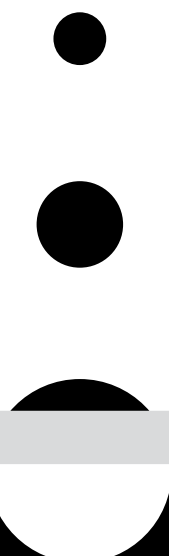


Morgondagens bränslen för dagens dieselmotorer

ANALYS AV MARKNADSFÖRUTSÄTTNINGAR
OCH PÅGÅENDE PROJEKT FÖR SYNTETISK DIESEL



STEFAN BJÖRKLUND & ANDERS YDSTEDT

Innehåll

1. FÖRORD S. 3
2. SAMMANFATTNING S. 4
3. BAKGRUND S. 6
4. VILKA LÄNDER SATSAR PÅ
SYNTETISKA BRÄNSLEN? S. 24
5. TEKNIKEN FÖR SYNTETISKA BRÄNSLEN S. 27
6. JORDBRUKSBRÄNSLEN S. 32
7. VÄGEN TILL FRAMGÅNG S. 34
8. KOSTNADER S. 36
9. SKANDINAVISKA AKTÖRER S. 38
10. REFERENSER S. 42

Förord

DET SÄLJS ALLT fler bränslesnåla bilar i Sverige. Försäljningen av bilar med lägre koldioxidutsläpp har tredubblats sedan förra året. Tillsammans med en ökad andel övriga miljöbilar fortsätter därmed den svenska bilparken sin framgångsrika miljöanpassning.

En lång rad olika tekniker och bränslen finns representerade på den svenska marknaden. En förutsättning för introduktion av nya miljöbilar är dock att det finns tillgång till rätt/anpassat/ nya/miljö -bränslen.

När det gäller flytande bränslen har vi i Sverige främst haft fokus på etanol för ottomotorer. Runt om i världen pågår även satsningar på andra alternativa bränslen. Bland annat sker ett antal stora projekt för att ta fram syntetisk diesel från olika insatsråvaror. Med förgasning kan man via syntgas göra syntetisk diesel från många olika råvaror som till exempel biomassa,

sopor, restprodukter från skogindustrin, svårtillgängliga naturgasflöden, rester från petroleumindustrin och kol, eller blandningar av dessa.

Dieselmotorn är idag cirka 30 procent effektivare när det gäller att omvandla bränsle till rörelse, vilket gör det mycket intressant att följa utvecklingen kring morgondagens bränslen för dieslbilar.

BIL Sweden har givit Scantech utvecklings AB i uppdrag att ta fram denna analys av marknaden för syntetisk diesel och beskriva ett antal projekt. Författarna svarar själva för innehållet i rapporten.

Syntetisk diesel kan, beroende på hur produktionen sker, få väldigt olika miljöprestanda. Med hög andel biobränslen som insatsråvara och avskiljning av koldioxid från produktion, kan syntetisk diesel göra dagens dieslbilar till morgondagens miljöbilar.

Sammanfattning

DET FINNS MYCKET goda möjligheter att försörja transportsektorn med tillräckligt mycket drivmedel de närmaste 100 åren. Höga oljepriser (> 50 \$ per fat) driver fram en utveckling mot alternativa bränslen och bränseleffektivare fordon. IEA räknar med att efterfrågan på olja ökar med 1,3 procent per år fram till 2030, vilket är en lägre öknings-takt än de senaste 25 åren.

En del i denna utveckling är ökad användning av alternativa motorbränslen. Redan idag produceras cirka 12 miljoner kubikmeter syntetisk bensin och diesel från kol och naturgas i Sydafrika. Pågående och planerade projekt i Kina, Qatar, Nigeria och USA kommer att femfaldiga produktionen till 60 miljoner kubikmeter syntetisk

diesel och jetfuel, till år 2020. Det pågår också en snabb utbyggnad av biobränsleproduktionen i USA, Brasilien, Ostasien och Europa. Om dagens stora subventioner bibehålles, så kommer det enligt Goldman Sachs att produceras 100 miljoner kubikmeter biodiesel och etanol år 2020.

