökade transporter.

I ett större perspektiv kan väl ännu knappast någon förändring ses i samhällsbyggandet, m m. (På längre sikt skulle kanske förändringar av typen stadslokalisering till sjöfart, d v s nya kuststäder, kunna tänkas)

I den mån transportföretagen styr utvecklingen, förefaller det i huvudsak begränsas till konkreta åtgärder inom "persontransporter" (lokala bussbolag, m fl) och vissa varutransporter. Transportföretagen har hittills tillhört de mest aktiva aktörerna vad gäller praktiskt genomförande även om de av naturliga skäl inte deltar i själva teknikutvecklingen (drivmedel, motorer, m m).

Sammantaget leder det ovanstående till följande möjliga drivkrafter för förändringar i drivmedelssituationen:

FAKTOR	KOMMENTAR	MÖJLIGA EFFEKTER PÅ TRANSPORTER OCH DRIVMEDEL	
Samhällsbyggnad och transporter	Lokal påverkan kan eventuellt identifieras idag. Internationellt syns inga mer genomgripande förändringar i perspektivet 20-30 år; centra lokaliseras under förutsättning "bildrivna transporter", etc.	Traditionellt och historiskt förefaller snarare samhällsbyggnaden skett under inverkan av transporterna än tvärtom.	
Transportföretagen	Lokalt och i liten skala driver transportföretagen - framförallt persontrafiken - en utveckling.	De lokala transportföretagen svarar för den mest handfasta drivkraften gentemot drivmedelstillverkare och motortillverkare.	
Oljetillgångar och tillgångssida för oljebaserade drivmedel	Ingen direkt effekt i 20 - 30-årigt perspektiv.		
Oljepriser	Sannolikt effekt i 20-30-årigt perspektiv.	Till följd av den sammanlagda dominansen av olja på bränslen och drivmedel är effekten komplex.	
Miljöhänsyn	Möjlig effekt i 20-30-årigt perspektiv.	Leder framförallt till försök att överge fossila drivmedel.	
Kombination miljö-kostnader/priser	Sannolik effekt i 20-30-årigt perspektiv	Leder sannolikt till förändrade kostnader för fossila drivmedel där kostnaderna möjligen i ökad utsträckning avspeglar miljö-effekterna (och i mindre utsträckning tillverkningskostnaderna).	
Motorutveckling	Möjlig/sannolik effekt i 20-30-årigt perspektiv.	Nya motorer med högre verkningsgrader och bättre miljödata kan ge helt ny drivmedelssituation.	
Krig, tillfälliga skeenden, anomalier	Sannolika effekter i 20-30-årigt perspektiv.	Händelser av dessa karaktärer har erfarenhetsmässigt stor inverkan under en viss tid. Däremot är deras effekt över en längre period mindre på sådana fundamentala faktorer som matförsörjning och transporter. Ibland påstås att händelserna stimulerar utveckling men den långsiktiga effekten är omdiskuterad.	

2. Drivmedelsförändringar under inflytande av de olika drivkrafterna

Ovanstående, möjliga drivkrafter för förändringar kommer att ha ganska olika inverkan på nya, potentiella och alternativa drivmedel. Som övergripande aspekt gäller att ur motortillverkarnas synvinkel samt från internationella drivmedelsbolags (dagens oljebolag) sida är ett eller ett fåtal stora, standardiserade drivmedel att föredra. För oljebolagen gäller idag att nettoförtjänsten på varje liter drivmedel är låg och att de stora intäkterna tjänas på den stora volymen och den effektiva hanteringen vilket i sin tur kräver ett fåtal, enhetliga produkter.

Ett antal specialiserade drivmedel passar de stora oljebolagens struktur ganska dåligt och om de dessutom tillhandahålls i små volymer på lokala marknader måste oljebolagen antingen bilda nya organisationer eller söka motarbeta dessa drivmedel så långt möjligt.

För motortillverkarna gäller motsvarande situation. En motor som kan tillverkas i stora serier blir naturligtvis mycket billigare än ett antal specifika motorer vilka är ändamålsenliga för respektive drivmedel. Generellt gäller för kemiska reaktioner - vilket en miljömässigt acceptabel förbränning i grunden är - att en effektiv reaktor (= motorn) måste designas för en specifik råvara (= drivmedlet) och att varje förändring av råvaran mestadels ger en sämre funktion för reaktorn. I fallet motor-drivmedel innebär den 'sämre funktionen' att avgaserna riskerar försämrats och t o m verkningsgraden sänkas.

Dessa två kommentarer gäller i stort sett oberoende av vilken drivkraft som ligger bakom förändringen i drivmedelssituation.

För de utpekade, möjliga drivkrafterna i ovanstående tabell gäller att "Samhällsbyggnad och transporter" och "Transportföretagen" båda är delvis utlämnade till den tekniska utvecklingen eller i alla fall måste initiera/styra teknikutveckling innan drivkrafterna kan få praktisk effekt. De övriga potentiella drivkrafterna har direkta tekniska effekter på utvecklingen, d v s varje faktor ger incitament till viss teknikutveckling beroende av faktorns egenskaper. I det följande behandlas varje faktor exklusivt, d v s utan inblandning av de övriga; sinande oljetillgångar behandlas åtskilt från t ex prisstegringar, etc:

Oljetillgångar och tillgångssida för oljebaserade drivmedel

Oljeresursen svarar för 35-40 % av världens samlade energiförbrukning och närmare 100 % av drivmedelsförbrukningen. Större delen av oljeproduktionen går till drivmedel. Det som inte förbrukas till drivmedel utgör i huvudsak "restprodukter" vilka är alltför dyra att konvertera till bensin och diesel och som används som bränsle och vissa råvaror. Ur en sammanlagd oljeproduktion om ca 3 miljarder ton råolja framställs närmare 2 miljarder ton drivmedel.

Som energireserver vid sidan om oljan finns i första hand kol av olika slag och naturgas. Medan den senare är av samma storleksordning som olja finns kända kolreserver som är 3-5 ggr större - allt räknat i energitermer. De kända (redovisade) urantillgångarna är ungefär hälften av oljans/naturgasens.

Dagens siffror för energi ur biomassa säger grovt att 1 ha mark (maximalt) kan producera motsvarande ca 5 ton olja. Energiverkningsgraden för att ur biomassa tillverka drivmedel är i storleksordningen 50-70 % av motsvarande verkningsgrad för drivmedel ur olja. För att vid sinande oljetillgångar ersätta dagens oljeproduktion för drivmedelsändamål skulle således krävas ca 1 miljard ha mark - en siffra som börjar närma sig jordens totala åkerareal, ca 1.5 miljarder ha. Även med hänsyn till världens betesareal (med potentiellt lägre avkastning) om ca 3 miljarder ha och det faktum att skogsarealen kanske utgör

primär råvarukälla, blir det tveksamt om biomassa kan utgöra alternativ till världens samlade drivmedelsförbrukning ur olja. (Dagens världsvida vedeldning insamlas sannolikt över storleksordningen 10 miljarder ha "skogsmark")

För svenskt vidkommande gäller aktuella bedömningar att biomasstillgången i form av tillväxt medger uttag i storleksordningen 50-100 TWh. Detta skulle med femtioprocentig verkningsgrad kunna motsvara ca halva drivmedelsbehovet i Sverige (ca 8 Mm³ bensin och diesel per år eller drygt 80 TWh).

Vare sig i Sverige, eller än mindre globalt, utgör biomassa ett *enskilt* realistiskt alternativ vid sinande oljetillgångar. Brist på olja som drivmedelsråvara måste i dagsläge bedömas leda till att såväl gas och kol som elektrisk kraft och möjligen delvis biomassa tas i bruk. Denna situation förefaller emellertid inte uppstå förrän tidigast ca 2050. Med hänsyn till oljans utomordentliga egenskaper som drivmedelsråvara kan man nog anta att transporterna kommer att vara ett av de områden som i det längsta utnyttjar denna råvara. Då tillgångarna sinar kommer priset med all säkerhet att stiga och de betalningsstarkaste områdena blir de som i sista hand tvingas lämna råvaran. Som kemiråvara kan ett högre pris betalas än som drivmedel men volymerna är här avsevärt mindre; ca 15 % av oljan.

Utifrån detta perspektiv - enbart faktorn 'ändlig oljeresurs' - kan som framgått inga större incitament ses för förändringar med tidshorisonten 2020 - 2030. På längre sikt är det rimligt att kol, naturgas, el och delvis biomassa kommer att ersätta oljan som drivmedelsråvara eller drivmedel.

Oljepriser

I inledningsavsnittet berördes prishöjningar på olja/drivmedel som effekt av sinande tillgångar. Av betydligt mer närliggande natur är emellertid prishöjningar av andra skäl. Oljeprishöjningar kan uppstå eller komma till stånd genom politiska beslut (beskattningar, m m), politiska skeenden (t ex i Mellanöstern), till följd av krig och avspärningar eller genom företagsekonomiska beslut/skeenden (t ex kartellbildningar). Samtliga dessa orsaker har återkommande medfört mer eller mindre dramatiska prisförändringar under de senaste 20 åren. Vidare åstadkom chockprishöjningarna under 1975-1981 en kraftig omstrukturering i användarledet med åtföljande prisseffekter under resten av 80-talet.

Erfarenheterna från dessa prisfluktuationer är emellertid relativt entydiga då det gäller de teknisk/ekonomiska effekterna. Till följd av oljeprisets dominerande inflytande på energipriset i sin helhet har inte bara alla energiråvaror tenderat till att följa oljepriset - den allmänna prisnivån har också följt oljeprissvängningarna - i alla fall i uppåtgående faser. I Sverige följer biobränslena i stort sett oljepriset och internationellt har kolpriserna sedan början av 80-talet tvingats ned till nivåer som stängt ett antal kolgruvor.

Vid fortsatta oljeprishöjningar - oavsett ursprung till dessa - kan motsvarande förlopp förväntas. En gräns nås då oljepriset når sådana nivåer att andra energiråvaror börjar markant öka sina marknadsandelar (på oljans bekostnad). Relativt kol ligger den gränsen förmodligen vid oljepriser mellan 30 och 40 \$/fat (av erfarenheterna kring 1980 att döma) då ett tillräckligt antal kolgruvor och naturgasfyndigheter (åter) börjar exploateras. Så snart dessa energiråvaror blir dominerande kommer oljepriset att få svårt att stiga ytterligare av allmänna energiskäl.

För drivmedel ligger gränsen ytterligare något högre eftersom kostnaden att framställa drivmedel ur framförallt kol ligger högre än kostnaden att framställa dem ur olja. Beräkningarna från början av 80-talet gav som resultat att kolbaserade drivmedel blev konkurrenskraftiga vid ca 35 \$/fat. Detta avsåg då kolväten framställda genom hydrering av kol och s k Fischer-Tropschsyntes och med hänsyn till viss optimism kanske oljepriset snarare borde ha bedömts över 40 \$/fat.

I Sverige gjordes motsvarande kalkyler för drivmedel (metanol, hydrerkolväten, m m) ur träråvara och t ex torv. Resultaten indikerade kostnader som med råvarupriser på 8 öre/kWh - motsvarande 80 öre/l olja eller storleksordningen 20 \$/fat med kursen 7.5 kr/\$ - var ca 40 öre/kWh drivmedel. Den senare kostnaden motsvarar - i sin tur - ett oljepris om över 80 \$/fat. Dagens kalkyler för t ex etanoltillverkning ger en högre motsvarande kostnad och ett motsvarande högre jämförbart pris för oljan.

Den närmast liggande drivmedelskostnaden ur andra råvaror än olja är metanol ur naturgas och t ex komprimerad naturgas (CNG, Compressed Natural Gas). För den förra är marknadspriserna idag 15-20 öre/kWh att jämföra med importpris på bensen och diesel om ca 10 öre/kWh (oljepris om drygt 20 \$/fat). D v s, dagens naturgasbaserade metanol svarar mot ett oljepris om 30-40 \$/fat. De tillgängliga volymerna av denna metanol är emellertid i drivmedelssammanhang starkt begränsade och för markant större volymer får man nog tentativt räkna med en fördubbling av priset, d v s 30-40 öre/kWh motsvarande oljepriser över 70 \$/fat.

(För CNG i större mängder saknar undertecknad i skrivande stund data. Gaspriset utan kompression torde emellertid kunna räknas till över 10 (-15) öre/kWh vilket svarar mot oljepriser om mer än 20 (-30) \$/fat)

Sammantaget blir således bedömningen att för att oljepriserna ska få märkbar effekt på drivmedelsvalet måste oljepriset nå nivåer om minst 40 \$/fat. Vid denna nivå kan naturgasbaserade drivmedel - vid oförändrat pris på naturgasen - börja konkurrera prismässigt med de oljebaserade.

Kolbaserade drivmedel kommer att kräva ytterligare höjda oljepriser (d v s över 40 \$/fat) för att kunna ses som alternativ till de oljebaserade.

Biomassebaserade drivmedelsalternativ kommer att kräva oljepriser över 70 \$/fat innan de kan prismässigt övervägas. Därvid gäller som för de tidigare råvarukällorna att biomassan inte får följa med oljepriset uppåt.

Det senare är dock osannolikt eftersom biomassan knappast kan bli så stor energiråvara att den styr sin egen prissättning. Detta kan dock ske med framförallt kol som - om tillräckligt med kolgruvor öppnas och tillräckligt med drivmedelstillverkning etableras - kan få en prisreglerande position.

Denna sammantagna bedömning baserar sig på att alternativen är flytande eller gasformiga drivmedel i "konventionella" motorer. Med eldrift i fordonen måste också hänsyn tas till verkningsgraden i motorn. Om kolbaserad elgenerering kan ske till kostnaden 30 öre/kWh kan kanske fordonet tillföras 0.8-0.9 kWh per tillförd kWh (10 % förlust i motorn och <10 % förlust i laddningen?) vilket motsvarar närmare 3 kWh i form av flytande drivmedel till dagens motorer. Den jämförbara kostnaden blir därmed ca 10 öre/kWh eller drygt 20 \$/fat i oljepris.

Teoretiskt kan således (kolbaserad) eldrift bli aktuell redan vid måttliga oljeprishöjningar. Däremot saknas idag tekniska förutsättningar för detta vad gäller eldriften och/eller transportsystemen. I tidsperspektivet 2020-2030 kan däremot förutsättningarna ha realiserats.

*Miljöhänsyn*Luft- och klimatpåverkan

Denna faktor drar i åtminstone ett avseende - koldioxidbildningen - en klar skiljelinje mellan vissa drivmedel/transportsystem och andra. Samtliga drivmedel (och all elgenerering) ur fossila energiråvaror genererar koldioxid.

På den andra sidan finns alla biologiska energiråvaror inklusive avfall och annan jäsningsråvara till biogas - i stort sett oavsett vilket drivmedel som framställs. Med förbehåll för insatsenergi i form av dagens drivmedel och fossila bränslen samt t ex gödselmedel kan framställningen och användningen av drivmedel från dessa råvaror i princip göras helt "koldioxidfri". (Principiellt kan även gödselmedelsframställningen ske helt "koldioxidfritt")

Koldioxidbildningen är dock den enda luft- och klimatpåverkande effekten vilken entydigt delar energiråvarorna i två grupper. Beträffande kväveoxider, partiklar, stoft, kolmonoxid, m m finns gradskillnader vilka dock inte på samma sätt styrs av energiråvaran. Förutom att metanol, etanol och metan, m fl drivmedel kan erhållas ur båda typerna av energiråvaror, finns idag teknik att använda såväl konventionella (fossila) drivmedel som de alternativa med små avgasutsläpp vad gäller dessa föroreningar. Med hänsyn till den bränslebaserade elgenereringens utsläpp kan inte heller eldriften sägas gå helt fri från utsläpp.

Att döma av dagens (politiska) koldioxiddebatt (eg. klimatdebatt) förefaller denna fråga vara den tydligaste drivkraften mot ändrade transportbetingelser. Detta gäller inte bara i Sverige utan också internationellt. Även i USA, där man länge intagit en tveksam hållning, synes nu klimatfrågorna fokuseras.

I Sverige har klimatpåverkan fått en ekonomisk kvantifiering i form av koldioxidskatt på fossila bränslen/drivmedel. Hittills är den inte värderad till de nivåer som pridfaktorn i föregående avsnitt förutsätter för att större förändringar ska ske men det förefaller inte orimligt att skatten ytterligare skärps. Förutom statsfinansiella skäl finns alltmer återkommande farhågor för att klimatet globalt håller på att förändras. Någon konsensus finns ännu inte bland forskarna men allt fler påpekar de ökande koldioxidhalterna i atmosfären och t ex de mer frekventa naturkatastroferna i USA och annorstädes under det senaste decenniet.

En tveksamhet finns naturligtvis fortfarande inför den relativt korta tid som förflutit sedan frågan aktualiserades men om samband mellan koldioxiden och klimatförändringar i olika avseenden kan ytterligare indikeras - och framförallt ges publicitet - så kan mycket väl denna drivkraft bli helt avgörande för förändringar i energisystemen inklusive drivmedels - eller transportsituationen.

Mot bakgrund av den skarpa skiljelinjen mellan fossila energiråvaror och biologiska (samt vatten- vind- och direkt solenergi) i detta avseende, finns inga "mellanting" - endast frågan var energiråvarorna kan enklast bytas. Drivmedel och transportsystemen kan möjligen vara närliggande områden för förändringar - och de politiskt fördelaktigaste ur flera synvinklar (påtagliga, lättförklarade, etc) - men inte nödvändigtvis de enklaste. Om man antar att en omställning inte kan ske för hela energiförsörjningen (d v s såväl transporter som värme, kraft, m m) inom en kort tidsrymd, kan kanske vissa områden vara enklare att inleda med än andra. Ur teknisk synvinkel innehåller en värmegenerering mindre komplexitet vid omställning till biobränsle än vad en motoranvändning gör.

Samtidigt gäller specifikt för Sverige att drivmedelssektorn och transporterna är ett av de områden som fortfarande förbrukar mest fossila energiråvaror. Med vår stora kärnkraft- och vattenkraftproduktion

samt fjärrvärmeverk baserade på biomassa är olje- och kolanvändningen i sådan produktion förhållandevis liten. Gasanvändningen ligger vid internationell jämförelse på en blygsam nivå i Sverige. Här finns således en skillnad mellan det svenska perspektivet och det internationella. I Sverige erhålls inte lika stora koldioxideffekter vid utbyte av fossila energiråvaror i värme- och kraftsammanhang som i flertalet andra länder. Omvänt ger alltså ett byte av drivmedel en förhållandevis stor effekt i Sverige.

Vid en lokal omställning mot koldioxidfria energisystem kan således transporterna vara ett primärt mål i Sverige medan motsvarande mål i många andra länder torde bli kraft- och värmeproduktionen. Ett förhållande som inte är ägnat att underlätta förändringar i en internationell bransch som transporter (inklusive motor- och drivmedelstillverkning).

Förnybara råvaror och resursaspekter

Vid sidan om koldioxiden har resursutnyttjande och förnybara råvaror kommit i fokus för det internationella miljöarbetet. Inom inte minst Agenda 21 markeras förnybarheten bl a i relation till det globala utnyttjandet av resurser.

För energiråvarorna innebär detta i sin enklaste form att biologiska råvaror - samt sol-, vind- och vattenenergi - bör prioriteras framför fossila råvaror. I ett vidare perspektiv kan emellertid frågan bli något mer komplicerad. Som framgick av ovanstående avsnitt om oljetillgångarna finns idag inte tekniska resurser för att ersätta oljeberoendet med biologiska energiråvaror. Det innebär att inom överskådlig tid - och hit måste nog räknas tiden till 2020-2030 - måste prioriteringar ske hur biomassa, m m ska användas.

För drivmedelssidan gäller därvid att bensin och diesel framställs ur olja med verkningsgrader om över 90 %. Motsvarande siffra för framställning av drivmedel ur biomassa ligger på ca 50 % - och lägre. Till detta kommer att det lägre energiinnehållet i de senare drivmedlen (per liter) medför ett ökat distributionsarbete, d v s ger ytterligare en verkningsgradsförlust.

Med användande av biomassa i värme- och kraftgenerering erhålls verkningsgrader vilka ligger i paritet med verkningsgraderna för olja, gas och kol i dessa applikationer.

Om man således fäster avseende vid verkningsgraderna och har en valsituation för biomassanvändningen, blir ersättningen i värme/kraft-sammanhang effektivare än ersättningen i drivmedelssituationer. Detta kan påverka den internationella utvecklingen även om den svenska situationen fortfarande ger fördel för drivmedelsapplikation (till följd av dagens svenska energisystem, se ovan under "Luft- och klimatpåverkan")

Andra miljöaspekter

Vid sidan av miljöeffekter på luft och klimat finns som nämndes i inledningen miljöaspekter då det gäller "transportsamhället" som sådant. Inom bl a miljörelserna framträder ganska tydliga tecken på ökat motstånd mot dagens transportsamhälle manifesterat av demonstrationer mot vägbyggen och diskussioner om sådana företeelser som att man fiskar räkor i Norra Ishavet, kör dem till Nordafrika för att skala dem och sedan transporterar tillbaka dem till konsumenter i Skandinavien.

Bakom protesterna ligger förmodligen en viss del känslomässiga argument om det absurda i sådana transportarbeten; transporter ska å priori inte vara så billiga att det blir lönsamt att transportera "enkla" varor över halva jorden. Med större relevans finns emellertid också miljöeffekterna av dagens

transporter. Som påpekats tidigare saknas idag en koppling mellan fossila drivmedels miljöeffekter (samt transportsystemens miljöeffekter) och deras priser vilket möjliggör betydligt mer långväga transporter än vad som var möjligt tidigare. Med (mer miljövänliga) segelfartyg och landtransporter med häst och oxe fanns implicit en koppling mellan transportpris och miljö som dagens system ej lyckats etablera.

Denna miljöfaktor ingriper endast indirekt i drivmedelsdiskussionen. Protesterna riktar sig i stor utsträckning mot hela systemet där dagens drivmedel med sina utsläpp ger bränsle till diskussionen. Även med drivmedel ur biologiska råvaror kan emellertid samma diskussion med stor relevans föras. Ur ett LCA-perspektiv kommer transporter även då att orsaka miljöeffekter.

