Bengt

ALTERNATIVA DRIVMEDEL
-
INTRODUKTIONSSTRATEGI

RAPPORT FÖR
ALTERNATIVBRÄNSLEUTREDNINGEN och
NATURSKYDDSFÖRENINGEN

av

Mårten Berg
Åke Brandberg
Bengt Sävbark

Ecotraffic R&D AB

Maj 1996

Ecotraffic R&D AB Projnr 2092 Eco/96/2092

ALTERNATIVA DRIVMEDEL - INTRODUKTIONSSTRATEGI

(Alternativbränsleutredningen - Naturskyddsföreningen)

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid.
Förord	
Sammanfattning	1
Bakgrund	3
1.1 Grundvillkor	3
1.2 Inriktning	3
1.3 Mål	3
1.4 Förutsättningar	4
Aktuella alternativa drivmedel	5
2.1 Motoralkoholer	5
2.2 Motorgaser	10
2.3 Elektricitet	12
2.4 Övriga	12
2.5 Summering	14
Råvaruresurser - Potential	18
3.1 Råvaror	18
3.2 Potentialer	18
3.3 Biogas	21
Produktions- och konverteringsteknik	22
4.1 Naturgas	22
4.2 Biogas	23
4.3 Metanol	24
4.4 Etanol	31
4.5 RME	35
4.6 Summering	36
Drivsystem	39
5.1 Motoralkoholer	39
5.2 Gasdrivmedel	42
Hälso- och miljöaspekter	46
6.1 Utsläpp och energi från källa till användare	46
6.2 Miljö - markanvändning	55

(forts.)

(forts.) **Sid.**

Introduktionsstrategi **58**
7.1 Motiv - tidsaspekter - systemvillkor 58
7.2 Vision bortom 2010 59
7.3 Kostnadseffektivitet 61
7.4 Aktörer 64
7.5 Styrmedel 67

Ord- och förkortningsförklaringar **72**

Referenser **75**

Bilaga A Förutsättningar introduktion - Bioalkoholer

1 Syfte 1
2 Bakgrund och förutsättningar 1
3 Användningssätt av biodrivmedel 2
4 Vägar till 5 % andel biodrivmedel 3
5 Skissering av tids- och volymscenarier 5
6 Distribution 8

Bilaga B Styrmedel via beskattning av motoralkoholer

1 Bakgrund 1
2 Förutsättningar 1
3 Skattekonsekvenser 3
4 Skatteväxling 5

Bilaga 1 Kriterium - drivmedel (BMW AG)

Bilaga 2 Färdriktning - Intressenter

Bilaga 3 Hinder - Bioalkoholer

Bilaga 4 Styrning/utveckling av drivmedel

Bilaga 5 Distribution

Bilaga 6 Flexibel infasning av bioalkoholer

FÖRORD

Syftet med denna rapport är att beskriva en introduktionsstrategi för uthålliga alternativa drivmedel. Rapporten skall vara en vägledning till att lyfta blicken bortom ett antal kortsiktiga intressen och att beskriva ett scenario där en marknad växer fram för kostnadseffektiva förnyelsebara drivmedel.

För att bredda kunskapen har även ett antal nischdrivmedel (ej allmänt tillgängliga) och bensinkomponenter beskrivits översiktligt.

Naturskyddsföreningen står som huvuduppdragsgivare och har särskilt intresse för introduktionsstrategien. Alternativbränslekommittén har använt sig av grundstudien och genom ett mindre uppdrag vidgat studien till att ytterligare beskriva produktion och användning av nischdrivmedel.

Stockholm 1996-05-02

Ecotraffic R&D AB
Bengt Sävbark

ALTERNATIVA DRIVMEDEL - INTRODUKTIONSSTRATEGI

Sammanfattning

- Projekt för att ändra energianvändningen inom transportsektorn och drivmedlens ursprung är oundgängliga och måste ges hög prioritet. Det är vidare viktigt att varje steg som tas för förändringar är led i en utveckling mot ett allmänt uthålligt system, d.v.s. satsningar som kan innebära återvändsvägar måste undvikas.

- Motoralkoholer av fossilt och bio-ursprung uppfyller kraven för allmän tillgänglighet i stora kvantiteter och de är *flytande drivmedel, som måste förbli dominerande av logistiska skäl.*

- Gasformiga drivmedel (propan, metan) ges relativt låg potential då de har begränsad tillgång (propan) eller inte kan allmänt distribueras (metan). De bör därför inte vara framtida drivmedel att särskilt satsa på. Även om naturgas är en storvolymråvara och överfasning till SNG på biobas kan ske med stor råvarubas innebär gasen på mycket lång sikt en återvändsväg.

  Befintliga naturgasnät för industri och service kan med fördel även användas för distribution av naturgas som drivmedel under en överfasningsperiod, men de är otillräckliga för övergång till allmän gasanvändning.

  DME (dimetyleter) 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).

  Vätgas, som är attraktivt bränsle i drivsystem med den elektrokemiska bränslecellen, förutsättes främst vara hanterad i bunden form *i alkoholer som vätebärare.*

- De mer optimistiska bedömningarna av potentialen för biomassaråvara överstiger kraftigt vad som skulle krävas för att försörja ett utbyggt system fjärrvärme/kraftvärmesystem (Energikommissionen). Någon motsättning till utnyttjande av bioråvarorna även för drivmedelsproduktion synes därför inte föreligga. I verkligheten kan i stället en integrerad drivmedels/el/värmeproduktion vara den bästa kombinationen.

- För den utvinningsbara potentialandelen och praktiskt utnyttjningsbara inhemska biogasråvara bedöms energimängd vara drygt 6 TWh. Ca 65 % är möjligt att använda för fordonsdrift med hänsyn till variationer i produktion och drift dvs ca 4 TWh (motsvarar 0,35 milj. m^3 dieselolja eller *15 % av den dieseloljedrivna samfärdselsektorn*).

- Vegetabiloljors (RME) potential som drivmedel är <100.000 m^3/år genom odlingsbegränsningar.

- 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 dieselolja och bensin gör.

- Diversifiering genom stort antal olika drivmedel är inte önskvärd, då den skulle leda till höjda kostnader. Den grundläggande tanken är i stället att råvarubasen skall diversifieras/breddas för att producera samma drivmedel.
  - Ett första steg bör vara att bredda råvarubasen till att omfatta *naturgas*, för vilken välkänd teknik finns för produktion av både *alkoholer* och syntetiska kolväten.
  - Ett annat steg bör vara att utnyttja *spannmålsöverskott* för att med likaledes väletablerad teknik framställa *etanol*.
  - Ett tredje steg är att fortsätta utvecklingen att från *lignocellulosa* (trä, m.m.) framställa *alkoholer* i pilot- och demonstrationsanläggningar för att få slutligt underlag för framtida uthållig produktion på biomassabas.

- Introduktionen av alternativa drivmedel enligt följande
  - Obligatorisk användning av *oxygenater* (etrar, alkoholer)
  - *FFV* i storstäderna. År *2005* utökas området med ytterligare 6 större städer. *Fallet motsvarar ca 20.000 nya FFV/år. Alternativ till FFV kan metangasdrivna 2-bränsle fordon vara, vilket är naturligt i områden där naturgas i dag finns med senare övergång till biogas* (obs begr. tillgång).
  - Fortsatt infasning av alternativa drivmedel för nu *dieseloljedrivna tätorts- och regionalbussar och fordon i närdistribution.* Eftersom minskade hälsorisker är främsta drivkraften för denna tillämpning *prioriteras biogas* och kompletteras med alkoholer.

  Genom förnyelsen under en 12 års period finns därefter ca 7000 kollektivtrafikbussar (ca 600 nya per år) och ca 30.000 distributionsfordon med <14 ton totalvikt (ca 2.500 nya per år).

- Sammantaget ger införandescenarierna följande volymbehov (uttryckt som bio-etanol):

356.000 m³	år 2000	(2,6 % bioandel)
780.000 "	" 2005	(5,6 % bioandel)
1.200.000 "	" 2010	(8,7 % bioandel)

- En alkoholpool (jämför bensinpool, elpool) med sådan bas kan påskynda användningen och sänka distributionskosnaderna för bioalkoholer, och *naturgas kan få en mer likställd ställning som råvara för drivmedel gentemot råoljeprodukter med betydligt mindre risker vid sjötransport/ lagring.*

- Oljeindustrin behöver ha tydliga signaler redan idag för att kunna uppnå några påtagliga resultat till år 2020 p g a långa ledtider för investeringar.

- För att möta bilindustrins långsiktiga krav på drivmedel bör alternativen vara rena och få till antalet, samt vara allmänt tillgängliga vilket tillåter långa motorserier.

ALTERNATIVA DRIVMEDEL - INTRODUKTIONSSTRATEGI (UTHÅLLIGA DRIVMEDEL)

1. BAKGRUND

1.1 Grundvillkor

Vårt nuvarande trafiksystem bryter i stora delar mot alla de fyra grundläggande villkoren för ett uthålligt kretsloppssamhälle genom att

- i jordskorpan lagrade råvaru- och energiresurser förbrukas utan återbildning eller utan att ingå i människoskapade tekniska kretslopp och restprodukter anrikas i naturen,
- för ekosfären giftiga restprodukter tillförs systematiskt från samhällets produktion,
- långlivade och ej nedbrytbara ämnen sprids,
- arealer för bioproduktion (nödvändig och begränsande i ett kretsloppssamhälle) minskas och förorenas, mångfalden begränsas.

Transporter är en nyckelverksamhet i samhället men har aningslöst fått växa till omfattning och uppbyggnad som inte är förenlig med långsiktig utveckling. Grunden för en förändring har lagts genom konventionerna vid Rio-konferensen 1992 (klimatkonventionen, Agenda 21, försiktighetsprincipen) och av krav på minskade utsläpp till luft, mark och vatten (för underskridande av kritiska halter och belastningar).

1.2 Inriktning

Åtgärder för att minska transportsektorns resursanvändning och effekter av utsläpp kan ske genom att

- öka energieffektiviteten och minska oönskade utsläpp, d.v.s. höja motorers och drivsystems verkningsgrad, minska fordons energianvändning för nyttotransport
- övergå till mindre energikrävande och utsläppsintensiva transportslag
- minska transportbehovet, d.v.s. producera nära konsumtionsplatsen, bo nära arbetsplatsen, använda IT
- övergå till alternativa drivmedel, d.v.s. sådana som inte baseras på fossila råvaror, främst råolja.

Det är främst den sista punkten som behandlas i denna studie men med utblickar till den första punkten, då det finns ett samspel dem emellan.

1.3 Mål

Målet är helt naturligt att människans aktiviteter skall inrymmas i naturens kretslopp och utan att förutsättningarna för detta undergrävs för att därigenom

nå ett långsiktigt uthålligt samhälle. I praktiken innebär detta att förbrukningen av fossila resurser på sikt måste upphöra och att skadliga utsläpp på kortare sikt måste kraftigt reduceras. På vetenskapligt håll anges att reduktioner (från resp. referensår) av olika utsläpp på 80-90 % är nödvändiga för att vända på en utveckling som innebär fortsatt överskridande av kritiska miljöbelastningar och acceptabla hälsorisker. Internationellt överenskomna reduktioner ligger ännu långt från dessa mål.

1.4 Förutsättningar

Transportsektorn beräknas svara för knappt 1/5 av världens energianvändning och andelen växer (OECD 1995). I Sverige är andelen ca 22 % (Nutek 1995) och något högre om all motordrift inräknas. Den är nästan helt baserad på fossila råvaror (råolja). Andelen av oljeanvändningen är cirka 35 % men i flera länder högre, t.ex. 65 % i USA och över 60 % i Sverige. Av koldioxidutsläppen svarar transportsektorn i Sverige för ca 40 %, varav 2/3 från vägtrafiken.

Projekt för att ändra energianvändningen inom transportsektorn och drivmedlens ursprung är oundgängliga och måste ges hög prioritet. Det är vidare *viktigt att varje steg som tas för förändringar är led i en utveckling mot ett allmänt uthålligt system, d.v.s. satsningar som kan innebära återvändsvägar måste undvikas.* Drivmedelsanvändningen är storskalig och baserad på ett mycket finförgrenat och lättillgängligt distributionsnät fram till bensinstation eller kundtank för flytande drivmedel . Sådana torde vara de enda som i dag kan uppfylla krav på lättillgänglighet och därigenom vara långsiktigt utvecklingsbara. Befintliga naturgasnät för industri och service kan med fördel även användas för distribution av drivmedel under en överfasningsperiod.

Åtgärder för att lösa hälsoproblem i städer orsakade av bussar och distributionsfordon är nödvändiga men helt otillräckliga sedda i perspektivet av utveckling mot långsiktigt hållbart transportsystem. De stora användarkategorierna, d v s bensindrivna personbilar och tunga lastbilar för godstransporter, måste vara huvudmål i förändringsprogram.

För en helhetsbedömning måste flera faktorer beaktas, värderas och sammanvägas. De i denna rapport behandlade är:

- råvarubas, ursprung och potential
- teknikläge
- inpassning i/ förändring av nuvarande system
- energi och utsläpp
- kostnader
- möjlighet för införande
- distributionsnät
- samspel industri - marknad
- arbetsmarknad.

2 AKTUELLA ALTERNATIVA DRIVMEDEL

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.

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

2.1.1 Metanol

Metanol är en av de största kemikalierna på marknaden med en tillverkningskapacitet på närmare 25 Mt/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 dricksprit 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 (Ecotraffic 1995). *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 (2.2.3) för att driva bränsleceller.*

2.1.2 Etanol

Teknisk etanol tillverkas syntetiskt i dag via eten, som vanligen är nafta-baserad 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 Mt/år i Brasilien, 4 Mt/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). F.n. finns cellulosabaserad etanoltillverkning bara som

biprodukt vid sulfitmassafabriker (10.000 m³/år i Sverige). Nyckelstegen i ny teknik, som behövs i framtiden, är hydrolysen av cellulosan till jäsbara sockerarter och förjäsning av pentoser (med 5 kolatomer), som nu använda mikroorganismer inte kan omvandla till etanol. Pentoser bildas i hög andel från t.ex. 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 (2.1.1) 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 .

2.1.3 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 bensin. Tillverkningsvägen är besvärligare och längre än för metanol och DME, vilket betyder högre kostnader.

2.1.4 Andra etrar

Andra etrar är t.ex. MTBE och ETBE, TAME och TAEE 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 bensin och är ett verksamt sätt att minska bensinavgasers hälso- och miljöskadlighet genom reformulering av bensin (lagstiftning i USA). Däremot har de inte potential att vara självständiga alternativdrivmedel genom begränsad tillgång av kolvätedelen.

I rapporten "Ethers in Gasoline" (Nutek b) har etrar som bensinkomponenter

redovisats. Följande sammanfattning hämtats från denna rapport.

"Den världsomspännande framgången med användningen av etrar som värdefulla komponenter i bensin 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 följdriktiga, 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 bensin med etrar i bergrum krävs ombyggnad av bergrumslager. Båda åtgärderna hör ihop med den förväntade introduktionen av en "klass 1" bensin med förbättrade hälso- och miljömässiga egenskaper.

Därutöver är det idag helt nödvändigt för raffinerare och återförsäljare (oljebolagen) att inte endast betrakta bensinens sammansättning ur tillverkningssynpunkt utan även betraktá den med hänsyn till emissioner vid hantering och slutlig användning. Helhetssynen utgör stommen i den amerikanska lagstiftningen om reformulerad bensin.

Ovanstående slutsatser baseras i huvudsak på följande:

- Bioetrar kostar mer att framställa än etrar baserade på användning av fossil olja och naturgas som råvaror. De kommer att behöva en differentierad beskattning (miljöavgifter) för att bli kommersiellt gångbara komponenter i bensin. Erfarenheterna från Frankrike och USA bekräftar detta.

- En metod för att verifiera biorsprunget kommer att behövas. Detta kan åstadkommas genom att använda kol-14 åldersbestämningstekniken. Prover med ETBE har bekräftat att detta är möjligt.

- Ansvaret för att deklarera ursprunget och andelen bioprodukter bör ligga hos importören eller den inhemska producenten av etrar eller bensin som innehåller etrar.

- Nya undersökningar av MTBE:s hälsopåverkan, inklusive de som gjorts i Sverige, har inte understött de klagomål från allmänheten som har inkommit i USA om att MTBE skulle ha negativ akut hälsopåverkan. ETBE och andra etrar bör dock, i förebyggande syfte, undersökas närmare vad hälsopåverkan på kort och lång sikt beträffar.

- När bensin 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. Biorsprung och användning av biobränslen vid framställning medför minskad emission av växthusgaser.

- Lagring av bensin som innehåller eter, i underjordiska lager på vatten-

bädd, i enlighet med nuvarande praxis, kan inte tillämpas. Bergrummen föreslås byggas om för torr lagring. Fullskaleprov kommer att behövas för att verifiera tekniken.

- Etrar kommer att spela en nyckelroll i reformuleringen av bensin för att erhålla förbättringar för hälsa och miljö, vilket även eterframställnings-processer 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. I USA föreslås det bli obligatoriskt att inkludera sådana komponenter.

- MTBE har använts kommersiellt i bensin sedan 1973 och dess användning expanderar starkt för närvarande. Andra etrar så som MTAE växer i volym. ETBE har redan passerat försöks- och marknadslanseringsstadierna. Ordinär fullskaleproduktion har påbörjats (Frankrike, USA).

- MTBE produceras i Sverige áv 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.

- Alkoholkostnaden och kapitalkostnaden är de dominerande posterna i kostnaden för etrar.

- Värdet av etanol för ETBE produktion är omkring 1,5 SEK/liter baserat på genomsnittliga pris i konkurrens mot metanol och MTBE som bensinkomponent och utan hänsyn till skattedifferentiering.

- Produktionskostnaden för bioetanol med lignocellulosa (trä) som råvara skattas till 3,5-5 SEK/liter. Kostnaden för etanol från grödor från jordbruket kan vara lägre än 3 SEK/l baserat på nuvarande jordbrukspolitik. Kostnaden för biometanol har uppskattats till 2 SEK/liter (träråvara).

- Det förefaller vara rätt tidpunkt att etablera ett sammanhängande skattesystem som beaktar ursprung, energianvändning, hälsoaspekter och miljöaspekter."

2.2 Motorgaser - propan, metan, vätgas

2.2.1 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 bensin.

Propan har på vissa håll en relativt stor användning som drivmedel för otto-motorer. Propan kan ej bli allmänt tillgängligt av och *kan av tillgångsskäl aldrig på långt när få den omfattning bensin och dieselolja har och är m.a.o. ett nischdrivmedel.* 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 bensin. 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.

2.2.2 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 bensin 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 överskottsslam vid reningsverken, avfall från djurhållning och speciella grödor (ex. lucern, gräsarter som rörflen). *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.

2.2.3 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 nedkylt 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 elektriciten 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 Saharaöknen (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 metanol-framställning) är således den med nu förutsebar teknik enda tilltalande möjligheten.

2.3 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 (s.k.hybridsystem; 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 f.n. 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.

2.4 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.

2.4.1 Syntetiska oljor

Med syntesgas kan syntesen styras till att ge flytande kolväten som slutprodukt-

ter. Sådan 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.

2.4.2 Vegetabiloljor

Oljor (fettsyraestrar) av växtursprung (rapsens frön är mest intressanta i Sverige) kan efter omförestring med metanol eller etanol ge oljor, som är goda dieselmotorbränslen (tändvilliga) och i fysisk hantering är jämförliga med nuvarande dieseloljor på råoljebas. RME, rapsfröoljemetylester, 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 <100.000m³/ 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 (Nutek 1994, Celsius 1994, Miljödep. 1994).

- 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 N_2O (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 energi-utväxling definieras som kvoten mellan erhållen drivmedelsenergi och energin i insatta fossila energibärare. Utväxlingen är < 1 för dieselolja.

- RME har ca 7 % lägre energiinnehåll per volymsenhet 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 har högt svavelinnehåll; 200 ppm i RME mot 10 ppm i MK1-dieselolja

- RME har högt fosforinnehåll vilket kan förhindra användning av katalysator för avgasrening.

- RME kan föranleda stabilitetsproblem vid lagring samt koksbildning i motorn på sikt emedan RME har hög omättnadsgrad.

2.4.3 Blandbränslen

MK1 dieselolja 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 dieselolje MK1 testas för att kunna ersätta viss del fossil energi.

2.5 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. Detta diskuteras vidare i kap. 7.

I *figur 2.1 och 2.2* illustreras hur en långsiktig övergång från en nästan helt fossilbaserad transportsektor i dag till ett på solenergi baserat, uthålligt system kvalitativt kan se ut.

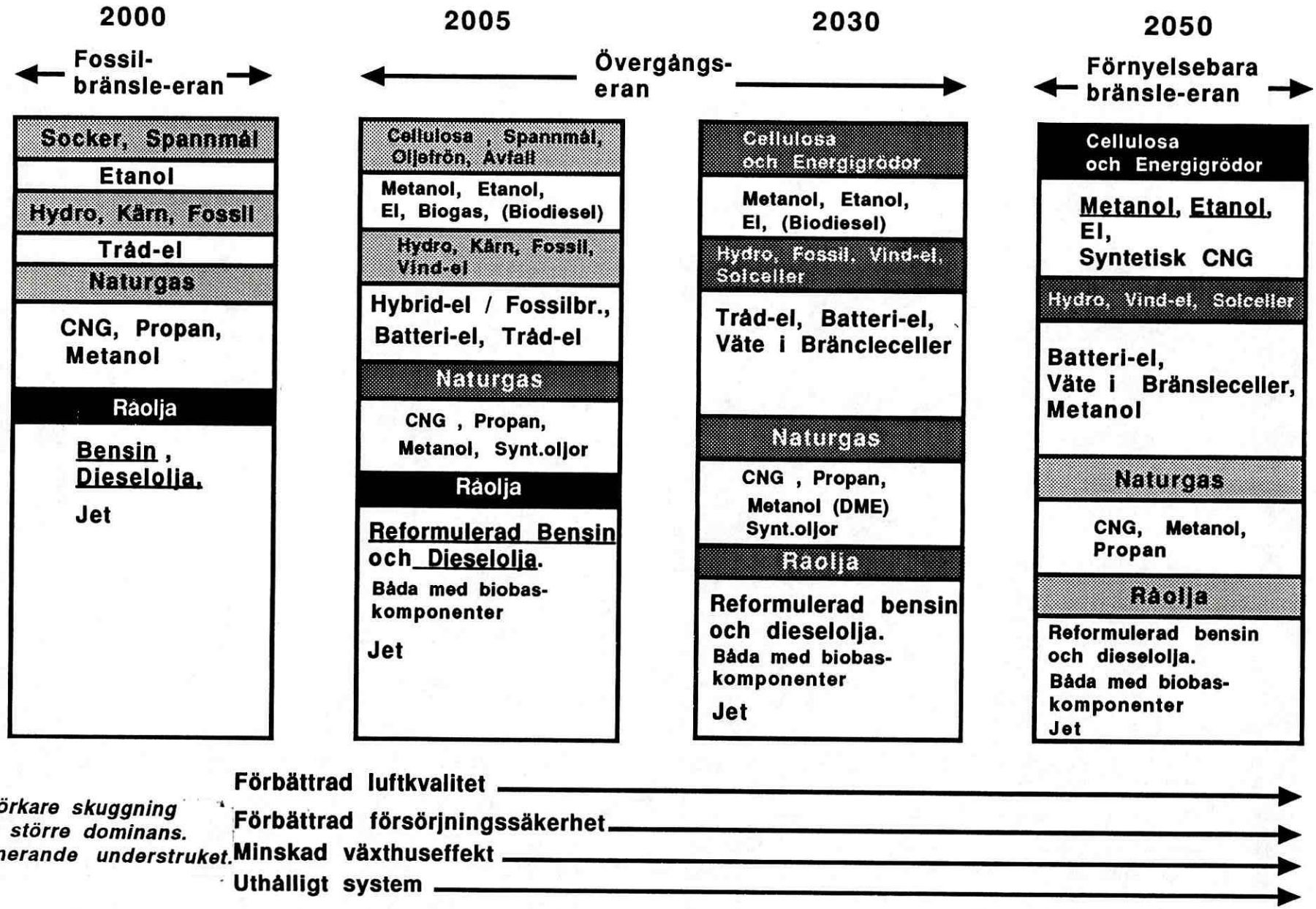
Figuren indikerar viss gradering av alternativen och understryker vad som sagts ovan om att *flytande drivmedel måste förbli dominerande av logistiska skäl.* Elektricitet betraktas som osäkrare för stor omfattning, då det synes ovisst om problemen med ombordlagring och "tankning" på acceptabelt sätt 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, d.v.s. erbjuda användaren kostnadsfördelar utan extra samhälleligt stöd utöver skilda värderingar m.h.t. hälso- och miljöeffekter. Även om naturgas är en storvolymråvara och överfasning till SNG på biobas kan ske med stor råvarubas innebär gasen på lång sikt en återvändsväg.