Alternativa drivmedel från olika råvarubaser kommer att kunna svara för en betydande del av fordonsparkens framtida behov. Den geografiska riskspridningen blir bättre jämfört med dagens stora beroende av politiskt instabila områden som Mellanöstern, Afrika och Ryssland/Centralasien. Det största hotet mot denna utveckling är om oljepriset skulle falla kraftigt under flera år. Då blir de flesta alternativa

bränslen extremt olönsamma, vilket var fallet 1986.

Totalt investeras det hundratals miljarder dollar i olika anläggningar för alternativa bränslen. Flaskhalsarna består i brist på välutbildade ingenjörer och kapacitet för att tillverka nya anläggningar. Därför stiger investeringskostnaderna brant. 20 procent årlig kostnadsinflation råder för närvarande. De skenande kostnaderna har medfört att vissa stora projekt i Qatar och Nigera har skjutits på framtiden. Tillgången på odlingsbar mark kommer att sätta gränser för hur mycket växtbaserade bränslen som kan tillverkas. Däremot är tillgången på naturgas och kol tillräckliga för att kunna tillverka syntetiska bränslen i flera 100 år. Här kommer sannolikt

begränsningarna att bli restriktioner till följd av klimatpolitiken i de gamla industriländerna. Därför kommer vi att få se de flesta nya anläggningar baserade på kol byggda i Kina, Indien och Afrika.

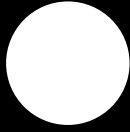
Bakgrund

PETROLEUM, FÖRST använt för tillverkning av fotogen som alternativ till valolja i lampor, började utvinnas 1860 i Pennsylvania, USA. Sedan cirka år 1900 har bensin använts för bilmotorer. Ford hade en vision om att köra T-Ford-motorn på etanol redan 1908. På grund av fallande bensinpriser blev detta inte konkurrenskraftigt.

Dieselmotorer, som tänder genom kompression och använder en tjockare oljefraktion, blev kommersiell på 1920-talet i fartyg och i lastbilar och maskiner under 1930-talet. Personbilar med dieselmotor började tillverkas i större skala på 1950-talet (Mercedes-Benz och Peugeot).

Europa har förhållandevis små förekomster av olja. I Tyskland utvecklades redan på 1920-talet en

metod, Fischer Tropsch-syntes, för att tillverka bensin och diesel från kol. Före och under andra världskriget byggde Tyskland flera stora anläggningar för att försörja flygvapnet och armén med syntetisk bensin tillverkad av brunkol. Att tillverka syntetisk bensin var väsentligt dyrare än att raffinera petroleum. Hitler-Tyskland hade därför 1939 världens högsta bensinpris.



FRAM TILL SLUTET av andra världskriget var USA världens största producent och exportör av olja och raffinerade oljeprodukter. År 1950 hade USA hälften av världens industriella kapacitet (BNP). Redan på 1950-talet ökade den industriella expansionen och bilismen behovet mer än oljeutvinningen kunde ökas. USA började importera olja, främst från Mexiko och Venezuela. När den första oljekrisen inträffade 1973, var USA till 30 procent beroende av importerad olja. Nixon beordrade 1974 ett program för Energy Independence.

När andra oljekrisen inträffade 1979/80 genomdrev Carter och kongressen mycket stora satsningar på alternativa bränslen. Samma sak skedde i Europa och Japan. Det innebar att man ersatte tjock eldningsolja med kol i kraftverk. Dessutom byggdes kärnkraften ut för att minska beroendet av olja i elproduktionen. Användningen av biobränslen och gas för uppvärmning tog fart.