Om ett paradigmskifte får genomslag, innebär det att transportstrukturen kan komma att förändras. I första hand skulle långväga transporter av "enkla" dagligvaror kunna påverkas och lokala aktiviteter stimuleras. Det senare kan då stimulera en ny utveckling av t ex lokal distribution. I princip skulle skilda transportsystem med dels långväga transporter, dels lokala sådana kunna uppstå. I framförallt de senare skulle el-drift kunna bli aktuell medan drivmedel ur biomassor eller t o m konventionella, fossila drivmedel tar hand om de förra transporterna.

Att döma av den turbulens som idag råder kring transportsystemens vidare utbyggnad förefaller det sannolikt att sådana paradigmsfrågor måste komma till lösningar före 2020-2030.

Kombination miljö-kostnader/priser

Under de tidigare rubrikerna har diskuterats kostnads/pris-utvecklingen som enskild faktor respektive miljöfrågor som drivkraft. Kostnader/pris styrs av kommersiella mekanismer medan miljöfrågorna aktualiseras i stor utsträckning av individerna.

Eftersom de kommersiella krafterna endast i mindre utsträckning innehåller hänsyn till "immateriella" faktorer som upplevelser och naturen tidigare inte i större utsträckning påverkats av de kommersiella verksamheterna, har miljöhänsyn traditionellt hamnat utanför de ekonomiska sambanden. Under de senaste decennierna har emellertid kommersiella verksamheter tvingats att inkludera miljöhänsyn i kalkylerna.

Detta har i stor utsträckning skett genom individernas påverkan på politiken (eller samhället) där politikerna satt pris på miljöeffekterna.

Denna utveckling är sannolik att fortsätta. I Sverige har den gått något snabbare än i många andra länder men det förefaller tydligt att individer även i dagens utvecklingsländer kommer att kräva att miljöhänsyn inkluderas i ekonomiska kalkyler för produktion och transporter.

Kombinationen miljöhänsyn-kostnader/pris blir i denna bemärkelse en mekanism som miljöhänsynen kan använda för att åstadkomma förändringar. Att döma av politikernas respons synes denna faktor få en snabbare inverkan än t ex förbud och regler.

Motorutveckling

Utvecklingen av nya motorer för nya drivmedel har gått förhållandevis långsamt under några decennier. I jämförelse med t ex utvecklingen av befintliga Otto- och Diesel-motorer har relativt små resurser

satsats. Detta sammanhänger naturligtvis med systemets komplexitet där man knappast kan satsa stora medel på utveckling som är mycket osäker.

Av stor betydelse i sammanhanget har utvecklingen i Kalifornien varit. Till följd av myndigheternas agerande har "fasta regler" etablerats vilka möjliggjort utveckling med mer distinkta ramar. Idag förefaller också en internationell utveckling accelerera.

I princip kan flera utvecklingslinjer tänkas:

- motorer som klarar flera typer av drivmedel
- motorer som själv konverterar olika bränslen till samma drivmedel
- ett större antal olika motorer för olika drivmedel
- motorer som i likhet med dagens Otto- och Dieselmotorer utnyttjar likformiga drivmedel

Undertecknad är inte speciellt insatt i dessa utvecklingar men exempel på alla tre linjerna finns redan etablerade: S k FFV-bilar (Flexible Fuel Vehicles) kan köras på olika drivmedel och har tillverkats delvis med tanke på Kalifornien. Exempel på motorer som själv konverterar olika bränslen till ett och samma drivmedel är den utveckling av förgasningsreaktor (ger i första hand CO och H₂ som drivmedel) som bl a genomförs i Sverige, gasturbiner och förbränningsmotorer (Sterling, bränsleceller) som genererar el för den direkta driften. Speciella (modifierade) motorer för CNG, etanol och t ex RME (RapsoljeMetylEster) erbjuds av kommersiella motortillverkare.

Att döma av den ökande aktiviteten bland motortillverkare kommer inflytandet från dessa att öka inför 2020-2030. Däremot kan undertecknad inte se några tydliga indikationer i dagens utvecklingsarbete vilka skulle styra en eventuell förändring av drivmedlen i en viss riktning.

Samhällsbyggnad och transporter

Transportföretagen

Krig, tillfälliga skeenden, anomalier

Undertecknad är inte fackman eller närmare insatt i dessa områden/drivkrafter för utvecklingen av transporter och drivmedel. Som lekman och individ i samhället kan jag dock identifiera två typer av samhällen/system som inför 2020-2030 skulle kunna medföra en skiljelinje beträffande transporterna, motorerna och drivmedlen:

Den ena samhällstypen innebär en fortsatt utveckling av globalt enhetliga system som innehåller ett litet antal motortyper och ett fåtal drivmedel. Detta samhälle förutsätter fortsatt billig energi och intensiva transporter där varje område på jorden utvecklar sina förutsättningar och byter tjänster/varor.

Den andra typen av samhälle utvecklas lokalt med en minskning av det internationella transportarbetet till sådana varor (och tjänster) som har mer markerade (fundamentala) fördelar på olika håll. I detta samhälle kommer de lokala transporterna att möjligen öka.

Medan dagens och gårdagens utveckling tillhör den första typen av samhälle, kräver den andra snarast ett paradigmskifte och det är kanske svårt att se det genomfört till 2020-2030. Det kommer i alla fall knappast att kunna genomföras utan konvulsioner ty inom ramen för det befintliga systemet finns uppbyggt alla de stora företag och institutioner som verkar globalt och som svårigen kan överleva utan relativt stora omstruktureringar.

I den lokala samhällstypen kan möjligen ett flertal drivmedel och motorer vara motiverade - men då till priset av högre transportkostnader.

I det "globala samhället" förefaller möjligheterna till multipla system vara begränsat. Med den förutsättning för biomassebaserade drivmedel som angavs tidigare finns egentligen bara elektricitet som ett storskaligt (eller globalt), alternativt drivmedel utanför de fossilbaserade.

Det eventuella, "lokala samhället" förutsätter förmodligen den IT-utveckling som sker och vissa tendenser kan kanske ses till en samhällsutveckling i denna riktning; hemarbete, decentraliserade arbetsplatser, etc. Huruvida detta är en reell utveckling återstår emellertid att se och för undertecknad är det snarast fråga om lotteri att söka svara på denna fråga.

3. Slutsatser och diskussion i perspektivet 2020-2030

Extrapolering av hittillsvarande utveckling

Den enklaste bedömningen inför situationen 2020-2030 torde vara att ingen kvalitativ förändring sker. Det innebär en fortsatt (total) dominans för oljebaserade drivmedel. Gasol kan återkomma och komplettera sortimentet av bensin och diesel. Alkoholer och alkoholbaserade produkter (etrar) kan inkorporeras som tillsatser av olika skäl, varav marknadsföringsmässiga kan vara ett. Motorerna kan ytterligare förbättras.

Förbrukningen av drivmedel ökar måhända inte i samma takt som tidigare i Västländerna. Däremot kommer en tillväxt i bilism och transporter i Kina, övriga Asien, Afrika och Sydamerika.

Totalt sett sker emellertid ingen kvalitativ förändring. Oljetillgångarna kommer enligt dagens bedömningar av reserverna inte att sina till denna tidpunkt och prishöjningarna kommer knappast att ge konkurrensfördelar för t ex biomassebaserade drivmedel. Dels är det kostnadsmässiga avståndet rimligtvis alltför stort, dels (framförallt) är den allmänna prisnivån kopplad så att då oljepriserna stiger, stiger också kostnaderna/priserna på biomassa av olika slag.

Denna utveckling bortser från krig och politiska avspärrningar, m m liksom katastrofer och ekonomiska ageranden vilka dessväre inte kan betraktas som osannolika över en tjugoårsperiod i mänsklighetens närvaro.

Ändrad utveckling med miljöhänsyn

Mekanismer

Med vare sig tillgång på olja eller direkta oljepriser som starka drivkrafter för förändring till 2020-2030, framstår miljöhänsynen som den starkaste drivkraften. Dels kan direkt påverkan från konsumenter och miljögrupperingar utveckla ett tryck på transportbranscherna (inklusive motortillverkare och drivmedelsförsäljare) men med större effekt kan politiska beslut effektuera detta. För samhället och politikerna finns synergieffekter i avgifter och skatter vilka kan både stimulera förändring och förstärka statsfinanser. Med tillräckliga avgifter/skatter på oljebaserade drivmedel kan den ekonomiska drivkraft erhållas som knappast skulle uppstå utifrån marknaden (ovan).

Ett övergripande mål för - eller resultat av - en sådan politik (betingad av bl a miljöhänsyn) blir med all säkerhet förändrade transportsystem och kanske också en förändrad samhällsstruktur. Det senare kan ingå i en mer eller mindre nödvändig, miljöbetingad förändring. Kraftigt ökade kostnader för transporter måste innebära annorlunda förutsättningar för storskalig tillverkning, jordbruk och livsmedelsförsörjning.

Bedömningar av miljöhänsynens drivkraft för förändring blir i stort sett gissningar. Miljöargumentens tyngd och omfattning har inte minskat under de senaste decenniet men i stor utsträckning har det handlat om företagens förmåga att utnyttja faktorn i sin verksamhet. D v s, genom att inkorporera miljöaspekter i produktutveckling och marknadsföring har man drivit på utvecklingen. Man har dock hela tiden kunnat erbjuda alternativ till ungefär samma kostnad eller möjligen något högre priser.

I den möjliga utveckling som här beskrivs, handlar det emellertid om väsentliga kostnadsökningar; så pass stora att den nya situationen inte är ett alternativ längre utan en bestående förändring i livsvillkor. En förändring som på många håll kommer att upplevas som försämring.

Det finns förvisso grupper av individer som förespråkar det som ovan benämndes 'lokalsamhälle', d v s ett mer transportbegränsat samhälle i motsats till dagens 'globala samhälle' med livsmedel och varor tillgängliga i Västvärlden från hela den övriga världen - året om. Dessa gruppers drivkraft för strukturförändring (och därmed påverkan på transporter/drivmedel) är dock sannolikt begränsad.

Däremot kan resultatet bli detsamma om kostnadsbilden för transporterna drastiskt förändras. Politiska beslut om detta, betingade av bl a miljöhänsyn, kommer inte att vara lätta att ta. De kan dock tvingas fram - t ex av påvisbara miljöeffekter med stor genomslagskraft - och det är här gissningarna om miljöhänsynens drivkraft kommer in. Undertecknad tror inte att dagens varningssignaler om möjlig climateffekt är tillräckligt starka för att möjliggöra politiska beslut som kommer att förändra delar av samhället. Samtidigt är det fullt möjligt att en serie naturkatastrofer under åren 2000 till 2020 skulle kunna vara tillräckliga för att driva på sådana beslut.

I en sådan situation är det - i och för sig - möjligt att man väljer att ingripa med åtgärder på värme- och kraftsidan i stället för på transporterna. Världens energiförbrukning fördelar sig grovt med 70 % till värme och kraft och 30 % till transporter (antaget nästan all olja till transporterna). Vidare sker nästan all kolanvändning inom (värme/kraft och förbränningen av kol genererar förhållandevis mer koldioxid. Det kan argumenteras att en effektivare koldioxidminskning sker om fossila bränslen inom värme och kraft ersätts med biomassor. I ett sådant scenario skulle transporternas tillförsel av oljebaserade drivmedel förmodligen kunna bestå ytterligare en tid. Däremot skulle inte några påtagliga förändringar erhållas beträffande andra miljöstörande utsläpp (än koldioxiden) från dessa sektorer. Under förutsättning att värme- och kraftgenereringen sker med rökgasrening blir nettoeffekten i dessa avseenden liten och transporternas utsläpp fortsätter som tidigare.

Mot denna bakgrund - och med hänsyn till rubriken för denna betraktelse - antas således i fortsättningen att åtgärder mot användning av fossila energiråvaror i första hand vidtas genom skatter och avgifter på drivmedel inom transportsektorn.

Drivmedelseffekter

Om prishöjningar genomförs på oljebaserade drivmedel med en faktor 3-4 - vilket krävs för en avgörande förändring enligt tidigare angivna kostnadsdata - inträder en ny situation i vilken olika tekniska lösningar är tänkbara. Två huvudlinjer kan identifieras:

- en mångfald olika drivmedel (med tillhörande motorer) på mer eller mindre avgränsade marknader
- ett fåtal nya, storskaliga drivmedel för global marknad.

I *en mångfald olika drivmedel* ligger metanol, etanol, DME (DiMetylEter), biogas, RME, el, vätgas m fl energibärare. I såväl ett globalt perspektiv som t ex i Sverige är det diskutabelt om tillräckliga mängder biomassa kan skapas för att producera vare sig metanol, etanol, DME eller RME som enskilda drivmedel vilka skulle kunna ersätta bensin eller diesel. (Möjligen kan det ske på dieselsidan med DME) Metanol/DME, etanol och RME kan dock tillverkas ur olika råvaror och sammanlagt finns kanske råvarupotential för att åtminstone i Sverige ersätta "oljedrivmedlen" med sådana som har biologiskt ursprung. Således antas med dessa drivmedel ett "blandat sortiment".

Om man förutsätter dessa drivmedel utan inblandning i bensin och diesel, d v s i ren form, kan alkoholerna användas i (lätt) modifierade Otto-motorer samt i modifierade Diesel-motorer alternativt att

alkoholen förses med en tändtillsats. DME och biogas kan användas i modifierade Diesel-motorer försedda med tryckbehållare (eftersom drivmedlen är gasformiga) och RME kräver också vissa (mindre) modifieringar i Diesel-motorn. Utveckling av el-system och vätgassystem pågår.

En större förändring med dessa drivmedel ligger emellertid i lagrings- och distributionssystemen där de olika drivmedlen ställer ganska varierande krav. Det är svårt att tänka sig detta utbud av drivmedel generellt i dagens bensinstationsnät - i alla fall till dagens distributionskostnader. Samtidigt gäller att ett transportfordon med Diesel-motor inte har ett fritt val mellan biogas, DME och RME.

En konsekvens av distributionssvårigheterna och modifieringarna av motorer till respektive drivmedel kan alltså bli att användningen av specifika drivmedel med fördel sker lokalt. I fordonsflottor med begränsad användningsradie kan svårigheterna undanröjas genom ett litet antal tankställen.

En sådan utveckling i stor skala (d v s i många lokala sammanhang) torde inte bli utan effekt på dagens oljebolag. Motor- och fordonstillverkningen torde inte heller bli opåverkad eftersom ett större utbud av motorer blir nödvändigt.

Samtidigt ska konstateras att en utveckling mot "lokal drivmedelsförsörjning" kan ligga väl i linje med det tentativa 'lokalsamhället'.

Bland '*ett fåtal nya, storskaliga drivmedel*' (ej oljebaserade) vilka möjligen skulle kunna användas generellt i likhet med dagens bensin och diesel, finns i första hand el (och möjligen vätgas (ur biomassa och el)) Att el skiljer sig från metanol, etanol, etc beror på att el inte är beroende av biomassans volym utan också kan framställas på andra sätt; sol, vind, vatten.

El är vidare en specifik produkt som är identisk i alla situationer. D v s motorer, försörjningssystem, etc kan produceras i stor skala. El-driften synes kunna utgöra ett förstahandsalternativ för de storskaliga, globala drivmedelsföretagen liksom för motor/fordonstillverkarna eller t ex "el-aktörer".

Dessa två huvudlinjer representerar extremerna av två möjliga utvecklingsvägar. Mellan dessa ligger inblandningar av alkoholer, m m i bensin och diesel, analogt med vad som kan tänkas i den extrapolerade utvecklingen, ovan men med miljömotivering och - sannolikt - något större inblandningar. För att erhålla påtagliga miljöeffekter krävs en större ersättning av bensin och diesel än vad som antas vara kommersiellt (marknadsföringsmässigt och funktionsmässigt) motiverat. Om man samtidigt vill undvika nya motorer och nya lagrings- och distributionssystem erhålls emellertid en övre gräns för inblandningen vilken med dagens teknik förmodligen ligger i området 10-30 %.

En 20 %-ig inblandning av t ex etanol i bensin innebär globalt ca 300 Mton etanol (energimässigt) vilket är en tiodubbling av dagens kapacitet. I Europa har vi med dagens livsmedelssituation en potentiell kapacitet för jordbruksbaserad etanol om ytterligare ca 10 Mton etanol. I tropikerna finns en större, ytterligare potential för socker- och stärkelsebaserad etanol men sammantaget förefaller det rimligt att även cellulosebaserad etanol då måste inräknas.

I Sverige gäller motsvarande situation. Förutom jordbruksbaserad etanol skulle vi behöva tillverka en dryg miljon ton etanol ur träråvara vilket med dagens teknik motsvarar förbrukningen i en handfull stora massafabriker.

I perspektivet 2020-2030 förefaller en tjugoprocentig inblandning av biomassebaserade drivmedel vara en storleksordning för den praktiska gränsen. Resultatet skulle då vara en motsvarande tjugoprocentig reduktion av koldioxiden. En siffra som inte är övertygande stor om större miljökatastrofer skulle driva

på utvecklingen - framförallt mot bakgrund att motsvarande reduktion också skulle kunna erhållas med andra metoder, t ex begräsningar av transporter som sådana.

Denna utveckling förutsätter nog snarare att inga stora miljökatastrofer får drivande effekt. Snarare att en måttligt ökande oro för miljön driver på utvecklingen - alternativt att de inrangeras i ett större åtgärds paket där snabba åtgärder vidtas på flera områden samtidigt.

Förändrad samhällstruktur

Möjligheterna till en ändrad samhällsstruktur berördes kortfattat tidigare. Även om mindre (uppmärksammade) tendenser i riktning mot ett 'lokalsamhälle' kan identifieras, finns knappast idag någon allmän drivkraft i denna riktning. Politiskt och företagsekonomiskt är trenden snarare mot internationalisering och globala samband.

Däremot finns i specifika funktioner en drift mot decentraliserade enheter. Informationsteknologin medger i ökande utsträckning kontakter utan resande. Samma tidning trycks på flera orter, d v s transportmomenten sparas in. Etc.

Som en strikt personlig skulle jag inte bli förvånad om världen under de två första årtiondena på det nya millenniet upplever inledningen till en större decentralisering med i vissa avseenden en återgång till "lokala samhällen". Här tror jag emellertid få politiker och företagsledare skulle instämma.

Konsekvenserna av den ena eller andra utvecklingen av samhällsstruktur innebär för transporter/drivmedel samma resultat som uppdelningen i 'en mångfald olika drivmedel' respektive 'ett fåtal storskaliga drivmedel', ovan.

4. Kommentarer till utvecklingen 2000-2020

Vad som sagts tidigare avser i huvudsak den situation som kan föreligga 2020-2030. Med denna tidpunkt avses då en tid då en viss utveckling genomförts, d v s antingen har ingenting särskilt hänt (=extrapolering av dagens utveckling) eller har någon av drivkrafterna haft fullt genomslag.

En sådan förändring kommer naturligtvis inte plötsligt i ett så stort och komplext system som transporter/drivmedel/motorer. Vid större förändringar kommer en glidande övergång att ske under ett par decennier innan förändringen är fullt genomförd. Samtidigt gäller att ingen i det stora transportsystemet är beredd att vidta några principiella ändringar innan man är något så när säker på var slutpunkten ligger.

Det innebär att under 2000-2020 kommer man upprepade gånger att söka göra motsvarande bedömningar som skett i denna betraktelse - med oerhört mycket större omfattning och noggrannhet. Eventuella förändringar under denna tid kommer att ske med försiktighet och med undvikande att låsa sig till något specifikt system. FFV-utveckling är full rimlig men kanske inte utveckling av en specifik metanol- eller etanolmotor.

I linje med detta är inblandning av t ex alkoholer i bensin och diesel sannolik - upp till den gräns som den traditionella motorn accepterar utan problem. Etrar från metanol och etanol är också fullt acceptabla emedan de har tillräcklig kompatibilitet med bensin. RME kan likaledes blandas i diesel. Dessa utvecklingslinjer innebär emellertid inte med nödvändighet att de enskilda produkterna till slut kommer att bli nya drivmedel.

5. Sammanfattning

Med förutsättningen att miljöhänsyn och möjligheterna till ändrad samhällsstruktur utgör de största drivkrafterna till förändringar i transportsystemen kan figuren på omstående sida sammanfatta undertecknads slutsatser.

I denna sammanfattning har delvis bortsetts från möjligheten att en kraftig reduktion av koldioxiden kan ske genom ersättning av kol, olja och gas med biomassa, sol, vind och vatten i värme- och kraftsammanhang. Genom sådana åtgärder kan visst utrymme bereda för fortsatt användning av oljebaserade drivmedel i transporter.

Vidare har bortsetts från den uppenbara risken att krig och andra skeenden kommer att styra utvecklingen i helt andra banor under begränsade tidsperioder.

ALTERNATIV UTVECKLING I PERSPEKTIV 2020-2030						
	A	B	C		D	
Drivkraft	Minskande eller oförändrad oro för miljön	Ökande oro för miljön men inga allvarliga varnings-tecken.	Starkt ökande oro för miljön till följd av tydliga varningstecken (naturkatastrofer).		Ändringar i samhällsstrukturen; lokala försörjningsbaser, m m	
Effekter	Det senaste decenniets utveckling kan extrapoleras.	Ökad ersättning av oljebaserade drivmedel med biomasse-baserade.	Tekniska förändringar i motor/drivmedelssystemen som medger stor ersättning av oljebaserade drivmedel.		Transporterna får en tydligare uppdelning i lokala transporter och globala med olika system i de två typerna. De långväga transporterna minskar i omfattning.	
		Lokala flottor med biomasse-baserade drivmedel.	Lokala flottor med flera olika biomasse-baserade drivmedel och el-drift.	El-drift (bränsleceller, batterier, gastubiner + generator, etc) övertar rollen som globalt drivsystem	Lokalt uppstår en flora av transportsätt med olika drivmedel och fordon/ motorer	Globalt används eldrift på land och gas/oljeldrift till sjöss
Drivmedel	Bensin och diesel (samt gasol?) med mindre inblandningar av alkoholer, etc av funktionella och marknads-mässiga skäl.	Bensin och diesel med inblandningar av maximal mängd biomasse-baserade drivmedel utan att motorerna, m m behöver ändras.	Metanol, etanol, DME, RME, biogas, el i batterier.	Biomasse-baserade bränslen.	Metanol, etanol, DME, RME, biogas, el i batterier; samtliga lokalt framställda.	Oljebaserade drivmedel, biomasse-baserade drivmedel och el på olika sätt.
Drivande aktörer	Oljebolag, fordonstillverkare	Politiker	Organisationer och individer som arbetar med påtryckning och via politiken		Organisationer och individer som arbetar med påtryckning och via politiken	

Produktion av Etanol ur förnybara råvaror.