Figur 2.1

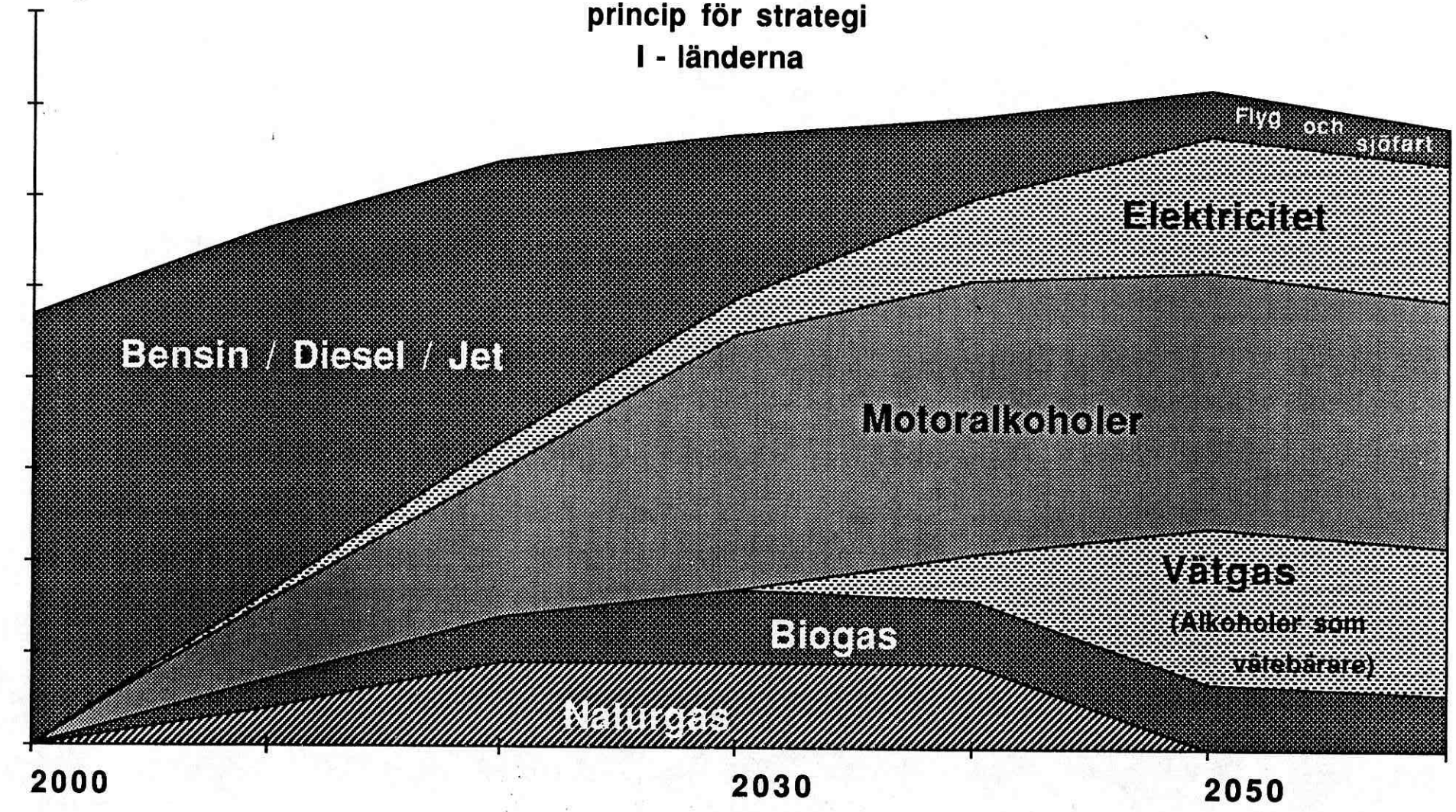
ALTERNATIVA OCH RENA MOTORBRÄNSLEN I ETT LÅNGSIKTIGT PERSPEKTIV



Utfasning av fossila drivmedel

Figur 2:2

princip för strategi
I - länderna



3. BIORÅVARURESURSER - POTENTIAL

3.1 Bioråvaror

Biobränsle definieras (svensk standard SS 1871 06) bränsle från biologiskt material. Sådana av intresse som drivmedelsråvara är trädbränslen (lignocellulosa) av olika slag

- skogsbränsle (från skogsbruk och -industri)
- energiskog (från jordbruk)
- återvunnet trädbränsle (insamlat avfall).

Till råvarukategorin kan också halm av olika slag från jordbruket och energigräs räknas. Brännbart sorterat avfall från hushåll och handel kan inräknas. Även torv bör i viss utsträckning kunna tas med så länge inte värdefulla biotoper ödeläggs eller uttaget överstiger den årliga tillväxten av mossar och myrar och särskilt om marken sedan används för trädodling.

En andra råvarukategori är

- socker- och stärkelsehaltiga grödor, som är etablerade för etanolproduktion, både av dricksprit och teknisk sprit. Dessa grödor är bundna till intensivjordbruk.

Potentialen för biobränslen och råvaror är en fråga om hur mark kan utnyttjas för produktion och hur markanvändningen systematiskt kan utvecklas för ökad produktion med hänsynstagande till restriktioner av olika slag. Lignocellulosagrödor synes vara de som ger högst avkastning av biomassa-torrsubstans och kräver minst i form av insatsvaror vid odlingen (SNV 1990).

3.2 Potentialer

Bindningen av solenergi i biomassa genom fotosyntesen har uppskattats till storleksordningen 10 gånger hela världens energianvändning (SMAB 1978) men motsvarar ändå bara mindre än en promille av energin i solinstrålningen!

Åkergrödor är storleksordningen 1/10 av landbiomassan, men det är okänt hur denna i övrigt är fördelad på olika växtslag. Skogsavverkningar, inkl. brännved, anges (Bäck 1995) vara 3450 miljoner m^3f motsvarande knappa 8000 TWh eller drygt 1 % av den årliga tillväxten.

I **Sverige** användes 1994 ca 46 TWh biobränsle inkl. ca 4 TWh torv i industri, värmeverk och hushåll (exkl. massaindustrins avlutar på ca 30 TWh, som styrs av återvinningen av processkemikalier). Senaste bedömningar av den totala biobränslepotentialen (exkl. lutarna) i början av 2000-talet (Biobränslekommissionen 1992, SIMS 1995) anger potentialen till ca 200 TWh (*tabell 3.1)*, 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.

Potentialerna har i tabellen angivits i TWh baserat på fuktig råvaras lägre värmevärde i stället för torrsubstansens värmevärde, vilket inte är relevant vid konverteringar till drivmedel och leder till underskattning av potentialen med minst 10 %.

Tabell 3.1. Biobränslepotentialer (lignocellulosa), TWh

	Potential	Utnyttjat 1994	Möjlig ökning
SKOGURSPRUNG			
Avverkningsrester (netto)	63-81	9,0	54-72
Bränsleavverkning			
- stamved, gallring	0-19,5	0,5	0-19
- rötskadat	5,0	1,5	3,5
- övrigt	21	11	10
Industribiprodukter	16-19	16,5	0-2,5
Återvinningsvirke	4,0	1,5	2,5
SUMMA	109-149	40	70-110
JORDBRUKSURSPRUNG			
Energigrödor	45	0,5	45
Halm	11	0,5	10
SUMMA	56	1	55
ÖVRIGT			
Torv, ca [1]	18	4	14
Avfall	11	4	7
SUMMA	29	8	21
TOTALSUMMA, cirka	215	50	165

1) Här redovisas bedömd potential av torv. Internationellt anges vanligen ej torv som förnyelsebar råvara och Naturskyddsföreningen har inte torv med som förnybart bränsle i kriterier för Bra Miljöval.

Den största ökningen kommer från skogsbruket, ca 90 TWh. Uttaget från skogen begränsas av ekologiska hänsyn och förutsätter återföring av vedaskans mineralämnen och viss kontroll av kvävegödning och markbeskaffenhet. Det bör påpekas att skogsindustrin gjort en mycket mer konservativ bedömning för gardering av sin råvara (SvD 1995-10-30.; Energikommisionen 1995). Större ekologiska hänsyn måste kanske också tas. Otillgängligt av tekniska och ekonomiska orsaker anses 10-15 TWh vara, som minskar angiven potential.

Vidare ingår energigrödor (Salix) från överskottsarealer i jordbruket (ca 45 TWh), ökat uttag av halm (11 TWh), mer torv (12-25 TWh utan att gränsen för nybildning överskrids) och avfall av olika slag (11 TWh).

På längre sikt bör förbättrad skogsskötsel och teknik medge än högre uttag från skog, ca 15 % år 2020. En önskan om ökad basering på bioråvaror bör också leda till att frågan om mer systematiskt utnyttjande av mark för trädodling tas upp. Det blir då än viktigare att inte bara se produktionsaspekten utan också avväga denna mot annan användning (sociala hänsyn) och hänsyn till arters bevarande och biologisk mångfald (begränsningar i markutnyttjande behandlas under 6.2). Torvbrytning innebär stora ingrepp i naturen men marken kan därefter återställas för annan användning, inkl. trädodling.

Jordbruket (totalt ca 2,8 milj. ha) får som följd av utveckling och jordbrukspolitik ett överskott av areal utöver vad som behövs för livsmedelsförsörjning och djurhållning, och detta (f.n. ca 400.000 ha) kan utnyttjas för odling av energiråvara. Överskottet beräknades växa till upp mot 900.000 ha, som dock minskar (ca 20 %) vid kraftigare begränsningar av givor av konstgödsel och bekämpningsmedel. För avspärrningslägen beräknades att en reservareal på ca 600.000 ha måste finnas. Det är dock klart att jordbruksmarken kan ge mycket betydande bidrag av biomassa, motsvarande upp till 45 TWh.

Spannmålsodling (vete) för konvertering till etanol är en näraliggande möjlighet. Den begränsas emellertid av att en biprodukt (foderprotein) har begränsad marknad. Odling av energiskog (Salix) på den större delen av dessa arealer är därför möjlig (och kanske att föredra helt på lång sikt). Energigröda i form av Salix är inte den lämpligaste i alla delar av landet utan i nordliga delar är energigräs (rörflen) lämpligare, men detta förändrar inte möjligheterna för biobränsle- eller biodrivmedelsproduktion.

De mer optimistiska (och realistiska?) bedömningarna av potentialen för biomassaråvara överstiger kraftigt vad som skulle krävas för att försörja ett utbyggt system fjärrvärme/kraftvärmesystem (≥10 TWh;Energikommissionen 1995). Någon motsättning till utnyttjande av bioråvarorna även för drivmedelsproduktion synes därför inte föreligga. I verkligheten kan i stället en integrerad drivmedels/el/värmeproduktion vara den bästa kombinationen.

I **Europa** har självfallet inte alla länder samma goda förutsättningar som Sverige (och Finland och Norge) genom att tillgänglig areal per capita ofta är lägre (Bäck 1995; Nutek 1993). På samma sätt som i Sverige kan dock stora överskott av jordbruksarealer (dessa per capita skiljer sig inte mycket från de svenska) komma i fråga för odling av energigrödor (över 15 miljoner ha) och nästan lika mycket annan mark. I Väst-, Syd- och Centraleuropa finns inte möjligheter till självförsörjning med biobränslen (Nutek 1993) i stället för fossila eldningsbränslen (således exkl. drivmedel) även om biobränslemarknaderna kan vara mycket betydande. I Östeuropa har Baltikum och Ryssland betydande outnyttjade biomassatillgångar men frågan om potentialen för ökat markutnyttjande är inte undersökt.

3.3 Potential för biogasproduktion - Sverige

Tekniken för gasutvinning ur reningsverksslam, avfall, gödsel och gröda är känd. Denna biogas tillsammans med gas från deponitippar används för uppvärmnings- och industriändamål i anslutning till utvinningsanläggningen.

Den utvinningsbara potentialandelen av inhemsk biogasråvara framgår av följande tabell (NUTEK/KFB 1995a)

Biogasråvara	Utvinningsbar potential (GWh)
Kommuner	
- avloppsslam	640
- hushållsavfall	1800
Industrin	
- avloppsvatten, livsm. + skogs.	1080
- livsmedelsavfall	160
- skogsind. slam	420
Jordbruket	
- gödsel	2400
- gröda för biogasändamål	(10000)[1]
Totalt	**6500**

1) Potentialen från grödor odlade för biogasproduktion har i figuren bedömts vara mindre tillgänglig p g a relativ höga produktionskostnader

Således bedöms praktiskt utnyttjningsbar energimängd vara drygt 6 TWh. Ca 65 % är möjligt att använda för fordonsdrift med hänsyn till variationer i produktion och drift dvs ca 4 TWh (motsvarar 0,35 milj. m^3 dieselolja eller 15 % av den dieseloljedrivna samfärdselsektorn).

Sverige har 55 tätorter med > 20.000 innevånare vilka är potentiella för lokaliseringar av biogasanläggningar i kombination med fordonsdrift. I de flesta fall där rötkammare finns (75 %), finns även kapacitet för att behandla mer organiskt material och därmed potential för ökad gasproduktion.

Med enbart rötning av reningsverksslam kan endast orter med > 60.000 innevånare ha potential för en biogasanläggning förutsatt en antagen bussflotta på 20 fordon.

4. 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.

4.1 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-luft-blandning tillförs som reserv och vid belastningstoppar.

4.2 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 for 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 huvud-orsak 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 ca 70 % av energiinnehållet (lägre värmevärdet) i dess torrsubstans kunna erhållas som metan, och med förbrukning av hjälpenergi (bränsle och el) inräknat blir utbytet ca 56 % för hela processen till komprimerad metan för motordrift.

Figur 4.1 visar blockscheman för biogas från olika råvaror.

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). Utomlands för flera och större anläggningar.

4.3 Metanol

4.3.1 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.

Blockdiagrammet i *Figur 4.2* utvisar den principiella gången i de produktionsprocesser för metanol som för närvarande användes. Dessa processer börjar alla med ett processteg där råvaran omvandlas till syntesgas, dvs ett förgasningssteg. Syntesgasen är huvudsakligen en blandning av kolmonoxid och väte. Metanolen bildas ur syntesgasen i ett syntessteg,

1 mol kolmonoxid (CO) + 2 mol väte (2 H_2) —> metanol (CH_3OH)

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.

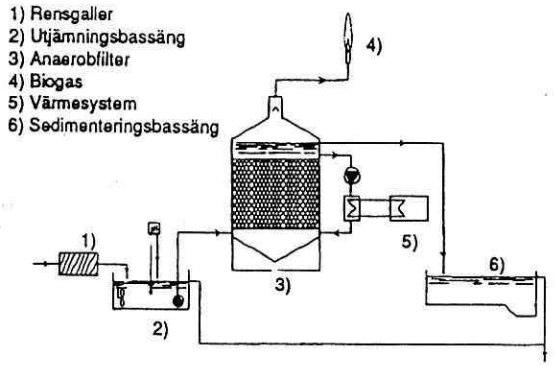
Syntesen till metanol är mycket selektiv till metanol, dvs det bildas endast en liten andel (ett par tiondels procent) biprodukter (högre alkoholer, aldehyder, ketoner, etrar och estrar).

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.

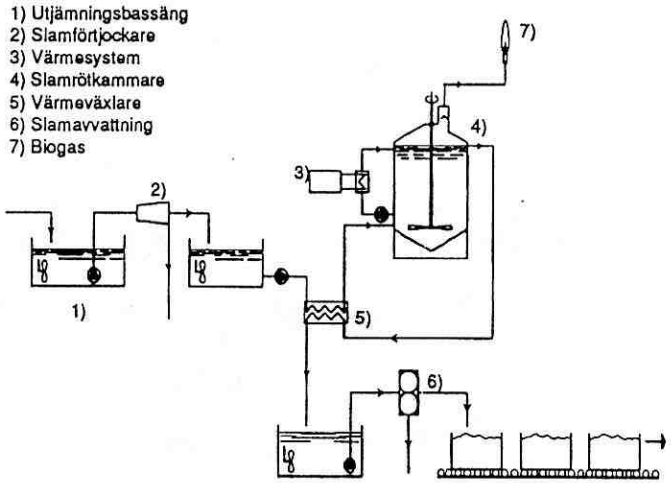
Metanolkvaliteten är densamma oberoende av råvara.

Tabell 4.1 utvisar två på marknaden allmänna metanolkvaliteter. Den högre kvaliteten 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.

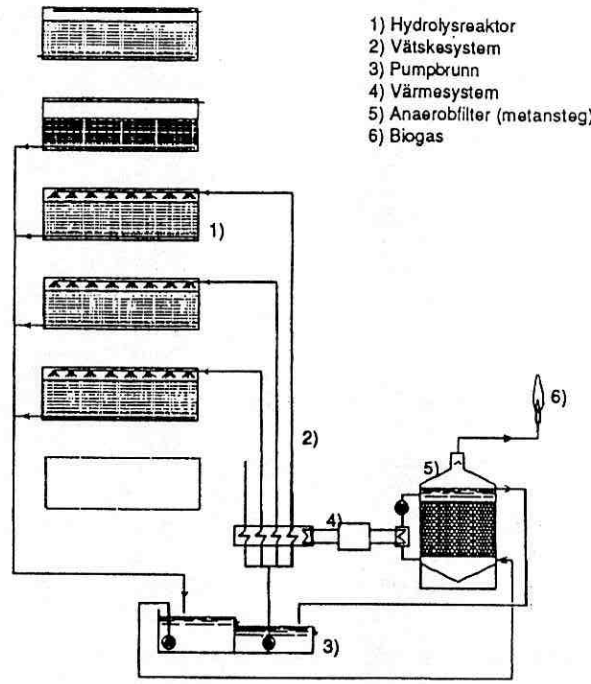
Närmaste produktionsställen, där metanol produceras ur naturgas, ligger i Holland, England och Ryssland (nybyggnation pågår i Norge).



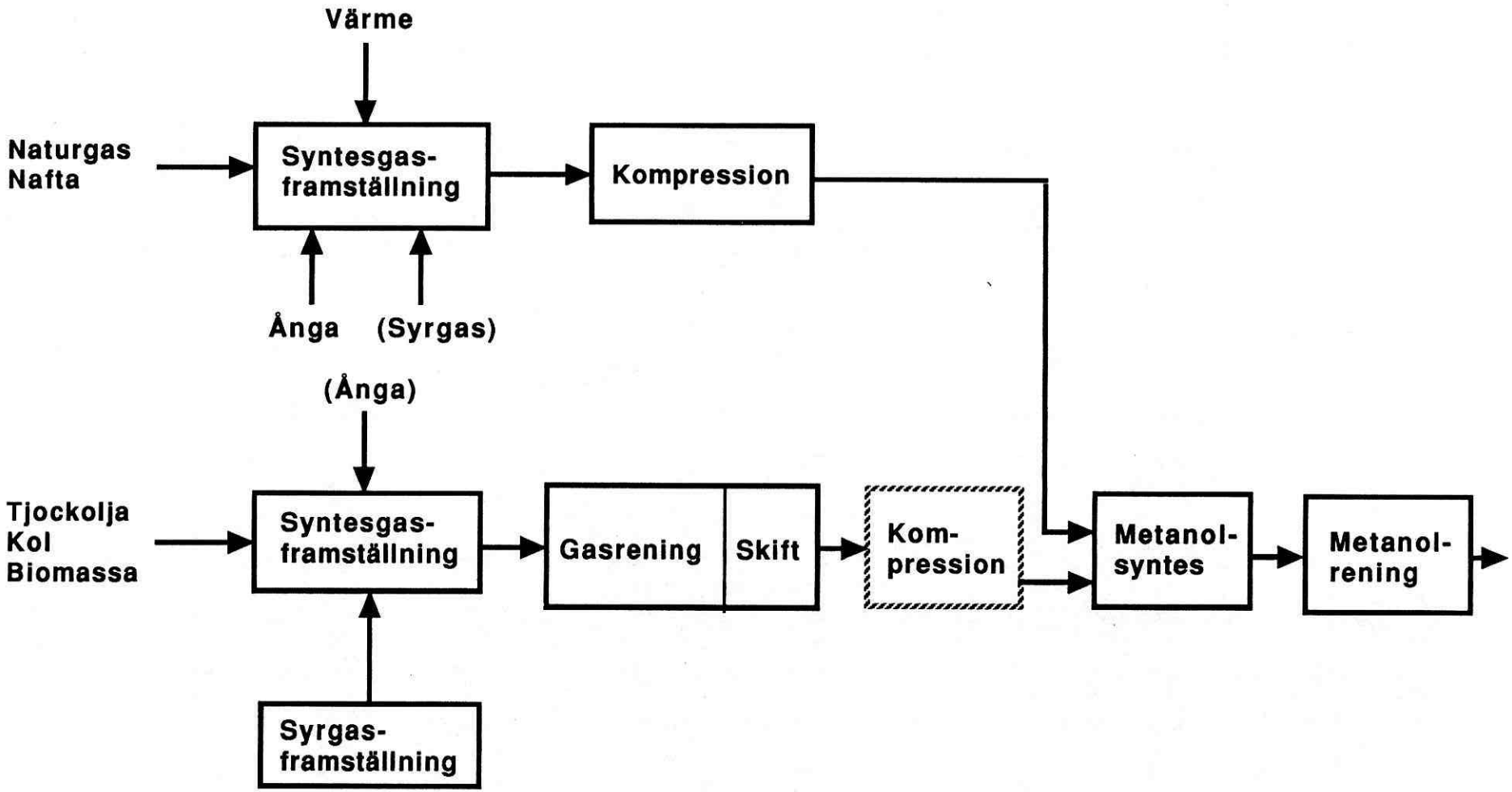
Figur 4.1.a *Anaerobfiltersystem för biogasproduktion ur avloppsvatten.*



Figur 4.1.b *Principiell uppbyggnad av en rötningsanläggning för behandling av restprodukter i slamform.*



Figur 4.1.c *Principiell uppbyggnad av en rötningsanläggning för behandling av "fasta" organiska substrat med tvåfasrötningsmetoden*


Värme
Naturgas
Nafta
Syntesgas-
framställning
Kompression
Ånga
(Syrgas)
(Ånga)
Tjockolja
Kol
Biomassa
Syntesgas-
framställning
Gasrening
Skift
Kom-
pression
Metanol-
syntes
Metanol-
rening
Syrgas-
framställning

Figur 4.2

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 bl a till följd av att råvarorna innehåller svavel och aska. Vidare kräver dessa råvaror ett s k 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 förgasningegenskaper. 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 kombicykelteknik.

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

För biomassabaserad metanolframställning i energimässigt självförsörjande anläggning har tidigare ingeniörsstudier 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.

4.3.2 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 Troll-fältet. Fler möjligheter finns andra landningspunkter för gas (Kårstö, befintlig; Tjeldbergodden, planerad för gas från Haltenbanken).

Tabell 4.1 Metanolspecifikation (US federal)

Requirements for Grade A and Grade AA Methanol

Characteristics	Grade A	Grade AA
Acetone & Aldehydes, % Max	0.003	0.003
Acetone, % Max	-	0.001
Ethanol, % Max	-	0.001
Acidity as Acetic Acid, % Max	0.003	0.003
Alkalinity as NH_3, % Max	0.003	0.003
Appearance	Clear and colorless	Same
Carbonizable Substances	No discoloration	Same
Color	Not darker than color standard No 5 of ASTM platinum cobalt scale	Same
Distillation Range	Not more than 1 °C and shall include 64.6 ° C ± 0.10 at 760 mm Hg	Same
Hydrocarbons	No cloudiness or opalescence	Same
Specific Gravity, Max	0.7928 at 20 ° C	Same
Pecent Methanol, by wt, Min	99.85	99.85
Non Volatile Content, % Max	0.001	0.001
Odor	Charactersistic, nonresidual	Same
Permanganate Test	No discharge of color in 30 minutes	Same
Water, % Max	0.15	0.10

Note: All pecentages are on weight basis.

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 metanol-produktion är situationen rätt statisk. Emellertid har samma förgasningsteknik börjat användas även för elgenerering i kombicykel-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 viktig 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 skaleffekter. Tidigare studier indikerar att anläggningen skall byggas relativt stor, vilket också passar drivmedelsmarknaden som är mycket stor.