GLOBAL PRODUCTION - CONVENTIONAL OIL

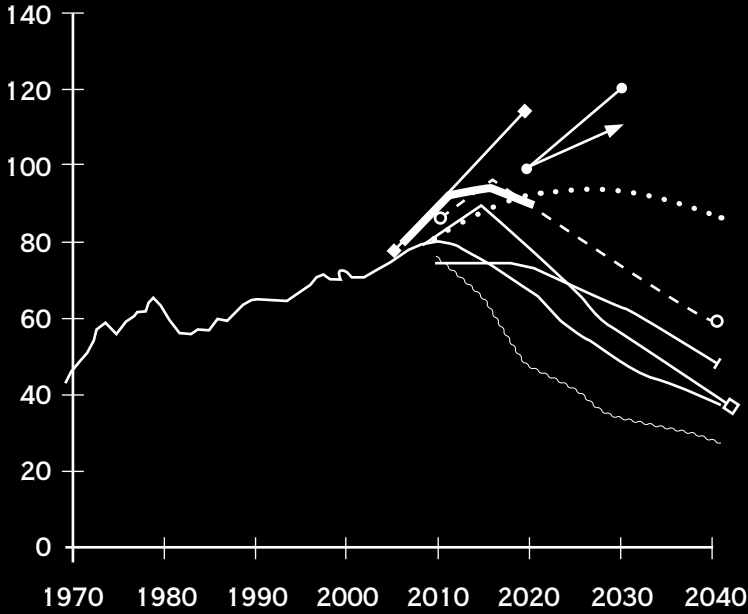


BILD 1 VISAR EN TIDSAXEL OM HUR
OLJEPRODUKTIONEN UTVECKLATS SEDAN
1970 OCH OLIKA PROGNOSEER TILL 2050,
ROGER BENTLEY ASPO 2005.