1. Utveckling i Sverige.

Genom åren har man i Sverige utfört omfattande utrednings/utvecklingsarbete upp till feasibilitynivån beträffande byggnad av etanolanläggningar för omvandling av såväl jordbruksråvaror (från vete) som cellulosainnehållande råvaror (ved och pappersavfall). De förslag till anläggningar, som därvid framkommit, och som utgår från vete, har haft fördelen att kunna baseras på känd och (i huvudsak) kommersiellt tillgänglig omvandlingsteknik.

De spannmålsbaserade processema har uppskattats kunna ge etanol till priser omkring 3,75 kr/liter 95-procentig vara (Östman, 1996) i anläggningar för 45600 ton etanol/år, vilket för sin synes vara konkurrenskraftigt på den konventionellt tekniska marknaden men ej för drivmedelsändamål utan skattemässiga konstruktioner och utan sådan teknisk utveckling, som skulle kunna (väsentligt) sänka produktionskostnaden. Sådan processteknisk utveckling har såvitt känt ännu inte skett.

Den möjliga produktionsomfattningen av etanol ur vete är begränsad av marknaden för den framställda biprodukten (djurfoder). Realistiskt sett kan endast omkring ett par hundra tusen ton etanol tillverkas ur vete, innan man satsar 'slår i taket'. Teknikutvecklingen har därför i huvudsak fokuserats på utveckling av metoder för hydrolys av cellulosa. Följande processer står i fokus för närvarande:

- A: CASH-processen. Gjorda bedömningar och utvärderingar anger att CASH-processen i sin nuvarande (tänkta) utformning kan ge etanol till en självkostnad av omkring 5 kr/liter 95-procentig etanol i anläggningar för 45600 ton produkt (Östman, 1996).
- B: CHAP-processen. Den är baserad på användning av koncentrerad starksyra (Saltsyra) i förbehandlingsledet för hydrolys av (främst) pappersavfall.
- C: Enzymatiska processer. Hydrolys med starksyra (utspädd eller koncentrerad) för med sig problem, som begränsar utbyten och höjer kostnader på produkten. Genom att istället använda enzymer för nedbrytning av cellulosa till jäsbart socker kan flera av problemen undvikas. Enzymerna är dock dyra och måste därför återanvändas i processen. Detta utgör ett av de största problemen för enzymanvändningen. Någon tillfredsställande lösning har hittills inte framkommit ens på laboratoriestadiet. Rent teoretiskt finns dock möjlighet till väsentligt höjda hydrolysutbyten.

Kostnadsuppskattningarna antyder att den enzymatiska processen kan ge något lägre produktionskostnad för etanol än vad som kan uppnås via hydrolys med Mineralsyror. Kostnadsnivån torde dock fortfarande ligga omkring 5 kr/liter även i detta fall, vilket för överskådlig tid är för högt för drivmedelsmarknaden.

Sammanfattningsvis kan sägas, att det ännu endast är för spannmålsbaserade anläggningar, som tillräcklig och omedelbart tillgänglig teknik finns framtagen. Utnyttjande av lignocellulosa kräver att något avgörande och kostnadssänkande, processtekniskt genombrott kan komma till stånd. Försök pågår bl.a. i Australien, där man har långt framskridna planer på genomförande av ett pilotprojekt för etanolproduktion ur lignocellulosa för drivmedelsanvändning. Processtekniken karakteriseras av en speciell extruderingsteknik i hydrolyssteg, koncentrerad svavelsyra, speciell teknik för återcyklning av syran i processen mm. Utbytena rapporteras ligga väsentligt över dem, som angetts som typiska för de 'svenska' processema (95 resp 85 % för hemicellulosa resp cellulosa).

Ytterligare andra metoder för konvertering av lignocellulosa utgörs av olika organsolvmetoder, som utvecklats i huvudsak som alternativa metoder för kostnadseffektiv framställning av cellulosa i ej alltför stora skogsindustriella anläggningar (som ersättning för konventionella massafabriker). Dessa metoder karakteriseras av att olika kemiska kokvätskor (fenol, etanol m.fl.) används och leder till en uppdelning av vedråvaran i tre huvudströmmar (lignin, hemicellulosa och cellulosa) för vidare specifik omvandling/användning. Metoderna har demonstrerats i pilotskala i USA och Kanada. Genom uppdelningen av biomassa råvaran i identifierbara, rena delströmmar

påminner organosolvprocesser om oljeraffinering, som kan leda tanken till föreställningar om framtida 'bioraffinaderier'.

2. Möjliga, processtekniska utvecklingssprång.

Det har här antytts, att det behövs – idag i etanolsammanhang tämligen okända och oprövade – nya metoder i etanolprocesser för att väsentligt kunna öka etanolutbytet och höja energieffektiviteten och därmed uppnå påtagligt lägre produktionskostnader för etanol. Exempel på teknik, som skulle kunna leda till sådan billigare etanolproduktion, ges härnadan.

2.1 Överkritisk extraktion av etanol.

I all enkelhet innebär användande av överkritisk ('superkritisk') teknik att man ersätter ett traditionellt lösningsmedel (vatten) för etanol med ett icke traditionellt (t ex CO_2 , propan, hexan m fl), som i överkritiskt tillstånd (karaktäriserat av en för ämnet specifik (hög) temperatur och (högt) tryck, 'kritiska punkten') får sådana särpräglade egenskaper, att extraktion av etanol ur (utspädda) vattenlösningar möjliggörs, varvid energianvändningen i utvinningssteget, som traditionellt utformas med energikrävande destillation, kan drastiskt reduceras. Japanska forskare har således i laboratorieförsök demonstrerat, att etanolkoncentrationen lätt kan höjas från 10 till 99,9 viktsprocent i en reaktor för superkritisk propan (C_3H_8), varvid energianvändningen var endast 1 193 kJ/l produkt, dvs endast omkring 1/10-del av energiinsatsen i traditionella metoder. Om detta resultat kan bibehållas vid användning också i större teknisk skala, skulle processkostnaden för etanol kunna sänkas betydligt (10-tals procent). Upptagande av denna utvecklingslinje i Sverige kräver:

- A: Demonstration av metoden ('SuperCritical Propane Extraction', 'SCPE') i pilotskala tillsammans med svenskt ingenjörsföretag (t ex Chematur) och med direkt koppling till ett specifikt etanolsubstrat (t ex via 'Biostilfermentering'). Därigenom erhålls erfarenhet betr hur SCPE skall anpassas till det specifika substratet.
- B: Anpassning av SCPE till den valda etanolprocessen (t ex Biostil) och utförande av ytterligare försök i pilotskala.

Ovan identifierade utveckling skulle kunna igångsättas tämligen omgående genom ELAB's förmedling av kontakter mellan de Svenska intressenterna och de vetenskapliga institut i Europa, som under lång tid specialiserat sig på superkritisk teknologi. Kostnaden för genomförande av punkterna A och B ovan kan begränsas, genom att utnyttja utrustning som har byggts upp vid utländska universitet/högskolor. Kostnaderna kan då troligen begränsas till mindre än ca 10 Mkr.

2.2 Hydrolys av cellulosa med vatten i superkritiskt tillstånd.

Ett av de för produktionsekonomin mest kritiska processtegen utgörs av cellulosa nedbrytning genom hydrolys. Låga utbytestal för jäsbart socker är legio i alla utredningar (enzymatisk hydrolys kan dock ge höga utbyten men lider, som omnämnts härövan, av andra praktiska svårigheter), som baseras på konkreta erfarenheter av laboratorieförsök, och därtill kommer problem med ämnen som hämmar jäsning av de framställda hydrolysaten.

Utförande av cellulosa hydrolysen i superkritiskt vatten (220 bar, 375 °C) utan extra tillsatt katalysator har demonstrerats kunna ske med extremt höga utbytestal (100-procentig omvandling av cellulosa) vid universitet i Japan. Glukos bildas därvid med högt utbyte. Parallella, med hydrolysen tävlande nedbrytningsvägar utgörs av pyrolys av cellulosa samt av nedbrytning även av bildad glukos. Framtagna kinetiska reaktionsdata för ingående, aktuella hydrolys- och nedbrytningsvägar för cellulosa har möjliggjort Monte Carlosimulering av glukosutbytet. Det maximala utbytet var 75% vid 400 bar och 380 °C med en reaktionstid av 25 msec (1994). Studierna har fortsatt av de ingående reaktionsmekanismerna och av hur utbytet kan påverkas genom parameterval och reaktorutveckling.

Forskning och utveckling av denna hydrolysväg har hittills pågått under endast kort tid. Uppnådda resultat förefaller dock så intressanta, att man borde satsa på denna utveckling också i

Sverige med tanke på att etanol lanserats som ett av de viktigaste drivmedelsalternativen. Främst torde det då vara cellulosaindustrin, som skulle kunna påbörja utvecklingen i samarbete med högskolor och universitet. Följande behöver då komma till stånd:

- A: Inom ämnesområdet Kemisk Teknologi tas reaktioner i superkritiska media upp som särskilt forskningsområde på (t ex) KTH och CTH (om det inte redan finns företrätt som akademisk disciplin någon annanstans i Sverige). Speciellt påbörjas forskning rörande kemiska reaktioner i superkritiskt vatten ("SCW") och i synnerhet betr hydrolys av cellulosa i SCW.
- B: Genom utbyte med aktuella utländska universitet/högskolor (Japan, Tyskland, USA) påbörjas samarbete syftande till inhämtande av erforderlig kompetens och knowhow på området i stort, betr reaktorutformning mm, så att praktiska försök kan startas så snart som möjligt i Sverige.
- C: Kontakter tas med tillämplig industri (skogsindustrin, ingenjörsföretag) för upprättande och igångsättande av ett utvecklingsprogram syftande till framtagande av reaktorer och annan erforderlig utrustning för superkritisk hydrolys av cellulosa. Tidshorisonten för denna utveckling bör sättas till ca tre år för utveckling av en effektiv hydrolysmetod av cellulosa i SCW före år 2000.
- D: Uppskalning av tekniken kan erfarenhetsmässigt ske tämligen snabbt. Integrering med lämplig etanoljäsningprocess och provdrift till år 2002 kan bli fullt möjligt.

Kostnaderna för genomförande av punkterna A – D är givetvis svåra att nu ange med någon säkerhet. Punkterna A och B kräver relativt begränsade medel (ca 10 Mkr under en tvåårsperiod) medan C och D kräver större summor men framförallt positivt besked betr den tekniska feasibilityen av SCW-metoden.

3. Slutsatser.

Tillverkning (för drivmedelsändamål) av bioetanol ur cellulosa är för närvarande inte tillräckligt kostnadseffektiv med dagens teknik. Nya och i etanolsammanhang hittills oprövade metoder behöver tas fram och appliceras betr de för produktionskostnaden mest avgörande processtegen (hydrolys och utvinning). Ökat hydrolysutbyte med SCW och drastiskt sänkta energikostnader med en superkritisk propanextraktion (SCPE) skulle kunna förbättra de ekonomiska utsikterna för bioetanol avsevärt. Vägen dit går emellertid över forskning och utveckling i ett samarbete dels mellan svenska och utländska universitet/högskolor, dels med insatser från svensk skogsindustri.

Existensen av superkritiska tillstånd för vätskor har varit känd som teoretiskt begrepp inom den fysikaliska kemins område sedan mer än 100 år, och några av egenskaperna hos superkritiska vätskor har varit kända sedan länge. Trots detta och trots tidig medvetenhet om vissa av fördelarna med superkritisk processteknik har mer allmän utveckling av superkritiska enhetsmetoder inte kommit till stånd. Orsaker kan vara att energikostnaderna historiskt sett varit låga, varför t ex minimering av energianvändning inom kemisk processteknik inte varit någon av de främsta drivande faktorerna för utvecklingen. Andra skäl till utebliven utveckling av den fulla potentialen hos superkritiska metoder utgörs t ex av att hälso- och miljömedvetande länge saknades vad avser hälsoeffekter av vissa toxiska substanser i livsmedel eller av miljöeffekter av olika kemiska substanser. 60-talets tillkomst av olika konsumentgrupper och av vissa myndigheter (som EPA) i USA har medfört stora ändringar betr detta, och medvetenheten ökade kraftigt betr problematiken kring energi, hälsa och miljö. Interesse för utnyttjande av superkritisk processteknik ökade därmed.

Såväl SCPE- som SCW-teknik är således relativt ny processteknik, som för närvarande attraherar stort intresse i sammanhang, där såväl skonsamhet mot produkter och råvaror som energieffektivitet är viktiga faktorer. Användning av tekniken i kostnadseffektiva etanolprocesser kommer att ta viss tid att åstadkomma, tid som dock kan begränsas genom att utnyttja befintligt, utländskt kunnande genom samarbete mellan svenska universitet/högskolor och tillämpliga utländska institutioner samt skogsindustri och ingenjörsföretag.

Eldriftvision år 2020 - 2030

Nedan ges en vision av el som drivmedel för vägfordon i Sverige, med utblick till omvärlden, under 2020-talet. De stora fordonsantalen återfinns då liksom nu bland personbilarna, medan de stora årskörsträckorna och drifttiderna torde föreligga hos de tyngre fordonen för huvudsakligen godsbefordran.

Visionen omfattar sidoblickar på omvärldsfaktorer såsom

- eldriftutvecklingen i USA och EU
- CO2-frågan (växthusgaser) i USA och EU
- framtida transport- och drivmedelsbehov
- olje- och bilindustrins framtida planer
- råvarutillgångar.

El skiljer sig från flera andra alternativa drivmedel på så sätt att det dels är ett drivmedel som kan fyllas på från ett allmänt elnät eller någon fristående källa, dels är en energibärare för drivenergi som kan komma till användning oavsett vilket drivmedel som fylls på fordonet. Exempelvis kan man, i ett framtida energirikt samhälle med vätgas som en dominerande lagringsbar energibärare, fylla på sina fordon med vätgas som vid omvandling till drivenergi för fordonet matas in i en bränslecell för omvandling till elenergi, som tillförs fordonets elmatade framdrivningsmotorer. Alternativt kan ett framtida vägfordon med hybriddrift ha merparten av sitt energiförråd i form av ett flytande (miljövänligt) drivmedel som via en förbränningsmotor och en elgenerator omvandlas till elenergi. Denna energi matas alltefter behov vidare till framdrivningsmotorer eller hybridfordonets traktionsbatteri, som medger en måttlig körsträcka helt utan lokala emissioner.

En kort genomgång av eldriftens principer och praktikaliteter görs med hänvisning till miljö- och energieffekter samt råvaru- och primärenergitillgångar.

I visionen beskrivs ett fullt möjligt scenario för 2020-talet och försök görs att uppskatta de FoU-behov som idag kan identifieras och vars genomförande erfordras för att det beskrivna scenariet skall kunna förverkligas.

Disposition i övrigt:

- | | |
|--|------------------------|
| - Eldrift och el som drivmedel | teknik |
| - Miljöeffekter av eldrift | teknik/politik |
| - Olje- och bilindustrin/Energiindustrin | marknad/teknik/politik |
| - Råvarutillgångar/Primärenergier | marknad/teknik/politik |
| - Mål för eldriftvisionen/Ett fullt möjligt scenario | vision |
| - FoU-behov | teknik |

1. Eldrift och el som drivmedel

El skiljer sig från flera andra alternativa drivmedel på så sätt att det dels är ett drivmedel som kan fyllas på från ett allmänt elnät eller någon fristående källa, dels är en energibärare för drivenergi som kan komma till användning oavsett vilket drivmedel som fylls på fordonet. Exempelvis kan man, i ett framtida energirikt samhälle med vätgas som en dominerande lagringsbar energibärare, fylla på sina fordon med vätgas som vid omvandling till drivenergi för fordonet matas in i en bränslecell för omvandling till elenergi, som tillförs fordonets elmatade framdrivningsmotorer. Alternativt kan ett framtida vägfordon med hybriddrift ha merparten av sitt energiförråd i form av ett flytande (miljövänligt) drivmedel som via en förbränningsmotor och en elgenerator omvandlas till elenergi. Denna energi matas alltefter behov vidare till framdrivningsmotorer eller hybridfordonets traktionsbatteri, som medger en måttlig körsträcka helt utan lokala emissioner.

El som kommersiellt drivmedel, d v s sådant som "tankas" i fordonet, finns i princip tillgängligt i de flesta moderna samhällen, även i s k utvecklingsländer. En påtaglig praktisk svårighet vid påfyllning av drivmedlet el är den långa tid som erfordras för t o m måttliga mängder drivenergi. I tekniskt högt utvecklade samhällen med starka och stabila elnät kan förvisso s k snabbbladdning övervägas. I dag avses med snabbbladdning att ett traktionsbatteri för en elbil, som vanligen rymmer 10 - 15 kWh uttagbar elenergi, kan återladdas från "tomt" tillstånd till "fullt" på ungefär en halv timme. Detta kräver ett medeleffektuttag under laddningstiden om drygt 50 kW, om hänsyn tas till energieffektiviteten i laddnings/ur-laddningscykeln. Denna effekt är inte alltför imponerande, men den överstiger den totalt installerade effekten i en vanlig villa, t o m en med direkt elvärme. Det erbjuder dock inga oöverstigliga hinder att på några ställen i en stad arrangera för ett antal eluttag där nämnda effektuttag kan göras.

Dagens visionärer talar om återladdningstider som är fullt jämförbara med tankningstiden för en konventionell bil, d v s några minuter. Låt oss anta att ett framtida elbilsbatteri kan ge körsträckan 500 km per laddning och att en sådan körsträcka kräver tillförsel till batteriet av 40 kWh el. Låt oss vidare anta att fulladdning av ett "tomt" batteri kan genomföras på 5 minuter. Medeleffektuttaget från elnätet vid en sådan laddning blir då nästan 500 kW, om förluster i laddarutrustning beaktas. En framtida laddningsstation för elbilar kan, i analogi med dagens tankstationer för konventionella bilar, förväntas kunna betjäna några stycken elbilar samtidigt. En sådan station för samtidig betjäning av 6 elbilar gör anspråk på att från elnätet kunna ta ut effekten 3 MW. Detta är en avsevärd effekt för dagens eldistributörer och levereras sällan från det s k lågspänningsnätet (< 6 kV?). Det finns dock ett flertal industrikunder som i dag har effektabonnemang i denna storleksklass. Under antagande att utnyttjandet av en station enligt ovan motsvarar fullt effektuttag under en tredjedel av dygnets timmar (*kolla rimligheten med någon stor bensinstation*), skulle stationens elenergiomsättning uppgå till bortemot 9 GWh/år, vilket svarar mot den årliga elenergianvändningen hos ca 1 800 typiska hushållsabonnenter i dag.

Låt oss nu att en genomsnittlig framtida elbil tillryggalägger 15 000 km årligen, och därvid enligt antagande ovan behöver tillföras 0,1 kWh el från nät per km, d v s 1 500 kWh årligen. Då skulle stationen ovan kunna försörja 6 000 elbilar med deras årsbehov av elenergi. Om vidare endast var tionde återladdning sker via snabbbladdning på särskild station, innebär det

att nämnda station skulle kunna betjäna 60 000 elbilar. Det vill sålunda till en stor elbilspark i stationens omland för att belägga den som antaget.

Redan i det europeiska samarbetsprojekt inom ramen för COST (CO-operation in the field of Scientific and Technical research) om tekniska och ekonomiska villkor för användning av eldrivna vägfordon, som är känt som COST 302 och vars resultat presenterades vid ett seminarium i Bryssel i oktober 1987, uppskattade man att i väst-Europa 7 % av den totala passagerarbilparken och 12 % av det totala beståndet av lätta kommersiella fordon skulle kunna ersättas med elbilar, förvisso inom en osäker tidshorisont. Det är därför inte alltför vågat att tänka sig att 20 % av nämnda fordonbestånd under 2020-talet kommer att vara eldrivna medelst återladdning från elnät.

Härutöver är det troligt att elenergi kommer att användas för framdrivning i avsevärt större omfattning i s k hybridfordon. För sådana kan det kommersiella drivmedlet, d v s det som "tankas" till fordonet, vara vilket som helst av på marknaden förekommande drivmedel. På likartat sätt som el är framdrivningsenergi, men inte tankningsenergi, för dieselelektriska lok är el förhoppningsvis allena rådande som framdrivningsenergi, men inte som tankningsenergi, för framtida elhybridfordon. Beroende på dominerande användningssätt för hybridfordonet kommer dess traktionsbatteri att dimensioneras i förhållande till dess kompletterande energiförråd. Det senare kan utgöras av någon förbränningsmotor med tillhörande tank för flytande drivmedel eller en bränslecell som matas antingen från en vätgastank eller från en tank med flytande drivmedel. Bränslecellen kan eventuellt direkt omsätta det flytande drivmedlet till elenergi. Alternativt innehåller fordonets drivsystem en reaktor som omformar drivmedlet till vätgas, som i sin tur kan matas in i bränslecellen och ge elenergi.

Elhybriddrift bedöms vara särskilt intressant för tunga vägfordon och för lättare vägfordon som används huvudsakligen för långfärder. (Redan i dag är ju elenergi dominerande för framdrivning av tunga spårbundna fordon. På järnvägar, tunnelbanor och spårvägar är eldrift helt dominerande, även om i synnerhet på järnvägar ett flertal dieselelektriska drivsystem finns. Där är framdrivningsenergin el, medan tankningsenergin är dieselolja.) Huvudorsaken här till är att man allmänt förväntar sig krav på emissionsfri framfart i tätorters centrala delar, medan vissa emissioner kan tillåtas på landsvägar och i tätorters ytterområden. Båda ovan nämnda fordonskategorier kan förses med traktionsbatterier som medger några km emissionsfri körning och som kan användas som effektbuffert till en gentemot dagens förbränningsmotorer neddimensionerad motor, som vid drift i ett snävt område av moment/varvtalsplanet, driver en elgenerator från vilken elenergin fördelas till fordonets eldrivmotorer och traktionsbatteri efter behov.