4.3.3 Etrar

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

$$2 \text{ mol metanol } (2\ CH_3OH) \longrightarrow \text{DME } (CH_3\text{-}O\text{-}CH_3) + \text{vatten } (H_2O)$$

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 metanol-halten 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 naturgas-baserad anläggning.

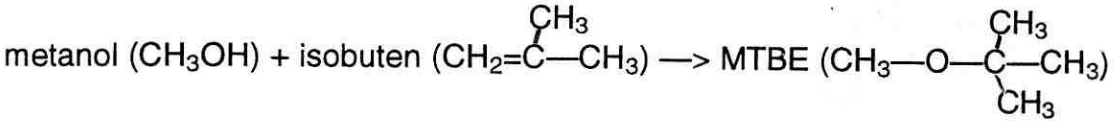
Det är även möjligt att modifiera befintliga metanolanläggningar för att ge DME som sidoprodukt.

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°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 råolje- 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 exeplifieras för metanol och isobuten till MTBE (metyl-tertiär butyl-eter)



Reaktionen förlöper vid låg temperatur (<95°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 oxygenat-komponenter i bensin (5.1.1) för att minska dennas hälsoskadlighet (reformulerad bensin). I själva verket är kolvätetillgången så begränsad att den potential, som kan finnas för etrar som bensin, inte kan fyllas. Ytterligare användning av oxygenater i bensin måste ske genom direkt alkoholinblandning.

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

4.4 Etanol

4.4.1 Nuläge

För närvarande sker storskalig produktion av etanol för drivmedelsändamål i Brasilien och USA. Produktion i mindre omfattning, för inblandning i bensin, 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:

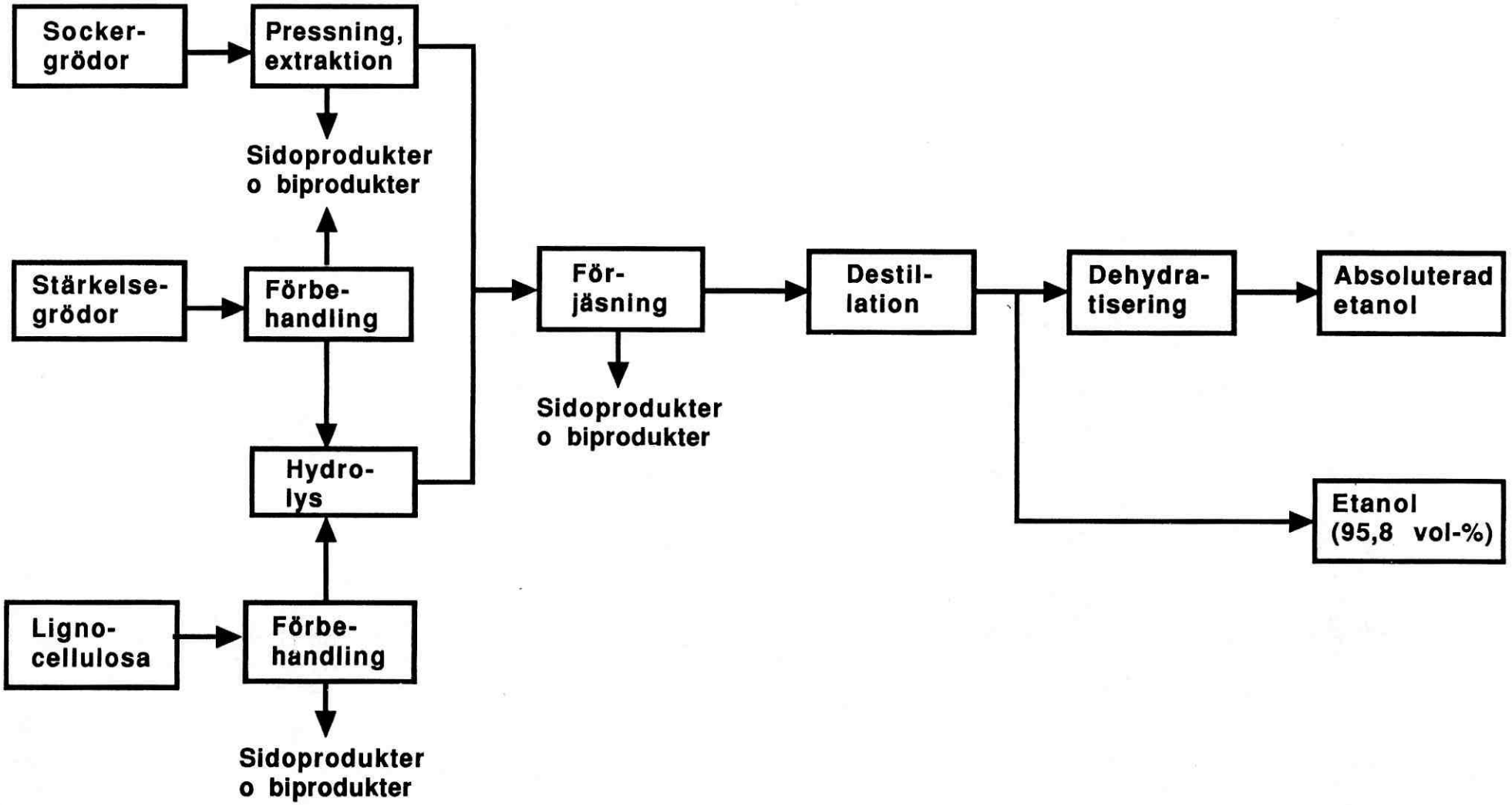
- sockergrödor (sockerrör, sockerbetor),
- stärkelsegrödor (främst spannmål) och
- lignocellulosa.

Blockdiagrammet i *Figur 4.3* utvisar den principiella gången vid produktion av etanol via jäsning av biomassa. 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

Figur 4.3

Ecotraffic

ETANOLFRAMSTÄLLNING UR BIOMASSA - BLOCKDIAGRAM



att avlägsna vatten och annan teknik provas.

I Sverige finns f n en anläggning för etanolproduktion från cellulosa som ligger i anslutning till en sulfitmassafabrik i Örnsköldsvik. Luten från sulfitmassafabriken innehåller enkla sockerarter och används för att med anpassad jäst via jäsning tillverka etanol. Kapaciteten för denna anläggning är 10.000 - 12.000 m^3/år beroende på hur sulfitmassafabriken används. Denna etanol används för närvarande i tekniska applikationer inkl. som drivmedel till FFV och vissa tunga fordon, främst tätortsbussar.

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 sockerater som frigörs ur råvarans stärkelse. Anläggningen producerar etanol, stärkelse och proteinfoder. Etanolproduktionen är av storleksordningen 6.000 - 7.000 m^3/år som för närvarande avsätts på dryckesmärknaden.

I Sverige pågår f n projektering avseende en etablering av en etanoltillverkningsanläggning inom en snar framtid (färdig 1998 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 m^3/år. Anläggningen avser även produktion av stärkelse och proteinfoder.

4.4.2 Utveckling

Betydande utvecklingsarbete läggs f n 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, t. ex. 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, bl a 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 angreppsyta 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 koncentreringen av etanolen, då bakterierna inte tål höga etanolhalter vid jäsningen 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 förjäsa 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 enzymsystem från andra jästarter med pentosjäsande förmåga. 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 pentosjäsning. I USA har också en pilotanläggning byggts och drivits men informationer därifrån finns inte tillgängliga.

4.4.3 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 (5.1.1) i form av ETBE och ETAE är mycket goda sådana. De framställes som beskrivits ovan (4.3.3).

4.5 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 dedimentering 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 omförestring 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 ca 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.

4.6 Summering av utbyten och verkningsgrader

Vid angivande energiverkningsgrader i anläggningar för drivmedel från olika råvaror har förutsatts att dessa skall vara energimässigt självförsörjande, d.v.s. 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.

I *figur 4.4* visas energiresursanvändningen för att framställa och leverera 100 enheter till fordonets bränsletank (Ecotraffic 1992). 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 4.2* visas detta (föregripande vad som behandlas i kapitel 5) 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.

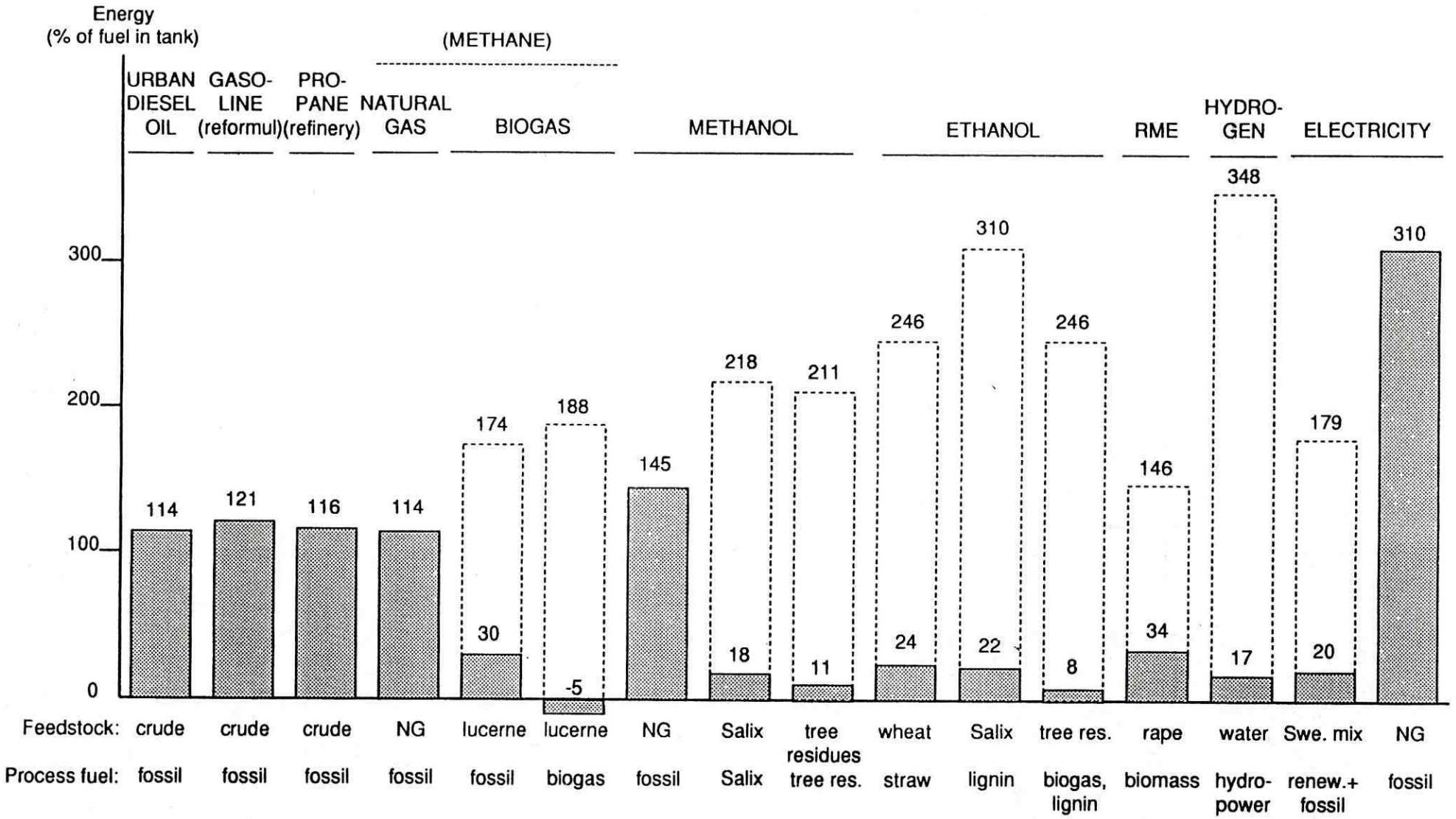


Figure 4.4 Energy resource use for fuel chains (bus diesel engine except for gasoline, hydrogen and electricity).

net fossil energy resource consumption.

renewable energy resource consumption.

Tabell 4.2. Energieffektivitet - transportarbete[1]) 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	trädrest; CASH	17	14
Metanol	trädrest	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 %.

5. DRIVSYSTEM

5.1 Motoralkoholer (metanol, etanol)

5.1.1 Ottomotorn

I befintliga bilars bensindrivna ottomotorer kan motoralkoholer användas direkt eller indirekt i form av etrar som komponenter (oxygenater) i bensin.

Inblandning av motoralkoholer eller alkoholbaserade etrar i bensin begränsas för den befintliga bilparken till att motsvara 2 - 2,5 mass-% syre. Upp till denna gräns, som är relativt konservativ, inträder inga negativa konsekvenser beträffande kallstart eller körbarhet. Därom råder konsensus mellan bil- och oljeindustri. Materialen i bränslesystemen i dagens bilpark klarar också denna gräns.

För europeiskt vidkommande regleras oxygenatinblandning i EG-direktiv (EC 1984). För svenskt vidkommande finns standard, enligt vilken oxygenatinblandningen maximerad till 2 mass-% syrehalt.

I praktiken innebär nuvarande svenska krav att metanolinblandningen begränsas till ca 3 vol-%, etanolinblandningen begränsas till ca 5 vol-% och eterinblandningen begränsas till 11-15 vol-% beroende på typ av eter.

Tabell 5.1 nedan visar några exempel på inblandning av motoralkoholer och/eller andra alkoholbaserade oxygenater, som möter nuvarande svensk standards krav på max 2 mass-% syrehalt. Tabellens exempel kan även anses uppfylla nuvarande EG-direktiv, med undantag av exempel 3, eftersom EG-direktivet medger högst 5 vol-% etanolinblandning.

Tabell 5.1 Möjliga kombinationer av oxygenater för låginblandning i bensin.

Exempel	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Metanol, vol-%	3	2	-	-	2	1,5	-	-	-
Etanol, "	-	2	5,5	5	3	-	3,5	-	-
Butanol, "	2	1	-	1	-	1,5	-	-	-
MTBE "	-	-	-	-	-	5	4	11	-
ETBE "	-	-	-	-	-	-	-	-	13
Syre, mass-%	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Användning av oxygenater (etrar, alkoholer) som komponenter i bensin har visat sig vara ett effektivt medel i reformulering av bensins sammansättning (Nutek a, b) för att minska dess hälso- och miljöpåverkan (föremål för lagstiftning i USA).

Inblandning av högre halter motoralkoholer i bensin har provats i fordon med ottomotorer anpassade för högre inblandning och i moderna bilar med lambda-sond styrning av bränsletillförseln. I Brasilien förekommer sedan många år tillbaka en omfattande användning av motorbensin med 22 vol% etanolinblandning. Någon bred allmän tillämpning av höginblandning i Europa förväntas inte, emedan det skulle innebära införande av ytterligare en ny bensinkvalitet.

Ottomotorn kan anpassas till att fungera enbart med alkohol som drivmedel. I helt optimerade fordon kan bränsleförbrukningen, räknad i energitermer, sänkas med bortåt 20 % med enbart alkohol som drivmedel jämfört med enbart bensin som drivmedel (Hodgson 1994). Alkoholmotorn får både högre effekt och verkningsgrad än jämförbar bensinmotor främst genom alkoholernas höga oktantal.

I Brasilien drivs 4,5 miljoner bilar med enbart etanol som drivmedel. Till följd av akoholernas låga flyktighet är start vid låga temperaturer ett problem, som lösts på olika sätt. En lösning är att blanda in viss mängd, ca 15 vol-%, bensin med lämplig flyktighet. Nackdelen med bensininblandning är att avgasbilden försämras. Elvärmda tändstift är en lösning som Honda har demonstrerat för start med M100 vid -25°C. General Motors har visat att den s k DISC-motorn (Direct Injection Stratified Charge) kan starta vid - 29°C med M100. Mitsubishi har nyligen lanserat en motor av denna typ för bensin med en verkningsgrad som närmar sig dieselmotorns verkningsgrad.

Flera motorfordonstillverkare marknadsför redan fordon enligt FFV-konceptet (Fuel Flexible Vehicles), som kan drivas med alkohol eller bensin eller blandningar därav. I dessa fordon används en sensor som kontinuerligt avkänner bränslets sammansättning och styr bränsletillförseln. FFV har fått störst användning i USA (>21.000) genom pågående laggrundade program för omställning till alternativa drivmedel. FFV har även börjat demonstreras i Sverige (f.n. 53 st).

5.1.2 Dieselmotorn

När dieselmotorn använder konventionell dieselolja som bränsle sker en spontan antändning vid insprutning av bränsle direkt i den heta komprimerade luften i cylindrarna. Motoralkoholer är mera svårantändliga än konventionell dieselolja, varför användning av motoralkoholer i dieselmotorer kräver någon åtgärd för säkerställa antändning av bränslet (Nutek/KFB 1995b). Detta kan antingen ske genom att bygga in glödstift eller tändstift eller genom att till alkoholen tillsätta några procent av något lämpligt ämne som är mycket tändvilligt. Båda sätten användes och görs i kombination med ytterligare förhöjd kompression.

Dieselmotorns höga verkningsgrad, som ytterligare kan förbättras något, kan nära nog vidmakthållas vid övergång från dieselolja till motoralkohol.

Motoralkoholdrift av tunga dieselmotorer har utvecklats av samtliga stora motortillverkare. Systemet med glödstiftassistans synes vara det vanligaste och förekommer ibland i kombination med avgasåterföring (EGR) i Nordamerika. Även tändstiftbaserade system förekommer, bl a i Japan. I det svenska programmet för etanoldrift av främst kollektivtrafikens bussar används tillsats av tändförbättrare.

5.1.3 Framtida drivsystem

Även om kolvmotorer av både otto- och dieseltyp har potential att ytterligare utvecklas för högre effektivitet och lägre skadliga utsläpp knyts det långsiktiga intresset till energiomvandlare som

- gasturbin-elgenerator använd i hybridfordon med elmotordrift och
- elektrokemisk bränslecell för direkt elgenerering från kemiskt bunden energi för elmotordrift.

Potentialen för dessa ligger i mycket låga skadliga utsläpp och för bränslecellen högre verkningsgrad.

Gasturbin
Hybridkonceptet med viss energibuffert för el i batterier möjliggör dels val av mindre motor, dels motordrift vid konstant driftbelastning. Resultatet blir lägre bränsleförbrukning genom högre medelverkningsgrad (jämfört med ottomotordrift med varierande belastning) och lägre utsläpp genom gynnsammare betingelser för katalytisk rening (konstanta driftförhållanden). Andelen eldrift genom uppladdning från nätet blir dock vanligen liten, 5-15 % beroende på det dagliga körmönstret. Hur mycket lägre bränsleförbrukning som kan nås finns ännu inte erfarenheter av från praktisk drift.

Gasturbindrift utvecklas bl.a. i Volvos olika koncept för lätta och tunga fordon, vilka baseras på det likaledes under utveckling varande HSG-aggregatet (High Speed Generator) med turbin, elgenerator och värmeväxlare för avgas-förbränningsluft.

Som bränsle kan många flytande och gasformiga drivmedel komma i fråga, men det är självfallet viktigt att det är svavelfritt och ej sotbildande. Genom den kontinuerliga förbränningen med stort luftöverskott kan utsläpp av kväveoxider vara en tiondel av vad kolvmotorer ger. *Motoralkoholer torde då vara särskilt attraktiva bränslen inte minst med hänsyn till än lägre kväveoxidutsläpp och till att sotfrihet är värdefull i värmeväxlaren.*

Bränslecell
Drivkraften i utvecklingen av bränseceller (IVA 1994) ligger i möjligheten till

- hög verkningsgrad (låg bränsleförbrukning),
- fordon med nollutsläpp av skadliga gaser och
- mycket tyst motordrift.

Bränslecellen kan med hög verkningsgrad, 60 - 80 %, överföra kemiskt bunden energi till elektrisk ström för motordrift med särskilt hög verkningsgrad vid låg belastning, då kolvmotorn har lägst verkningsgrad (*Figur 5.1*). I praktiken blir skillnaden mindre då förluster i transmissionen till drivhjulen är större den elektriska kedjan med batteribuffert och elmotor än i en mekanisk transmission. Halvering eller mer av bränsleförbrukningen i jämförelse med dagens fordon är möjlig, men det finns också utvecklingspotential för kolvmotorer, som gör skillnaden mindre, och den främste medtävlaren är kanske den alkoholdrivna dieselmotorn.

Bränsleceller av olika slag har arbetstemperaturer mellan 50 och 1000°C. För fordonsdrift är låg arbetstemperatur ett villkor för att få snabb start och respons. Intresset är därför störst för den s.k. PEM-cellen (Proton Exchange Membrane) med en arbetstemperatur på 60-80°C men ger elproduktion också vid vanlig omgivningstemperatur, vilket är viktigt för kallstart. Den är föremål för utvecklingsarbeten i främst Tyskland och Nordamerika. I *figur 5.2* visas resultat av arbeten hos VW. I Kanada provas den för bussdrift (Ballard), för vilken man nu kommit till fas 3-prototyp med sikte på kommersialisering i slutet av 90-talet. För lätta fordon kommer detta stadium senare. Vid så låga förbränningstemperaturer som 60-80°C är kväveoxidutsläppen noll, och ev. andra utsläpp kommer från bränslehanteringen.

Bränsleceller på dagens utvecklingsnivå är i jämförelse med kolvmotorn ännu för tunga och framför alltför dyra.

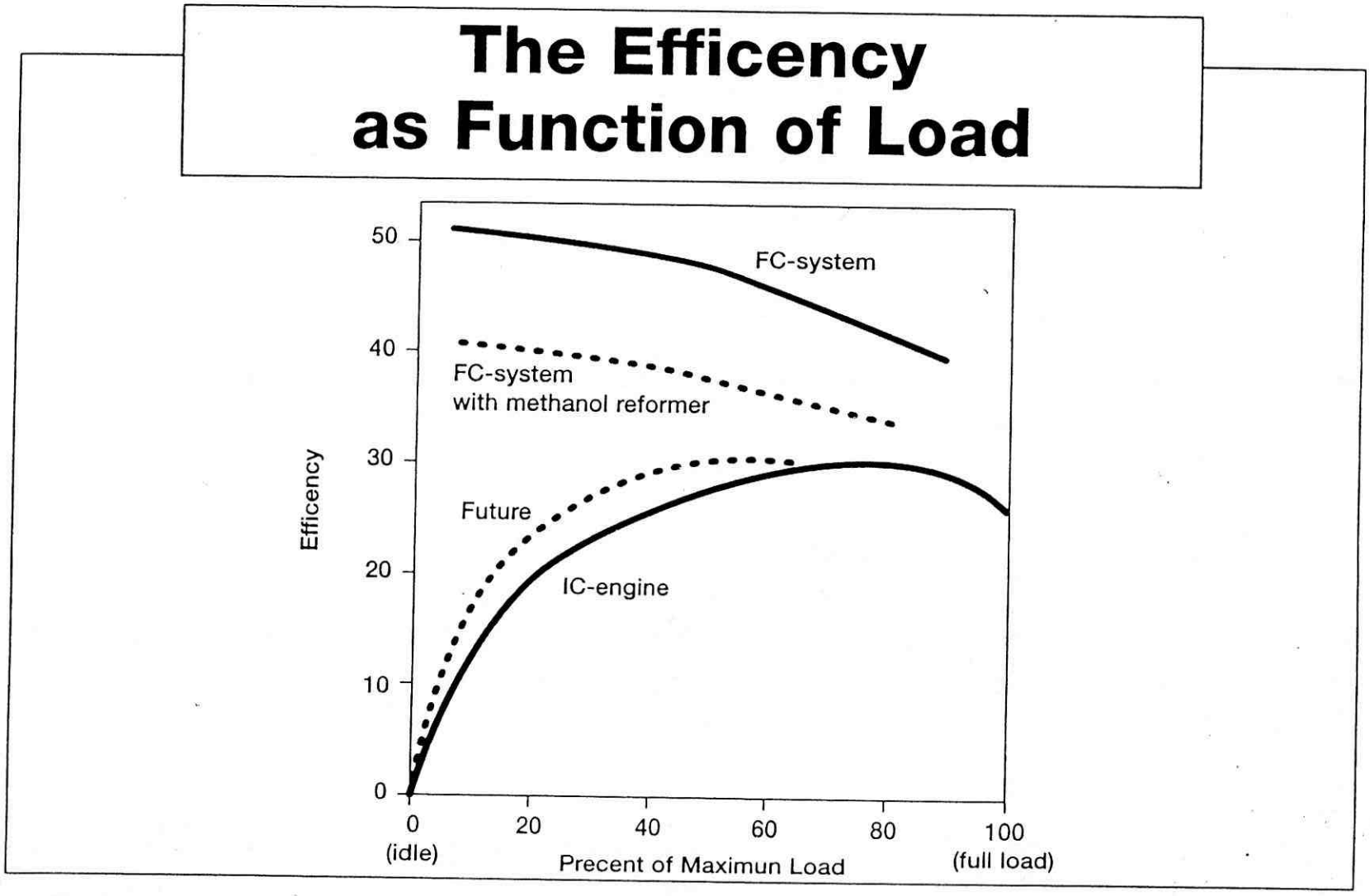
Vätgas passar bäst för bränslecellen men, då det ännu inte finns något acceptabelt system för produktion och hantering av vätgasen, utvecklas system med metanol som vätebärare. På fordonet måste då metanol spaltas (*figur 5.3*) till vätgas, vilket kan ske katalytiskt vid ca 250°C (för etanol krävs 500-600°C och för metan ca 900°C). Detta innebär dock en verkningsgradsförlust på närmare 20 %. Utvecklingsarbete för direkt förbränning av metanol i bränslecellen pågår. Spaltningssystemet måste utformas så att inte kolmonoxid finns kvar i gasen, då detta kan leda till små utsläpp och till att cellens produktion nedsätts. I det kanadensiska programmet planeras användning av alkoholer (metanol, ev. även etanol).