- IEA 2004
- Exxon
- POLES
- Odell
- - - - ○ EIA 2,2%
- ▬ IEA 1998
- Energyfiles
- ┌ Deffeyes
- U/Campbell
- ~~~~~ Ivanhoe

SJÖTRAFIKEN, FLYGET, vägtrafiken och jordbrukets maskiner är fortfarande helt beroende av petroleumprodukter. I dessa sektorer ökar efterfrågan på bränslen på grund av befolkningstillväxten och det ökande välstånd som följer av globaliseringen.

För att bevara mobiliteten i världen kommer vi att få en ökad produktion av flera sorters syntetiska bränslen (syntfuels). IEA i Paris har gjort ett antal prognoser för hur efterfrågan utvecklas och vad som behövs för att kunna tillgodose den. Syntetiska bränslen från kol, naturgas och biomassa är en stor del i deras strategi för 2030 och 2050.

OIL DEMAND BY SECTOR TOTAL 158 EJ/YR
IN 2003 2/3 TRANSPORT RELATED

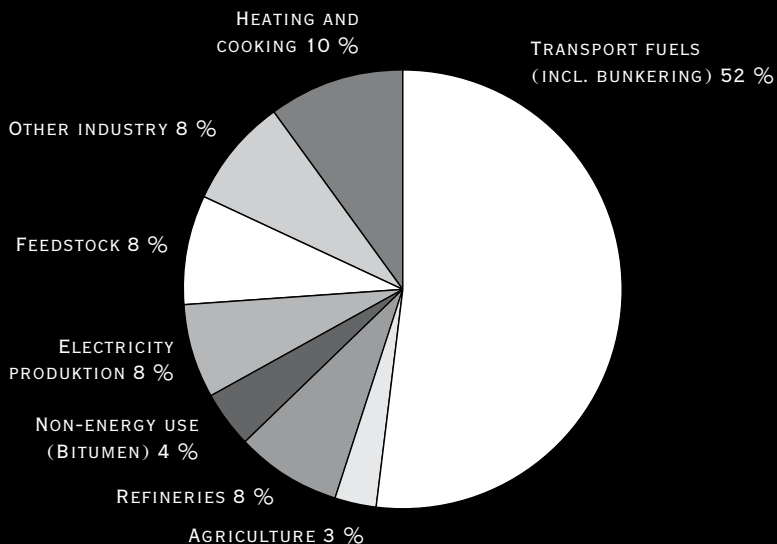


BILD 2 EFTERFRÅGAN PÅ OLJA EFTER SEKTORER, IEA 2003.

ENLIGT IEA ÄR INTE någon större risk att oljan tar slut. Världen har nu reserver som räcker 40 år till. 1974 antogs att reserverna skulle räcka högst 30 år. Det är mera en fråga om att diversifiera råvarubasen, eftersom den olja som finns kvar att utvinna blir allt dyrare och sannolikt orsakar knepigare miljöproblem. Exempel på detta är oljeutvinning i Arktis (på mycket stora djup utanför kontinentalsocklarna), tjärsandsgruvor i Kanada samt ökande svavelhalt i Mellanösterns olja.

Transportsektorn förefaller att ha störst betalningsförmåga för flytande bränslen. Därmed kommer andra delar i samhället som elproduktion, kemi och uppvärmning att växla över till andra råvaror såsom kol, gas, vind, sol och uran. Om vi får höga politiskt satta priser på koldioxidutsläpp, kommer troligen denna trend att förstärkas om alla sektorer beskattas lika.

SYNTETISKA BRÄNSLEN FRÅN
KOL OCH GAS, IEA.

- GTL is attractive if the stranded gas price is low (\$ 25/bbl crude equivalent)
- CTL is attractive if economies of scale reduce the cost (\$ 35–40/bbl crude)
- CTL will and GTL may increase supply security
- The fuel products reduce air pollution