Hybridbussar har börjat bli ett inslag i en del storstäders trafik, även om dessa bussars energieffektivitet ännu inte är helt konkurrenskraftig med de modernaste dieselbussar som finns. Potential för konkurrenskraftig energieffektivitet finns dock. Vad beträffar tunga lastbilar, tycks än så länge funderingar på hybriddrift endast ha kommit igång beträffande varudistributionsbilar i stadstrafik. Det torde dock inte dröja länge innan även s k långtradarlastbilar drabbas av sådana funderingar. På 2020-talet kan mycket väl ca 50% av all vägtrafik vara eldriven, direkt via el från nät eller indirekt via el producerad ombord på fordonet.

2. Några omvärldsfaktorer

Den framtida eldriftutvecklingen i Sverige, som är huvudtema för denna skrivning, påverkas naturligtvis av ett antal omvärldsfaktorer. Några av dessa berörs kortfattat nedan.

Eldriftutvecklingen i USA, Asien och EU

Lagstiftningen i Kalifornien har varit en starkt drivande kraft för eldriftutveckling i hela världen sedan slutet av 1980-talet. Denna ställde krav på försäljning av en viss andel elbilar för de stora marknadsaktörerna i denna delstat från och med 1998. För de aktörer som under 1998 sålde mer än 35 000 bilar på den kaliforniska marknaden skulle 2 % av det försålda antalet bilar vara eldrivna. Denna lag bedömdes drabba sju biltillverkare, de tre stora amerikanska samt fyra japanska. Andelen elbilar av kalifornienförsäljningen skulle så successivt skäras så att den år 2003 uppgick till 10% för merparten av den kaliforniska bilmarknaden.

Trots att man tidigt 1996 hos kaliforniska myndigheter efter påtryckningar från bilindustrin gav avkall på tidplanen för detta obligatorium avseende försäljning av elbilar, och försköt införandet till år 2003, varvid dock de 10 %-en skall gälla med ens, är denna lagstiftning fortfarande drivande. Så är det inte minst på grund av att den aktuella bilindustrin förband sig att frivilligt börja sälja elbilar i Kalifornien redan innan 1996 års utgång. Detta har också infriats i så måtto att bl a GM tillhandahåller åtminstone en elbilsmodell på leasingbasis.

Andra stater, särskilt i nordöstra USA, har tagit upp den kaliforniska idén om obligatorisk elbilsförsäljning. Utgången av deras lagstiftning är i dag osäker. Enligt uppgift har bilindustrin eller kommer den snart att stämma någon eller några av dessa stater inför tillämplig federal domstol för lagstiftning som strider mot tillämplig del av den amerikanska författningen. Oavsett hur det går härmed, tycks det som om tankarna på elbilsanvändning funnit fäste i USA.

Hybridalternativet har kommit att betraktas med stort intresse av all bilindustri som agerar på den amerikanska/kaliforniska marknaden med anledning av diskussionen av elhybrider (traktionsbatteri och motor/generator) i förhållande till skollemissionsfordon. De senare fordonen är de som omtalas i lagstiftningen och rena elbilar (enbart traktionsbatteri) är den enda realisering av sådana fordon som är kända i dag. Nollemissionen för elbilar är naturligtvis en chimär, i så måtto att man då förbiser eventuella emissioner vid elproduktionen i kraftstationer. Den är dock korrekt i så måtto att man för konventionella fordon enbart brukar räkna de emissioner som avges under framdrivning av fordonet. När elproduktionen ombord ett hybridfordon ger samma eller kanske rentav lägre emissioner per elenergienhet, än vad som gäller för den stationära kraftproduktionen i regionen, blir det naturligtvis tveksamt att dra en absolut skiljelinje mellan rena elbilar och elhybridbilar vad beträffar emissioner. Vi återkommer till emissionsfrågorna i senare avsnitt om miljöeffekter av eldrift.

Förhållandena i Kalifornien har naturligtvis återverkat på utvecklingen i Japan, som ju enligt ovan säljer stora kvantiteter bilar i Kalifornien och uppenbarligen tänker fortsätta att göra så. Det synes till exempel som om man i Japan satsar väl så stort på utveckling av avancerade traktionsbatterier för el- och elhybridfordon som industrier och myndigheter gör i USA.

Även i övriga delar av Asien, där ekonomin vuxit starkt under de senare decennierna, har tankar om eldrift av fordon börjat göra sig gällande. Bakgrunden härtill torde vara mångfacetterad. En av huvudanledningarna är dock att man i flera asiatiska storstäder upplever så påtagligt dålig luftkvalitet, som utan tvekan till största del kan härledas till emissioner från förbränningsmotorer i motorfordon. Av såväl ekonomiska skäl som av fysiska trängselskäl rör sig funderingarna ofta om mindre fordon, gärna tvåhjuliga. Några nämnvärda satsningar på utveckling av grundtekniker görs ej veterligt i Asien utanför Japan. Man torde dock kunna förvänta sig mycket av teknikanpassning och vidareutveckling av teknik på framtida asiatiska marknader.

I Europa har man sedan länge samarbetat beträffande bl a utveckling av alternativa fordon. Eldrift av vägfordon har där varit aktuell åtminstone sedan början av 1980-talet. Under senare år har ett samarbete mellan ett antal europeiska biltillverkare tagit fastare former med stöd av det europeiska energiforskningsprogrammet Joule, som avser icke-nukleär energi. Under nu pågående fas två av detta samarbete som benämns EUCAR deltar nio (åtta?) tillverkare i bl a avancerad provning av traktionsbatterisystem för såväl rena elbilar som elhybrider. Samtliga dessa tillverkare presenterar också åtminstone mindre demonstrationsserier av elbilar. Ytterligare en manifestation av europeiskt elbilsintresse kommer till synes i det planeringsprojekt inom EU som benämns "Car of tomorrow", som initierats av EU-kommissionärerna Edith Cresson och Martin Bangemann.

Den mest omtalade elbilssatsningen i Europa är den i Frankrike, där såväl statliga Renault som privata Peugeot-Citroën (PSA) bedriver elbilstillverkning i mindre skala på produktionslinjer parallella till de ordinarie. Vidare finns i Frankrike världens (år 1996) enda fullstora traktionsbatterifabrik med en kapacitet av 5 000 kompletta traktionsbatterier (knappt 15 kWh/st) årligen. Den till synes mest livaktiga marknaden för elbilar i Europa tycks för tillfället finnas i Sverige.

CO₂-frågan (växthusgaser) i USA och EU

Den miljöfråga som kommit att dominera debatten på senare år är effekten av s k växthusgaser. Förmodligen på grund av den stora volymen av och det lättfattliga sambandet med förbränning av kolhaltiga ämnen har frågan om koldioxid (CO₂) kommit att företräda samtliga växthusgaser. Det förmodade sambandet mellan klimat och halt av växthusgaser i jordens atmosfär är dock inte så lättfattligt. Det råder fortfarande mycket delade meningar bland vetenskapsmän i frågan, trots att världssamfundet vid miljökonferensen i Rio de Janeiro (Brasilien) år 1992 entydigt påtog sig att aktivt minska koldioxidutsläpp härrörande från fossila källor.

Det är förhållandevis mycket svårt att rena vid förbränning emitterade gaser från koldioxid. I praktiken är minskning av förbränd mängd kol från fossila källor enda sättet att få ned de globala koldioxidutsläppen. I en enkel modell påverkar förbränning av kolhaltigt material från levande organismer, s k biomassa, inte atmosfärens koldioxidbalans. Koldioxid från sådan förbränning anses tas upp igen av levande växter och bindas i ny biomassa.

Effekter av växthusgaser har studerats under lång tid av bl a en expertpanel (IPPC, Intergovernmental Panel on Climatic Change). Någon klart uttalad consensus har dock inte veterligen framlagts.

Framtida transport- och drivmedelsbehov

Trots tal om restriktioner för t ex bilresor i tätorters centrala delar är det inte troligt att behovet av transporter, varken av personer eller av gods, skulle minska i framtiden räknat i absoluta tal. Det är t o m tveksamt om transportbehovet per capita kommer att minska.

Inte heller finns det anledning att förvänta sig ett minskat behov av drivmedelsenergi. Visserligen kan man räkna med ytterligare förbättrad energieffektivitet vid transporter, d v s en minskning av drivmedelsenergin per uträttad transportarbetsenhet. Ökning av transportbehov kommer förmodligen att mer än kompensera detta, så att det totala behovet av drivmedelsenergi ändå ökar.

Man skulle kunna tänka sig en minskning av drivmedelsvolymen under förutsättning att energitätheten hos använda drivmedel kan höjas. Med hänsyn till de konventionella drivmedlens energitätheter i förhållande till de alternativ som är kända, föreligger dock inte nämnda förutsättning.

Olje- och bilindustrins framtida planer

Varken olje-/drivmedels- eller bil/fordonsindustrin torde ha något spontant intresse av att ersätta väl inarbetade produkter och produktionsanläggningar med produkter som bygger på för respektive bransch ny teknik. Likväl verkar såväl olje- som bilindustri förbereda sig på ett seriöst sätt för möjligheten av att alternativt drivna fordon och alternativa drivmedel är i aktningsvärd användning under 2020-talet.

British Petroleum (BP) är ett utmärkt exempel på ett traditionellt oljebolag som sedan flera år ägnar sig åt att studera möjliga alternativ inom energiområdet generellt. Intresseområdet är brett och sådant som syns utåt innefattar såväl svänghjul för energilagring som solceller för elproduktion.

Statoil har i Norge (Oslo-området) under 1996 haft några elbilar i sin hyrbilsflotta. Dessa har huvudsakligen varit baserade vid Fornebu flygplats. Enligt uppgift har efterfrågan på elbilarna varit stor. Kunderna har accepterat att vänta på att få hyra en elbil, trots att hyreskostnaden för denna enligt uppgift inte varit lägre än för motsvarande konventionella bil. I Sverige har Statoil nyligen (kring årsskiftet 1996/97) engagerat sig i verksamheterna kring det europeiska samarbetsprojekt inom Thermie-programmet med benämningen ZEUS (Zero and low Emissions vehicles in Urban Society), som samordnas av Miljöförvaltningen i Stockholm och där ett tiotal europeiska storstäder deltar. En planerad aktivitetsplan för Statoil avseende alternativa drivmedel har ännu inte tillkännagivits (*kolla med Magnus Ling*).

I Frankrike har de stora biltillverkarna, Renault och Peugeot-Citroën (PSA), påbörjat tillverkning av elbilar i sidolinjer till produktionslinjerna för konventionella bilar. Man marknadsför också elbilar, dock huvudsakligen i Frankrike. Speciella förhållanden i Sverige har gjort att Renault blivit ledande elbilsmerke här och att även Peugeot släppt iväg ett fåtal elbilar hit (Malmö).

Den franska satsningen torde ha sin grund i dels den goda tillgången till el (kärnkraftsbaserad) i Frankrike, dels att eldrift blivit ett alternativ till en tidigare mindre lyckad satsning på "lean burn"-teknik för dieselmotorer. Sålunda har franska staten utlovat vissa subventioner

till elbilsköpare (storleksordningen 15 000 FRF per bil) och finansiering av ett antal infrastrukturprojekt (t ex Tulip och Praxitele). Det torde också finnas vissa kopplingar mellan SAFT-NIFEs (ingår i franska Alcatel-Alsthom) i slutet av 1995 färdigställda fabrik för produktion av traktionsbatterier av nickel/kadmium-typ och de franska satsningarna på elbilar.

Volvo överraskade sin omvärld hösten 1992 genom att då presentera sitt förslag till miljövänlig framtidsbil (Environmental Concept Car, ECC). Denna var utformad som en s k seriehybrid med el som genomgående drivmod. Det innebär att all framdrivning sker medelst elmotor och att elenergi för att komplettera den mängd som finns i fordonets traktionsbatteri framställs ombord via en motorgenerator. I Volvos ECC användes en då alldeles nyutvecklad högvarvig gasturbin för elframställning ombord.

Volvo följde några år senare upp sin framtidsbil med framtidsvisioner av tyngre fordon med samma dricprincip som ECC. Såväl en buss (Environmental Concept Bus, ECB) och en lastbil (Environmental Concept Truck, ECT) presenterades under hösten 1995 (?). Båda fordonen uppvisade en totalvikt om ca 15 ton och en drivaxeleffekt av 142/94 kW (max/kont). Generatoreffekten var också densamma för båda fordonen, 110 kW, medan traktionsbatteriets energilagringförmåga var 60 % högre för lastbilen. Lastbilsbatteriet uppgavs lagra nominellt 72 kWh mot bussbatteriets 45 kWh. Då batterierna är av samma typ i båda fordonen och endast skiljer sig genom antalet seriekopplade celler, är uttagbara batterieffekten i motsvarande grad högre för lastbilen.

Utöver i nämnda hybridfordonsbyggen har Volvo engagerat sig mycket i studier av emissioner och energieffektivitet för el- och hybridfordon i jämförelse med konventionellt drivna vägfordon. Merparten av dessa aktiviteter har redovisats i USA och enkannerligen för kaliforniska myndigheter. Vidare deltar Volvo aktivt i det tidigare beskrivna samarbetsprojektet mellan ett antal europeiska biltillverkare, EUCAR.

Det finns i dag inga egentliga marknader för eldrivna vägfordon av den dignitet som föreligger för t ex eldrivna specialfordon (exempelvis materialhanteringstruckar). Farhågor för luftkvaliteten i storstadsområden samt för uttömning av oljetillgångar, vilka i stor utsträckning verkar ha anammats av allmänheten i många länder, kan dock ge upphov till lokala marknader som med samma värderingar hos de styrande torde kunna utvecklas till nationalekonomiskt intressanta marknader. Man kan dock vänta sig att nämnda industriers stora betydelse för samhällsekonomierna skapar en viss tvehågsenhet hos ansvariga politiker, när det kommer till att påtagligt ändra förutsättningar för verksamheterna.

Det är förhållandevis lätt att på övergripande nivåer, t ex internationella konferenser, sätta upp generella mål för samhälleliga beteenden. Att formulera dessa mål på regional nivå är genast litet svårare. Att sedan införa förhållanden (exempelvis regler och förordningar) som gör det möjligt att realisera målen är mycket svårt. När det väl kommer till att agera i enlighet med uttalade önskemål, verkar svårigheterna hart när omöjliga, såvida inte några yttre omständigheter medverkar, exempelvis att tillförsel av en konventionell råvara upphör.

Råvarutillgångar

Vi är alla införstådda med att det finns ändliga reserver av fossila energibärare/bränslen på vår jord. Då och då tänker vi tanken att vi snart skall börja skönja slutet av dessa tillgångar. Trots att man regelbundet kan räkna fram tidpunkten för ett sådant slut på basis av rådande

uttag och kända reserver, har denna tidpunkt regelmässigt förskjutits längre in i framtiden varje gång en sådan beräkning görs. Dessutom har hittills alltid de kända reserverna ökat, trots de ökade uttagen. I ett sådant läge torde det vara svårt att motivera påtagliga beteendeändringar med farhågor om kommande bristsituation.

El är till skillnad från de flesta övriga drivmedelsalternativ inte nära knuten till någon särskild form av primär energi, t ex stenkolk. El kan framställas från så gott som alla kända former av primära energikällor med acceptabel energieffektivitet. I ett samhälle med väl utbyggd elkraftstruktur kan el rentav betraktas som en "energiråvara" för användaren av energi.

Av traditionella energiråvaror torde kol och olja i dag i dubbel bemärkelse kunna betraktas som fossila. **Metan** är en mera modern energiråvara i synnerhet i sin biobaserade form, då den utgör huvuddelen i **biogas**. Kommersiell användning av biogas torde dock i likhet med fast biomassa (olika former av vedbränsle) huvudsakligen kunna föregå på det lokala planet. Produktion sker då i begränsad skala och användning av biogasen äger rum i närheten av produktionsstället. Metan i form av huvudkomponenten i **naturgas** är en fossil energiråvara som finns och utvinns i stora kvantiteter, ofta som biprodukt vid oljeutvinning. Hittills under oljeepoken har det funnits vissa svårigheter att finna avsättning för naturgasen. Befarad oljeknapphet och miljöaspekter tillsammans tycks göra åtminstone den närmaste framtiden ljus för naturgasen. Det är troligt att en stor del av den el som under 2020-talet framställs genom högtemperaturprocesser härrör från naturgas.

Tillvaratagande av så kallade flödande energier, d v s sol, vind och vatten, har en lång tradition. Med tillkomsten av fossila bränslen som komplement till traditionella vedbränslen försvann till stor del bruket av de flödande energierna, de ständigt förnyade energiflödena. Vatten har dock kommit till stor användning för elproduktion, och är i flera länder däribland Sverige dominerande som primärenergi för el. Under senare delen av 1900-talet har stora resurser satts in för att kunna producera el från även sol och vind. Även om modern teknik har lyckats att med rimligt god effektivitet omvandla sol och vind till el, kvarstår den grundläggande svårigheten med dessa energiformers tidsvariationer. Denna egenskap vidlåder ju också vattenkraften, men där har man genom att bygga dammar för lagring av vattnets lägesenergi lyckats till viss del kringgå tidsvariationer i vattenflödet. Priset för detta är miljöpåverkan kring vattnen.

Solceller, som direkt omvandlar solstrålning till el, erbjuder nästan outtömliga elresurser som torde räcka under mänsklighetens fortsatta tillvaro. Instrålningen sammanfaller dock inte alltid i tiden med elkraftbehoven. Hur denna elenergi skall lagras för att komma till användning är ett problem för framtida tekniker att lösa. För dagen används elektrokemiska ackumulatorer (batterier) för mindre anläggningar. Funderingar kring och skisser för tekniska system avseende lagring i form av vätgas, som produceras genom sönderdelning av vatten med exempelvis tillfällig överskottsel från solceller föreligger.

3. Miljöeffekter av eldrift

Den rena elbilen är den enda realisering av nollemissionsfordon som vi i dag känner till. Detta innebär att inga emissioner vidlåder omvandlingen av drivmedlet el till transportarbete via elmotorn. Driften av fordonet ger alltså inga som luftförorenande definierade emissioner.

I den totala drivmedelskedjan från den s k primärenergi som används för elkraftgenereringen sker dock emissioner av olika karaktär och kvantitet beroende på såväl primärenergi som kraftprocess. I det nuvarande svenska kraftproduktionssystemet är de genomsnittliga luftförorenande utsläppen till omgivningen mycket låga. Den totala miljöpåverkan av den svenska kraftproduktionen diskuteras dock som bekant. Miljöeffekter av vattenkraft och kärnkraft som tillsammans svarar för ca 95 % av den svenska elenergiproduktionen har klart annorlunda karaktär än de från termisk kraftproduktion baserad på fossila eller biobaserade bränslen.

Vidare beror de verkliga emissionerna från kraftverk i högsta grad av de utsläpp som tillåts av koncessionsgivande myndigheter. I Sverige har vi ovanligt stränga krav på de få fossil- och/eller biomasseeldade anläggningar för termisk kraftproduktion som förefinnes. En illustration av effekten av olika utsläppsnivåer från kraftproduktion ges av slutrapporten från det europeiska samarbetsprojektet COST 302 avseende "Technical and economic conditions for the use of electric road vehicles" (EUR 11115 En, 1987).

Det finns ett brett spektrum av luftförorenande emissioner från kraftproduktion och från den tidigare kedjan från primärenergi till bränsle för kraftproduktionsprocessen. Man brukar grovsortera dessa utsläpp i tre huvudgrupper, nämligen växthusgaser inkl oxidanter, försurande gaser samt hälsovådliga (genotoxiska) gaser, med hänvisning till deras huvudsakliga miljöpåverkan. Inom respektive grupp anser man sig kunna jämföra miljöpåverkan från respektive emission. Hittills har man dock inte kunnat finna något allmänt accepterat sätt att jämföra miljöpåverkan från de tre huvudgrupperna. Man kan därför inte tala om en väldefinierad total miljöpåverkan från de sammanlagda utsläppen. De relativa värderingar som eventuellt görs för olika utsläppstyper är således mer eller mindre godtyckliga.

Utsläpp som avges vid drift av fordon lokaliseras till de ställen där fordonstrafiken äger rum. Effekten härav var uppenbar så länge blyad bensin utgjorde den stora andelen drivmedel för vår vägfordon. Emissionerna från fordonen har naturligtvis också en uppenbar inverkan på hälsan för de personer som regelbundet vistas i storstädernas centrala delar där biltrafiken är intensiv. I stora delar av västvärlden har införandet av katalystorrening av bilavgaser förbättrat eller åtminstone stoppat försämringen av luftförhållandena, medan förhållanden i flera storstäder i södra Asien, exempelvis Bangkok, blir alltmer olidliga allteftersom biltrafikens intensitet ökar utan att emissionsrestriktioner införs.

Utsläpp från fordon har uppenbarligen en direkt lokal effekt på miljöer där flera människor vistas. Utsläpp från kraftproduktion sker vanligen i stora anläggningar och även om restriktionerna för kraftproduktionsutsläpp är svaga avlämnas utsläppen på relativt hög höjd (höga skorstenar) och ofta långt från bebyggelsekoncentrationer. Detta innebär att en viss emission från kraftproduktion direkt drabbar avsevärt färre människor än samma emission från fordonstrafik. Dessutom är i de flesta länder kraftverksemissionerna för den elenergi som erfordras för ett visst transportarbete avsevärt mindre än emissionerna vid samma transportarbete utfört av konventionellt drivna fordon.

Elkraft från förnybara, så kallade flödande, primärenergiformer erbjuder särskilt intressanta möjligheter för användning i elbilar. Exempelvis ger ju solceller likspänning som direkt kan tillföras ett traktionsbatteriet eller ett mellanlagringsbatteri. I framtida villaområden torde det bli vanligt att man har en solpanel som matar åtminstone en viss del producerad el till ett buffertbatteri som vid behov används för att ladda villaägarens elbilsbatteri.

Också hybridfordon har en fördelaktig inverkan på miljön i jämförelse med konventionellt drivna fordon. I en s k seriehybrid arbetar förbränningsmotorn i ett snävt område av moment/varvtalsplanet och man kan därmed hålla emissionerna låga och verkningsgraden hög i förhållande till direktdrivande förbränningsmotorer. Bl a Volvo har i flera studier påtalat den goda miljöpotentialen hos seriehybrider. Under senare tid har också luftvårdsmyndigheten i Kalifornien (CARB, California Air Resource Board) anammat resonemangen och börjat tänka i riktning av att betrakta ett elhybridfordon som delvis ett nollemissionsfordon.