5.2 Gasdrivmedel

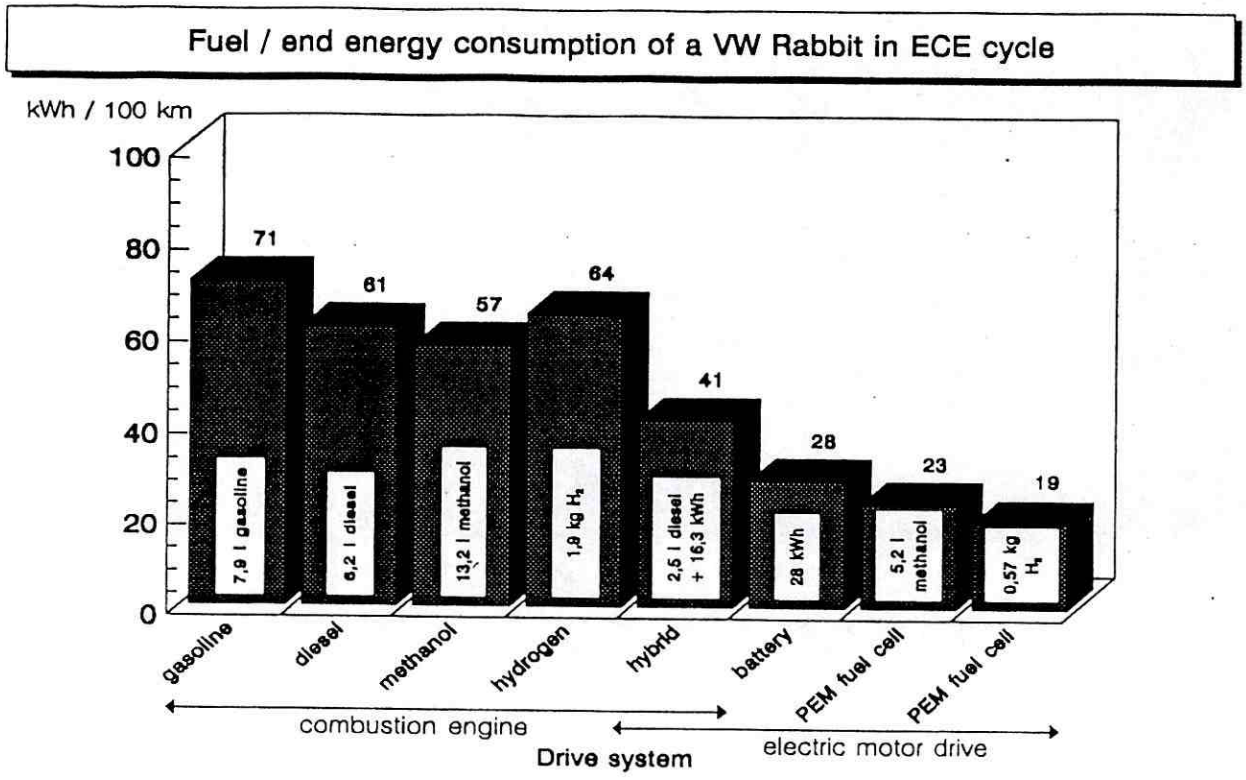
Gasdrivmedel (propan, metan) används i ett stort antal fordon i världen (ehuru <1 % av den totala bilparken). De är alla utrustade med ottomotorer och använder sig av tändstiftständning. Enstaka utvecklingsfordon har motorer enligt dieselprincipen men då används glödstift eller pilotbränsle för tändning.

Jämfört med dieseloljedrift har gasottomotorn lägre verkningsgrad (=högre bränsleförbrukning) genom lägre kompression och högre fordonsvikt genom de tyngre CNG-tankarna. 15-20 % högre förbrukning i energitermer anges vanligen men tal på mer optimistiska 10 % har nämnts i samband med utvecklingsarbeten med motorer med "lean burn-drift (stort luftöverskott).

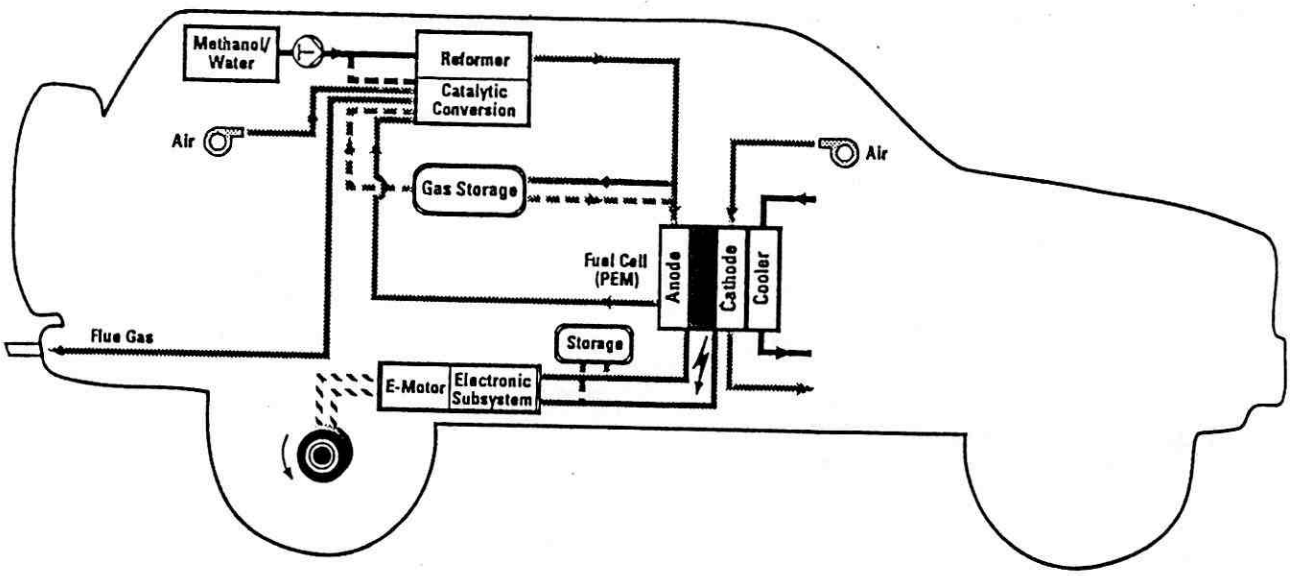
Figur 5.1



Technological Development (Volvo TU)



Figur 5.2 Drive-specific end energy consumption per 100 km of the test vehicle.



Figur 5.3 Drive System for a Passenger Car Based on Methanol Reforming, Catalytic Combustion and a PEM fuel cell

Denna motortyp används främst för relativt lokalt bundna fordon som stadsbussar och är då konverterad dieselmotor.

Jämfört med bensinmotorn kan gasmotorn få högre verkningsgrad genom gasernas höga oktantal, som medger högre kompression. De flesta lätta fordon för gasdrift har emellertid modifierade bensinmotorer genom inbyggnad av ett nytt bränslesystem för gas men med bibehållen möjlighet för bensindrift genom omställning av föraren. I sådana kan optimering, som tar till vara gasens egenskaper inte utnyttjas. Lägre motoreffekt och högre bränsleförbrukning kan då bli en följd vid gasdrift. Optimerade gasfordon kommer i ökande omfattning från biltillverkarna.

Låga skadliga utsläpp vid gasdrift åstadkoms som vid bensindrift med trevägs katalytisk avgasrening, som dock i nuvarande form reducerar metanutsläpp dåligt. Avgasernas giftighet är dock till följd av bränslenas sammansättning mycket låg, vilket särskilt gäller metan. Gaserna, särskilt metan, tillåter drift med stort luftöverskott (lean burn), vilket ger låg kväveoxidbildning även om så låg nivå, som katalytisk avgasrening ger, inte uppnås. Vid provning på motorlaboratorium har med tung motor utsläpp på 2 g/kWh NOx uppmätts men har inte verifierats vid uppföljning av fordon som varit i verklig drift (Nutek/KFB 1995c). Vid drift med stora luftöverskott kan utsläpp av oförbränt bränsle öka, varför katalytisk rening med oxidationskatalysator bör användas.

6. HÄLSO- OCH MILJÖASPEKTER

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.

6.1 Utsläppeffekter från källa till användning

6.1.1 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 demonstrationsverksamhet. 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, Ecotraffic 1995, ARCO,1995, Gabele 1990, SL 1993).

Svårigheten i jämförelser med fordon för bensin 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 bensin- 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:

- **Kväveoxid**utsläpp 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 trevägskatalysator blir kväveoxidutsläppen lägre ju högre alkoholhalten i bränslet är. RME-drivna dieselmotorer har mestadels uppvisat högre utsläpp jämfört med dieselolja.

- **Ozon**bildande, reaktiva organiska ämnen släpps ut minst från metangasdrivna fordon, följda av metanoldrivna och därefter etanoldrivna. Åtminstone de två förstnämnda ger lägre sammanvägd reaktivitet (6.1.2) än bensin och dieseloljedrivna fordon. RME-drift synes inte leda till någon förändring härvidlag.

- **Cancerrisk**ämnen (PAC, partiklar, bensen, olefiner, aldehyder) släpps med de alternativa drivmedlen ut i väsentligt mindre grad än med bensin och dieselolja. Metangas har praktiskt taget inga sådana utsläpp och även för metanol och etanol är de sammantaget (6.1.2) 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 trevägskatalysator, 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.

6.1.2 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 bensin 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 förvärmts). *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 katalytreningens resultat. 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 metanoldrift och vid metangasdrift (2 g/kWh jämfört med nu gällande krav på 7 g /kWh), men verifi-

eringar 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 (*fig. 6.1*) med metan som det minst reaktiva och lätta olefiner och vissa aromater i bensin 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 bakgrundsnivån) och därnäst 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.

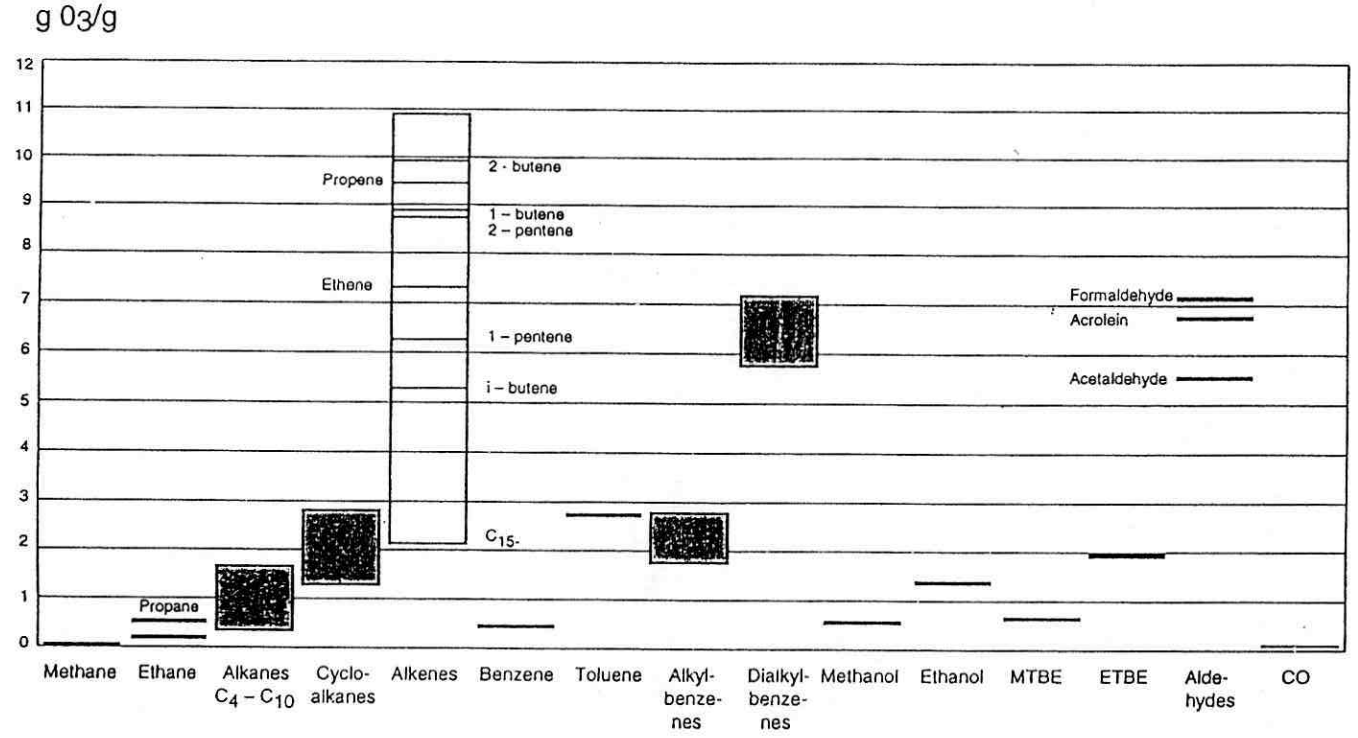
Även om resthalterna är låga är det inte oväsentligt hur sammansättningen av dem är för ozonbildningen. Metangasdrivna fordon kan jämfört med bensindrift ge lägst ozonpotential följd av metanol och etanol även om de senares avgaser innehåller reaktiva aldehyder. *Dieseloljemotorns avgaser håller relativt 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

Figur 6.1

OZONE POTENTIAL
MIR: Maximum incremental reactivity
(SAPRC 1991)



Source: SAI (Auto/Oil July 1994)
Diagram: Ecotraffic

(i motsats till bensin 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 bensin och dieselolja grundas på vägningstal, som återges i tabell 6.1 för gasformiga ämnen (för partiklar och PAC görs separat bedömning*). Tyvärr finns ingen enighet om vilka vägningstalen bör vara, vilket tabellen visar. Klart synes vara att butadien innebär högsta risk och acetaldehyd lägsta medan meningarna går isär om formaldehyd. Olefingaserna eten och propen beaktas f.n. inte i USA.

Tabell 6.1 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)°	2
propen	-	-	(0,2)°	0,3

° beräkn. som 5 % av data för motsvarande epoxider

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

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 försurning av mark, som är mest markant för skogsmark. *Förändringar i gynnsam riktning genom de alternativa drivmedlen har diskuterats ovan.*

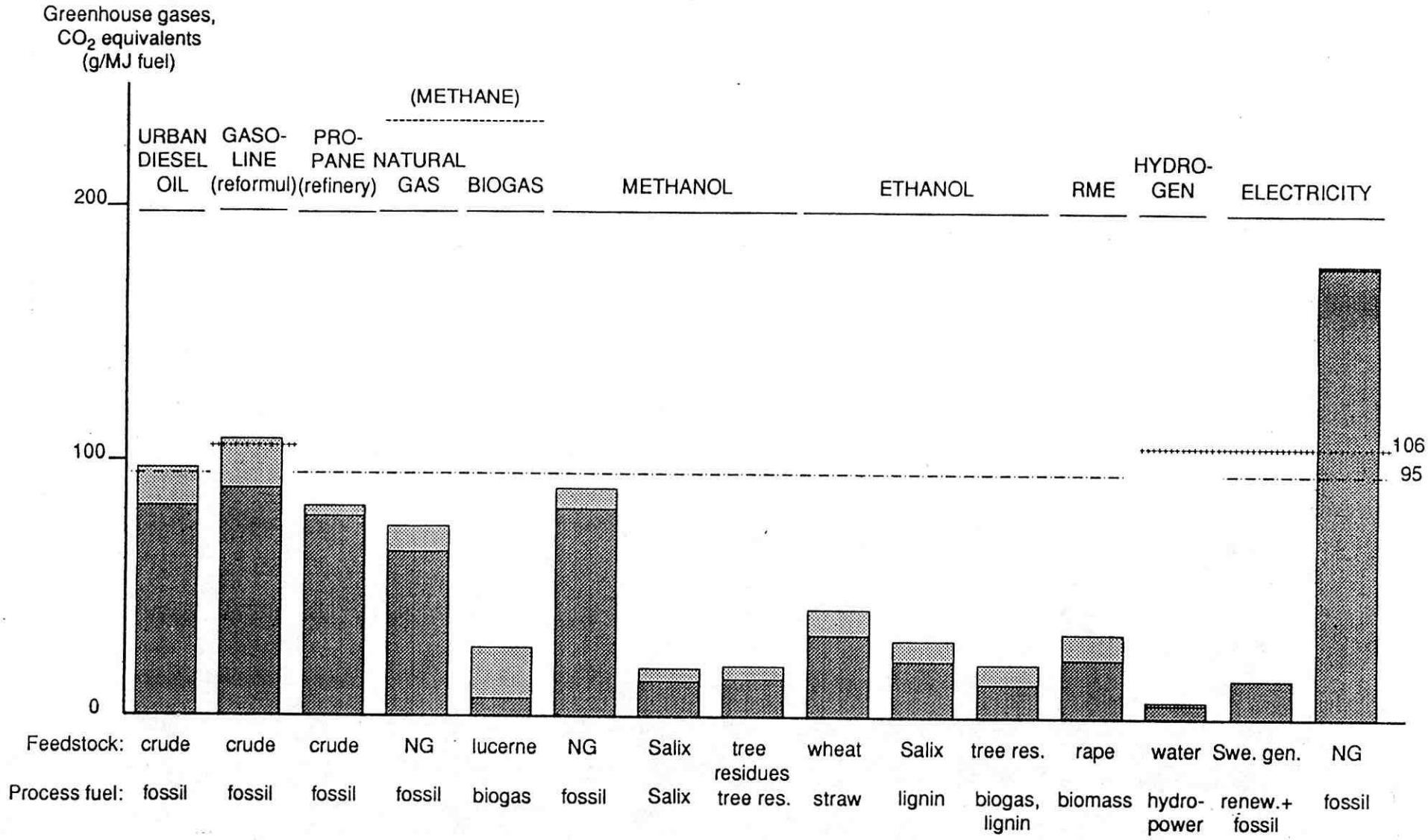
Växthuseffekten påverkas framför allt genom utsläpp av fossil koldioxid och är därigenom huvudsakligen en fråga om drivmedlens råvaruursprung. Biobaserad metan (biogas) och alkohol kan ge minst 80 % lägre utsläpp av växthusgaser, som praktiskt taget helt sker i råvaru- och produktionsleden. En given 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). *Fig. 6.2* visar att bidrag från dessa dock är minst lika stora eller högre vid produktion av de konventionella drivmedlen bensin och dieselolja från råolja. Ingen av i dag eller på rimlig sikt realiserbara drivmedelskedjor har eller kan få nollutsläpp av växthusgaser p.g.a. dessa ämnen. Även om metanutsläppen vid metangasdrift är relativt sett höga är det för biogas viktigast att diffusa utsläpp vid produktion hålls nere. Utsläpp av dikväveoxid från mark vid intensivodling av grödor är inte helt klara och kan vara underskattade i Fig 6.2. 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.

6.1.3 Summering

Summering av de valda alternativa drivmedlens hälso- och miljöegenskaper görs i *tabell 6.2* i en jämförelse med dieseloljedrift och i tabell *6.3* med bensin. Sammanlagras dessa bedömningar med *figur 2.1* över bedömd potential 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.*



Figur 6.2 Release of greenhouse gases in the fuel chains (biomass based CO_2 omitted; heavy duty bus engines except for gasoline, hydrogen and electricity).

fossil CO_2

other greenhouse gases (methane, N_2O, NOx, other HC)

NG=Natural Gas
RME=Rapeseed Oil Methyl Ester

reference gasoline passenger car

reference diesel oil heavy duty bus

Tabell 6.2. 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]
Dieselolja mk1	0	0	0	0	0	0
Biogas	++	++	++	++	++	++
Naturgas	0	++	++	++	++	0
Biometanol	++	++	+	+	++	++
Metanol från naturgas	-	++	+	+	++	0
Bioetanol	++	+	+	+	+	++
RME	+	0	0	0?	+?	+

*) 0 för dieselolja, + 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) CO_2 (fossil), CO metan dikväveoxid (N_2O), 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 dieseloljedrift och alkoholdrift. Användningen av alkoholer som drivmedel ger i sin tur upphov till mindre reaktiva och toxiska kolväten än vad dieselolja gör. De biobaserade drivmedlen ger upphov till lägre växthuseffekt än vad de fossilbaserade gör.

Tabell 6.3. 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) CO_2 (fossil), CO metan dikväveoxid (N_2O), 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.

6.2 Miljö - 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).

I Naturvårdslagen och Naturresurslagen finns de bestämmelser, som skall skydda naturen som sådan (SNF 1990). Det synes viktigt att dessa bestämmelser tillämpas som del i vården av hela landskapet och inte bara gällande särskilt utpekade områden i form av reservat, naturparker, etc, som kan bli alltför isolerade öar. Uppfattningen om vad som behövs för att skydda naturen och bevara biologisk mångfald skiljer sig ofta åt mellan naturvårdande myndigheter och intressen och markutnyttjare med ekonomiska intressen Det är viktigt att resurser ges för att undanta mark så att bibehållande av biologisk mångfald skall kunna bli verklighet. I tveksamma fall bör försiktighetsprincipen gälla, då skedd skada (utrotad art) inte kan reverseras.

Skogsvårdslagen reglerar skötseln av skogsmark (= virkesproducerande mark) och undantar som sådan bl.a. mark där hänsyn skall tas till naturvård och kulturminnesvård. Skogsstyrelsen har utgivit rekommendationer för upprätthållande av skogens långsiktiga produktionsförmåga, vilka definierar ekologiska restriktioner, som begränsar biomassauttagen med hänsyn till vattentillgång, klimat och flera faktorer rörande markens uppbyggnad och vegetationstyp. Restriktionerna kan komma att mildras något vid fullt genomförd återföring av vedaska (SIMS 1995).

Skötsellagen för jordbruket reglerar förändringar av markanvändningen och anger att miljöhänsyn skall tas vid skötseln. Härvid bedöms markens läge och lämplighet för sitt ändamål och inverkan på natur och landskapets utseende. Programmet "Omställning 90" reglerar stöd för förändringar av jordbruksmarks användning, t.ex. odling av skog eller energigrödor, som led i jordbrukspolitiken.

Mark- och miljörestriktioner innebär enligt utförda fallstudier (SNV 1990) att 5 - 25 % av jordbruksmarken i olika delar av landet måste undantas från biobränsleodling. Minst 75 % är således potentiellt möjlig för sådan odling, vilket vida överstiger de högst 30 % livsmedelssektorn kan avvara (biobränslemarken kan dessutom på få år återgå till livsmedelsmark i nödfall). *Man har m.a.o. inte funnit miljörestriktioner gränssättande för en mer omfattande biobränsle-*

produktion.

Motsvarande bedömningar för skogsmark synes inte vara utredda till att ge ett tal som det råder enighet om. Preliminärt bör ca 10 % av skogsmarken undantas av naturvårdshänsyn och biologiska hänsyn samt till tekniska hinder genom oländig mark och ägorättsförhållanden.

I bedömningar av intensifiering av skogsbruk eller mer eller mindre intensivt utnyttjande av jordbruksmark för energiändamål tas hänsyn till en rad faktorer,

- näringsläckage (kväve, fosfor, mineraler)
- läckage av bekämpningsmedel
- markens mullhalt
- markförsurning
- markfauna
- effekter på flora och fauna
- påverkan på landskapsbild.