- But they do not reduce tailpipe CO₂ emissions
- Processing emissions may be substantially higher w/o CO₂ capture

DET FINNS MÅNGA alternativa möjligheter att producera tillräckligt med bränslen för transportsektorn. Några exempel är:

- Okonventionell olja (tjärsand, oljeskiffer, arktisk olja etc.)
- FT bränslen från kol, naturgas, avfall, biomassa
- DME och Metanol
- Biobränslen: Etanol, biodiesel, rötgas

TILLFÖRSELPROJEKT, IEA 2005.

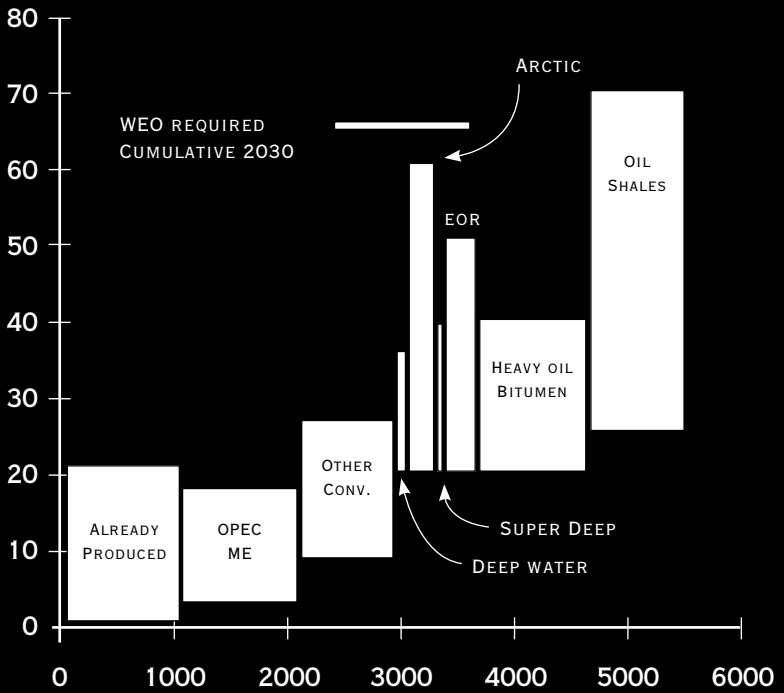


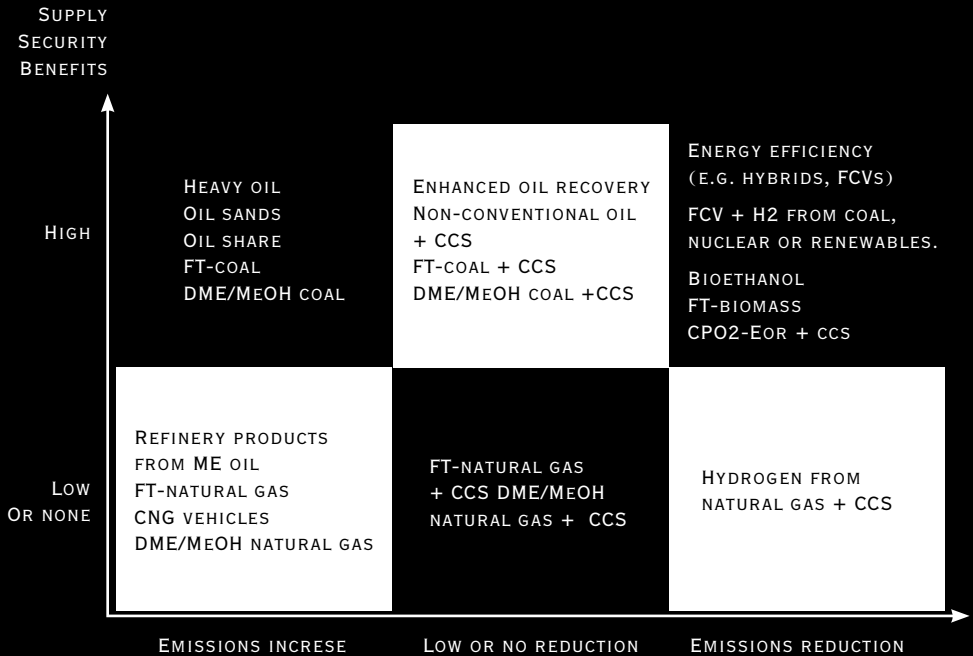
BILD 4 TILLFÖRSELPROJEKT, IEA 2005.

GEMENSAMT FÖR ALLA nya fordonsbränslen är att de kommer att vara dyrare att producera än råolja från Mellanöstern under lång tid. Anledningen är de extremt kapitalintensiva investeringar i processindustrier som tar närmare 10 år att bygga. Det innebär att det behövs någon form av incitament, så att investeringarna blir av. Inhemsk produktion av bränslen hjälper USA och vissa EU-länder att minska sina stora handelsbalansunderskott. En tillräckligt stor produktion i Kina, USA och Indien med flera, kommer att sänka det globala oljepriset. Det är sannolikt att de nya anläggningarna under vissa perioder kommer att vara företagsekonomiskt olönsamma, men ändå nationalekonomiskt och säkerhetspolitiskt motiverade. Man

kan förutsätta att länderna kommer att styra utvecklingen mot mer alternativa bränslen genom investeringsbidrag och skatter.

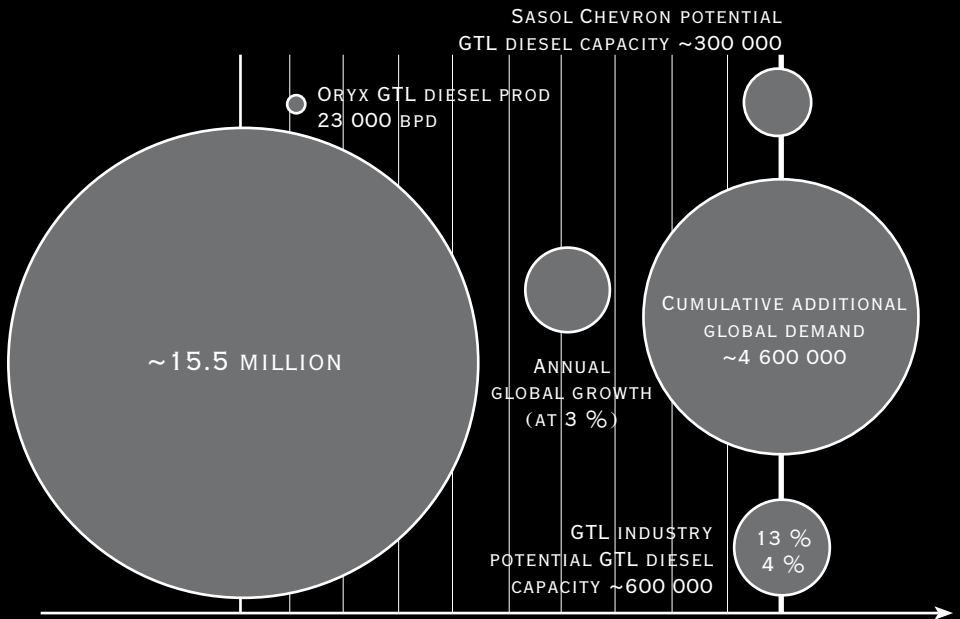
Dyrare bränsle kommer att påskynda trenden mot allt bränslesnålare fordon. En del i detta är sannolikt en övergång från otto- till dieselmotorer. Alla pågående projekt för FT-bränslen är inriktade på diesel, eftersom man förväntar en strukturell brist på diesel om nybilsförsäljningen i USA och Japan i större omfattning kommer att likna Europas.

MÅNGA KONKURRERANDE
MÖJLIGHETER, IEA.

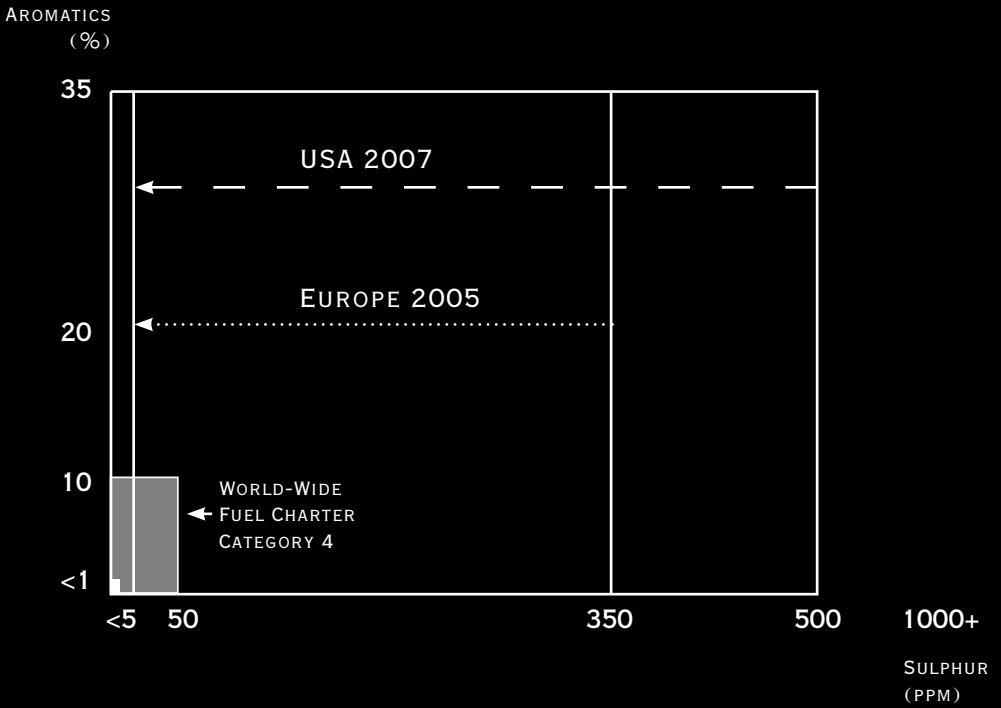


HÅRDARE MILJÖKRAV på dieslbilar kommer att driva på utvecklingen mot syntetiska bränslen. Dessa är ofta homogena och helt fria från svavel, tungmetaller med mera, till skillnad från de som tillverkas av petroleum. Därmed blir det enklare att bygga dieselmotorer med hög verkningsgrad och låga emissioner.