Under de senaste tio åren har en ny typ av miljöpåverkan från elanvändning kommit upp till diskussion. Det är effekten av tidsvarierande elektriska och magnetiska fält på levande organismer. I samband med såväl storskalig kraftdistribution (högspänningsledningar) och lokal distribution på lägre spänningsnivå (bostadsinstallationer) har en ny typ av miljöproblem, som kommit att benämnas elektromagnetisk överkänslighet eller elallergi, visat sig. Orsakerna till förekomsten är än så länge oklar. Klart är dock att många individer som har erfärat reaktioner av sagda typ är övertygade om att dessa har förbindelse med exponering till tidsvarierande elektromagnetiska fält.

Det saknas än så länge myndighetskrav för elektromagnetisk flödestäthet i Sverige. Den officiella svenska synen på förhållande ges i "Myndigheternas försiktighetsprincip om lågfrekventa elektriska och magnetiska fält. En vägledning för beslutsfattare" utgiven av Socialstyrelsen m fl myndigheter, 1996 som följer:

"De forskningsresultat som hittills presenterats ger inte underlag för och kan heller inte sägas motivera några gränsvärden eller andra tvingande begränsningar för lågfrekventa elektriska och magnetiska fält."

Det ligger nära till hands att fråga sig vilka elektromagnetiska fält som föreligger i en elbil, där förvisso höga strömmar matas från batteri till drivmotor i elledningar som genomlöper stora delar av fordonet. Mätningar under värderingsprovet av de första delleveranserna för den teknikupphandling av elbilar som initierats av NUTEK som företagits under 1996 har givit följande resultat (ref. "Renault Clio Electrique - Det svenska bilkonsortiets drifts- och provfarenheter", Lars G Örtengren vid Nordisk Miljöbil '96, Stockholm-Arlanda, 20 - 21 november 1996) från mätning vid maximal acceleration (maximal ström) och vid förarens huvud för den magnetiska flödestätheten:

-	5 Hz - 2 kHz	0,48 μ T
-	2 - 400 Hz	0,002 μ T

Värdet i det högre frekvensintervallet ovan är något högre än det dagsmedelvärde som flertalet undersökta svenska yrkesgrupper utsätts för. Det är dock långt under de maxvärden (i medle inom resp grupp) som samtliga undersökta yrkesgrupper enligt rapport (SoS 1995:1) från Socialstyrelsens expertgrupp känner av.

4. Olje- och bilindustrin/Energiindustrin

Olje- och bilindustrin har ingen inre drivkraft för att radikalt ändra sina råvaror och/eller produkter. Exempel på yttre krafter som kan påverka dessa aktörers agerande är kundernas/marknadens preferenser, råvarubrist och lagstiftning. Som tidigare påtalats har den kaliforniska lagstiftningen starkt påverkat den internationella bilindustrins agerande, även under och efter det att man givit avkall på tidschemat för införandet av ett obligatorium avseende försäljningsandel av nollemissionsfordon.

Miljölagstiftning verkar för tillfället vara en starkare drivkraft än farhågor för råvarubrist. Uttalade önskemål om elbilar på vissa marknader, t ex de skandinaviska, tycks inte ha så stor drivkraft för att driva fram elbilar. Dock leder köpsignalerna till att de elbilar som av någon anledning tas fram snabbt söker sig till dessa marknader.

För drivmedlet el tillkommer som en väsentlig industriell aktör kraftindustrin. Utöver i det kommersiella drivmedlet el är denna industriella gren starkt engagerad i den infrastruktur som erfordras för att distribuera drivmedlet och "tanka" fordonen med det. När den för åtminstone vissa elbilar intressanta frågan om snabbladdning aktualiseras, väcker den gensvar hos kraftindustrin. Förvisso ställer snabbladdning i större omfattning relativt stora krav ett starkt eldistributionsnät. Man har dock även uppmärksammat att ett antal snabbladdningsstationer i ett lokalt nät, kan vara till hjälp för att upprätthålla elkvaliteten genom att hålla övertonshalten nere (*kolla formulering med t ex Wille L*).

Att ställa om inom exempelvis bilindustrin till en ny typ av drivmotorer t ex elmotorer för fordonen går inte i en handvändning. Det torde dock vara fullt möjligt att vidta en sådan omställning i den takt som den "naturliga" förnyelsen av bilparkerna i utvecklade länder sker. Vad beträffar de förväntade ökningarna av bilbestånden i vissa utvecklingsländer i Asien och Sydamerika, torde erforderliga produktionsanläggningar redan från början kunna utformas för alternativt drivna fordon, om önskemål föreligger.

något om andelen av världens oljeutvinning som blir drivmedel?

något om elbehov för elbilsdrift i förhållande till nationell elenergiproduktion? (se nästa avsnitt)

5. Råvarutillgångar/Primärenergier

El kan framställas av vilken som helst primärenergi, dock med varierande energieffektivitet. El är på så sätt oberoende av en specifik primärenergikälla. När bergoljan tar slut, kan man använda naturgasen för att generera el. Eller man kan gå över till biobaserad, t ex energiskogsbaserad, elproduktion. Som framhållits ovan är flödande (förnybara) energiformer i kombination med buffertbatterier av särskilt intresse som elbilsdrivmedel.

I Sverige produceras årligen ca 140 TWh el. Av dessa försvinner ca 7,5 % d v s drygt 10 TWh i form av distributionsförluster. Detta är en internationellt sett stor förlustandel och

beror till stor del på vårt geografiskt mycket utsträckt ledningsnät. En mycket stor del av den i Norrland producerade vattenkraftbaserade elen förbrukas i de södra delarna av landet.

Om hela vårt personbilsbestånd (ca 3,5 miljoner bilar) vore eldrivet och tillryggalade 15 000 km per år och bil, skulle de uppskattningsvis (1,5 ton/bil; 0,2 kWh/tonkm) kräva knappt 16 miljoner MWh, eller 16 TWh, el årligen från nät för sin framdrivning. Detta är som synes en inte alltför stor andel av vår totala årliga elproduktion. De använda förbrukningsuppgifterna är baserade på välkänd teknik av idag och avser bilar med i dag vanligen förekommande vikter. Morgondagens energisnålare teknik och lättare fordon minskar nämnda elenergiebehov för framdrivning av en tänkt elbilspark avsevärt.

Låt oss betrakta en elbil som försörjs energimässigt uteslutande med solcellsel. Även om ett buffertbatteri används för att samla och lagra solcellsproducerad el, måste man tänka sig att då och då låna el från det allmänna nätet. Dessa lån betalas dock vid god solinstrålning tillbaka. En solcellspanel av idag ger på årsbasis i Sverige drygt 100 kWh/m². För att generera erforderliga 0,15 kWh/tonkm för en framtida elbil av 1 tons vikt och som kör 12 000 km/år, dvs 1 800 kWh, krävs en solpanel omfattande 18 m². Denna solpanelsyta är fullt rimlig i anslutning till en villafastighet.

förluster till och från nät?

buffertbatteri? storlek och omsättningsförluster?

6. Mål för eldriftvisionen/Ett fullt möjligt scenario

En grov uppdelning av våra vanligaste vägfordonstyper är som följer:

- personbilar
- lätta lastbilar (upp till 3,5 ton totalvikt)
- lastbilar för varudistribution
- entreprenadlastbilar (diverse transporter grus, jord, sten, byggmaterial, timmer etc.)
- tunga lastbilar för landsvägstrafik (långtradare)
- minibussar
- stadsbussar
- landsvägsbussar.

Det finns inte anledning att förmoda att någon av dessa huvudkategorier skall dramatiskt minska eller att någon ny större kategori skall introduceras under de första två decennierna av 2000-talet. I vårt scenario för 2020-talet använder vi därför dem för kategorisering av de eldrivna fordon som vi förutser.

Då drivkraften för extremt rent framförande av vägfordon, även på 2020-talet, troligen kommer att vara olika stark för de olika kategorierna är det rimligt att anta att inslagen av starkt miljövänlig drift varierar mellan fordonsslagen. Det är vår övertygelse att framdrivning medelst elmotor kommer att vara förhärskande bland flertalet fordonskategorier. Fördelningen mellan ren eldrift (enbart traktionsbatteri som energiförråd och "tankning" från nät eller autonom elanläggning) och elhybridrift är svårare att få grepp om. Denna fördelning beror starkt på dels lagar och förordningar (värdering av många lokala utsläpp där tra-

fiken äger rum gentemot färre större utsläpp i mindre känslig recipient), dels på utvecklingen av motorgeneratorer och bränsleceller (effektivitet, emissioner och kostnader).

De siffror från det europeiska samarbetsprojektet COST 302 som tidigare nämnts avsåg endast rena elbilar. Siffrorna var förvisso grundade på ganska enkla bedömningar men kunde ganska väl försvaras. Med hänsyn till förändringar i såväl teknik som allmän inställning till emissioner från vägfordon är det uppenbart att andelen av fordon med ren eldrift under den tid som här avses (år 2020-2030) kommer att vara avsevärt högre.

Redan i början av 2020-talet utgör de rena elbilarna 15 % av den svenska personbilsparken och närmar sig i slutet av sagda decennium andelen 25 %, som bedöms vara den rena elbilens mättnadsandel bland personbilar. Vid slutet av 2020-talet förutsätter vi att andelen eldrivna fordon i respektive kategori är som följer i tabell 6.1 nedan.

Tabell 6.1 Andel eldrivna individer per fordonskategori år 2030

Pos	Fordonskategori	Uppskattat antal i Sverige (1000-tal)	Andel rent eldrivna (%)	Andel elhybrid-fordon (%)	Total andel med eldrift (%)	Kommentar
1	personbil	3 500	25	50	75	
2	lätt lastbil ($\leq 3\,500$ kg totalvikt)	500	30	40	70	
3	lastbil (≤ 16 ton)	200	10	50	60	
4	lastbil (> 16 ton)	100	-	20	20	
5	minibuss	20	10	50	60	
6	stadsbuss	50	20	50	70	
7	landsvägbuss	20	-	50	50	
	summa:	4 390	24	48	72	

kolla fordonsantal med t ex Åke B eller Karin K!

Den elenergi som omsätts i ovanstående eldrivna fordon beror av det verkliga transportarbete som de utför. Bedömningar av årskörsträckor och lastutnyttjandegrader avgör vilket transportarbete som uträttas av eldrivna fordon inom respektive kategori. Av tradition anges transportarbete i olika mått beroende vilken synvinkel man anlägger. Exempel på vanligen förekommande specifika mått för transportarbete är fordonskm, personkm, tonkm (totalt) och tonkm (nyttolast). Den verkliga energiinsatsen för transportarbetet presenteras därför, beroende på synsätt:

per fordonskm
per personkm
per tonkm (totalt)
per tonkm (nyttolast).

Det är rimligt att anta årskilometrar, laster och därmed sammanhängande transportarbeten enligt sammanställning i tabell 6.2 nedan.

Tabell 6.2 Årskörsträckor, laster och energianvändning för fordonstyper år 2025

Pos	Fordonstyp	Körsträcka (km/år)	Last; körvikt (varia; ton)	Specifik energianv. ^{1/} (kWh/tonkm)	Kommentar
	personbil	15 000	1 pers; 1,2	0,08	
	lätt lastbil (≤ 3 500 kg totalvikt)	20 000	800 kg; 2,5	0,08	
	lastbil (≤ 16 ton)	30 000			
	lastbil (> 16 ton)	60 000			
	minibuss	10 000			
	stadsbuss	40 000			
	landsvägsbuss	60 000			

1/ elenergi till drivmotor(er)

diskutera rimliga siffror med Åke B!

Miljöpåverkan av det av elfordon uträttade transportarbetet år 2025 blir mycket måttlig jämfört med miljöpåverkan från dagens fordon. De specifika regionala utsläppen från ett eldrivet fordon av vilken som helst typ är genomgående lägre än motsvarande utsläpp från fordon med direkt förbränningsmotordrift. Man kan möjligen hitta något eller några specialfall, t ex dieseldriven seriehybrid med laddning enbart via motorgenerator jämfört med förbränningsmotordrift där motorn matas med vätgas från hydrolys av vatten med solcellsel, för vilket miljöpåverkan kan vara lägre för förbränningsmotordriften.

Föreliggande fordonsscenario inrymmer även infrastrukturella ändringar jämfört med dagens förhållanden. Dessa ändringar har såväl fysisk som administrativ karaktär. Vissa ändringar fordrar insatser medan andra ger nya möjligheter att den införda infrastrukturen. Som redan påpekats är de insatser som krävs på elproduktionsinfrastrukturen måttliga inom ramen för den elproduktionsstruktur som landet i dag har. Det totala elenergiebehovet för driften av den samlade elbilsparken år 2025 är av samma storleksordning som dagens distributionsförluster i elnätet eller besparingspotentialen genom energieffektivare kontors- och hushållsapparater. Effektmässigt kan alltför tidskoncentrerad laddning från det allmänna elnätet bli besvärande, även om endast normalladdning tillämpas och då huvudsakligen nattetid. Infrastruktur för snabbladdning i stor skala berörs senare i detta avsnitt.

Eldistributionsnäten i Sverige är förhoppningsvis även under 2020-talet starka och stabila på de flesta spänningsnivåer och i de flesta geografiska områden. Förvisso kan näten vara lokalt ansträngda i delar av storstäder eller starkt industrialiserade områden. För den händelse att laddning av traktionsbatterier medelst utnyttjande av endast en fas och tillförsel av upp till 30 A i denna skulle ha vunnit status av internationell standard, har vissa modifieringar av de svenska lågspänningsnäten vidtagits i god tid innan 2020-talets ingång.

Ett infrastrukturproblem i den rådande trafiksituationen som dock inte har med drivmedel eller drivsystem att göra, utan är helt avhängigt antal och storlek av inblandade fordon, är den rent fysiska trängseln på trafikytorna. Även om traktionsbatteriet är det enskilt största och tyngsta delsystemet av en personbil med ren eldrift, är det ännu inte begränsande för fordonets utsträckning. Den typiska personbilen är dock avsevärt mindre än vad den var i mitten av 1990-talet.

Trängseln i gaturummet återspeglar sig och förstärks vid *parkeringsutrymmena*. Parkeringsbestämmelserna är därför stränga och favoriserar små och miljövänliga fordon. Man har lyckats definiera och identifiera miljövänlighet hos enskilda fordon, så att en adekvat parkeringsavgift kan uttagas.

Även *fordonsbeskattning* och *förmånsvärden* i den mån de fortfarande föreligger är relaterade till miljövänlighet och ianspråktagande av övriga gemensamma fysiska resurser.

En intressant möjlighet av infrastrukturellt intresse öppnas av det ansehliga beståndet av elhybridfordon i kombination med ett stort antal laddningsuttag på adekvat effektnivå. Vid regelbundet återkommande lasttoppar eller vid plötsligt påkomna krissituationer kan i princip ett stort antal motorgeneratoraggregat samtidigt *mata in effekt på nätet* via de ordinarie laddningsuttagen för utportionering av traktionsel från nät. En miljon *motorgeneratorer* à 30 kW (som kan vara rimligt för en personbil) skulle ge en sammanlagd effekt av 30 GW, vilket är en ansehlig effekt, av ungefär samma storlek som landets totala stationära elproduktionsanläggningar. Energimässigt skulle 100 timmars drift av nämnda antal motorgeneratorer ge 3 TWh, vilket är drygt 2 % av Sveriges årsproduktion av el i slutet av 1900-talet.

Normalladdning, som sker under 8-10 h med effektuttaget ca 3 kW för en personbil med ren eldrift, ger ju en mycket måttlig last på elnätet. Denna last läggs dessutom troligen på nätet huvudsakligen under låglasttid, kl 22 - 06. Det finns förvisso en viss sannolikhet att relativt många privatkörda elbilar ställs på laddning ungefär samtidigt och det ungefär samtidigt med övrig tidig kvällsbelastning. Skulle exempelvis 100 000 elbilar ställas på laddning samtidigt som lika många hushåll förbereder kvällsmåltiden på/i sina elvärmda spisar inom Stockholm Energis distributionsområde, medför det en markant ökning av kvällstoppen på det lokala elnätets belastningskurva. Sådan sambelastning torde dock kunna undvikas medelst lämplig tidsdifferentiering av elkostnaden. Den sammanlagda lasten av nämnda 100 000 elbilar är ju under låglasttid enbart en fördel, eftersom den då ökar utnyttjandegraden av nätets effektresurser.

Med *snabbladdning* av traktionsbatterier, vilket på 1990-talet innebar tillförsel av hälften av batteriets nominella energimängd på ca 15 minuter och minst 80% på 30 minuter, avses på 2020-talet att hela nominella energin kan tillföras på ca 5 minuter. Som berört i avsnitt 2 ovan (Eldrift och el som drivmedel) kräver 2020-talets traktionsbatterier för elbilar ca 40 kWh för fulladdning från tomt tillstånd. Medeleffektuttaget från källan vid en sådan laddning blir då nästan 500 kW, om förluster i laddarutrustning medräknas. Sådana effekter kan inte utan vidare tas ut direkt från lågspänningsnätet.

På 2020-talet har två snabbladdningstekniker etablerats. Vid den ena laddar man direkt från nätspänningar högre än 6 kV och utrustningen är utformad så att användning av den, samtidigt som den belastar nätet, förbättrar elkvaliteten där (s k "power conditioning" gentemot nätet). Den andra snabbladdningstekniken bygger på användning av ett buffertbatteri, som kan belastas med mycket högt effektuttag under kortare tider. Efter några laddningar måste buffertbatteriet i sin tur laddas från nätet eller från någon fristående elproduktionsanläggning, som exempelvis kan vara sol- eller vindbaserad. Kombination av nätförsörjning och autonom försörjning av buffertbatterier för snabbladdning är vanligast.

Bufferttekniken används huvudsakligen för mindre elbilsflottor, inom vilka man då och då har behov av att kunna snabbadda något fordon. Snabbaddning direkt från nät finns på ett fåtal ställen i våra storstäder, där elbilspopulationerna är tillräckligt stora för att ge en rimlig utnyttjandegrad av anläggningen. En snabbaddningsstation för storstadsbruk medger ofta laddning av några stycken fordon samtidigt, ungefär så många som en halvstor bensinstation från 1990-talet, d v s 6 - 8 st. Anslutningseffekten för en sådan station uppgår således till åtminstone 3 - 4 MW.

Den ökande marknaden för elbilar under 2000-talets två första decennier medförde en standardisering av såväl batterier som laddarutrustningar och anslutningsutrustning för fordonen (ladduttag). Det finns batterimoduler av olika typ som kan kombineras till ett fåtal traktionsbatterikonfigurationer. Det ges även utrymme för några olika elektrokemiska system och laddarutrustningarna, som är väl integrerade med fordonets övriga styr- och reglerelektronik, kan känna av elektrokemi och batteristorlek, så att varje traktionsbatteri får den behandling som det kräver.

7. FoU-behov

För att realisera den elbilsanvändning som skisserats i föregående avsnitt erfordras att avsevärda insatser görs beträffande forskning och utveckling (FoU).

Ett område där redan nu relativt stora insatser görs, i synnerhet internt inom bilindustrin, är *hybrid drivsystem*. Utan att föregripa resultaten av FoU-insatserna ser det ut som om seriehybridsystemen kommer att dominera hybridfordonen. Ett delområde, där stora insatser bör göras och som i utbyte kan ge stora vinster, berör *energieffektiviteten* i hybridsystemets olika omvandlingssteg. Det kompletta fordonssystemet inkluderande drivmedel för och omvandling till el i den uthålliga elenergikällan (motorgenerator/bränslecell), omsättning av el i effektbufferten (traktionsbatteri) och omvandling till rörelseenergi hos fordonet via elmotor, transmission och hjul måste studeras ingående. Särskilt möjligheten av s k hjulmotorer verkar lovande för alla typer av vägfordon.

Elenergilagring i fordonet vare sig det är i hybridfordonets effektbuffert eller det rena elfordonets kombinerade energi- och effektkälla fordrar särskilda insatser. Även om 1990-talets *traktionsbatterier* klarar sitt värv någorlunda hyggligt, är de inte av den klass att de kan utgöra bas för en så omfattande eldrift som ovan skissats för 2020-talet. Vid en blick 30 år bakåt, d v s till 1960-talet, slås vi av att framstegen under dessa 30 år beträffande kommersiellt tillgängliga traktionsbatterier inte förslår långt för att popularisera elbilen. Avsevärt större framsteg erfordras under den kommande 30-årsperioden.

Med ledning av resultat från utvecklingsbatterier av diverser typer finns det anledning att tro att framstegen blir relativt stora. I synnerhet tycks litium-baserade traktionsbatterier löftesrika och man kan förvänta sig goda traktionsbatterier om erforderliga insatser görs. Den springande punkten är naturligtvis om drivkrafterna för utveckling av traktionsbatterier är tillräckligt stora för att insatser verkligen skall göras här. Hittills verkar mindre celler (av lägre kapacitet), t ex celler för mobiltelefoner, dra till sig mer utvecklingspengar från industriintressenter. Batterier av högttemperatortyp tycks vara aktuella enbart vid större cellkapaciteter, t ex för användning i stationära batterier eller i traktionssammanhang. Ett

aktuellt utvecklingsbatteri som verkar närma sig serieproduktionsstadiet är ett natrium/nickelklorid-batteri av högtemperaturtyp, som går under benämningen ZEBRA.

Som tidigare (avsnitt 2, Omvärldsfaktorer) påtalats har lagstiftningsförsök i Kalifornien och några andra amerikanska delstater verkat drivande på bilindustrins intresse för att studera traktionsbatterier. De japanska biltillverkarna verkar ha, tillsammans med sin inhemska batteriindustri, bedrivit mycket arbete beträffande traktionsbatterier och man talar nu om nära föreliggande lansering av traktionsbatterier av i synnerhet nickel/metallhydrid-typ. Den springande punkten för dessa är, i likhet med alternativa utvecklingsbatterier, kostnaden. Även om en hög investeringskostnad för ett batteri kan verka avskräckande i sig själv, torde det vara den verkliga batterikostnaden per uträttat transportarbete, t ex fordonskm, som avgör marknadens intresse.