Det ligger utanför ramen för att denna studie att närmare beskriva vad odling av energigrödor påverkar och begränsas av de nämnda faktorerna. Läsaren hänvisas till speciallitteratur, t.ex SNV 1990. Några slutsatser för energiskogsodling skall dock återges nedan.

- Växtnäringsläckaget vid intensivodling av energiskog på jordbruksmark kan fortfarande vara lika högt som för traditionella jordbruksgrödor. Data från mindre intensiv odling är ofullständiga. Teoretiskt har man anledning förvänta lägre läckage. Eftersom vattenförbrukningen är högre är avrinningen jämförelsevis låg. Tills dess resultat från mer forskning föreligger bör energiskog inte odlas inom föroreningskänsliga eller redan närsaltbelastade områden t.ex. intill kommunala vattentäkter.

- Läckage av bekämpningsmedel beror på insatsen, som ännu inte är säkert fastställd för energiskogsodling. Klart är att minst en ogräsbekämpning behövs vid anläggningen och ev. kan angrepp av svampar och insekter kräva kemisk behandling. Stora utbredda monokulturer kan också leda till bekämpningsbehov och måste undvikas. Hur långt sortförädling kan minska behoven är ännu oklart. Genetiska förändringar kan innebära faromoment för de naturligt förekommande sorterna. Som gäller för all jordbruksdrift skall spridning av gödsel och bekämpningsmedel utanför odlingsytan förhindras.

- Införande av energiskog på åker medför ökad tillförsel av organisk substans och bör förbättra markens humushalt, vartill mindre även frekvent jordbearbetning (vart 20.e -25.e år) bidrar.

- Markförsurning genom energiskogodling är jämförbar med den med traditionella grödor genom surgörande gödselmedel och stora biomassauttag, varför kalkningsbehov kvarstår. Val av andra

gödselmedel minskar kalkningsbehovet, vilket också återföring av aska från biobränsleanvändningen. Begränsande för återföringen är bara att den inte får leda till anrikning av tungmetaller.

- Markfaunan bedöms gynnsamt påverkad av skogsodling på åker genom bättre markförhållande som följd av minskad jordbearbetning jämfört med traditionella jorbruksgrödor.

- Floran i energiskog är kraftigt ogräsdominerad. Vid plantering på icke-åkermark skall marker med artrik och särpräglad naturlig flora undantas. Kantzoner med träd och buskar liksom öppna diken i anslutning till energiskogen bör för florans och faunans skull bibehållas.

- Energiskogen erbjuder såväl föda som skydd för allehanda djur. Älg, rådjur och hare gynnas. Fasaner och många fågelarter gynnas i och omkring en energiskog men det finns andra som missgynnas och minskar i antal.

- Bilden av landskapet påverkas av Salix-bestånd, som blir 5-6 m höga jämfört med nuvarande jordbruksgrödor på högst ca 1 m. I slättbygden kan energiskog berika landskapet. Odlingar bör inte läggas så att utsikt från större vägar, bebyggelse och andra utsiktpunkter inskränks, vilket kan innebära odlingsfria zoner om ca 200 m. Äldre kulturlandskap och historiskt tidstypiska odlingslandskap bör undantas. Odlingsytans storlek skall anpassas till landskapets skala, t.ex. odlingar >25 ha kan tänkas i slättlandskapen men endast små, <5 ha, i skogslandskapen. Lämpliga platser är sänkor, gärna vattensjuka sådana.

7. INTRODUKTIONSSTRATEGI

7.1 Motiv - tidsaspekter - systemvillkor

Motivet för att intressera sig för alternativa drivmedel (enligt definition sådana som inte är råoljebaserade) för fordon var från början (i slutet av 60-talet) att lösa hälsoproblem (blyersättande högoktankomponenter).

Vid "oljekrisen" i början av 70-talet blev försörjningssäkerhet ett tillkommande motiv, eftersom en växande del av oljeförsörjningen vilade på leveranser från Mellanöstern, där 2/3 av världens kända oljereserver finns.

Från slutet av 80-talet har befarade framtida klimatproblem (växthuseffekten), orsakade av främst förbränning av fossila bränslen, kommit i fokus, och **systemvillkoren** för ett långsiktigt hållbart samhälle har 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 och bevarande av natur och kulturlandskap.

Som det mest påtagliga problemet på kort sikt kvarstår dock hälso- och miljöproblem, till vilka transportsektorn ger stora, ofta dominerande bidrag.

I projektet Miljöanpassat Transportsystem (MaTs) har som mål satts att väsentliga utsläppsreduktioner (80 - 90 %) av flera ämnesgrupper skall ske på 25 - 30 års sikt och för fossil koldioxid skall minskning ha påbörjats för att till mitten av 2000-talet nå 60 %.

Uppnående av dessa mål förutsätter fortsatt kraftigt skärpta utsläppskrav för fordon och motorer (EU-förslag; EU1995) och trafikåtgärder för att kompensera en ökad transportvolym (OECD 1995. MaTs 1995).

På längre sikt bestäms acceptabla utsläpp av villkoret att naturens kretslopp kan tolerera de utsläpp människan åstadkommer. Detta innebär säkerligen ytterligare reduktioner. *I princip kan ingen systematisk förorening i längden accepteras.*

Önskvärda utsläppsreduktioner av olika ämnen baseras på undersökningar av tillstånden på olika effektområden (försurning, övergödning, cancer, luftvägssjukdomar etc, växthuseffekt). Relationen till utsläpp av olika slag i hela kedjan från råvara till slutanvändning kan beskrivas som följer:

- försurning - svavel- och kväveoxider,
- övergödning - kväveoxider och ammoniak,
- cancer - PAC, partiklar, bensen, olefiner (butadien, eten, propen), aldehyder, (ozon?, kvävedioxid?),
- luftvägseffekt, allergi, astma - partiklar, kvävedioxid, ozon, aldehyder
- växthuseffekt - koldioxid, metan, dikväveoxid, ozon.

Ozon (och andra oxidanter) är inte direkta utsläpp utan bildas i atmosfären av utsläpp av ofullständigt förbränt bränsle och kväveoxider, varigenom alla olika föreningar (VOC) i utsläppen måste beaktas och vägas efter ozonbildnings-potential.

Inte heller kvävedioxid är normalt ett direkt utsläpp utan bildas i atmosfären av utsläppt kvävemonoxid.

Tiden för omställning av vägtrafikens försörjning av drivmedel måste vara lång då det är en mycket stor marknad som skall omstruktureras. Den framtvingas inte under många årtionden av att den nuvarande försörjnings-basen (råolja) tar slut.

Kostnadsskäl talar för att den måste ske långsamt för att undvika kapital-förstöring. Omställningstiden för oljeindustrin (15 - 25 år) och drivmedels-produktion för alternativa drivmedel är väsentligt längre än för bilindustrin.

Det finns således starka skäl för att ge tydliga signaler med början redan nu för att undvika att marknaden investerar sig fast i oflexibla system.

7.2 Vision bortom 2010

Av framställningen i de tidigare kapitlen har den slutsatsen dragits att *huvudsatsningen* bör vara på flytande drivmedel i form av motoralkoholer, vilket dock inte får innebära att drivmedel av nischkaraktär men med goda eller bättre egenskaper hindras, om de kan framställas och användas med acceptabel ekonomi.

Diversifiering genom stort antal olika drivmedel är emellertid inte önskvärd, då den skulle leda till höjda kostnader. Den grundläggande tanken är i stället att råvarubasen skall diversifieras/breddas för att producera samma drivmedel.

- Ett första steg bör vara att bredda råvarubasen till att omfatta *naturgas*, för vilken välkänd teknik finns för produktion av både *alkoholer* och syntetiska kolväten.

- Ett annat steg bör vara att utnyttja *spannmålsöverskott* för att med likaledes väletablerad teknik framställa *etanol*.

- Ett tredje steg är att fortsätta utvecklingen att från *lignocellulosa* (trä, m.m.) framställa *alkoholer* i pilot- och demonstrationsanläggningar för att få slutligt underlag för framtida uthållig produktion på biomassabas.

Skissering av sätt för och kvantitativ introduktion av motoralkoholer (som till mindre del bör/kan substitueras med metangas) har gjorts i *bilaga A*.

Den sammanfattas i följande punkter.

- Obligatorisk användning av *oxygenater* (etrar, alkoholer) som led i

reformulering av all bensin med start 1998 och ökande inblandning under 5 år tills en halt motsvarande 2,3 mass-% syre uppnås (max. 2,5 %).

- Demonstration *1998* av 500 *FFV* i storstäderna och år *1999* ytterligare 500 som del vid anskaffningen av nya bilar till statens och kommunernas flottor, taxi, bud-/hyrbilar och företagbilar samt ett fåtal till privatpersoner.

  År *2005* utökas området med ytterligare 6 större städer och andelen FFV i nybilförsäljningen ytterligare högre, 20-75 % och ny större kategori är privatpersoner med 5-20 % FFV-andel (dessa äger ca 87 % av personbilarna och drygt 25 % av lätta lastbilar). *Fallet motsvarar normalt ca 20.000 nya FFV per år* (KFB 1994:11).

  Alternativ till FFV kan metangasdrivna 2-bränsle fordon vara, vilket är naturligt i områden där naturgas i dag finns med senare övergång till biogas (obs begränsad tillgång)

- Fortsatt infasning av alternativa drivmedel för nu *dieseloljedrivna tätorts- och regionalbussar och fordon i närdistribution.* Eftersom minskade hälsorisker är främsta drivkraften för denna tillämpning *prioriteras biogas* och kompletteras med alkoholer.

- Genom förnyelsen under en 12 års period finns därefter ca 7000 kollektivtrafikbussar (ca 600 nya per år) och ca 30.000 distributionsfordon med <14 ton totalvikt (ca 2.500 nya per år).

- Nischanvändningar av specialbränslen får givetvis finnas om de kan marknadsföras utan speciella stöd och (helst) passa ihop med den strategiskt riktiga satsningen. Exempel kan vara användning av alkohol eller alkohol/ dieselolja-blandbränsle inom jordbruket (som råvaruproducenter för etanol).

Sammantaget ger de skisserade införandescenarierna följande volymbehov (uttryckt som bio-etanol):

- 356.000 m^3 år 2000 (2,6 % bioandel)
- 780.000 " " 2005 (5,6 % bioandel)
- 1.200.000 " " 2010 (8,7 % bioandel)

Något mindre än hälften av volymerna kommer från dieseloljeersättning. Talen skall minskas för den andel biogas (till stor del naturgas initialt) kan ta främst i gruppen tunga, i dag dieseloljedrivna fordon. Hänsyn har ovan ej tagits till utsläppen i hela kedjan (LCA).

- För alkoholdrivmedel antas att på sikt kommer *samma alkoholkvalitet att kunna användas för både FFV och dieselmotordrivna fordon* (metanol, etanol eller blandning av dem). I dag är situationen mer komplex, då dieselmotorfordonen använder en med tändförbättrare tillsatt, vattenhaltig (5-6 %) etanol och FFV en vattenfri etanol med 15 % bensin. *Tändförbättraren fördyrar alkoholbränslet väsentligt.*

- På sikt är en utveckling mot att kunna starta både otto- och dieselmotorer på enbart alkohol utan kolväte- resp. tändförbättrartillsats trolig (och önskvärd med hänsyn till utsläppsbilden), och då skapas förutsättningar för *gemensam alkoholkvalitet för alla tillämpningar med åtföljande förenklad hantering.*

- Även alkoholer av fossilt ursprung, eller framställda med hjälp av fossila processbränslen, har väsentliga försteg i emissionshänseende och kan med fördel komplettera/ersätta bensin/dieselolja under en lång överfasningstid mot bioalkoholer.

- En alkoholpool (jämför bensinpool, elpool) med sådan bas kan påskynda användningen och sänka distributionskosnaderna för bioalkoholer, och *naturgas kan få en mer likställd ställning som råvara för drivmedel gentemot råoljeprodukter med betydligt mindre risker vid sjötransport och lagring.*

7.3 Kostnadseffektivitet

I all diskussion om förändringar av energiförsörjningssystemen framhålles att kostnadseffektivitet skall vara en ledstjärna för val av handlingsvägar. Begreppet kan dock inte ses isolerat utan måste ställas i relation till de mål som skall uppnås.

I fallet biobaserade drivmedel hävdas ofta att råvaran, som beskrivs som en kvantitativt mycket begränsad råvara, *hellre skall användas för direkt eldning för värmeproduktion i stället för att konvertera den till drivmedel (eller el) med större förluster av energi som följd. Dessa argumenteringar haltar av flera skäl.*

De mål som skall eftersträvas t.ex. beträffande växthusgaser, troligen också andra hälso- och miljömål, *kan inte uppnås om inte energianvändningen i transportsektorn, särskilt vägtrafiken, tas med för ersättning.* Oljeanvändningen i denna sektor är stor och växande.

Då omställningar i sektorn är mycket mer tidskrävande än inom andra sektorer, måste de dessutom påbörjas tidigt. Oljeindustrins nuvarande investeringar i råvarukällor har ledtider på 10 - 15 år. Genomgripande raffinaderiinvesteringar har ledtider på 5 - 10 år. Därtill kommer tiden för avkastning på gjorda investeringar.

Råvarubasen för förnyelsebara drivmedel kan inte betecknas som liten, vilket är klart belyst för Sverige och flera andra länder. Markutnyttjande för energiändamål med solstrålningen som ursprung är ännu knappast en färdigutredd fråga och har säkerligen stor utvecklingspotential.

All konvertering innebär oundvikligen förluster, i sista hand lågvärdigt värme, men *i dag ifrågasätts inte konvertering av råolja till olika produkter trots att det vore mer kostnadseffektivt att direktelda oljan.* Det är helt naturligt att förluster är större när utgångspunkten är en mer ursprunglig råvara, biomassa, än då den är ett halvfabrikat som hämtas ur jorden.

Ändå är den egentliga frågan hur mycket vi kan totalt nyttiggöra genom ett samspel för att tillfredsställa alla marknader (drivmedel, el, värme). De olika råvarorna ger annorlunda fördelningar mellan produkterna *men det totala energiutnyttjandet behöver inte skilja sig mycket. Det handlar mer om att planera för hur optimalt utnyttjande kan ske.*

Ersättning av tjocka eldningsoljor med biobränslen ställer i raffinaderiet till stora problem om marknaden för oljorna faller bort. Följden blir att mer olja måste krackas, vilket leder till högre förluster, ökade kostnader för drivmedlen och tendens till sämre kvalitet, som måste motverkas med nya processer. För ytterligare effektivisering i raffinaderier behövs bättre balans mellan bensin och dieselolja (mindre bensinandel). Men detta skall inte ske genom att öka användningen av dieselolja utan genom att i första hand ersätta bensin med drivmedel på alternativ råvarubas. En balanserad minskning av alla grupper av oljeprodukter medför lägsta kostnader och leder till målet att minska råoljeberoendet.

Frågan om kostnadseffektivitet är komplex genom att flera slutprodukter erhålles vid omvandlingen av energiråvaror, t.ex. drivmedel/eldningsoljor/ spillvärme i raffinaderier eller alkoholer/fastbränsle/spillvärme i anläggningar för biomassaomvandling. För rättvisande jämförelser måste lika marknadsbehov, annars blir det en "äpple-päronjämförelse". Enbart värmeproduktion är säkert mindre kostnadskrävande än el- och drivmedelsproduktion, men den kan som nämnts inte ses isolerat.

Dessa förhållanden har behandlats i en utomordentlig studie (Johansson 1995), från vilken fall som *visar genomsnittlig kostnad för fossil CO_2-reduktion beräknats vid ersättning med biodrivmedel för visst transportarbete (i st. f. bensin i personbilar) och biobränsle för viss värmeproduktion (i st.f. eldningsoljor).* Vissa förutsättningar och resultat återges i *tabell 7.1* och *figur 7.1* och är hämtade ur ovannämnda rapport. Då resultaten bygger på en stor mängd data om utbyten, kostnader och priser som förutsättningar, som här inte alla kan återges hänvisas till rapporten för detaljerna. Förutsättningarna kan varieras i hög grad och ingående studium av fler fall rekommenderas.

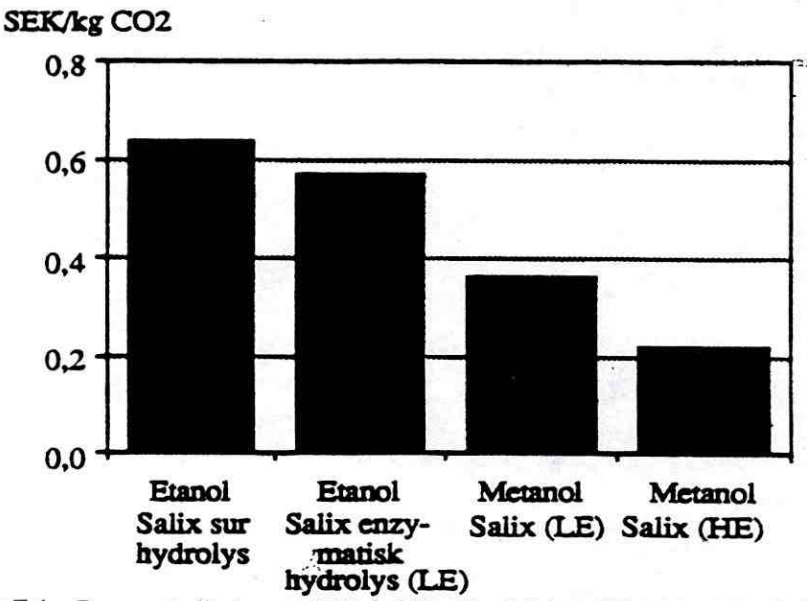
De erhållna kostnaderna för fossil CO_2-reduktion, 0,2 - 0,6 SEK/kg CO_2, bör justeras (minskas) med lägre kostnader för skadeeffekter rörande hälso- och miljöeffekter. Värdering av sådana är föremål för forskning (Leksell, Löfgren

1995), men de är ännu långt ifrån fullständigt beräknade. *Enbart hälsoeffekter i Sveriges tätorter orsakade av bilavgaser har uppskattats kosta minst 6 -7 miljarder kr per år eller motsvarande ca 0,3 kr/kg CO_2 från drivmedlen, vilket ger en antydan om den potential som ligger i att åstadkomma förbättringar genom renare drivmedel och drivsystem med låga skadliga utsläpp. Andra miljöeffekter genom mark-, vatten- växtskador tillkommer.*

Fortsatta utredningar är angelägna men ligger utanför ramen för denna rapport.

Tabell 7.1. ***Biproduktsmängd som erhålles vid produktion av 0,31 MWh drivmedel, behov av extra mängd Salix för att totalt erhålla 0,44 MWh bränsle för värmeproduktion samt total mängd Salix som erfordras för produktion av 0,31 MWh drivmedel och 0,44 MWh bränsle för värmeproduktion.***

	Biprodukter MWh	Salix till värmeproduktion MWh	Total mängd tillförd Salix MWh
Etanol, sur hydrolys	0,44	-	1
Etanol, enzymatisk hydrolys (LE)	0,24	0,20	0,98
Metanol (LE)	0	0,44	0,97
Metanol (HE)	0	0,44	0,90



Figur 7.1. ***Genomsnittlig kostnad för koldioxidreduktion vid ersättning av 0,36 MWh bensin med 0.31 MWh etanol respektive metanol samt 0,43 MWh eldningsolja med 0.44 MWh biprodukter eller Salix.***

7.4 Aktörer

7.4.1 Oljeindustrin

Samtidigt som andra sektorer inom energianvändningen i OECD-länderna kan förlita sig till ett antal alternativa energikällor, är transportsektorn nästan helt beroende av olja. Under perioden 1973 - 1988 ökade transportsektorns andel av den totala oljekonsumtionen från 43 % till 60 %. Inom transportsektorn uppskattas 99 % vara oljeberoende för sin energianvändning och 1% använder naturgas/LPG.

IEA beräknar att ökningstakten för dieselolja inom transportsektorn i Europa förväntas mer än fördubblas per år från 2.3 milj. ton oljeekvivalent (MTOE) 1980 till 5.2 - 5.6 MTOE år 2005. Inom OECD Nord Amerika och OECD Pacific är prognosen ändå högre (OECD/IEA 1993).

Enligt OECD förväntas antalet fordon öka enligt nedanstående tabell

Tabell (Källa OECD 1995)

(milj. fordon)	**1995**	**2000**	**2020**
Totalt OECD	536	590	782
Övriga världen	240	292	580

Den genomsnittliga drivmedelsförbrukning beräknas under perioden minska med 20 -25 % samtidigt som den totala drivmedelsförbrukningen inom OECD ökar med drygt 10 % och för övriga världen med mer än 100 %.

Oljebolagens egna beräkningar för volymtillväxten av olja utgår bl a från prognoser enligt ovan. Det innebär att omfattande investeringar i ökad utvinning, raffinering och distribution av oljeprodukter sker över hela världen. Till detta kommer behovet av investeringar i att ytterligare förädla nuvarande produktströmmar.

Oljebolagens investeringar har förhållandevis långa ledtider. Tunga investeringar i utvinning av oljeprodukter sker i huvudsak i internationell konkurrens. Följande ledtider för vissa investeringar kan tjäna som riktvärden:

- Råolja, utvinning 10 -15 år
- Raffinaderi 10 -15 år
- " , om-/tillbyggnad större 5 -10 år
- " " mindre 3 - 5 år

Efter gjorda investeringar tillkommer en lång avskrivningsperiod för att ge avkastning på investerat kapital.

Marknaden har således att räkna med att oljeindustrin har en lång

inbromsningssträcka för att kunna ändra på sin investeringsinrikting utan kapitalförstöring.

Oljeindustrin har hitintills erhållit vaga signaler, från statsmakterna och övriga marknaden, för en satsning på dyrare alternativa drivmedel. Detta förklarar det fortsatta behovet av att öka oljetillgången.

Oljeindustrin bedöms för närvarande ha korta ledtider och acceptans för

- låginblandning av alkoholer i bensin
- använda NG/LPG som ersättning för bensin/dieselolja

förutsatt att marknaden/styrmedel kan erbjuda en kotnadsneutralitet för användaren.

En viss obalans vid oljeraffineringen kommer att förstärkas över tiden. Överskott på tjocka eldningsoljor, som ersätts av alternativa energikällor, leder fram till krav på ytterligare processbehov. Detta kan kompletteras med att ersätta lätta produkter, bensin och dieselolja, med naturgas som finns allmänt tillgängliga som råvara i stora kvantiteter.

Förutom fördelen med att oljebalansen blir mer kostnadseffektiv erhålles en råvara som innehåller väsentligt lägre skadliga ämnen och som tillåter bilindustrin dels tillgång till stora kvantiteter i form av motoralkohol dels medför förutsättningar för lägre skadliga utsläpp från en alkoholmotor eller FFV.

Slutsats
Det finns förespråkare för att drivmedelssektorn tills vidare skall undantagas för övergång till förnyelsebara drivmedel av kostnadseffektivitetsskäl. Dessa bör då vara medvetna om att oljeindustrin behöver ha tydliga signaler redan idag för att kunna uppnå några påtagliga resultat till år 2020.

Obalans vid raffinering och krav på renare råvaror öppnar möjligheter för att ersätta viss del av bensin och dieselolja med alkohol från naturgas.

7.4.2 Bilindustrin

Motorfordon är den största enskilda källan inom OECD Europa till utsläpp av HC (50 %), NO_x (50-70 %) och CO (ca 80 %).

18 - 22 % av CO_2-utsläppen för hela OECD, från all fossil förbränning inklusive kol, kan härledas till motorfordon.

Bilindustrin och myndigheter arbetar i samverkan för att leda utvecklingen mot mindre skadliga utsläpp och lägre energianvändning. Utvecklingstakten går långsamt inom EU. Det kan noteras att kraven *i Sverige för bästa miljöklass 1-bil är lika med den sämsta i USA.*

Kostnadseffektiva fordonsmoterer måste tillverkas i långa serier och kunna levereras med små anpassningar till marknader i alla världsdelar. Detta kräver tillgång till enhetliga och *allmänt tillgängliga drivmedel* (t. ex. bensin, dieselolja).

Bilindustrins beroende av oljeindustrins utveckling har lett fram till ett samarbete det s. k. Auto/Oil-programmet. Detta har sitt ursprung i USA och har senare fått en motsvarighet inom EU. Det kan noteras att konsensus uppnås i betydligt långsammare takt inom EU.