PROGNOS PÅ EFTERFRÅGAN PÅ DIESEL,
SASOL CHEVRON.



GTL AND FUTURE REGULATION



UNDER PERIODEN med höga oljepriser 1974–1986, fanns intresse för att framställa bensin och diesel ur kol. När oljepriset föll med två tredjedelar under 1986, stoppades de flesta projekt för syntetiska bränslen. Endast Sydafrika, som genom FN-sanktioner var utsatt för en ekonomisk blockad, satsade stora belopp på att utveckla en stor industri för syntetiska bränslen och kemikalier. Sydafrikas oljebolag Sasol är idag världsledande på att framställa bensin och diesel ur kol och naturgas. Sydafrika klarar halva sitt behov av fordonsbränslen med synfuels. Sasol är teknikpartner i flera nu pågående projekt för tillverkning av syntetisk diesel i Kina, Qatar, Nigeria och Algeriet. Shell har också metodiskt och framsynt utvecklat synfuels-tekniken, även under åren med låga världsmarknadspriser. De har en anläggning i Malaysia som av naturgas

tillverkar bränslet som kallas V100 i Europa. Shell levererade bränsle till den Audi diesel racersportvagn som vann LeMans 24 timmars.

Västeuropas länder, med undantag av England, Danmark och Norge (från 1970-talet) har alltid varit beroende av importerad olja. EU är numera till 85 procent beroende av importerad olja från Ryssland, Norge och Mellanöstern, och beroendet förväntas öka i takt med att reserverna i Nordsjön uttöms. USA importerar nu 65 procent av oljeproduktionen från främst Mexiko, Canada och Venezuela. Oljeimporten till Japan är 100 procent av behovet och har så alltid varit eftersom Japan saknar egen olja. Japan är mest beroende av Mellanöstern. Kina och Indien försöker öka importen från Afrika, exempelvis från Sudan, Angola och Nigeria.

Ett hot mot USA och Europas import är att regimer i Mellanöstern och Afrika föredrar att göra affärer med Asiatiska länder, eftersom dessa länder inte ställer några krav om mänskliga rättigheter och minskad korruption. Västerländska oljebolag får därför allt svårare att konkurrera om nya resurser och därför satsar alla stora oljebolag på att utveckla teknik för synfuels i olika former.