I Tyskland har postverket (Deutsche Bundespost) intresserat sig så mycket för de emissioner, som posttransporter ger upphov till, att man beslutat studera möjligheterna att avsevärt reducera dessa. Detta har resulterat i att man tagit fasta på en något okonventionell batterifilosofi. Man har startat fältförsök avseende ett 60-tal vägfordon som drivs med ett metall/luft-batteri, där metallektroden utgörs av zink. Det aktuella zink/luft-batteriet är ovanligt på så sätt att man tänker sig ladda det på ett okonventionellt sätt. I grova drag är gången tänkt som följer. Anod-delen av batteriet (zink-plattor) skall lyftas ur och bytas ut mot ett fräscht anodpaket, när batteriet är urladdat. Detta görs på särskilda anodbytesstationer, som är analoga till bensinstationer. Från anodbytesstationerna transporteras så de urladdade anoderna till en regenereringsstation, där zinkplattorna återställs i sitt ursprungliga skick medelst en elektrisk process. Härefter distribueras de "laddade" anodpaketen ut till anodbytesstationerna för användning vid tankning av elbilar med denna typ av batterier. Man kan förvänta sig vissa logistikproblem vid storskalig användning av denna batterityp. De pågående fältförsöken, som dessutom till en viss del utförs i Sverige (tre st fordon), kommer förhoppningsvis att demonstrera hur allvarliga dessa förväntade problem är.

Målet för FoU avseende batterier torde kunna sättas till 30-40 kWh i ett batteri som väger högst 200 kg upptar en volym om högst 150 l för att realisera de elfordonsinslag som beskrivits i föregående avsnitt om förhållandena på 2020-talet. För hybridfordonsbatterier är målet för de specifika värdena (per kg resp per l) ungefär desamma, medan kravet på batteriets totala energiinnehåll kan minskas till hälften eller kanske rentav tredjedelen. För alla traktionsbatterier krävs effektegenskaper som står i proportion till energiinnehållet, annars blir fordonets prestanda undermåligt. På batterier för hybridfordon kan man förvänta sig något högre krav på effektegenskaper i förhållande till dess energiditet.

Beträffande den fysiska *infrastrukturen* är laddning det dominerande tekniska problemet. Det fordras förvisso stora resursinsatser för att bygga upp en adekvat service- och reparationsinfrastruktur, men detta torde klaras av utan nämndvärda FoU-insatser. Iordningsställande av en acceptabel administrativ infrastruktur (lagar, förordningar och övriga regler) är likaledes i och för sig erforderliga för även en måttlig elfordonsintroduktion. Även detta torde dock klaras utan större FoU-insatser.

Laddningsinfrastrukturen har två huvuddelar, dels den som erfordras för normalladdning, dels den för eventuell snabbladdning. Med de distinktioner mellan dessa två laddningsbegrepp som tidigare introducerats kan huvudproblemet för normalladdning sägas vara stan-

dardisering av nätanslutningar, laddningsdon och laddningsmottagare (batterier). Några övriga FoU-krävande problem kring normalladdning är inte identifierade. I den mån autonoma elkällor baserade på exempelvis förnybara (flödande) energiformer kommer till användning för normalladdning kan DC/DC-omvandlare erfordras. Sådana finns dock utvecklade för andra ändamål.

Vid *snabbladdning* kommer troligen laddningsmottagligheten hos batteriet och kapaciteten hos styr- och reglerelektronik att dominera den tekniska problemställningen. Ett exempel från dagens kommersiellt tillgängliga elbilar visar härpå. För Renault Clio Electric som under 1997 kommer att levereras till Sverige i bortemot 200 exemplar (NUTEKs teknikupphandling av elbilar) begränsas laddningstiden av att biltillverkaren satt en övre laddningsströmgräns till 150 A. Då bilens traktionsbatteri rymmer nominellt ca 11 kWh vid den nominella spänningen 114 V, kan laddningstider under 40 minuter (2/3 h) inte bli aktuella. Efter som batteritillverkaren å sin sida hävdar att batteriet tål laddningsströmmen 200 A utan att ta skada, verkar det som om styr- och reglerelektroniken är den begränsande faktorn i Renault-fallet. Det verkar finnas en del FoU-arbete att utföra, innan man kan tala om 5 minuter som en realistisk snabbladdningstid. Kanske 15 minuter kan vara en acceptabel kompromiss.

Snabbladdningsegenskaperna hos ett batteri har naturligtvis en viss anknytning till batteriets effektgenskaper vid urladdning. För de ur många synpunkter lovande litium(jon)batterierna med polymer elektrolyt verkar det krävas mycken FoU, för att uppnå tillräcklig goda effektgenskaper för att snabbladdning i någon som helst praktisk form (någon timme för fulladdning) skall kunna övervägas.

En annan sida av snabbladdningsproblematiken är att kostnaderna för snabbladdningsutrustningar kan visa sig väga tyngre än vinsten med snabbladdning.

Den ur energiuthållighetssynpunkt så intressanta bränslecelltekniken är teoretiskt mycket intressant för traktionstillämpningar. Det kanadensiska företaget Ballard Technologies har under senare år bedrivit en intensiv utvecklingsverksamhet beträffande *bränsleceller* av PEM-typ (Polymer Electrolyte Membrane). Merparten av finansieringen av detta arbete tycks härröra från USA. I Europa har Siemens under någon tid bedrivit forskning och utveckling avseende samma bränslecelltyp. PEM-cellen verkar vara den bränslecell som ligger bäst till för traktionstillämpning och det verkar vara Ballard som leder utvecklingen. Vissa biltillverkare har på senare tid intresserat sig så mycket för Ballards PEM-celler att man för dyra pengar leasat något enstaka bränslecellsystem för prov i fordon och i de egna laboratorierna.

Man tänker sig ofta att framtidens bränsleceller skall drivas med vätgas, som produceras vid sönderdelning av vatten medelst elektrolys, varvid elen antas framställd via solceller. Denna dubbla elproduktionsprocess aktualiserar de "från källa till brukare"-analyser som bör göras för alla påstått miljövänliga och energisnåla tekniker. Även om kedjan elproduktion-nätdistribution-laddare-batteri-motor för eldrift är förhållandevis effektiv jämfört med den konventionella kedjan råolja-raffinaderi-distribution-tankning-förbränningsmotor, finns det all anledning att ingående studera effektiviseringsmöjligheter eldriftens olika steg. I synnerhet för hybridfordon tycks förbättring av såväl kedjan från nät till drivmotor som från flytande/

gasformigt drivmedel via motorgenerator till elmotor, med eventuell avstickare till och från batteri, vara påkallad.

Andra områden som kräver FoU-insatser för att en storskalig elfordonsintroduktion skall kunna realiseras är transportflöden, i synnerhet städers, samt trafiksystem och -planering.

S E² T International, Ltd.

Consultants on the Management of Change

**THIRD WORLD ALTERNATIVE MOTOR FUEL TRENDS
2020-2030**

An Impressionistic Summary View

May 1997

This report was prepared under contract with Ecotrafic R&D AB of Sweden. Its contents should not be interpreted out of the context which led to its preparation

Phone No.: (914) 725-8230

1A Dickel Road, Scarsdale, NY 10583-2117, USA

Fax No.: (914) 723-8994

E-mail address: strindade@msn.com

THIRD WORLD ALTERNATIVE MOTOR FUEL TRENDS 2020-2030

SE²T International, Ltd. was retained by Ecotrafic Research and Development AB in April 1997, to assist Ecotrafic in connection with work it is performing for Vattenfall AB on the survey and analysis of long term trends, particularly for the time horizon of 2020-2030, of motor fuels, with special reference to alternative motor fuels, in the United States and a summary view of similar trends in the so-called Third World. The following is the report on Third World trends, which is composed of three segments, namely:

- * ALTERNATIVE MOTOR FUELS:**

A Third World Perspective

- * WORLDWIDE VIEW OF BIOFUELS:**

The Need for International Trade and Stakeholders' Consensus via Dialogues

- * AIJ COMBINING POWER AND TRANSPORT:**

Global and Local Environmental Benefits from Photosynthesis

ALTERNATIVE MOTOR FUELS A Third World Perspective

SUMMARY

The worldwide carbon emissions are expected to increase by 2 billion tons over the next 15 years due to continued dependence on fossil fuels [1]. Carbon emissions reached 6 billion tons in 1990. By 2010 they should reach 8 billion tons. Some 75 percent of the world's carbon emissions result from fossil fuels combustion for energy production. Non-OECD countries experiencing rapid economic growth are expected to contribute as much or more than OECD countries to carbon emissions worldwide in 2010. Lowering emissions require technological improvements in energy utilization efficiency and the market penetration of lower emission energy technologies, as well as renewable sources of energy, including biofuels, electric cars and hybrids.

Although fossil carbon emissions from the Third World will be generated mainly from non-automotive sources, the contribution of mobile sources is likely to increase greatly as the vehicle fleets of the expanding Third World economies augment at fast rates over the next decades. According to the OECD [2], the growth rate of fleets in non-OECD countries was twice that of OECD nations between 1985 and 1990. With no improvement in fuel efficiency, global CO₂ emissions could double by 2020 from 1990 levels ! On the other hand, by 2020, the combined effects of better fuel efficiency, greater use of cleaner fuels, and slow traffic growth could reduce emissions by 13 percent from 1990. Nevertheless, there is no guarantee that this desirable projection will actually materialize.

The automotive fleet in the world today totals 600 million vehicles (of which 500 million cars), predominantly located in the industrialized countries. World car sales in 1990 was estimated at 50 million vehicles. According to one forecast [3], worldwide vehicle sales will reach 74 million by 2010, with one third of the increment, some 8 million, accounted for by the net increase in the Asian region, excluding Japan. Strong growth is also forecast in Eastern Europe with an increment of 4.3 million vehicles, compared with 4 million for Western Europe. By 2020, the fleet may have well passed the one billion vehicles mark, with a much increased share from Third World countries. Both global and local impacts of increased usage of automotive fuels (resulting from larger fleet and larger mileage per vehicle) on sustainability must be addressed. So far most attention has been given to local impacts caused by emissions of NO_x, carbon monoxide, hydrocarbons, aldehydes, volatile organic compounds, particulates, etc. in large Third World cities such as Bangkok, Beijing, Cairo, Jakarta, Manila, Mexico City, New Delhi, Santiago, São Paulo, Shanghai, etc.

Globally, according to Sperling and DeLuchi [4], "the long-term and possibly permanent transportation fuels will probably be a mix of electricity, hydrogen, and biomass fuels" and it should be added, in the context of and in association with energy efficiency and demand management. But, future policies to deal with the problem of sustainable transportation must look beyond the vehicles and their energy sources, to consider the total picture of the design of cities, land use, and the organization of work.

This issue can be approached from many angles, but in the end, drivers must be persuaded to meet the true cost of their journeys. In this context, it has been suggested that "roads should be treated like telephone lines or electricity supply: if customers want to use them at peak times, they should pay more ... If drivers paid the true costs of road use, they might switch to less congested times, or make fewer journeys" [5]. Regarding public transport and road building, an analysis reveals that "without [charging drivers] road-building provide no relief. Underpriced trips simply increase until congestion is as bad as before, and smog worse", as observed for instance with the construction of the ring roads in Beijing. "In countries with good public transport, extra roads also suck people away from buses and trains; so more public spending on roads raises total travel costs. Nor does cheaper public transport help much. In Southern California, where only 6 percent of travel to work is by public transport, most users would otherwise have been passengers in cars, not drivers ... In Europe, too, subsidizing public transport mainly leads to new journeys rather than a switch from private cars (though additional travel may, in turn, generate economic benefits)[6]. In the Third World, now building up and expanding its transportation infrastructure, it is crucial to consider carefully, at this stage, the total picture, to avoid clogging one road system after the other, if users are not charged for their transportation choices.

Overall, there is a need to promote effective international cooperation to address sustainable transportation in the future. Chief among the issues to consider are the development of international trade of alternative fuels and energy sources, as well as the transfer of vehicles and fuel technologies. The Third World could provide a growing

supply of renewable fuels to the international market, as well as an expanding market for new automotive concepts in the forthcoming decades, all of which should contribute to lessen emissions even for an enlarging fleet of vehicles.

The future of automotive fuels in the Third World in the next two to three decades will be determined by the competing pressures of the increasing demand for personal mobility of gradually affluent societies, especially in Asia, and the impacts of an exploding number of personal mobility equipment and the required infrastructure, on the quality of life of a growing population. Oil derived fuels will probably still predominate, but at prices that may encourage the penetration of alternative fuels, such as the alcohols and other oxygenates, and natural gas, and transportation technologies, such as fuel cell based hybrids and electric vehicles.

REFERENCES

- [1] _____. "International Energy Outlook 1995." Energy Information Administration, Washington, DC, 14 April 1995.
- [2] _____. "Motor Vehicle Pollution: Reduction Strategies for Beyond 2010". OECD, Paris, 1995.
- [3] _____. "The World Vehicle Market Strategic Review and Forecast Data Book." Data Book Report No. 006, Euromotor Reports Ltd, 1991, in Financial Times, 16 August 1991.
- [4] Sperling Daniel and Mark A. DeLuchi. "Transportation Energy Futures." Annu. Rev. Energy, 1989. 14:375-424.
- [5] Cameron, Michael. "Transportation efficiency: Tackling Southern California's air pollution and congestion." The Environmental Defense Fund and the regional Institute of Southern California, 1991, in The Economist, 27 April 1991, p. 67.
- [6] Newbery, David. "Pricing and congestion: economic principles relevant to pricing roads." Oxford Review of Economic Policy, Vol. 6, No.2, 1991, in The Economist, 27 April 1991, p.67.
- [7] Dunn, Seth S., Jacob Scher, S. and Daniel A. Lashof. "Green Auto Racing." Natural Resources Defense Council, Washington, DC, July 1996, 58 p.
- [8] Elam, Nils. "Automotive Fuels Survey - Raw materials and conversion." Vol. 1, IEA/Automobile Fuels Information Service (IEA/AFIS), December 1996, 172 p.
- [9] Tomkins, Richard. "Clocking up the miles." Financial Times, 18 September 1991.

[10] van Walwijk, M., M. Bückman, Troelstra, W.P. and P.A.J. Achten. "Automotive Fuels Survey - Distribution and use." Vol. 2, IEA/Automobile Fuels Information Service (IEA/AFIS), December 1996, 350 p.

[11] Walsh, Michael P. "Car Lines." Several Issues, Arlington, Virginia, 1991-1996..

[12] _____. "World Car Industry." Financial Times Survey, 9 September 1993.

[13] _____. "World Car Industry." Financial Times Survey, 4 October 1994.

THE BRAZILIAN EXPERIENCE AND LESSONS FOR OTHER COUNTRIES

The largest alternative transportation fuels program in the world today is Brazil's Proalcool Program. About 10 million metric tons of oil equivalent (MTOE) of ethanol derived from sugar cane have been consumed as transportation fuels in 1996 (roughly equivalent to 200 thousand barrels of crude oil per day). Some 4 million vehicles (about a third of the total vehicle fleet) run on hydrous or "neat" ethanol or E100 (96 percent ethanol, 4 percent water, by volume). Regular gasoline, E22, contains 22 percent anhydrous ethanol by volume.

There have historically been a number of stakeholders in the Brazilian transportation/fuel industry: the government; ethanol and automotive manufacturers and distributors; the petroleum/natural gas and sugar cane industries; and Brazilian and international consumers. The economic interests of these stakeholders are often intertwined both in the national and international market-places. The introduction of the Proalcool Program in 1975 coincided with a convergence of the interests of the key stakeholders in Brazil's transport fuels economy. The original strategy was to penetrate ethanol in a gasoline-ethanol blend. The rationale behind the policy was the concern over prices and availability of liquid fuels for transportation, in connection with the first oil crisis of 1973. These concerns were exacerbated in 1979 with the onset of the Iran-Iraq conflict, which led the Brazilian government to support a more radical approach to promote ethanol market penetration in the form of neat ethanol (E100). Ethanol moved from its earlier role as a gasoline extender to being a fuel in its own right.

In launching Proalcool, the government was convinced that the expansion of the ethanol industry could also help Brazil's economic growth. It would provide the automobile industry with a more reliable source of domestic fuel based on the well-established sugar cane agriculture. Direct and indirect job creation connected with ethanol production would offer growth opportunities for the rural areas and allow the reduction of economic imbalances between the diverse regions of such a vast country as Brazil. But, the environmental benefits, both local and global, ended up being very significant ex-post rationales, especially concerning the air quality in the large Brazilian cities such as São Paulo and Rio de Janeiro (local benefits) and compensating from fossil carbon emissions

(global benefits). The introduction of ethanol has completely removed lead from automotive fuels in Brazil.

At its peak, ethanol penetrated about 60 percent of the Brazilian gasoline market, which contributed to breaking the consensus achieved with the oil industry in 1975 and 1980. This resulted in the short term trend of phasing out gradually the E100 fleet, while expanding the E22 blend demand. Thus in the longer run, the market penetration of ethanol should come down to 22 percent of the gasoline market. Under this scenario, it seems that the current ethanol installed capacity of 16 million m³/year, with some incremental investment, will be able to supply domestic requirements for the next two-to-three decades. for a car population increasing from the present 12 million to some 25-30 million. Should there be a substantial steady demand in international markets, additional capital investment will be required.

Despite significant technological developments in ethanol production, by the end of 1985 the most efficient ethanol producer in Brazil was barely cost-competitive with gasoline at a crude price of US\$ 28 per barrel. On the other hand, straight economic comparisons do not take into consideration: (1) the value of ethanol in reducing oil imports in a country as highly indebted as Brazil, with a growing balance of payments deficit; (2) the higher value of ethanol as an octane booster; (3) ethanol superior environmental features, both local (lower emissions of carbon monoxide, unburnt hydrocarbons, and sometimes NO_x) and global (carbon dioxide recycle via photosynthesis). As the long term marginal cost of oil increases, and the environmental costs and benefits of fuels are internalized, ethanol may become a rational economic option for some countries, besides Brazil.

Other countries can learn from the Brazilian Proalcool experience that a delicate balance between key stakeholders is germane to the successful implementation of alternative transportation fuels programs. Other lessons include:

- * Decisions on alternative transportation fuels must be seen in the long-term perspective.
- * Domestic production of alternative fuels cannot be entirely dependent on uncertain and unpredictable oil prices (It may be better and safer to spend two dollars in local currency at home than one dollar on imports, given heavy indebtedness and soft currency).
- * Consumers respond most favorably to economic incentives which mitigate cost of motor vehicle ownership and operation; consistent and farsighted policies; and the initial reputation of vehicles powered by alternative fuels. The chaotic transient of the initial introduction of neat ethanol engines into the market, their dominance of the market throughout the 1980s illustrate the point.
- * Stakeholders' consensus is critical for the stable implementation of an alternative fuels program. However, consensus achieved at program launch must be checked and renegotiated periodically throughout the life of the program.

* Air quality can be improved locally and an almost total recycle of carbon dioxide emissions can be achieved, thus contributing to abating global emissions.

* Nevertheless, under current and foreseeable economic supply conditions, very few countries in the world should actually embark on an ethanol fuels program, at least in the immediate future. The optimal candidates are countries with biomass surpluses and energy deficits that are landlocked and without their own oil resources. Examples are: Northern Argentina, Bolivia, Brazil and Paraguay in South America. Kenya, Malawi, Uganda, Zaire and Zambia in Africa. Indonesia, Mongolia and Thailand in Asia

* In the USA and Europe, the emerging market for oxygenated gasolines, built on the demand for a better environment and for octane boosters, provides an opportunity for ethanol to compete with other oxygenates, such as methanol and methyl-ter-butyl ether (MTBE). One possibility for ethanol is in the form of ethyl-ter-butyl ether (ETBE), which is totally fungible with existing gasoline storage and distribution systems.

* The total or quasi-total, carbon dioxide recycle feature of biomass-derived ethanol (or methanol), adds a new dimension to the future prospect of non-fossil transportation fuels.

* Economies of scale are crucial to the prospects of ethanol. International trade must play a role in bringing about larger production volumes and more economically competitive ethanol, or more broadly biomass-derived alcohols.

REFERENCE

[1] Trindade, Sergio C. "Transportation Fuels - Ethanol Fuels in Brazil." in Encyclopedia of Energy Technology and the Environment, pp. 2707-2712.

CHINA, THE WORLD'S FASTEST GROWING ENERGY MARKET

Presently the light duty vehicle population in China is relatively small at 1.2 million, serving primarily the institutional market. China has some 3 million motorcycles at present and the number is growing rapidly. The heavy duty vehicle population is much larger. However, as the economy expands at a fast pace, and GDP per capita grows rapidly, and the government places top priority on the development of the auto industry, the vehicle population is likely to explode in China with perhaps some 40-50 million vehicles expected in 2030, with predominantly personal ownership of vehicles. This car fleet still represents only 3 cars per 100 people ! American, European and lately Japanese automakers have set and are setting up joint ventures to assemble vehicles for the domestic market, including motorcycles. General Motors announced it will support China's efforts at environmental control by bringing its Impact electric car and other advanced technologies to China.

This scenario of course is predicated on a pattern of domestic stability and the absence of major international conflicts. This raises concerns, since China today holds five of the ten most polluted cities in the world: Beijing, Guangzhou, Shanghai, Shenyang and Xi'an. Although air pollution in these cities have been caused primarily by industry, the fast increasing vehicle fleet has become a new source to reckon with. Levels of auto emissions in Chinese cities are presently worse than that of similar-size industrialized country cities with a much larger number of vehicles.

Gasolines are still predominantly leaded and there is no tail pipe off-gas treatment. Hong Kong which will be rejoining the mother land on 1st. July 1997, is much ahead in its concern over air pollution caused by automobiles, and is encouraging the utilization of electric vehicles and planning for cleaner motor fuels, such as unleaded gasoline and low-sulfur diesel, and more stringent vehicle emission standards. It appears that China is considering the introduction of electric cars in a pilot program for coastal cities and the island province of Hainan.

A top environmental official said China's economy suffers US\$ 11.5 billion losses (health problems, resource wastage, and destruction of ecological systems) annually due to environmental pollution, warning that further deterioration could derail rapid growth. The World Bank is financing a project in China to develop a national motor vehicle pollution control strategy through to 1997. An International Advisory Committee with members from Europe, Japan and the USA was set up to assist in the work. The project consists of collecting actual emissions data from Chinese vehicles, developing a compliance strategy for both new and existing vehicles and exploring technology options to produce cleaner vehicles and fuels. Given its air pollution problems, unleaded gasoline is beginning to penetrate the Shanghai market. Looking toward the future, the trends toward elimination of both lead and low octane quality gasoline will accelerate and SINOPEC, the company responsible for 86 percent of all fuel supplied in China, is planning to virtually eliminate both by the year 2000. As an interim measure, over 90 percent of gasoline in 1998 is expected to have an octane of 90 RON or greater. Additionally, most if not all gasoline in the large cities is intended to be unleaded by 1998.