Optimerade motorer för alternativa drivmedel kräver stora nyinvesteringar. Bedöms tillgången på ett alternativt drivmedel som liten eller osäker kan investeringen begränsas genom att modifiera befintliga motortyper (ex Scania etanolbussar med dieselmotor med krav på tändförstärkare i etanolen).

Lokala marknader och särintressen, främst inom jordbrukssektorn, har tvingat fram utvecklingsfordon för att testa nya tekniker. Bilindustrin lyfter successivt fram sin motorutveckling till en statusnivå, som tillåter färdigutveckling inom tiden fram till beräknad tidpunkt för efterfrågan.

Jämfört med oljeindustrin har bilindustrin väsentligt kortare ledtider för en omställning till alternativa drivmedel.

Inom BMW AG har en kravlista på framtida drivmedel tagits fram vilken återfinns i *bilaga 1* tillsammans med Ecotraffics egen bedömning av hur olika drivmedel fyller dessa krav.

En intressant iakttagelse är att bilindustrin har olika uppfattningar om hur övergången till förnyelsebara drivmedel kommer att utvecklas. Exempel beskriver att det troliga scenariet utvecklas ytterst långsamt och att vägen går från reformulerad bensin och dieselolja via naturgas, biogas till vätgas (se även *bilaga 2*).

Förespråkare tror att befintligt naturgasnät kan användas för vätgas, vilket är tekniskt omöjligt. Tillgången på biogas svarar endast för några få procent och är således ej att räkna med annat än i små nischer (stadsbussar, sopbilar).

Däremot kan naturgas användas som råvara för att framställa alkohol, som i sin tur via bränsleceller har förutsättningar för att vara energibärare vid vätgasdrift.

Detta löser också explosionrisken vid lagring, distribution och tankning av vätgas.

Slutsats
Bilindustrin är väl förberedd för att hantera alternativa drivmedel och har i förhållande till oljeindustrin korta ledtider för omställning. Oljeindustrins produktutveckling och/eller övriga aktörers agerande för tillverkning av alternativa drivmedel är avgörande för bilindustrins motorutvecklingsprogram.

För att möta bilindustrins långsiktiga krav på drivmedel bör alternativen vara få till antalet samt vara allmänt tillgängliga. Det stora antalet olika bioråvaror lämpliga som drivmedel kan med fördelar slussas in på drivmedelsmarknaden via få stora enhetliga bränsletyper (ex. motoralkoholer).

FFV och alkoholdrift har hälso- och miljömässiga försteg vid introduktion av motoralkoholer som sin tur leder vidare mot långsiktigt hållbar vätgasdrift via bio-alkoholer.

7.4.3 Nationella mål för utsläpp

Skärpta avgaskrav och teknisk utveckling har medfört att utsläppen av reglerade föroreningar från både lätta och tunga fordon har minskat per fordonskilometer. Sverige följde tidigare efter anpassning lagstiftning i USA.

EU-inträdet har medfört en anpassning av avgaslagstiftningen till motsvarande EG-direktiv. Arbetet med nästa generation avgaskrav i EU sker genom ett samarbete mellan EG-kommissionen och bil- och oljeindustrin. Riksdagen har antagit mål (prop.1990/91:90, JoU 30,rskr.343) för att begränsa luftföroreningar.

Inom ramen för MaTs-samarbetet föreligger förslag till preliminära åtgärdsmål för totala utsläpp inom transportsektorn. *Med basår 1980 / 1988 / 1990 förslås reduceringar av CO_2, S, NO_x och VOC i storleksordningen 70 - 90 %.* (SOU 1995:64).

Vi har tolkat att det råder viss enighet inom "forskarvärlden" om behovet av att reducera de skadliga utsläppen från vägtrafiken i en snabbare takt än vad som framgår av bil- och oljeindustrins prognoser. Likaså är kravet på inledningen av övergång till förnyelsebara drivmedel föremål för skiljaktiga uppfattningar. Färdriktningen för förändrade drivmedelsval och hinder beskrivs i *bilaga 2 och 3.*

7.5 Styrmedel

Styrmedlen kan vara av två slag, *administrativa och ekonomiska.*

Administrativa är uppenbarligen bestämmelser om avgaskrav, hållbarhetskrav och tillverkaransvar, och sådana skulle kunna vara krav på högsta bränsle-förbrukning, krav på viss andel biobaserade drivmedel, bestämmelser om trafikeffektivisering, återhållsamhet i fordonsanvändning etc.

Ekonomiska styrmedel är skatter på fordon och drivmedel och kan användas för att ge incitament eller utjämna skillnader.

7.5.1 Administrativa styrmedel

Avgaskraven är viktiga och de måste i framtiden förväntas bli ytterligare skärpta med hänsyn till vad som är nödvändigt för att uppfylla mål för reduktion av skadeverkningar genom försurning, övergödning, korrosion, hälsopåverkan, klimateffekter, etc.

I MaTs-arbetet har framkommit att behövliga reduktioner ligger på nivån 80 - 90 % (från olika referensår), vilket innebär fortsatta väsentliga minskningar av högsta utsläpp från dagens nivå.

Det kan noteras att kraven *i Sverige för bästa miljöklass 1-bil är lika med den sämsta i USA.* Det är viktigt att utsläppen karakteriseras avseende sina *effekter* och inte bara i form av ospecificerade massutsläpp (mängd NO_x, HC, CO, partiklar etc).

Krav på högsta bränsleförbrukning synes behöva bli ett nödvändigt medel för att effektivisera vägtrafikens energianvändning. Hur den skall utformas är dock ännu oklart.

Administrativa styrmedel diskuteras inte närmare i denna studie.

7.5.2 Ekonomiska styrmedel

Ekonomiska styrmedel i form av skatter av olika slag bör bl.a. användas för att täcka kostnader för skadeverkningar relaterade till hela kedjan (LCA) i samband med produktion, användning och avyttring av

- fordon
- drivmedel

Styrmedlen bör differentieras m.h.t. skillnader i miljö-/hälsoskador.

Därutöver kan ekonomiska medel användas för att styra utvecklingen åt önskat håll och definiera villkoren för marknadens utveckling.

Differentiering av **fordonsskatter** bör återspegla skillnader i kostnader för utformningar som ger bättre prestanda vad avser *bränsleförbrukning* och *utsläpp*, t.ex. drivsystemens verkningsgrad och katalysatorsystems funktion.

Nuvarande beskattning är differentierad i miljöklasser m.h.t. uppfyllandet av olika utsläppskrav. Fordonsskatter behandlas inte vidare i denna studie.

Drivmedlens beskattning bör vara baserad på energibas (nuvarande är per liter) och återspegla skillnader i hälso- och miljöeffekterna av de skadliga utsläppen. Exempel på faktorer är följande:

- svavelhalt (påverkar katalysatorsystems funktion)
- drivmedlens ursprung (förnyelsebart, fossilt)
- utsläpp genom avdunstning/spill
- avgaser av ämnen som kan relateras till skadeeffekter. (Dessa beror av drivmedlens sammansättning)

För att en introduktion av nya drivmedel skall fungera på marknaden är det en förutsättning att de åtminstone **är kostnadsneutrala för användaren.** Drivmedlet bör sannolikt vara billigare för bilägaren för att påskynda en utveckling.

En andra förutsättning vid införande av nya drivmedel är att **statens skatteintäkter** skall vara **oförändrade**, åtminstone till att börja med eftersom kostnadsminskningar genom lägre skadeeffekter kommer först på längre sikt.

För att kunna göra jämförelser mellan bensin/dieselolja och motoralkoholer har vi i nedanstående tabell även räknat om förbrukningen i energiekvivalenter. Vi har även undersökt hur mycket skatt olika drivmedel tål att bära förutsatt att staten skall få in samma mängd skatteintäkter ("skatteväxling").

Med utgångspunkt från, dels dagens drivmedelsskatter (exkl. moms), dels utförande samma mängd transportarbete, dels att hantering/distribution är jämförbar på lika villkor (stor skala/marknad) erhålles följande skatteförmåga för olika alternativ enligt tabell på nästa sida. Förutsättningar och beräkningsgång finns i Bilaga B.

Slutsatser
Följande slutsatser kan dras.

- Naturgasbaserad metanol (à 0,7 kr/liter) kan både som ottomotor- och dieselmotorbränsle, d.v.s. i konkurrens med bensin resp. dieselolja, bära viss beskattning (hänsyn har tagits till ökade distributionskostnader och ev. förändrad verkningsgrad i motor).

- Biometanol, som kostar 2 kr/liter, kan fortfarande bära viss beskattning som ottomotorbränsle men inte som dieselmotorbränsle p.g.a. dieseloljans i jämförelse med bensin lägre skatt.

- Bioetanol kan vara kostnadsneutral i ottomotor om produktpriset är lägre än ca 3,5 kr/liter men inte i dieselmotor även om den är helt skattefri. Produktpriset måste i detta fall ligga under 2 kr/liter.

  Alternativt måste, om bioetanol kostar 3 kr/liter och är skattefri, dieseloljeskatten höjas med 2 kr/liter från nuvarande 2,53 kr /liter (MK 1) till ca 4,5 kr/liter och skulle då bli lika beskattad som bensin per energienhet.

I exemplen i *tabell 7.3* har lika skatteförmåga för de olika alternativen vid storskalig användning behandlats. För att få en övergång till drivmedel på alternativ råvarubas, slutligt på bioråvaror/solenergiutnyttjande, måste dels ekonomiska incitament finnas för marknadens aktörer, dels högre kostnader i ett inledningsskede kompenseras, då de inte kan bäras av enskilda aktörer.

Detta kan styras genom extra, ev. tidsbegränsade högre skattedifferenser än i exemplen, men de måste vara väl motiverade. För biodrivmedel kan CO_2-

Tabell 7.3 Skattebärkraft för olika drivmedel

	Öre / liter		Öre / kWh	
	Energi-skatt	CO_2-skatt	Energi-skatt	CO_2-skatt
Ottomotor				
Bensin (MK 2)	330	86	36,7	9,6
Metanol (fossil à 0,7 kr/l)	154	42	35,1	9,6
Biometanol (à 2 kr/l)	66	0	15,0	0
Bioetanol (à 3 kr/l)	60	0	10,2	0
" (à 4 kr/l)	–40	0	–6,8	0
Dieselmotor				
Dieselolja (MK 1), nuv.	147,6	105,4	15,1	10,8
(jmfr. vid nuv.skatt)				
Metanol (fossil à 0,7 kr/l)	26	47	5,9	10,8
Biometanol (à 2 kr/l)	–56	0	–12,7	0
Bioetanol (à 3 kr/l)	–112	0	–19	0
(Förutsättes lika skatt som för bensin erhålles följande skatteförmåga)				
Dieselolja (MK 1)	359	95	36,7 [1]	9,6 [1]
(jmfr. vid höjd skatt)				
Metanol (fossil à 0,7 kr/l)	119	42	27	9,6
Biometanol (à 2 kr/l)	31	0	5,8	0
Bioetanol (à 3 kr/l)	0	0		
" (à 4 kr/l)	–100	0	–17	0

[1] bensinekvivalent skatt

Förklaringar till tabellen
I räkneexemplet med naturgasbaserad metanol och biometanol i ottomoter befanns möjlig beskattning vara 1,96(1,54+0,42)resp. 0,66 kr/liter.

Tabellen indikerar
att för fossil metanol med bibehållen CO_2-skatt erfordras en mindre sänkning av energiskatten för att konkurrera i ottomotorn.

Bio-metanol och -etanol som ej kräver CO_2- skatt behövs mer än en halvering av energiskatten. Denna skall kunna motiveras med minskade partikel- och kväveoxidutsläpp, lägre ozon- och cancerpotential (och/eller ökad värdering av CO_2).

Jämförelsen för dieselmotorn visar att den låga dieseloljeskatten ej är tillräcklig för att kompensera bio-alkoholpriser. Även om dieseloljan skulle beskattas på samma nivå som för bensin kvarstår en del av skillnaden för bio-alkoholer.

skatten tas bort (med kvalifikationskrav för tillverkningen på sikt) och energiskatten (som innefattar övriga hälso- och miljöaspekter och fiskala delar) kan differentieras mer än som ger kostnadsneutralitet. Lägre skatt för alternativa drivmedel kan motiveras med mindre effekter på hälsa och miljö genom mindre utsläpp av ozonbildande ämnen, försurande/övergödande ämnen, cancerogena ämnen, partiklar, etc.

För att ett ekonomiskt incitament skall fungera på marknaden bör det leda till en något minskad kostnad för slutanvändare, uppskattningsvis ca 500 kr/år motsvarande ca 40 öre/liter drivmedel (räknat som bensin-/dieselolje-ekvivalent).

Introduktionsskatt

Tages en bensinskattehöjning ut redan vid starten av en introduktion, kommer ett överskott att ackumuleras. Detta kan användas för att ge finansieringsbidrag för nödvändiga investeringar vid omställningen. Begränsas dessa bidrag över viss tid kan en tidig omställning premieras.

Alternativt kan höjningen stegvis ske under perioden till 10 %-nivån av bioalkoholer uppnåtts.

Vid tidpunkten då 10 % av bensinen ersatts med fossil alternativt bio-metanol och med bibehållen kostnadsneutralitet för användaren måste bensinskatten höjas 5 resp. 30 öre/liter och metanolskatten ca 3 resp. 16 öre/liter för oförändrade totala skatteintäkter (Jmfr. Bilaga B).

I *bilaga 4* beskrivs styrning/utveckling av drivmedel utifrån attityder och politiska åtgärder.

Ecotraffic slutsats

En mycket överslagsmässig beräkning ger vid handen följande storleksordning på erforderlig bensinskattehöjning för att kunna ersätta bensin med bioetanol (10% bioandel) utan skattebortfall (etanolpris kr 4/liter).

1 Bensinskattehöjning 42 öre/liter eller 3 öre/liter/år
Etanolen helt obeskattad (därmed kostnadsneutralt för konsumenten)

2 Därtill behövs incitament för konsumenten beräknat till motsvarande 5% lägre biodrivmedelspris eller ca 40 öre/liter (bensinekvivalent).

3 Därtill kommer ersättning till distributören 0 - 20 öre/liter under ett uppbyggnadsskede.

Således erfordras en bensinskattehöjning av kr 0,80 till 1,00 kr/liter eller i genomsnitt 7 öre/liter och år fram till år 2010.

Motsvarande värden för metanol (punkt 1) blir lägre.

ORD- OCH FÖRKORTNINGSFÖRKLARINGAR

air toxics samlingsbeteckning på luftburna giftiga ämnen (definition i USA: bensen, 1,3-butadien, form- och acealdehyd; i Sverige tillägges eten, propen)
aldehyd förening med CHO-grupp; se oxidant
alkan mättat kolväte med kolatomer i kedja; jf paraffin
alken omättat kolväte med kolatomer i kedja; jf olefin
alkohol förening med hydroxyl-grupp (-OH); namnet slutar på -ol
alkylat kolväte med grenad kolkedja gjord av iso-butan och en olefin
allergen ämne som orsakar allergi
Ames'test prov med Salmonella-bakterier avseende mutationsförmåga
amylen omättat kolväte med 5 kolatomer i kedja; synonym penten
aromat kolväte innehållande bensenring
Avocet handelsman (ICI) för en tändförbättrare av typen alkylnitrat
azeotrop blandning av två ämnen som ej kan skiljas genom destillation
bensen omättat (vätefattigt) kolväte med 6 kolatomer i ring
bio-alkohol alkohol framställd av biomassaråvara
bio-eter eter framställd med alkohol av biomassa-ursprung
cancerogen cancerframkallande
CASH Canada America Sweden Hydrolysis
CHAP Concentrated Hydrochloric Acid Process
CNG Compressed Natural Gas (komprimerad naturgas)
C O kolmonoxid
CO_2 koldioxid
Concawe Oljeföretagens i Europa organisation för miljö-/hälsoskydd
dehydrera ta bort väte från en kolväte-förening; motsats till hydrera
dehydratisera ta bort vattenmolekyl från en förening
DIPE di-iso-propyl-eter
EFOA European Fuel Oxygenates Association
ETAE etyl-tertiär-amyl-eter
ETBE etyl-tertiär-butyl-eter
eter förening med syrebrygga mellan två kolatomer; exempel: DIPE, ETBE, MTAE (TAME), ETAE, MTBE; se dessa beteckningar; framställes av alkohol och iso-olefinkolväte
Eurograde bensin i Europa (RON 95) som är optimal i raffinaderi/motor
fasseparartion uppdelning av homogen vätska i två skilda skikt
fat (eng. barrel) inom oljeindustrin använt volymmått = 159 liter
FCC Fluid Catalytic Cracking; se krackning
FFV fuel flexible vehicle
Gasohol I USA använt marknadsnamn för bensin med 10 vol-% etanol
genotoxisk giftig för gener (arvsanlag, DNA)
haze grumling eller slöja orsakad av finfördelat vatten i bensin
HC samlingsbeteckning för alla kolväten i utsläpp
HHV högre (kalorimetriskt) värmevärde innefattande vattenångas kondeseringsvärme
hydratisera kemiskt anlagra vatten
isomerisera omvandla kolväte med rak kolkedja till grenad kedja
KFB Kommunikationsforskningsberedningen, f. d. TFB

krackning	nedbrytning av stora molekyler till mindre
LC_{50}	koncentration av giftämne med 50 % dödlighet vid exponering
LD_{50}	exponeringsdos med 50 % dödlighet för försöksdjur
LEV	Low Emission Vehicle
LHV	lägre (effektivt) värmevärde vid förbränning exkl. vattenångas kondenseringsvärme
LNG	Liquefied Natural Gas, d.v.s. förvätskad naturgas
LPG	Liquefied Petroleum Gas (propan och butaner)
MJ	Megajoule, miljon joule, energimått; 1 MJ = 0,239 kcal
MON	motor octane number, motoroktantal vid hög belastning
MTAE	metyl-tertär-butyl-eter (skrives oftast TAME)
MTBE	metyl-tertiär-butyl-eter
mutagen	med förmåga att ge skada/förändring i arvsanlagen
mutation	skada/förändring av arvsanlagen
NOx	samlingsnamn för kvävemonoxid, NO, och kvävedioxid, NO_2
oktantal	mått på förmåga att motstå spontan antändning (s k knackning) före gnistan vid förbränning i kolvmotor
olefin	omättat (vätefattigt) kolväte med kolatomer i kedja
oxidant	ämne med förmåga att oxider jodid till jod; exempel är ozon, peroxider, aldehyder, kvävedioxid, organiska nitrater
oxygenat	ämne med kemiskt bundet syre, vanligen samlingsbeteckning för alkoholer och etrar
Oxinol™	handelsnamn för blandning bestående av metanol och TBA
ozon	se oxidant
PAH	polycykliska aromatiska kolväten; har flera bensenringar
PAC	polycykliska aromatiska föreningar, d v s inte bara kolväten
paraffin	mättat (väterikt) kolväte med kolatomer i kedja
partiklar	utsläpp mätt genom uppsamling på filter; bärare av PAC
penten	omättat kolväte med 5 kolatomer i kedja; äldre namn amylen
polybensin	fraktion erhållen genom polymerisation av propen och buten
ppm	parts per million, miljondelar
propen	omättat kolväte med 3 kolatomer i kedja
reformulering	förändring av sammansättning för att ge t ex bensin bättre egenskaper ur hälso- och miljösynpunkt
reglerade utsläpp	- i lag begränsade utsläpp av CO, HC, NOx och partiklar
restolja	återstod efter avkokning av oljor vid (vakuum)destillation
RON	research octane number; research-oktantal vid lättare last; bland-RON = detta tal vid blandning av olika komponenter
RVP	Reid Vapor Pressure; ämnes ångtryck enligt standardmetod; bland-RVP motsvarande tal vid blandning med andra ämnen
S	svavel
SLU	Sveriges Lantbruksuniversitet
SNG	Substitute Natural Gas, (syntetisk metan)
SNV	Statens Naturvårdsverk (i Sverige)
SSEU	Stiftelsen Svensk Etanolutveckling
TAME	se MTAE
TAEE	se ETAE
TBA	tertiär butylalkohol
TLEV	Transitional Low Emission Vehicle

ULEV	Ultra Low Emission Vehicle
US EPA	US Environmental Protection Agency
VOC	volatile organic compounds, d.v.s. gasformiga kolväten och syre-innehållande kemiska föreningar
växthusgas	gas som i atmosfären absorberar värmestrålning från jordytan och delvis reflekterar den tillbaka
ångkrackning	krackning i närvaro av ånga för framställning av olefiner.

REFERENSER

ARCO 1995. ARCO tests emissions from two 1993 Ford FFV. Ref. i Clean Fuels Report Sept. 1995, p. 135

Bäck 1995. Regional förstudie om biobränslen i Jämtlands län. Rapport från ALMI Företagspartner Jämtland AB. Juni 1995.

Celsius 1994. RME och diesel MK 1. Utredning av Celsius Materialteknik AB (J-O Ragnarsson) för Svenska Lantmännen och OK Petroleum AB. M-rapport M4720301.22. !994-06-23.

CRC 1994 Emissions from Methanol Fuels and Reformulated Gasoline in 1993 production Flexible/Variable Fuel and Gasoline Vehicles. Auto/Oil program Technical Bulletin No.13. August 1994.

CRC 1995 Exhaust Emissions of E85 Ethanol Fuel and Gasoline in Flexible/ Variable Fuel Vehicles. Auto/Oil program Technical Bulletin No. 16. July 1995.

Ecotraffic 1992. The Life of Fuels - Motor Fuels from Source to End Use. Study for LRF, SNV, Nutek, OKP, TFB, SSEU, Vattenfall by Ecotraffic AB, Stockholm. March 1992.

Ecotraffic 1995 Metanol som alternativt drivmedel. Sammanställning för Alternativbränsleutredningen. Dec. 1995.

Energikommisionen. Omställning av energisystemet. Slutbetänkande SOU:139. Stockholm 1995.

EU 1995. Proposed European Stage 2000 emission standards. EU Commission directive 70/220/EEC. December 1995. Working document.

Gabele 1990. Characterization of Emission from a Variable Gasoline/ Methanol Fueled Car. J. Air Waste Manage. Assoc. 40(1990):3, p. 296-304.

Hahn-Hägerdal 1993. Hahn-Hägerdal, B. (project leader) et al (LTH and Univ. Lund). Ethanol from ligncellulose. A joint project supported by Nutek and NFR). Report 1993.

Hodgson 1994. Hodgson et al (NREL). Fuel effiency potential of methanol. Report NREL/TP-425-6162. Ref. i New Fuels Report April 1994, 114.

IVA 1994. Ingeniörsvetenskapsakademin. Fuel Cells for Traction Applications Rapport IVA-R 408, 1994.

Katovsky, R. Methanol and Hydrogen from Natural Gas, Coal and Biomass. M.Sc. (Eng.) theseis at Princeton Univ. PU/CEES rpt No.279. June 1993.

KFB 1992. Motoralkoholer - Regelverk. Rapport av Ecotraffic AB för KFB. Juni 1992. KFB dnr: 91-215-742.

KFB 1994. Introduktion av FFV. Rapport av Ecotraffic R&D för KFB. KFB-rapport 1994:11.

Koljonen 1993. Koljonen, J. (Kemira Oy). Peat-based HTW-plant at Oulu. Bioresource Technol. 46(1993), p.95-101.

Lycksell 1994. Lycksell, S. et al (Sv. Lantbruksuniv. Umeå). Förstudie. Bakteriella metoder för etanolframställning. 31 juni 1994.

Miljödep. 1994. Med raps i tankarna? Miljöklassutredningen. SOU 1994:111.

Nutek a,b. Oxygenater i motorbensin. Rapport R1994:5. Av Ecotraffic R&D AB.
Ethers in Gasoline. Rapport 1995:41. Av Ecotraffic R&D AB.

Nutek 1993. Forecast for Biofuel Trade in Europe - The Swedish Market in 2000. Nutek rapport B 1993:10.

Nutek 1994. Rapsolja och rapsoljeprodukter. Rapport av Stiftelsen Lantbruksforskning och Nutek. R 1994:22.

Nutek 1995. Energiläget 1995.

Nutek/KFB 1994. Fossila och biobaserade motoralkoholer. Statusrapport av Ecotraffic R&D. Nutek R 1994:62. KFB-rapport 1994:1.

Nutek/KFB 1995a. Biogas som drivmedel för fordon. Nutek R 1995:1. KFB-rapport 1995:3.

Nutek/KFB 1995b. Concept study of a heavy-duty bus engine operated on ethanol. Nutek R 1995:9. KFB-rapport 1994:24.

Nutek/KFB 1995c. Biogasdrivna bussar i Linköping. Nutek R 1995:23. KFB-rapport 1995:14.

OECD 1995. Motor Vehicle Pollution - Reduction strategies beyond 2010. OECD 1995. Paris.

SMAB 1978. Framtida drivmedel. Svensk Metanolutveckling AB. Statusrapport. Sthlm dec. 1978.

SIMS 1995. Hektor, B., Lönner, G., Parikka, M. Trädbränslepotential i Sverige på 2000-talet. Sv. Lantbruksuniv. Serien utredn. 17. 1995-10-17.

SL 1993 Flottförsök med 32 etanolbussar vid AB Storstockholm Lokaltrafik. Rapport (Ch. Rydén) 1993.

SNF 1990. Biologisk mångfald. Svenska Naturskyddsföreningens årsbok 1990. Årgång 81.
Även SNV. Biologisk mångfald i Sverige. Monitor 14, 1991

SNV 1990. Biobränslen från jordbruket - En analys av miljökonsekvenser. Naturvårdsverket rapport 3713 (1990/01).

SNV-MaTs 1994. Miljöanpassning av transportsystemet. Naturvårdsverket rapport 4341 (1994).

SNV-MaTs 1995. Åtgärder för att uppnå ett miljöanpassat transportsystem. Rapport 4511 (jan. 1996)

SSEU 1991. The CASH-Process. A multi-national effort design a process for an efficient conversion of lignocellulosic materials to ethanol. Preliminary engineering study by Sw. Ethanol Dev. Foundation et al, Sept. 15, 1991.

Topsöe 1995. Hansen, J.B. et al (Topsöe A/S). Large Scale Manufacture of Dimethyl Ether - a New Alternative Diesel Fuel from Natural Gas. SAE paper 950063.

Zacchi 1993. Von Sivers, M. & Zacchi, G. (LTH, dept.of Chem. Eng.) A techno-economical comparison of three processes for the production of ethanol from wood. October 1993.

Bilaga A

FÖRUTSÄTTNINGAR INTRODUKTION - BIOALKOHOLER

1 SYFTE

I denna del av studien har vi valt att studera fall av introduktion av alternativa (bio)-drivmedel med ett första mål på 5 % (i energitermer) ersättning av 1994 års bensin- och dieseloljeförbrukning för motordrift. Ersättningen skall i studien på sikt växa till 25 % och därefter kunna fortsätta ytterligare. Sättet och takten för ersättningen av det första målet diskuteras nedan.

2 BAKGRUND OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

Följande bakgrund och förutsättningar har antagits för beräkning av drivmedelsvolymer och resultat.

2.1 Drivmedelsförbrukning

Utfall 1994	*Milj. m³*	*PJ*
• Bensin	5,65	182
• Dieselolja	3,11	110

Bensin förbrukas nästan helt inom transportsektorn (samfärdselsektorn). Övriga sektorer är Arbetsredskap ca 0,06 milj. m³, Fritidsbåtar ca 0,09 milj. m³, Snöskotrar ca 0,02 milj m³.

Av dieseloljan förbrukas 2,4 milj. m³ i samfärdselsektorn (exkl. utrikes sjöfart), varav

- *tunga bussar ca*	*0,25 milj. m³*
- järnväg	0,04 milj. m³
- industrins arbetsfordon/redskap	0,21 milj. m³
- övriga näringar (jord-, skogsbruk, anläggning, fiske, kustsjöfart inkl. fritidsbåtar) ca	0,50 milj. m³
- *distributions-och långtradartrafik*	*1,40 milj. m³*

2.2 Priser

Årsmedelpumppriser exkl. moms och andra skatter för

• bensin 95 oktan	2,10 kr/liter
• dieselolja	2,82 kr/liter

varifrån varierande volymrabatter avgår.

Importpriser (pris vid raffinaderigrind) var för

- bensin 1,05 kr/liter
- dieselolja (och eo 1) 1,08 kr/liter

Differensen som skall täcka distributionskostnader och rabatter var således för

- bensin 2,10 - 1,05 = 1,05 kr/liter (1993 var den 1,1 kr/liter, 2,25 - 1,15).

Bensin försäljs nästan helt via det allmänna stationsnätet medan dieseloljor till stor del (ca 75 %) går till kunder med egna tankningsanläggningar men i ökande omfattning till gemensamma anläggningar i s k truck centers.

2.3 Volymer

5 % ersättning av nuvarande drivmedel betyder 14,6 PJ som alternativ utan hänsyn till ev. verkningsgradsändring i motorn (sådan kan förekomma) och motsvarar alternativt

- 925.000 m³ metanol,
- 690.000 " etanol
- 425 milj. m³ biogas (95 % metan).

Av dessa volymer är den inhemska produktionen av biobaserade drivmedel för närvarande endast ca 10.000 m³/år etanol sulfitsprit från Modo och ca 6.000 m³/år från den vetebaserade anläggningen i Lidköping (dricksprit-tillverkningen i Nöbbelöv medräknas ej).

Biogas framställes i Linköping (för ca 6 fordon) och utbyggnad pågår där samt i Trollhättan (20 fordon 1997).

Bioråvaror är emellertid inte enda förutsättningen för att bio-drivmedlet skall kunna medföra minskning av de fossila utsläppen av koldioxid (och andra växthusgaser) utan utsläppen i hela tillverkningskedjan måste beaktas. Jämförelsen med tillverkningen av bensin och dieselolja ur råolja måste göras på denna bas och *ökar volymbehovet ovan för att nå 5 % ersättning.*

3 ANVÄNDNINGSSÄTT AV BIODRIVMEDEL

Användningssättet för bio-drivmedlet bestämmer hur en introduktion lämpligen kan diskuteras.

3.1 Gasformigt drivmedel

Biogas har av distributionsskäl karaktären av lokalt producerat. *Bränslet kräver särskilt anpassade fordon och användning inom en närregionen.* Biogasen lämpar sig därför som drivmedel i lokalbundna fordon och arbetsredskap med central tankning. Exempel på sådana är en stor del av bussparken inom lokaltrafiken, distributionsfordon, arbetsfordon och -redskap.

3.2 Flytande drivmedel

De flytande drivmedlen har inte distributionsbegränsningen men även för dessa talar kostnadsskäl vid bränsletillförseln för att antalet tankningsställen till en början måste begränsas.

Målgrupperna blir även i detta fall i första hand stora flottor med central tankning i egna pumpar, men antalet tankningspunkter kan vara större än för biogas.

En allmän användning av ett nytt drivmedel eller komponent förutsätter antingen bränsleflexibilitet i fordonet under en (lång) övergångstid eller att komponenten kan blandas in i ett befintligt drivmedel. Exempel på fordon med bränsleflexibilitet är sådana med

- **två-bränslesystem** (gas med bibehållen möjlighet att köra på bensin)
- **FFV** (alkohol-bensinblandningar av godtyckligt förhållande i samma system)

Dessa möjligheter begränsar inte fordonens rörlighet, eftersom enbart bensin också kan användas. Antalet tankningsställen för alkohol kan anpassas till och växa med behovet och tillgången. Nackdelen är att bränslevolymen är mindre säkert överblickbar (förutsätter att ekonomiska incitament finns) och optimering ur hälso- och miljösynvinkel kan bli reducerad.

3.3 Bio - Bensinkomponenter

Inblandning av en biobränslekomponent i befintligt drivmedel (bensin) finns för alkoholerna eller av dem framställda etrar för dagens fordon. Inblandningsprocenten är begränsad (storleksordningen ca 6-7 % alkohol, < 15 % etrar), då höga inblandningar innebär ett nytt drivmedel och särskilt konstruerade fordon.

4 VÄGAR TILL 5 % ANDEL BIODRIVMEDEL

Ett ökat antal drivmedelskvaliteter på marknaden är en nackdel och bör undvikas. Nya drivmedel måste m.a.o. ha *potential att på sikt ersätta befintliga (bensin/ dieselolja) i sin helhet eller till väsentlig delar för att uppnå långsiktigt hållbara försteg med hänsyn till bl a kostnader för distribution.*

4.1 Låginblandning i bensin

Redan 5 % ersättning innebär som visats i inledningen stora volymer av biodrivmedel. Inblandning av alkoholer och/eller etrar som komponenter i bensin kan ske till en halt av 5 vol-% (avser bio-delen) eller något högre (6-7 %). Detta motsvarar lägre tal i energitermer (2-2,5 %) men är det enklaste sättet att ta ett stort begynnelsesteg. *Såväl oljeindustrin som bilindustrin har tekniskt accepterat denna lösning* (Ethers in Gasoline, NUTEK 1995).

4.2 FFV - Personbilar/Vans/Lätta lastbilar

Detta första steg behöver kompletteras med viss användning av FFV (Fuel

Flexible Vehicle), i första hand i relativt lokalbundna personbilsflottor (myndigheter, taxi etc.) men, då dessa inte utgör tillräcklig potential, också successivt hos allmänheten. Denna användning representerar en tillämpning som kan kontinuerligt växa i omfattning.

FFV körs normalt på en blandning av 85 % etanol (metanol) och 15 % bensin (E85) men kan köras på ren bensin eller andra blandningsförhållanden.

För närvarande finns 53 st FFV Ford Taurus i Sverige för test under 4 år. Tillverkningen av FFV har i USA begränsats till ca 2.500/år under 1995/96. GM har offentliggjort planer på att under modellåret 1998 tillverka 100.000 FFV-Vans för att kunna tillgodoräkna sig en lägre genomsnittsförbrukning för total fordonstillverkning.

4.3 Tunga fordon

Som komplement till användning áv bio-drivmedel som ersättning för bensin måste troligen ersättning i dieseloljedrivna fordon också ske. Sådana satsningar har redan gjorts i Sverige och demonstreras med tätortsbussar (ca 150 fordon) och i mindre omfattning med lastbilar (5)i distribution och med arbetsfordon. *Detta har skett med framför allt minskade hälsorisker i tätorter som motiv.*

Målgrupperna blir för detta fall i första hand busstrafikföretagen, företag och förvaltningar med egna stora flottor av distributionslastbilar och lastbils-åkerier/åkeriföreningar med egna tankningsanläggningar, kanske också i något fall utnyttjare av oljeföretagens "truckcenter" i någon tätort.

För dessa användare med huvudsakligen lokalbundna fordon kan både biogas och alkoholer komma i fråga. Det är emellertid tveksamt om kategorierna räcker till för mycket mer än 5 % dieseloljeersättning.

För betydligt större tal måste *inbrytning på den tyngre, långväga godstrafiken ske, i första hand de regelbundna slingtransporterna.* För dessa torde alkohol-alternativet vara lämpligast.

4.4 Övriga småförbrukare

En stor andel av dieseloljeanvändningen ligger hos små förbrukare inom jord- och skogsbruk, entreprenörer, industrier, fiskare, etc med egna små tankar och med stor diversifiering av fordon och motorer. Antalet små tankar av gårdscisterntyp är sannolikt långt över 40.000.

Dessa användarkategorier passar generellt mindre väl för alternativa drivmedel m h t den utspridda verksamheten, det stora antalet motormodeller och kostnader. De kan vara en nischmarknad för blandbränslen (nedan).

4.5 Blandbränslen

Blandbränslen av alkoholer (i högre halter) och bensin resp.dieselolja (emulsion) har föreslagits. Sådana bränslen måste ses som nya drivmedel för därtill anpassade motorer och måste bedömas efter deras möjlighet att finna

en plats på marknaden som ersättning för befintliga kvaliteter.

En utökning av antalet drivmedelskvaliteter på marknaden är inte önskvärd och stupar på logistiska skäl och på kostnader för utökning av distributionssystemet.
Kan de föreslagna blandbränslena inte bli ersättande på marknaden, är de nischbränslen, som av olika skäl kan få användning som specialbränsle i sannolikt rätt begränsad omfattning. De representerar då inte strategiskt ett möjligt framtida drivmedel utan måste klara sig på egna meriter i sin nisch.

Inblandning av RME i dieselolja (max 5 %) är ett annat alternativ på blandbränsle. Potentialen för att ersätta dieselolja är endast några få procent.

4.6 Balanserad produktion vid raffinaderier

En balanserad satsning på både bensin- och dieseloljeersättning är, i varje fall på sikt, att rekommendera för att inte orsaka för stor snedvridning av produktmixen i raffinaderierna med kostnadsökningar som följd.

Ett visst förhållande mellan bensin och dieselolja är optimal ur energisynvinkel, och det innebär sannolikt mindre bensinandel än f. n. Tyngdpunkt på ersättning av bensin är ur denna synvinkel riktig.

4.7 Differentierade skatter

Ett annat viktigt skäl till att i första hand satsa på introduktion av bio-drivmedel för bensinersättning är, förutom att de har mycket goda egenskaper för ottomotorn och får högst värde i denna, att ekonomiska styrmedel i form av differentierade skatter lättare kan användas för att få lönsamma bio-projekt till stånd.

Den på oklara grunder lägre beskattningen av dieselolja jämfört med bensin är ett hinder härvidlag inom hela EU. *Med dagens låga beskattningsnivå av dieselolja kan ett obeskattat bio-drivmedel långt ifrån konkurrera med en beskattad dieselolja. Motsvarande förhållande för bensin är däremot positivt för biodrivmedel.*

5 SKISSERING AV TIDS- OCH VOLYMSCENARIER

Som bas för studie av förändringar i distributionssystemet vid införande av alternativa (bio-)drivmedel föreslås följande scenario.

5.1 Fordon och volymer

1. Obligatorisk användning av *oxygenater* (etrar, alkoholer) som led i reformulering av all bensin med start 1998 och ökande inblandning under 5 år tills en halt motsvarande 2,3 mass-% syre uppnås (max. 2,5 %).

2. Demonstration *1998* av 500 *FFV* i storstäderna och år *1999* ytterligare

500 som del vid anskaffningen av nya bilar till statens och kommunernas flottor, taxi, bud-/hyrbilar och företagsbilar samt ett fåtal till privatpersoner.

År *2000* inleds introduktionen av FFV i fler större städer i en takt av totalt ca 1.000 nya lätta bilar per år som del av den normala förnyelsen av bilparken hos samma användare men med högre andel som FFV.

År *2005* utökas området med ytterligare 6 större städer och andelen FFV i nybilförsäljningen ytterligare högre, 20-75 % och ny större kategori är privatpersoner med 5-20 % FFV-andel (dessa äger ca 87 % av personbilarna och drygt 25 % av lätta lastbilar). *Fallet motsvarar normalt ca 20.000 nya FFV per år* (KFB 1994:11).

Alternativ till FFV kan metangasdrivna 2-bränsle fordon vara, vilket är naturligt i områden där naturgas i dag finns med senare övergång till biogas (obs begränsad tillgång)

3. Fortsatt infasning av alternativa drivmedel för nu *dieseloljedrivna tätorts- och regionalbussar och fordon i närdistribution.* Eftersom minskade hälsorisker är främsta drivkraften för denna tillämpning *prioriteras biogas* och kompletteras med alkoholer.

   Efter utvärdering och ev. kompletteringar av nuvarande demonstrationsfas kan infasningen sättas i gång 1998 och bygga på planer för miljözoner i de största tätorterna.

   Genom förnyelsen under en 12 års period finns därefter ca 7000 kollektivtrafikbussar (ca 600 nya per år) och ca 30.000 distributionsfordon med <14 ton totalvikt (ca 2.500 nya per år).

4. Frivillig anslutning till användningen av alternativbränsledrivna fordon bör hållas öppen för andra fordonsägare, allteftersom fler motormodeller blir tillgängliga.

5. Nischanvändningar av specialbränslen får givetvis finnas om de kan marknadsföras utan speciella stöd och (helst) passa ihop med den strategiskt riktiga satsningen. Exempel kan vara användning av alkohol eller alkohol/ dieselolja-blandbränsle inom jordbruket (som råvaruproducenter för etanol).

Volymberäkningar enligt punkt 1 ovan ger för

- låginblandningen en potential på *ca 350.000 m³ etanol* (240.000 m³ metanol) eller 830.000 m³ som ETBE (720.000 m³ MTBE).

Eterpotentialen baserad på tillgängliga volymer C4- och C5-isoolefiner i Sverige (Scanraff och naftakrackern i Stenungsund) är emellertid begränsad

till att motsvara bara ca 100.000 m3 etanol.

Marginellt kan den ökas genom utnyttjande även av andra isoolefiner i krackbensin, men en större ökning kan bara ske genom att utnyttja butaner (från olje- och naturgasutvinning), vilket innebär en längre och betydligt kostsammare framställningsväg.

Slutsatsen av det ovannämnda blir, för att på sikt få avsättning för inhemskt framställda bioalkoholer, måste komplettering med direkt inblandning av dem ske, vilket är tekniskt möjligt men mer komplicerat i hanteringen. Det har dock skett tidigare även i Sverige.

Tillämpning av låginblandningen kan ske i den takt utbyggnaden av bioalkohol-produktionen genomföres. Under en övergångsfas kan på marknaden förekommande alkoholer med fossilt ursprung eller producerade med användning av fossilt processbränsle vara acceptabel.

Ett genomförande av låginblandning under en 5-årsperiod är därför rimlig.

Volymberäkningar enligt punkt 2 ovan;

- FFV-tillämpningen behöver inledningsvis små volymer alkohol, från ca
  - *1.000 till 3.000 m3* per år 1998-99
  - + ca *2.000 m3* per varje år 2000 - 2004.
  - + *50.000 m3* per år 2005 -

Volymberäkningar enligt punkt 3 ovan;

Fortsatt infasning från 1998 av biogas och bioalkoholer för alla större tätorters (med omgivande region) kollektivtrafik kan vara genomförd under en 12-års period (alla nya i takt med den normala förnyelsen). Detta motsvarar ca 600 nya tunga bussar per år och motsvarande tillskott av biobränsle är ca *25.000 m3 uttryckt som etanol.* Motsvarande tal för distributionstrafiken i tätorter är ca *20.000 m3* per år.

5.2 Sammanfattning - volymer

Sammantaget ger de skisserade införandescenarierna följande volymbehov (uttryckt som bio-etanol):

- 356.000 m3 år 2000 (2,6 % bioandel)
- 780.000 " " 2005 (5,6 % bioandel)
- 1.200.000 " " 2010 (8,7 % bioandel)

Något mindre än hälften av volymerna kommer från dieseloljeersättning.

Talen skall minskas för den andel biogas (till stor del naturgas initialt) kan ta främst i gruppen tunga, i dag dieseloljedrivna fordon. Hänsyn har ovan ej tagits till utsläppen i hela kedjan (LCA).

6 DISTRIBUTION

Vid introduktionen av alternativa drivmedel i USA har det största hindret varit tillgång på tankningsställen. Låg lönsamhet och osäkerhet om marknadsutvecklingen för alternativen har fungerat som en *barriär för fordonstillverkare, -ägare och oljeindustri.*

Det för industrin uppbyggda gasnätet har med fördel kunnat utnyttjas för kompletteringar med tankanläggningar för fordon. Denna marknad växer där gasnät finns.

Introduktion av biodrivmedel är trög inte minst av kostnadsskäl. Sannolikt kommer länder av detta skäl prioritera utvecklingen olika. Genom användning av fossila alkoholer, som torde vara i oljebolagens intresse, kan distributionssystemet byggas upp snabbare och reducera kostnaden för bio-alkoholer.

En introduktion underlättas vidare om följande utveckling påbörjas.

6.1 Gemensam alkoholkvalitet

För alkoholdrivmedel antas att på sikt kommer *samma alkoholkvalitet att kunna användas för både FFV och dieselmotordrivna fordon* (metanol, etanol eller blandning av dem). I dag är situationen mer komplex, då dieselmotorfordonen använder en med tändförbättrare tillsatt, vattenhaltig (5-6 %) etanol och FFV en vattenfri etanol med 15 % bensin. *Tändförbättraren fördyrar alkoholbränslet väsentligt.*

På sikt är en utveckling mot att kunna starta både otto- och dieselmotorer på enbart alkohol utan kolväte- resp. tändförbättrartillsats trolig (och önskvärd med hänsyn till utsläppsbilden), och då skapas förutsättningar för *gemensam alkoholkvalitet för alla tillämpningar med åtföljande förenklad hantering.*

6.2 Alkoholpool

Även alkoholer av fossilt ursprung, eller framställda med hjälp av fossila processbränslen, har väsentliga försteg i emissionshänseende och kan med fördel komplettera/ersätta bensin/dieselolja under en lång överfasningstid mot bioalkoholer.

En alkoholpool (jämför bensinpool, elpool) med sådan bas kan påskynda användningen och sänka distributionskosnaderna för bioalkoholer, och *naturgas kan få en mer likställd ställning som råvara för drivmedel gentemot råoljeprodukter med betydligt mindre risker vid sjötransport och lagring* (se även bilaga 5 och 6).

BILAGA B

STYRMEDEL VIA BESKATTNING AV MOTORALKOHOLER.

1 BAKGRUND

En överslagsmässig bedömning av drivmedelsskatter för alternativa drivmedel har gjorts med utgångspunkt från gällande kostnader på marknaden för bensin och dieselolja.

Typiska priser på världsmarknaden för båda dessa är (1994-1995) *ca 1,05 kr/liter.* Distributionskostnad vid den storskaliga hanteringen av bensin från raffinaderi (importhamn) till bilen på bensinstationen är *ca 0,85 kr/liter*, d.v.s. pumppriset före skatt är ca *1,90 kr/liter.*

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Produkt- och distributionskostnader

Vid ersättning av bensin- respektive dieselolja med alkoholer har förutsatts följande faktorer för volymökningen, varvid viss hänsyn tagits till ändrad verkningsgrad i motorn, varvid viss hänsyn tagits till ändrad verkningsgrad i motorn.

Tabell Volymfaktorer

Produkt	Faktor för ekvivalent	
	Metanol	Etanol
Bensin	1,85	1,4
Dieselolja	2,3	1,8

Vid distribution av motoralkoholer under samma förhållanden som för bensin/dieselolja (d v s storskalig för att teckna den långsiktiga bilden) har distributionskostnaden uttryckt i bensinekvivalent beräknats till för

- **etanol** ca 1,03 kr/liter ekv.
- **metanol** ca 1,13 kr/liter ekv.

Den högre kostnaden för metanol relateras till att en större volym måste hanteras.

Att ökningen inte blir större eller t.o.m. den dubbla beror på att bara en mindre del av kostnaden är volymberoende (t. ex. transporter) och den större delen är icke volymberoende pålägg (t. ex. administration, stationsmarginaler).

Kostnaden för storskalig hantering (fullt utbyggt distributionssystem) av alkoholerna blir då enligt nedanstående tabell

Tabell Distributionskostnad - Alkoholer

Ekvivalent versus	Kr/liter Metanol	Etanol
Bensin	0,61	0,73
Dieselolja	0,49	0,57

2.2 Drivmedelsskatter

Bränsleskatten på bensin (miljöklass 2) och dieselolja (miljöklass 1) är exkl. moms för närvarande enligt följande

- Bensin 4,16 kr/liter
- Dieselolja 2,53 kr/liter

Skatten fördelar sig på energi- och koldioxidskatt och på energibas enligt tabellen nedan.

Förhållandet mellan den höga bensin- och relativt sätt låga dieseloljeskatten kan förklaras av helt andra faktorer än ur energi-, hälso- och miljösynvinkel.

Om vi antager att framtidens beskattning av drivmedel kommer att miljörelateras i ökad omfattning, för att bli långsiktigt hållbara, leder detta till en utjämning av skatten mellan bensin och dieselolja. I nedanstående tabell har vi därför tagit med en jämförelse med dieselolja som alternativt beskattas lika högt som bensin.

Tabell Bensin- och dieseloljeskatt

(exkl. moms)	Öre / liter Energi-skatt	Öre / liter CO_2-skatt	Öre / kWh Energi-skatt	Öre / kWh CO_2-skatt
Bensin (MK 2)	330	86	36,7	9,6
Dieselolja (MK 1), nuv.	147,6	105,4	15,1	10,8
Alternativ **(Förutsättning - Lika skatt för bensin och dieselolja)**				
Dieselolja (MK1)	359	95	36,7[1)]	9,6[1)]

1) Bensinekvivalent

3 SKATTEKONSEKVENSER

För att konsumenten ej skall behöva betala mer för alkoholdrivmedel än för bensin och dieselolja krävs en differentierad beskattning. Skall en kostnadsneutralitet uppnås gentemot användning av bensin och dieselolja kan den uttryckas enligt nedanstående beräkning med följande förutsättningar.