Despite the concern over carbon dioxide emissions, the abundant supply of coal in China suggests that, over the years, China might consider pursuing a coal-based methanol strategy for light duty vehicles, perhaps coupled with electric and hybrid vehicles burning methanol.

[1] Dunn, Seth S., Jacob Scher, S. and Daniel A. Lashof. "Green Auto Racing." Natural resources Defense Council, Washington, DC, July 1996, 58 p.

[2] Walsh, Michael P. "Car Lines." Vol.10, no.1, February 1993.

[3] Walsh, Michael P. "Car Lines." Issue 94-2, May 1994.

[4] Walsh, Michael P. "Car Lines." Issue 95-6, November 1995.

**INDIA, INDONESIA, MALAYSIA, PHILIPPINES. TAIWAN, VIETNAM:
A BRIEF LOOK**

Congestion, low incomes, government policies and underdeveloped road infrastructure will limit progress in these countries, but their vehicle population is expected to grow at rates far above the mature markets of the OECD countries. The burden of little or no pollution control is likely to be alleviated in response to public pressure, as new vehicles enter the fleets. Overall, income levels are still too low to support too much growth in the immediate future. The market for passenger cars begins to grow fast when per capita GDP reaches above US\$ 5,000. Most of the above countries are below, and some far below, this level of income.

Concern over air pollution and congestion in Jakarta, Indonesia, has led to several attempts to curb traffic, via banning cars with fewer than three passengers from its main roads during the rush hours. Air quality measurements in Metro Manila, the Philippines, indicate that a large proportion of the population is exposed to various air pollutants such as particulate matter (TSP), sulfur dioxide (SO₂), total oxidants, carbon monoxide (CO) and lead at levels above the WHO guideline values as well as the Philippine National Air Quality Standards. Data indicate that particulate matter is the overwhelming pollutant of concern followed by lead. The 100,000 jeepney (colorfully decorated minibus based on the WWII military jeep) drivers operating in Manila are at the greatest risk of adverse health effects due to the duration and extent of their exposure. As of 1994, unleaded gasoline has been introduced into the market on a voluntary basis, and costs the same as leaded gasoline.

Taiwan has some 11 million cars and motorcycles and severe air pollution problems. To address the situation Taiwan increased substantially the amounts of fines to motorists who violate the Air Pollution Control Act. The new fine schedule applies to all forms of motorized transport including airplanes, boats, power water skis, in addition to buses, trucks, cars and motorcycles. In addition, annual inspections for motorcycle emissions, similarly to those required for cars, are being implemented. The Taiwan Environmental Protection Administration began in 1994 to collect air pollution fees from motor vehicles, through the price of gasoline, higher for leaded gasoline than for unleaded gasoline and diesel. The revenue will be used to improve air quality in Taiwan, including conversion of taxis to LPG and development of electrical motorcycles. There are millions of motorcycles in Taiwan and the Taiwan EPA is considering zero emission motorcycles in the future, a requirement which can only be met by electric motorcycle.

Malaysia continues to move toward the adoption of vehicle emissions standards and to increase the use of unleaded gasoline. The Department of the Environment determined

since 1992, that all new private vehicles must comply with the current European Union requirements, and that leaded fuel cost more than unleaded.

Japan is providing technical assistance to Indonesia, Thailand and the Philippines, to curb automobile exhaust in their congested capital cities of Jakarta, Bangkok and Manila, respectively.

China, Hong Kong, India, Indonesia, Iran, Republic of Korea, Malaysia, Nepal, the Philippines, Singapore, Sri Lanka and Thailand are participating in a UNDP/UNIDO project, the Regional Network on Control and Regulatory Measures Concerning Motor Vehicle Emissions. The project objectives include: cooperation on emission control and standards and policy measures; development of common standards; procedures for in-use vehicles; practical policy to improve the maintenance of vehicles, etc.

From 1st. April 1995, unleaded gasoline is to be available in India in major metropolitan areas, where four-wheel vehicles only will be allowed to be sold. From 1996, sulfur content of diesel was cut in half to 0.5 percent. Two stroke engines in two- and three-wheelers have had to meet stringer emissions standards as well, from 1996.

Vietnam has a very modest vehicle population at present, mostly two-stroke motorcycle. But, growth prospects for coming two decades are high, which brings up the issue of increased air pollution. The current fleet, fuels quality and road infrastructure are all conducive to waste and pollution.

[1] _____. "World Car Industry." Financial Times Survey, 4 October 1994.

[2] Walsh, Michael P. "Car Lines." Vol. 8, no. 5, December 1991.

[3] Walsh, Michael P. "Car Lines." Vol. 9, no. 2, February 1992.

[4] Walsh, Michael P. "Car Lines." Vol. 9, no.4, July 1992.

[5] Walsh, Michael P. "Car Lines." Vol. 9, no. 6, December 1992

[6] Walsh, Michael P. "Car Lines." Vol. 10, no. 1, February 1993.

[7] Walsh, Michael P. "Car Lines." Issue 94-1, February 1994.

[8] Walsh, Michael P. "Car Lines." Issue 94-5, September 1994.

[9] Walsh, Michael P. "Car Lines." Issue 94-6, November 1994.

MEXICO: SEVERE AIR POLLUTION DRIVING ALTERNATIVE VEHICLES

Seventy percent of the air pollution in Mexico City, one of the world's most polluted cities, results from mobile sources, especially older vehicles (50 percent of the 3.2 million light duty vehicle fleet). Car emissions there responds for the bulk of ozone, nitrogen oxides and hydrocarbons. Recent policies are promoting the phasing out of older models, reducing sulfur contents of fuels, cutting down the emissions of nitrogen oxides and volatile organic compounds, promoting cleaner fuels (e.g. liquefied petroleum gas) and cleaner transport technologies (e.g. subways, electric buses and trains), diminishing vehicle circulation, etc. Mexico's state-owned oil company PEMEX plans to sell reformulated gasoline (RFG) modeled after California's phase II RFG in 1997, beginning in Mexico City and reaching Guadalajara and Monterrey later. Zero vehicle emission technologies are being considered, beginning with a prototype fuel cell powered transit bus as a first step to a ZEV public transport system in Mexico City.

[1] Dunn, Seth S., Jacob Scher, S. and Daniel A. Lashof. "Green Auto Racing." Natural resources Defense Council, Washington, DC, July 1996, 58 p.

[2] Walsh, Michael. "Car Lines.", Issue 96-6, December 1996.

THAILAND: THE DILEMMA BETWEEN AIR POLLUTION AND EXPANDING AUTOMAKING

Given its relatively low level of industrialization, transportation is the largest consumer of energy in Thailand. As such transportation accounts for the bulk of the country's air pollution problems. Prosperity in urban areas has led to increased dependence on oil products for motor travel, resulting in congestion in crowded cities such as in the capital Bangkok, where there are some 3 million registered vehicles (including 1 million mostly 2-stroke engine motorcycles) ! All of the vehicles are uncontrolled and most are poorly maintained. All monitoring sites tend to routinely exceed ambient air quality standards for most pollutants. Thailand is becoming an important regional automotive producer (Nissan, Honda, Isuzu), with expected outputs at the level of more than one million a year early in the next century. Although some of this output will be exported, the bulk will add to the bulging vehicle fleet. Furthermore there is a large fleet of two- and three-wheelers, such as the famous "tuk-tuk" three-wheeler taxis, which contribute considerably to the bad air quality of Thai cities, especially Bangkok. LPG has been introduced for the tuk-tuks and regular taxis, and the diesel oil quality has been gradually improving (via imports of 0.05 percent sulfur grade diesel), and 200 compressed natural gas (CNG) buses are being demonstrated, as well as electric buses. In the longer term there is a scenario of complete electrification of the Bangkok bus fleet and of Thailand becoming a manufacturing platform for electric vehicles for the Asian and other markets. In general there are policies in place which favor the improvement of energy efficiency, including tax incentives for electric cars and tuk-tuks, both imported and locally assembled. WHO reports that over one million of Bangkok's 6.5 million inhabitants suffers from allergies

and upper respiratory diseases caused by airborne pollutants, the bulk of which come from vehicle emissions.

[1] Dunn, Seth S., Jacob Scher, S. and Daniel A. Lashof. "Green Auto Racing." Natural resources Defense Council, Washington, DC, July 1996, 58 p.

[2] Walsh, Michael. "Car Lines.", Issue 96-6, December 1996.

WORLDWIDE VIEW OF BIOFUELS:

The Need for International Trade and Stakeholders' Consensus via Dialogues

PREAMBLE

The pioneer developers of both the Diesel engines and Otto-driven automobiles, Rudolph Diesel and Henry Ford, had an early vision that vegetable oils and alcohols, respectively, would be the fuels which would propel transportation in the future. Why then, have these renewable fuels not caught on as the major energy sources for transportation worldwide ? The following is an attempt to answer this question by reviewing the history and the current status of biofuels programs, primarily in the developing world, from Brazil to Malaysia. It also sketches what can be expected in the future and within what time horizon.

INTRODUCTION

A recent meeting, on the subject of biofuels, was the Second European Motor Biofuels Forum, convened in September 1996 in Graz, Austria, where there was an exchange of views on the status and perspectives of biofuels: biodiesel, bioethanol and biogas. The presentations and discussions naturally focused on the European scene, but, since biofuels will not prosper without a significant measure of international trade, the prospects of biofuels in North America and the rest of the world occupied the attention of the Forum. Another important feature, essential to the implementation of motor biofuels programs, is the level of consensus achieved among the major stakeholders concerned. The following discussion, reviews briefly the history, current status and perspectives of biofuels, mainly ethanol and vegetable oils and their methyl or ethyl transesterified esters, in developing countries, from Brazil to Malaysia, with a focus on implementations issues and options [15].

BACKGROUND

In 1911, Rudolph Diesel [1] said that "the Diesel engine can be fueled with vegetable oils which will considerably help the development of agriculture in the countries where the engine is used. This may seem a futuristic dream, but I can foresee with a firm conviction, that this utilization of the Diesel engine can, over time, become very important."

At the onset of World War I, Henry Ford campaigned for ethanol fuels to offset gasoline shortages for Otto engines. The huge oil findings in Texas and Oklahoma, in the early 1900s, and improvements in the oil vector technology (exploration-exploitation-refining-shipment-distribution-end-use) radically changed the situation in favor of gasoline.

The sudden change in relative prices of petroleum in 1973 and 1979, coupled with the uncertainty over oil imports brought a revival of biofuels in many countries. Since then, many national (or regional) biofuels programs sprung up in the world. More recently, concern over environmentally quality throughout the world added a renewed interest in biofuels, which recycle carbon dioxide, among other environmental benefits. Throughout these years biofuels initiatives have been backed by the agricultural business community.

According to Sperling [2], "during the twentieth century periodic campaigns to promote ethanol fuel in the USA have coincided with low agricultural prices and fears of inadequate petroleum supply. It is a history of unfulfilled promises and special-interest politics." Ethanol fuels came back to life in the USA in the 1980s with strong support from agri-businesses, but little enthusiasm from the oil industry. In 1994, the bioethanol fuel production capacity was equivalent to 5.27 million m³/yr. Bioethanol-based ETBE (ethyl ter-butyl ether) production capacity is estimated at 2.6 million tons/year.

Similarly, in Brazil, ethanol from sugar cane was blended to gasoline since the 1930s as a means of hedging the important sugar industry against the vagaries of the international market prices. From key policy initiatives in 1975 and 1980, and a tentative stakeholders' consensus, ethanol fuels expanded considerably in the Brazilian transportation (Otto engines) fuel market, displacing over 50 percent of gasoline at their peak. Current ethanol production capacity is 16 million m³, but consumption was about 14 million m³ in 1996.

Although vegetable oils, and their transesterified esters, have been researched as transport fuels since the onset of the automotive industry, their commercial utilization is recent, very limited and mostly confined to Europe, and backed by the agricultural community.

Total replacement of hydrocarbon fuels by biofuels in the world, in the foreseeable future, constitutes an unreasonable expectation [3]. Market penetration of biofuels will be limited to 5-10 percent of the market, for various reasons, in the time horizon of the next 25 years. In fact, under current technologies and prices, it is normally not economic to make either ethanol to substitute gasoline or naphtha, or vegetable oils or their transesterified esters to substitute diesel oil, in any end-use, in transport or as chemical feedstocks.

WORLDWIDE VIEW OF ETHANOL (AND ETBE) FUELS

Since the 1970s, bioethanol (and later ETBE) programs (including research, development, demonstration and actual implementation) were established, and many were maintained in Argentina, Australia, Brazil, Canada, France, Kenya, Malawi, Paraguay, South Africa, Sweden, USA, and Zimbabwe. To offset the short term

economic disadvantage of ethanol fuels, incentives are provided in all countries where these programs subsist. In the USA, ethanol (and the ethanol component of ETBE) is given a subsidy of US\$ 143 per m³ (US\$ 22.50 per barrel). In France, the fiscal exemption reaches US\$ 566 per m³ (US\$ 90 per barrel)! Few countries can muster the level of stakeholders' consensus and the political will required for this level of support.

The Proalcool program of Brazil is the largest commercial biofuel program in the world. Proalcool has been reviewed, without universal agreement, by a large number of authors since it was first implemented in 1975 [4], [5], and [6]. Brazil produces about one quarter of the world sugarcane output and currently distills 14 million m³/yr ethanol.

From 1975 until today, the level of subsidies has decreased considerably, and in recent times, the margins of ethanol producers have been severely squeezed. On the other hand, market demand incentives and the need to compete with gasoline led to technology developments which halved the cost of ethanol since 1975, from US\$ 472 per m³ (US\$ 75 per barrel) to US\$ 252 per m³ (US\$ 40 per barrel) presently. All gasoline in Brazil contains 22 percent ethanol, by volume. In addition about a quarter of the vehicle fleet, or some 4 million cars, runs on neat ethanol (96 percent ethanol by volume). Given the availability of ethanol in the 1980s, and the growing demand for Diesel fuel, there was a considerable research, development and demonstration effort in Brazil, to make ethanol penetrate the Diesel market. Despite the many ingenious approaches, these efforts were not translated into commercial achievements. The Brazilian government is presently reviewing Proalcool, which has reached maturity. The recent XI ISAF - International Alcohol Fuels Symposium held in South Africa, in April 1996, whose summary of findings was presented at Graz, reports on the state-of-the art in ethanol fuels in Brazil [7] and around the world [8].

The large scale of bioethanol production and consumption in Brazil and the USA spurred international trade between them. In the first half of the 1980s Brazilian exports to the USA surged, but were halted by protectionism. The 1990s saw Brazil importing corn-derived ethanol from the USA to supplement domestic production, constrained by low domestic ethanol prices and high international sugar prices.

Ethanol fuels programs have achieved various stages of implementation in many other countries. Kenya, Malawi, Paraguay, South Africa and the USA have become mature users of ethanol fuels. On the other hand, Argentina (Alconafta program) and Zimbabwe have been in and out of ethanol fuels, over the years, depending on economic circumstances. Research, development and demonstration goes on in Australia, Canada, France and Sweden. Other countries did not go beyond the pre-implementation stages: Bolivia, Costa Rica, El Salvador, Fiji, Guatemala, India, Indonesia, Panama, Philippines, Dominican Republic, Thailand and Zambia. In Costa Rica and the Philippines, the ethanol fuels programs reached the launching stage before they were discontinued.

WORLDWIDE VIEW OF VEGETABLE OIL FUELS PROGRAMS

The following countries have researched, are researching and/or are implementing small scale initiatives on vegetable oils and their methyl or ethyl esters: Austria, Belgium, Brazil, Czech Republic, France, Germany, Indonesia, Italy, Japan, Malaysia, Nicaragua, Sweden, United Kingdom and the USA. There are many publications, past and current, reporting on the progress of vegetable oils as fuels.

In Brazil, in the late 1970s and early 1980s, there was considerable activity on vegetable oils and their transesterified esters, as Diesel fuels [9]. In general there was preference for burning the processed vegetable oils (methyl an ethyl esters, cracked oil) as opposed to oil in natura, either alone or in blends with diesel oil. There were concerns about deposits, dilution of lubricants and smell, as well as over the cost of vegetable oil fuels and the effect of a glycerin glut on the market, resulting from the transesterification of the oils. In the early 1980s, a Proveg program was considered, to respond to the Diesel fuel demand, similar to the Proalcool. But, Brazil never went beyond this preparatory stage.

The ISAF series of meetings since 1976 has, at times, examined the possible role of vegetable oils as Diesel fuels. ISAF IV, held in Guarujá, Brazil, in 1980 and ISAF V, held in Auckland, New Zealand, in 1982, are particularly relevant to biodiesel fuels.

A January 1995 meeting in Malaysia, promoted by the Palm Oil Research Institute of Malaysia - PORIM [10], brought together experts from Germany, Indonesia, Italy, Malaysia, United Kingdom, and the USA. Issues such as production, engine development, and environmental impact were presented and discussed. Although there was one paper on methyl soybean oil ester, palm oil was naturally the focus of the discussions, either straight, or as its methyl ester, or blended with diesel oil, or in emulsions with ethanol, water and diesel oils. The general findings were similar to those obtained 15 years before in Brazil, that is: no major technical problem, better environmental performance than straight diesel oil, but unfavorable short term economics and uncertainty about what transition strategy to adopt, for large scale implementation of vegetable oils as commercial fuels. The December 1995 International Alternative Fuels Conference and Exhibition of The Society of Automotive Engineers - SAE, held in San Diego, USA, discussed the use of rapeseed methyl ester, used cooking oil methyl ester, soya and canola methyl esters, and the Malaysian experience with palm oil methyl esters and its emulsions. The 9th European Bioenergy Conference, held in Copenhagen, Denmark, in June 1996, discussed new developments in biodiesel, primarily in Europe [11]. Nicaragua, where there is a pilot plant for biodiesel production, hosted an international symposium on biofuel and industrial products from *Jatropha curcas* and other tropical oil seed plants, during 23-27 February 1997, in cooperation with the universities and other organizations from Graz [12].

Biodiesel programs in Austria, Belgium, Czech Republic, France, Germany, Italy, Japan, Sweden and the USA have reached an early launching stage. Despite their much larger vegetable oil fuels production capability, lower costs and greater potential, in all of the

developing world, apparently only Malaysia has installed capacity to produce palm oil methyl ester and has run an extensive field trial program with Diesel engines mounted on 36 buses, during 1990-95.

MARKET PENETRATION OF BIOFUELS

Since in the short term biofuels are not likely to become economic propositions, other rationales must be invoked to support their market penetration. Strategic considerations, related to the vulnerability of countries to events outside their control, may reinforce any existing economic or environmental rationale, or constitute the strongest rationale itself, as was the case during the oil crises of the 1970s. Under emergencies, biofuels could keep crucial transport services running.

The introduction of commercial biofuels can affect the match between hydrocarbon product mix demanded and refinery crude slate produced. The exact effect will vary from country to country and will depend on refinery configuration, hydrocarbon foreign trade, extent of displacement of gasoline by ethanol, and diesel oil by vegetable oils.

Consensus via stakeholders' dialogues

The decision to launch biofuels programs is essentially political, but would benefit from explicit policies translated into articulated programs backed by appropriate legislation (such as the Proalcool law in Brazil or the Clean Air Act in the USA), regulations, financing and technology. A clear mandate assigned to one specific governmental (or intergovernmental) body would help provide the leadership necessary to implement national (or regional) biofuels program. Political will would be helped by the a minimum consensus over various issues among the key stakeholders, among them: i) consumers, who are very sensitive to effect of biofuels on the cost of operating vehicles and whose positive attitude towards biofuel programs is essential to their success; ii) automakers, motor trade and related industries, whose knowledge of biofuels powered engines must be put to the service of consumers, fuel producers and marketers, and governments worldwide; iii) oil marketers/retailers, whose losses/gains of margin when marketing biofuels must be negotiated openly and whose maintenance and operating procedures should fit the requirements of biofuels and their blends; iv) petroleum refineries, whose losses/gains with the market penetration of biofuels must be negotiated and resolved; failure to understand and act on the interactions between biofuels market penetration and refinery operations may considerably reduce the benefits of a biofuels program; v) biofuels producers, whose new ethanol and processed vegetable oils ventures must be sufficiently profitable to attract the required investment and to yield reasonable returns during the lifetime of the projects; vi) farmers producing biomass feedstocks (e.g. sugarcane, rapeseed and palm oils), whose output should provide enough income to allow a stable supply of substrates to conversion plants; in this connection, an adequate supply of land, water, fertilizers, pesticides, agricultural credit, extension services, etc. should be available to overcome production capacity barriers; vii) technicians and scientists, whose contribution to biofuel programs should be actively sought; viii) government, whose

legislation, taxation, regulation and administration must provide the practical incentives and infrastructure to implement and nurture the biofuels initiatives.

One of the difficulties in achieving a consensus among these key stakeholders resides in the shift of income among them as biofuels programs are implemented. The financing of biofuel programs may constitute a major implementation barrier, particularly against unfavorable economics and lack of stakeholders' consensus. Financing could in principle be partially provided out of gasoline and diesel oil taxes. Another important barrier is the hydrocarbon fuels pricing policies prevailing in many countries, which promote consumption of diesel oil or gasoline, thus making it difficult for biofuels (high cost fuels) to penetrate the market. Indiscriminate lower prices of diesel oil (via subsidies) goes against the strategic rationale of biofuels. In principle, fuel prices should approximate their economic value. Hence, if ethanol-gasoline blends or the transesterified vegetable oils blended with diesel oil perform as well as gasoline or diesel oil, respectively, the value of ethanol should equate that of gasoline, and the value of vegetable oil ester should equate that of diesel oil. Other values brought about by biofuels should be reflected in their price, such as octane enhancement in the case of ethanol and ETBE. A crucial feature, for the future valuation of biofuels, which could considerably improve their value, is the internalization of externalities such as the global value of recycling carbon dioxide, and other local environmental benefits rightly attributable to biofuels.