- Fossil metanol	0,7 kr/liter	(genomsnittligt världsmarknadspris, som typiskt är ca 2/3 av bensinpriset)
- Bio-metanol	2 kr/liter	
- Bio-etanol	3 - 4 kr/liter	(enligt olika utredningar)

Exempel
(gäller för biometanol jämförd med bensin i ottomotor)

$$1x(1{,}05+0{,}85+4{,}16) = 6{,}06 = 1{,}85x(2{,}0+0{,}61+X)$$

bensin **biometanol**

X = är möjlig skatt

X blir i detta fall 0,66 kr/liter.

I tabellen på nästa sida ("Skattesats för kostnadsneutralitet") har resultaten av motsvarande fall för alla alkoholer vid ersättning av bensin och dieselolja sammanställts.

Fördelningen på "energiskatt" och CO_2-skatt har skett så att den senare är noll för bioalkoholerna. Den fossila metanolen har lika CO_2-skatt på energibas som för bensin (9,6 öre/kWh).

4 "SKATTEVÄXLING"

Differentiering av skatten för att möjliggöra dyrare alternativa drivmedel leder till att skatteinkomsterna sjunker. Detta kan då motverkas genom att nivån på skatterna höjs med bibehållen differentiering.

Erforderlig skattehöjning då drivmedelspoolen har fördelningen

-	alkohol	10 %
-	bensin (för ottomotorer)	90 %

kan överslagsmässigt beräknas som i följande exempel.

Tabell Skattesats för kostnadsneutralitet

	Öre / liter		Öre / kWh	
	Energi-skatt	CO_2-skatt	Energi-skatt	CO_2-skatt
Ottomotor				
Bensin (MK 2)	330	86	36,7	9,6
Metanol (fossil à 0,7 kr/l)	154	42	35,1	9,6
Biometanol (à 2 kr/l)	66	0	15,0	0
Bioetanol (à 3 kr/l)	60	0	10,2	0
" (à 4 kr/l)	–40	0	–6,8	0
Dieselmotor				
Dieselolja (MK 1), nuv.	147,6	105,4	15,1	10,8
(jmfr. vid nuv.skatt)				
Metanol (fossil à 0,7 kr/l)	26	47	5,9	10,8
Biometanol (à 2 kr/l)	–56	0	–12,7	0
Bioetanol (à 3 kr/l)	–112	0	–19	0
(Förutsättes lika skatt som för bensin erhålles följande skatteförmåga)				
Dieselolja (MK 1)	359	95	36,7 [1]	9,6 [1]
(jmfr. vid höjd skatt)				
Metanol (fossil à 0,7 kr/l)	119	42	27	9,6
Biometanol (à 2 kr/l)	31	0	5,8	0
Bioetanol (à 3 kr/l)	0	0		
" (à 4 kr/l)	–100	0	–17	0

[1] bensinekvivalent skatt

Förklaringar till tabellen
I räkneexemplet med naturgasbaserad metanol och biometanol i ottomotor befanns möjlig beskattning vara 1,96(1,54+0,42)resp. 0,66 kr/liter.

Tabellen indikerar
att för fossil metanol med bibehållen CO_2-skatt erfordras en mindre sänkning av energiskatten för att konkurrera i ottomotorn.

Bio-metanol och -etanol som ej kräver CO_2- skatt behövs mer än en halvering av energiskatten. Denna skall kunna motiveras med minskade partikel- och kväveoxidutsläpp, lägre ozon- och cancerpotential (och/eller ökad värdering av CO_2).

Jämförelsen för dieselmotorn visar att den låga dieseloljeskatten ej är tillräcklig för att kompensera bio-alkoholpriser. Även om dieseloljan skulle beskattas på samma nivå som för bensin kvarstår en del av skillnaden för bio-alkoholer.

- 1 liter bensin ger skatteintäkt på 4,16 kr (MK 2 exkl. moms).

Med möjlig skatt för kostnadsneutralitet enligt tabellen ovan för fossil metanol på 1,96 kr/liter (1,54+0,42) och biometanol 0,66 kr/liter blir skatteintäkten

0,9x4,16 + 0,1x1,85x1,96 = 4,11 kr/liter bensinekvivalent

respektive

0,9x4,16 + 0,1x1,85x0,66 = 3,86 " "

Det erfordras således en höjning av skattenivån enligt följande tabell

Tabell 1 Erforderlig skattehöjning - 10% alkoholandel

Fördelning		Skatt öre/liter Alkohol / Bensin	
Bio-metanol/bensin	(10/90)	16	30
Fossil metanol/bensin	(10/90)	3	5
Bio-etanol (3:-)/bensin	(10/90)	24	33
Bio-etanol (4:-)/bensin	(10/90)	34	47

Tabell 2 Erforderlig skattehöjning - 20% alkoholandel

Fördelning		Skatt öre/liter Alkohol / Bensin	
Bio-metanol/bensin	(20/80)	41	59
Fossil metanol/bensin	(20/80)	5,5	10

Egentligen borde kalkylen även omfatta konsekvenser inklusive moms med hänsyn till slutanvändarens kostnader.

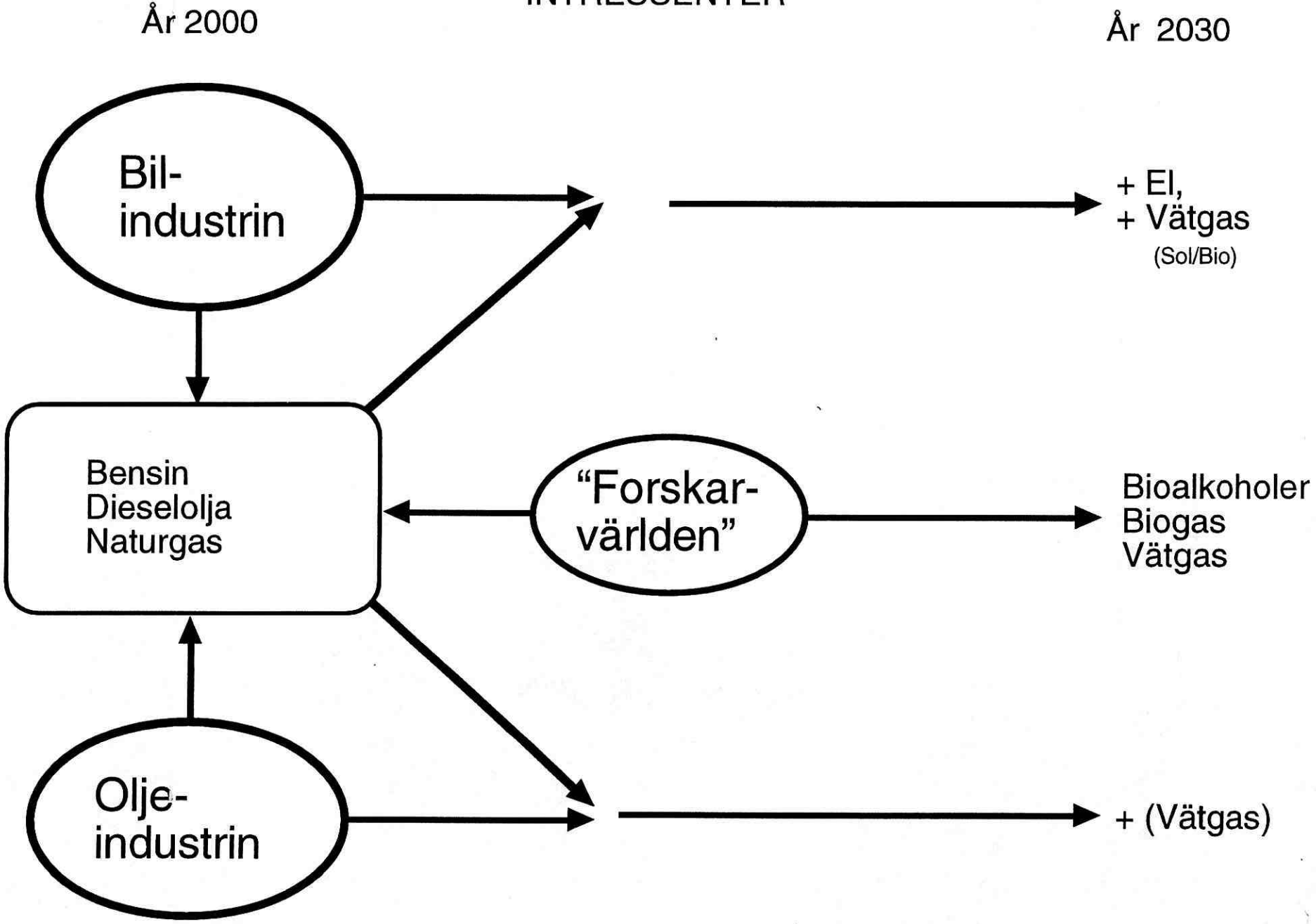
Tabell Kriteria för ett idealiskt drivmedel för lätta fordon/personbilar (BMW AG)

Kriteria med hänsyn till		Typ av drivmedel (Betyg enl. Ecotraffic + o -)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	**Fordon och Motor**											
1.1	Möta strikta toleranskrav på fysiska och kemiska egenskaper	-	-	o	-	o	+	+	+	o	+	+
1.2	Högt oktantal	o	x	+	+	+	+	+	+	x	-	-
	resp. cetantal i drivmedlet	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	x
1.3	Inga avlagringar i bränslesystem, förbränningsrum eller i avgassystem	o	-	+	o	+	+	+	+	-	+	+
1.4	Fri från substanser som medför katalytiskt giftämne	-	-	o	+	o	+	+	+	-	+	+
1.5	Låga krav på motorteknologi (t ex lågt insprutningstryck)	o	-	o	o	o	o	o	o	-	o	o
1.6	Rena avgaser, minimala utsläpp av NO_x, HC, sot enkla system för avgasbehandl.	o	-	+o	+o	+o	+o	+o	+o	-	+o	+
1.7	Högt energivärde per volymsenhet	+	+	-	o	-	o	o	o	+	o	-
1.8	Låg korrosivitet i motor och bränslesystem	+	+	o	o	o	o	o	o	+	o	o
1.9	Blandbart med smörjoljor	+	+	x	x	x	o	o	o	o	x	x
2	**Drivmedelshantering**											
2.1	Lagring och transport under normala temperatur och tryckförhållanden	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-
2.2	Lätthanterligt vid påfyllning av förare	+	+	o	o	o	o	o	o	+	o	-
2.3	Lågt ångtryck för minim. avdunstningsförl.	-	+	x	x	x	o	o	o	x	x	x
2.4	Låg tendens till explosiva blandningar	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-
3	**Ekonomi**											
3.1	Låga kostnader	+	+	+	+	-	o	-	-	-	-	-
3.2	Tillgång över hela världen, åtminstone tätt stationsnät på betydande fordonsmarkn.	+	+	o	o	-	+	+	+	-	o	-
3.3	Råvaror tillgängliga i stora kvantiter från många delar av världen	+	+	+	o	-	+	+	+	-	+	+
4	**Hälsoeffekter**											
4.1	Icke mutagena, cancerogena, inga stimulanseff.	-	-	+	o	+	o	o	o	o	o	+
4.2	Ingen obehaglig lukt	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+
4.3	Lätt avtvättbart från hud och kläder	o	-	x	x	x	o	o	o	-	x	x
5	**Miljöeffekter**											
5.1	Låg rök och ozonpotential	-	-	o	o	o	o	o	o	-	+	+
5.2	Inga kemiska utsläpp som ej naturligt kan förena sig med luften	-	-	o	o	o	o	o	o	-	o	+
5.3	Ej bidrar till växthuseffekten	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+
5.4	Biologiskt nedbrytbart spill	-	-	x	x	x	+	+	+	+	x	x

1 Bensin
2 Dieselolja
3 Naturgas
4 LPG
5 Biogas
6 Metanol, Fossil
7 Metanol, Bio-
8 Etanol, Bio-
9 RME
10 DME
11 Vätgas (med bioalk. som energibärare)

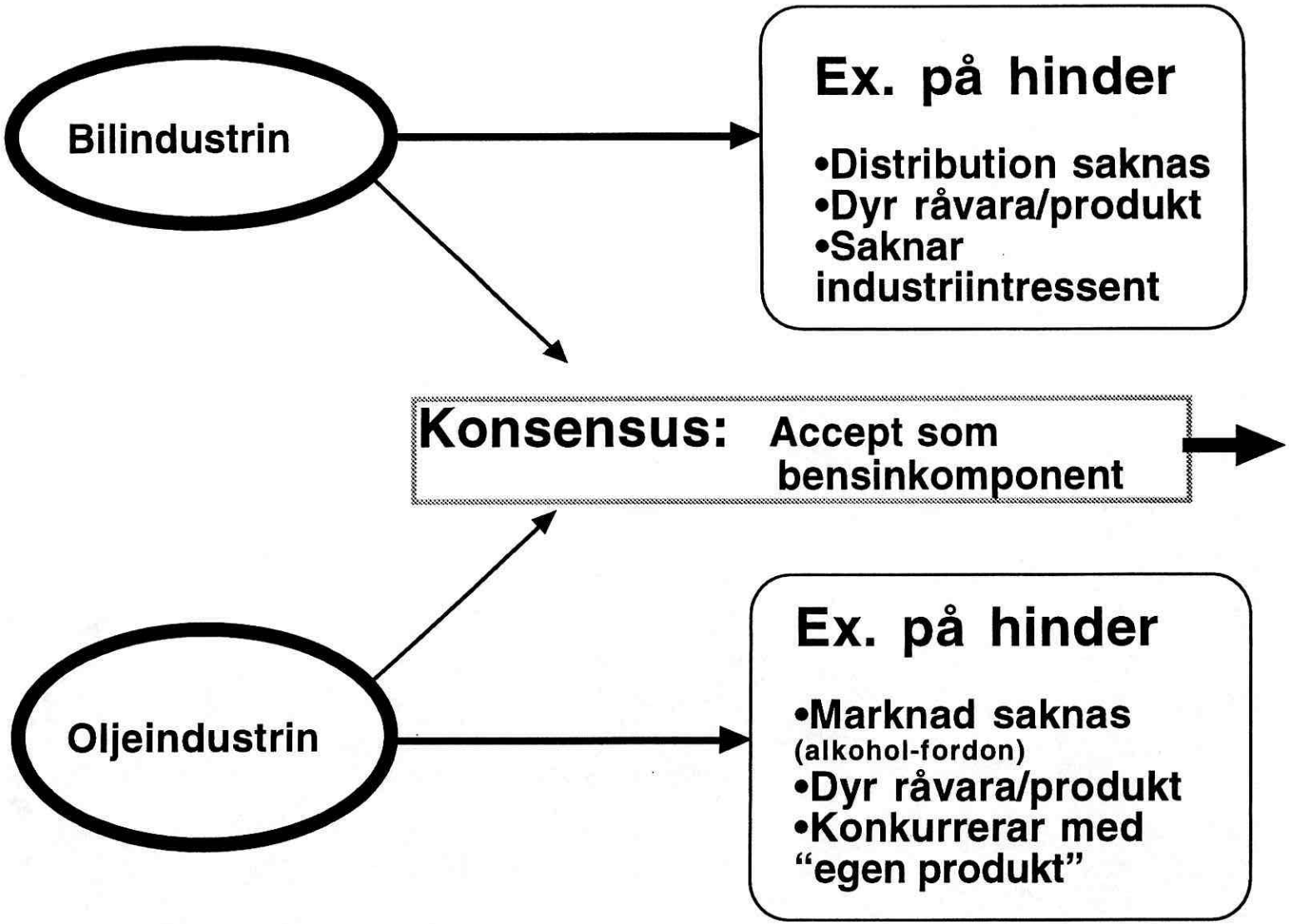
+ = bra utsikter; o = ordinära; - = dåliga utsikter

FÄRDRIKTNING - INTRESSENTER



Bilaga 2

Hinder - Bioalkoholer



Bilaga 3

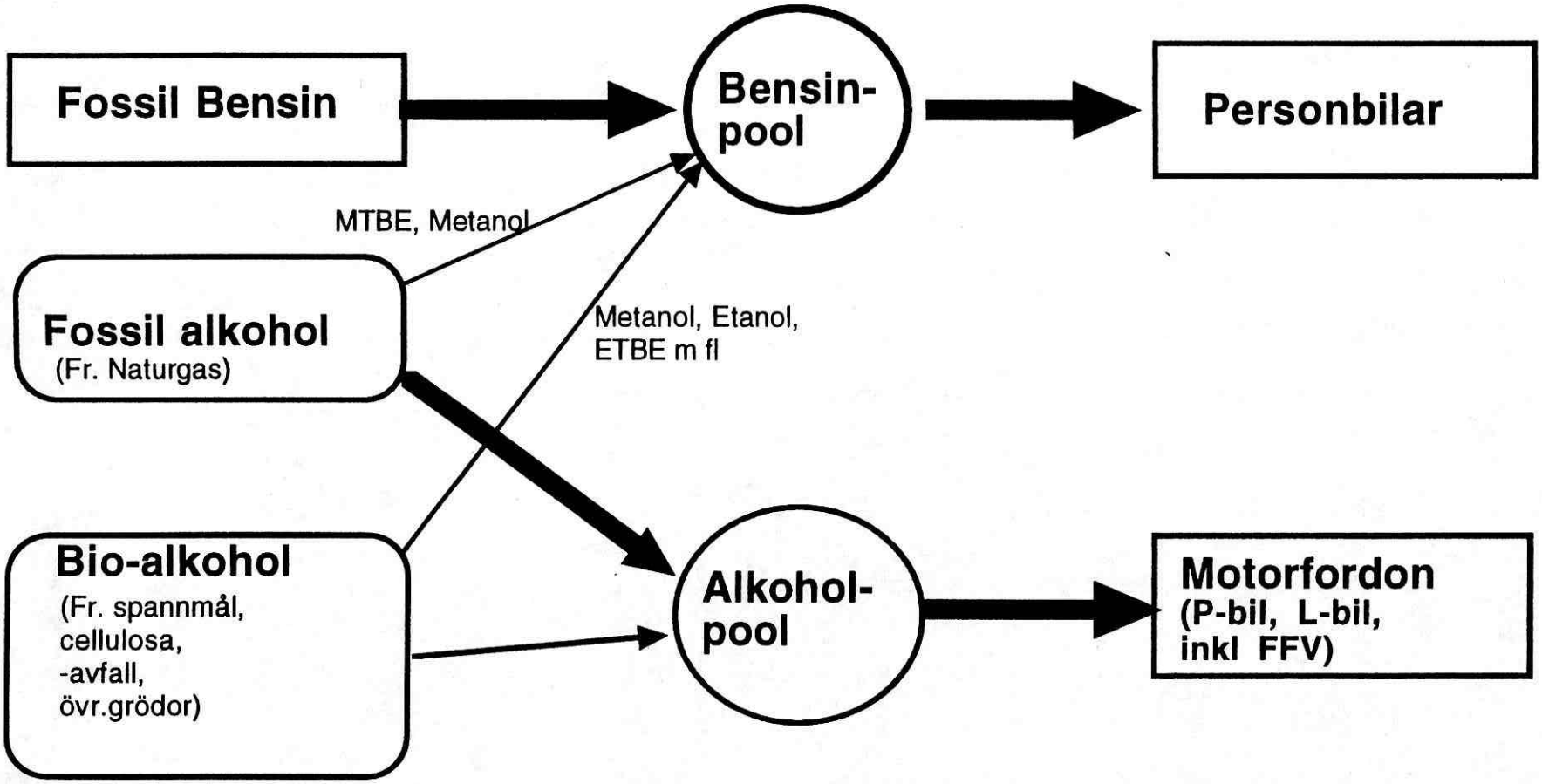
STYRNING/UTVECKLING AV DRIVMEDEL

ÅTGÄRD	ATTITYD FRÅN INDUSTRI		POLITISK ÅTGÄRD	
	Bil-	Olje-	Styrmedel	Lagstiftning
Blyfri Bensin	++	++	++	
Bensin Klass 2	++	++	++	
Bensin Klass 1	++	++	+	+
(Min.syretal i bensin)	++	(+)	-	++
Bioetrar i bensin	++	+	++	
Låginbl. bioalk. i bensin	+	+	+	++
Dieselolja MK1, MK2	++	++	++	
Låginbl. bio i diesel	+	++	+	++
Naturgas	++	+	++	
Biogas	++	-	++	
Alkohol, fossil	+	(+)	+	+
Alkohol, bio	+	-	+	++
Vätgas	++	-	+	++

+ = Positiv/bra, - = Negativ/mindre bra
(enl. Ecotraffics uppfattning)

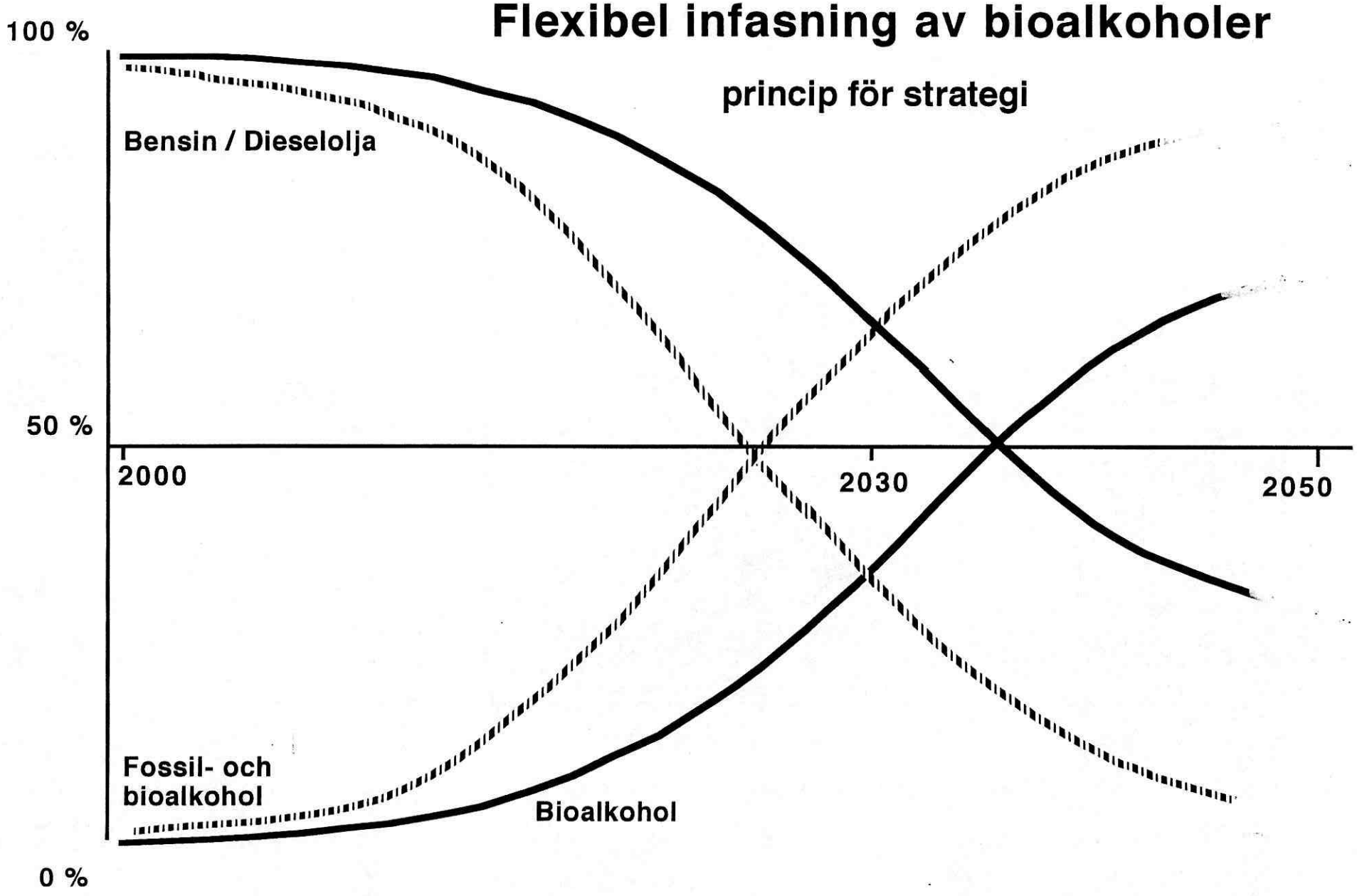
Bilaga 4

DISTRIBUTION



Bilaga 5

Flexibel infasning av bioalkoholer



Bilaga 6