The role of new technologies

The analysis of biofuel projects usually considers the existing technologies along the biofuel vector - agricultural production-conversion-refining-shipment-distribution-end-use - or makes very limited excursions into the future. Yet, technological innovation may play a decisive role on the prospects of biofuel programs, as it did earlier for petroleum. But, for some developing countries, technology transfer constraints may constitute a barrier. Much current research is focused on cutting down the costs of bioethanol via the utilization of cellulosic feedstocks. In the short term, the International Energy Agency - IEA favors electricity generation from wood as opposed to liquid biofuels from food crops [13]. In general, the trend is towards using low value feedstocks to obtain high value energy products and market niches. Central to innovation, and to the overall feasibility of biofuels, is an integrated approach, based on the solar energy factory concept, which converts solar energy via photosynthesis into biomass, which is further converted into fuels, heat, electricity, fertilizer values, etc.

THE FUTURE:

the need for international trade and stakeholders' consensus via dialogues

For biofuels to become a major contributor to sustainable energy development, the scale of the biofuels market must expand considerably. For that to happen, international trade of biofuels is not only a necessity, it is inevitable. All major energy sources - coal, oil, gas, electricity - are traded internationally. Why would biofuels be an exception ? Despite

the difficulties involved, international trade of biofuels can be reconciled with the concern of many countries over security of supply and the support to domestic agriculture. The International Workshop on Biofuels for Transportation, held in Saltsjöbaden, Sweden, on 27-30 August 1995, recommended the promotion of international trade of biofuels as a top short term priority [14].

The Saltsjöbaden workshop also recommended as top short term priority the implementation of a Stakeholders' Forum with the minimum set of relevant stakeholders in Europe and North America to originate consensus policies and initiatives on biofuels. This recommendation applies equally well worldwide.

Finally, with respect to the future of biofuels, "new transportation fuels should not be treated as second-best alternatives to petroleum, but as opportunities to make a better world." [2].

REFERENCES

- [1] Diesel, Rudolph, in: "Termodinâmica de Chalkley", 1911, quoted in: Sá Filho, Hernani, et alii. "Viabilidade dos Óleos Vegetais como Combustíveis/Lubrificantes". Energia - Fontes Alternativas, no. 6, vol. II, Jan.-Feb., 1980.
- [2] Sperling, Daniel, "New Transportation Fuels: A Strategic Approach to Technological Change." University of California Press, Berkeley, 1989.
- [3] Trindade, Sergio C. "Implementation Issues of Alcohol Fuels: An International Perspective." In: Proceedings of the VI International Alcohol Fuels Technology Symposium, Ottawa, Canada, 1984, 2-406/2-411.
- [4] Trindade, Sergio C. and Arnaldo V. Carvalho, Jr. "Transportation Fuels Policy Issues and Options: The Case of Ethanol Fuels in Brazil". In: Sperling, Daniel, ed. "Alternative Transportation Fuels." Quorum, New York, 1989, 163-185.
- [5] Trindade, Sergio C. and Walter Vergara. "Transportation Fuels - Ethanol Fuels in Brazil." In: "Encyclopedia of Energy Technology and Environment." John Wiley & Sons, Inc., New York, 1995, 2707-2712.
- [6] "O Programa Nacional do Álcool". Unpublished Internal Report, Copersucar, Oct.'95.
- [7] Borges, Júlio M.M.. "The Brazilian Alcohol Programme: Past, Present and Future." Presentation at the XI Int'l Symposium on Alcohol Fuels, Sun City, S. Africa, April 1996.
- [8] Proceedings of XI International Symposium on Alcohol Fuels, Sun City, South Africa, 14-17 April 1996.

- [9] Brasil. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. "Óleos Vegetais para Fins Energéticos: bibliografia seletiva". Brasília. STI/MIC, 1987.
- [10] "Proceedings PORIM Biofuel '95", Special Issue of The International Journal of Palm Oil Research and Development, November 1995.
- [11] Körbitz, W., "New Profitable Developments in Biodiesel", 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996.
- [12] International Symposium on Biofuels and Industrial Products from *Jatropha curcas* and other Tropical Oil Seed Plants, *Jatropha* 97, Managua, Nicaragua, 23-27 Feb.'97.
- [13] "Biofuels". Energy and Environment Policy Analysis Series, OECD/IEA, 1994
- [14] "Biofuels for Transportation: From R&D to Market". Report from the International Workshop at Saltsjöbaden, Stockholm, Sweden, 27-30 August 1995.
- [15] Trindade, Sergio C. "From Brazil to Malaysia: Worldwide View of Biofuels." Proceedings of the 2nd. European Motor Biofuels Forum, Graz, Austria, 22-25 September 1996, pp. 45-52.

AIJ COMBINING POWER AND TRANSPORT

Global and Local Environmental Benefits from Photosynthesis

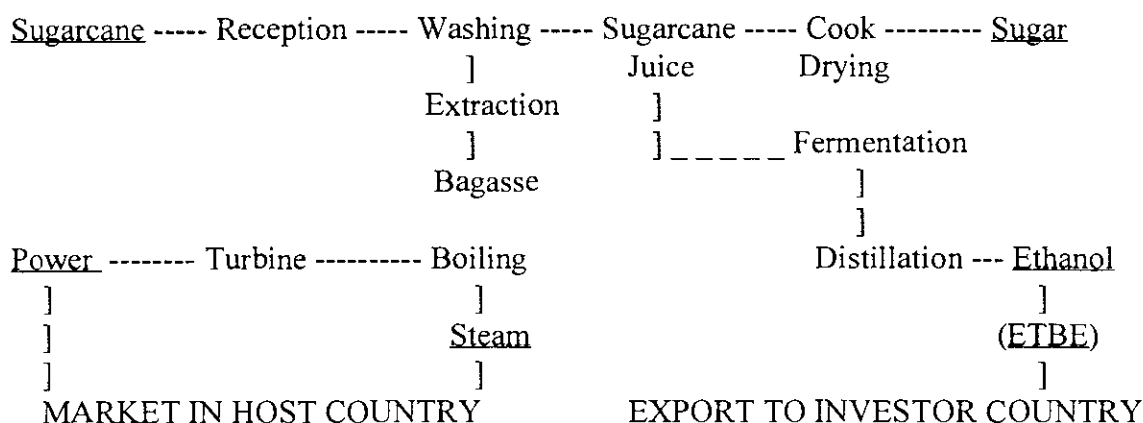
Although the transport sector responds for over 20 % of the world emissions of carbon dioxide from fossil fuels, all the incipient activity on Activities Implemented Jointly has so far been limited to abating power plant emissions. The following presentation introduces a new concept, where both power plant- and transportation-related emissions are addressed, by the total utilization of sugarcane to meet energy demands of both electricity and transportation.

Basic Concept

The concept proposes in one or two steps, the implementation of a combined compensatory reduction of carbon dioxide emissions, at the investor's country (e.g. Sweden), originating from fossil-fueled power plants and gasoline-fueled automobiles. The investor funds a sugarcane bagasse-fueled combined cycle power generation in the host country (e.g. Brazil), thus eventually obtaining credits for carbon dioxide emissions emitted at home. In addition, in one or two steps, that is, together with the operation of the bagasse-fueled power plant or later in time, the investor would import the ethanol (or its derivative ethyl-ter-butyl-ether - ETBE) associated with the production of the bagasse, and introduce this clean biomass-derived fuel into gasoline blends at home. The latter initiative would bring AIJ to the transportation sector. Moreover, besides the global benefits of carbon dioxide abatement, obtained by the combined implementation of the

biomass-fueled power generation and gasoline-ethanol (or ETBE) fuel blends, this approach would improve the local air quality (emissions of carbon monoxide, unburned hydrocarbons and less reactive nitrogen oxides) at the investor's country. The host would supply bagasse to investor's power plant and would sell ethanol (or ETBE) to the investor's country. Given the strict fuel regulations in the EU member countries, a two-step approach is more pragmatic, beginning with the implementation of the bagasse-fueled power plant.

Process Flowsheet



Abatement Costs

Carbon abatement costs of co-generation fueled by sugarcane bagasse and residue are usually much lower than US\$ 20/ton, according with data developed by Copersucar, the largest ethanol producer in the world, and by Suzana Kahn Ribeiro of COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. Anhydrous ethanol (or ETBE) added to gasoline could be a technically effective approach to cut down carbon dioxide emissions (globally) and improve air quality (locally). However, with the present relatively low cost of oil and the overvalued exchange rate in Brazil, the cost of carbon abatement by displacing gasoline with ethanol (or ETBE) may reach as high as US\$ 100/ton or more, which makes it economically unattractive in the immediate future..

Brazilian Alcohol Fuels Program Benchmarks

- Annual output of 14 million m³ of ethanol.
- Annual consumption of 9.5 million m³ neat ethanol (96% ethanol by volume) and 4.5 million m³ anhydrous ethanol.
- Annual turnover larger than US\$ 7 billion.
- Displacement of 200 thousand barrels/day of gasoline.

- Technological development of the sugarcane, ethanol and auto industries in Brazil. ETBE can be manufactured in existing MTBE plants in Brazil.
- Productivity increase and cost reduction of ethanol making.
- One million direct jobs created, 2/3 from ethanol making.

Sugarcane contribution to carbon abatement in Brazil

Ethanol fuels and sugarcane bagasse cut down Brazil's carbon dioxide emissions by 39 million tons/yr, according to data from Copersucar, equivalent to 19 % of total carbon dioxide emission from all fossil fuels in the country, a unique contribution to lessen the greenhouse effect.

Quantitative Background

One ton of sugarcane yields 75 liters (some can get as much as 80 liters) of ethanol and sufficient bagasse to generate 90 kWh on the basis of co-generation.

REFERENCE

[1] Trindade, Sergio C. "AIJ Combining Power and Transport in Brazil." Proceedings of the Activities Implemented Jointly (AIJ) International Workshop, Leipzig, 5-6 March 1997.



Tomas Kåberger

– Tanke och möda –

Nya system för individuella snabbtransporter i tätorter

Datorstyrda system för individuell snabbtransport av människor i tätorter kan konstrueras så att de blir konkurrenskraftiga med etablerade transportalternativ. Under beteckningen Personal Rapid Transit, PRT, har karakteristika för ett sådant system utvecklats av framför allt Edward Andersson (ex. 1988 a) i USA. Principerna för ett sådant system är följande:

Resenären körs i ett litet och lätt spårburet elfordon längs en bana som i sin tur kan göras lätt och slank. Fordonen stannar för av och påstigning vid rikligt förekommande hållplatser som ligger på korta sidobanor. Fordonen på huvudbanan rör sig alltid i konstant fart. Varje resenär erbjuds ett eget fordon som datorstyrs längs en optimal körväg genom systemet till den önskade destinationen utan att stanna längs vägen. När resan avslutats kör fordonet till ny kund, eller positioneras för att möta förväntad efterfrågan.

Restiden blir kort genom att informationsteknik används för att välja bästa tillgängliga väg. Restiden blir dessutom användbar för resenären därför att resenären inte behöver styra fordonet. Systemet blir även tillgängligt för unga, gamla och andra som idag inte själva kan köra bil.

Genom att fordonen är lätta och banan därför kan göras lätt och billig per meter är det rimligt att bygga upp ett nät av banor så att resenären kan komma dit han vill inom ett stort område. Därmed kan ett dylikt system för individuella snabbtransporter konkurrera med personbilar och inte bara med tåg och bussar.

Lätta fordon som drivs i jämn fart längs en kontrollerad bana innebär också att det är lätt att uppnå hög resurseffektivitet och låg bullernivå. Samtidigt kan systemen uppnå hög transportkapacitet. Genom att systemen görs eldrivna undviks lokala luftföroreningar.

Det säkerhetsproblem som påpekats, genom att man som resenär fick oönskat sällskap när man klev in i det fordon man fått, kan lösas på flera sätt. Ett är att alla vagnar lätt och oåterkalleligt kan omdirigeras till närmast polisstation eller särskilda bevakade nödstationer.

System av den här typen har simulerats och preciserats i flera svenska studier. Allmänna beskrivningar och simuleringar för städer finns av Logistikcentrum AB (1991), Andréasson (1991, 1993), Anonym (1993) och av Blide (1993). Svenska tekniska system finns utvecklade med beteckningarna Skycab (1993, 1995)

respektive Flyway, se Alvehag m.fl. (1992).

Resurseffektiviteten finns analyserade av Andersson (1988 b) och Gustavsson & Kåberger (1996). Båda studierna visar att dessa system för individuella snabbtransporter kan bli överlägsna de äldre systemen ur resurssynpunkt. Elförbrukningen i ett dylikt system blir med även med 1 passagerare per fordon av samma storleksordning som ett elektriskt järnvägståg med normal beläggning.

Osäkerheter och möjligheter

En fundamental förutsättning för att dessa system skall få de goda egenskaperna är att man klarar av att bygga lätta fordon. Det pågående konkreta projektet i Chicago, med Raytheon som entreprenör, tycks ha drabbats av problem att uppfylla detta krav genom att köparen av juridiska skäl föreskrivit visst användande beprövade komponenter från andra kollektivtrafiksystem, vilket ofta måste blivit tunga järnvägs- och spårvagnskomponenter.

En faktor som är svår att teoretiskt analysera är vilka åtgärder som behövs för att inte isbildning och snöansamlingar skall hota bromsförmågan. Detta påverkas av hur man väljer motorer och bromsteknik. För att välja effektiva lösningar krävs

full-skaliga tester i varierande vinterklimat.

En stor svårighet med att introducera system av den här typen är att många fastighetsägare måste samarbeta för att bygga upp infrastrukturen. Dels fordras samarbete för att infrastrukturutbyggnaden skall accepteras, men ännu mer för att den skall finansieras.

Eftersom infrastrukturen är lättare att få in i städerna om den läggs genom byggnader än om den läggs över gator är samarbetet angeläget. Samtidigt ger just denna lösning incitament till fastighetsägarna att medverka. Särskilt i storstädernas innerstäder skulle ett fungerande system av denna typ kunna återge stadskärnorna överlägsen tillgänglighet och därmed konkurrenskraft gentemot perifera köpcentra. Dessutom skulle ett flöde av resenärer genom varuhus innebära värdefulla marknadsföringsmöjligheter för dem som har verksamhet i husen.

En annan ekonomiskt värdefull möjlighet med dessa system är att vagnarna också kan användas för godsbefordran. I styrdatorn kan stationer som är stängda för passagerare under nätter samtidigt vara mottagningsstationer för godstransporter som automatiskt lastas ur fordonen för att sedan tas om hand av personal på morgonen.

Sammanfattning och potential
Elektriskt drivna system för individuella snabbtransporter enligt de ovan beskrivna principerna gör det möjligt att öka transportkapaciteten av människor och gods i tätorter samtidigt som man undanröjer vägtransporternas luftföroreningar, och radikalt minskar bullret, energiåtgången och ytbehovet för transporter. För resenären innebär systemet korta restider och att restiden kan användas för annat än körande. I ett utbyggt system når fordonen nära alla punkter i ett stort område och resenären behöver inte ta ansvar för parkering av fordonet.

Även om systemens grundprinciper finns utredda och vissa försök till teknisk precisering gjorts återstår betydande utvecklingsarbete och utprovning. Detta är ett projekt som behöver stora huvudmän, som medför kompetens och kapital till utveckling och introduktion av systemet.

Den potentiella marknaden för ett fungerande system av den här typen är enorm eftersom systemet skulle motsvara ett identifierat behov för hundratals miljoner människor i världens storstäder.

REFERENSER

- Alvehag, A-C., Malmén, P & Sundberg, J.
1992: Spårtaxi för Persontransporter. TFB rapport 1992:7.
Andersson, Edward J. 1988a: The TAXI 2000 Personal Rapid Transit System. Journal of Advanced Transportation vol 22 pp 1-15

- Andersson, Edward J. 1988b: What Determines Transit Energy Use? Journal of Advanced Transportation Vol 22 pp 108-133.
Andréasson, Ingmar: Simulering av spårtaxi i Gävle. Etapp 1. TFB-rapport 1991:25
Andréasson, Ingmar: Simulering av spårtaxi i Gävle, redovisning av projekt SIMSPÅRT, Logistikcentrum 1993
Anonym 1993: Referenshandbok Spårtaxi i Göteborg. IBM, LogistikCentrum, Aby Consult AB, Kjessler & Mannerstråle AB. Version 1, 1992-09-11
Blide, Bo m.fl. 1993: Spårtaxi i Göteborg, utredningsetapp 2. Trafikkontoret i Göteborg Rapport nr 8:1993.
Gustavsson, E. & Kåberger, T. 1996: Energy use in Personal Rapid Transit. Building and running Personal Rapid Transit in Sweden. Journal of Advanced Transportation vol.30, nr 3 sid 5-15.
Logistikcentrum AB. 1991. *Spårtaxi i Göteborg, förstudie om ett individuellt kollektivtrafiksystem*. Kjessler & Mannerstråle AB, SkyCab AB, Logistikcentrum AB, Gothenburg, Sweden.
SkyCab 1993: En studie av en prototypanläggning med testbana på Eriksberg i Göteborg. SkyCab AB Göteborg 1993.
SkyCab 1995: En ny svensk näringsgren – pilotanläggning för SkyCab i Södertälje. (Åke Åredal)



KUNGL
TEKNISKA
HÖGSKOLAN

97-07-04

1

Professor Gunnar Svedberg
Vice rektor

Dir. Bengt Sävbark
Ecotrafic R&D AB
Box 5671
114 86 Stockholm

Fax nr 614 5008

Bengt !

Tack för den intressanta rapporten från TRALF-projektet (prel version 1) och KFB-rapporten "Biodrivmedel i den svenska transportsektorn", som Du översände.

Jag har liksom Du i den senare rapporten med förvåning noterat den löst underbyggda slutsatsen att biobränsle skulle lämpa sig bättre för el- och värmeproduktion än för drivmedels- och värmeproduktion. Man kan göra flera typer av enkla kalkyler som snarare stöder det senare från framtida energisynpunkt. Ett sätt är att se hur mycket man får ut av en anläggning på säg 100 MW tillförd biobränsleeffekt. Om man väljer sedvanlig kraftvärmeproduktion med normalvärdet 4 000 fullasttimmar per år krävs en tillförsel på ca 400 GWh biobränsle. Man får då ut ca 120 GWh elenergi och ca 240 GWh värmeenergi för fjärrvärmeändamål. Samma mängd tillförd biobränsle (dvs 400 GWh) skulle vid biobränslebaserad metanoltillverkning med dagens teknik ge ca 220 GWh metanol och ca 80 GWh värmeenergi.

Man får alltså vid metanolproduktion redan med dagens teknik nära dubbelt så mycket av högvärdig energi än vid kraftvärmeproduktion. Detta väger mer än väl upp att man bara får ca en tredjedel så mycket lågvärdig värmeenergi. Ett grovt sätt att inkludera energins kvalitet är att räkna med exergienheter i stället för energienheter. Därvid motsvarar en energitillförsel på 400 GWh biobränsle ungefär samma mängd tillförd exergi, dvs 400 GWh tillförd exergi. Den producerade elenergin är ren exergi liksom ungefärligen också den producerade metanolen. Däremot är exerginnehållet i den producerade fjärrvärmens endast ca 20% av motsvarande energimängd. Slutsatsen blir därmed att man vid kraftvärmeproduktion får ut ca $120 + 0,2 \cdot 240 = \text{ca } 170$ GWh exergi, medan man vid metanolproduktion får ut ca $220 + 0,2 \cdot 80 = \text{ca } 240$ GWh exergi.

Det svenska fjärrvärmeunderlaget, speciellt det som finns i de större städernas fjärrvärmenät, är begränsat och till stor del redan utbyggt. Från

Adress
Kemiteknik/
Energiprocesser
KTH
100 44 Stockholm

Besöksadress
Teknikringen 50
Stockholm

Telefon
Nat 08-790 69220
Int +46 8 790 6220

Fax
Nat 08-723 08 58
Int +46 8 723 08 58

Telex
10389 kthb s
E-mail
svedberg@ket.kth.se

termodynamisk synpunkt bör detta fjärrvärmeunderlag utnyttjas så effektivt som möjligt för att från fasta bränslen producera högvärdiga energiprodukter som drivmedel och elenergi. Om man väljer samma fjärrvärmeunderlag som i kraftvärmefallet ovan (dvs 240 GWh per år) som bas, skulle man med dagens teknik kunna producera motsvarande ca 700 GWh metanol, vilket skulle kräva en tillförsel av biobränsle motsvarande nära 1300 GWh. Drivmedels- och värmeproduktion är alltså ett avsevärt bättre sätt att utnyttja existerande fjärrvärmeunderlag än el- och värmeproduktion.

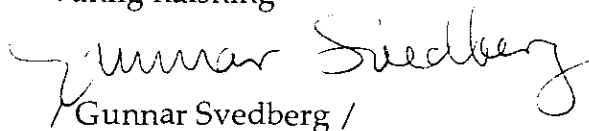
Det finns också andra aspekter man kan lägga på det aktuella problemet. Såväl elenergi som värmeenergi är i princip "färskvaror", åtminstone så länge energilagringssmöjligheterna inte är bättre än idag. En nära omedelbar avsättning måste finnas för att produktionen skall vara möjlig. Metanol är däremot ett lagringsbart bränsle, och samproduktion av metanol kan göras mer flexibel.

En för framtiden mycket intressanta variant är ett biobränslebaserat energikombinat med integrerad drivmedels-, el- och värmeproduktion (som NEX-projektet med andra ord fastän man i det fallet hade annan bränsleråvara). Med de nya elproduktionsprocesser som är under utveckling med god återvinning av processvärme skulle det vara intressant att göra en studie av teknik och ekonomi för ett sådant kombinat.

Jag vill i detta sammanhang också passa på att återigen framföra att metanolproduktion otvetydigt är att föredra framför etanol från energisynpunkt, från ekonomisk synpunkt och från den synpunkten att den internationella utvecklingen i långt större utsträckning kommer att handla om metanol eftersom den möjliga råvarubasen är mycket bredare. Det finns också många andra skäl som talar för att metanol kommer att bli en avsevärt viktigare energibärare än etanol. Metanol är ju också en utmärkt vätebärare.

Slutligen tycker jag att DME fått en alltför tillbakaskjuten plats i Er studie. Den idag allra intressantaste satsningen torde vara samtidig produktion av DME och metanol, där vardera av dessa bränslen har sina marknader.

Vänlig hälsning


Gunnar Svedberg /