I vissa länder började man på 1970-talet tillverka etanol för användning i personbilar. Störst på etanol blev Brasilien. När oljepriset 1986 rasade, lades nästan alla program för tillverkning av alternativa bilbränslen ner. Det enda som klarade sig var etanol för bilbränsle i Brasilien, som på grund av sockerrörens låga pris var fortsatt konkurrenskraftigt. En stor del av bilparken i Brasilien har sedan 1980-talet körts på etanol och Brasilien är dessutom världsledande på flexifuelbilar.

Det som gjort petroleumprodukter som bensin, jetfuel och dieselolja

unik konkurrenskraftiga som fordonsbränslen, är dess låga framställningskostnader, höga energitäthet och lätthet att transportera och distribuera. De höjda oljepriserna sedan 2003 driver nu utvecklingen mot alternativa bränslen. Den beror på kraftigt ökad efterfrågan från länder som Kina och Indien, men också på att de mesta enkelt och billigt utvinningsbara reserverna av olja finns koncentrerade i det politiskt oroliga Mellanöstern. Det finns stora mängder olja på många andra ställen i världen, men den är oftast svårare och dyrare att utvinna och transportera till de områden där förbrukningen är störst.

Kolreserverna är mycket mera jämt fördelade i världen. USA, Kina, Indien, Ryssland och Australien har de största tillgångarna. Kol är också förhållandesvis billigt att utvinna, särskilt om man gör det i dagbrott. I Europa har Tyskland, Polen, Tjeckien, Ungern, Spanien, Bulgarien och Grekland betydande tillgångar av brunkol.

ALTERNATIVE FUELS

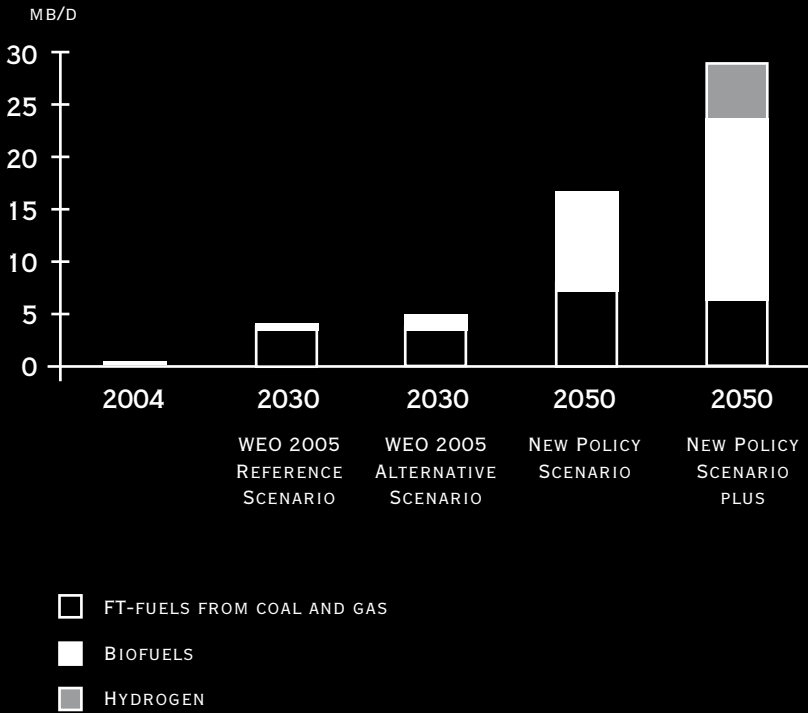


BILD 10 ALTERNATIVA BRÄNSLEN, IEA.

Vilka länder satsar på syntetiska bränslen?

KINA ÄR UTAN JÄMFÖRELSE det land som satsar mest på att öka kapaciteten för inhemska bränslen från kol. Man har pågående projekt som gör att de kommer att tillverka mer än 200 000 fat per dag, vilket är 12 miljoner ton kubikmeter diesel per år från 2011. Kina satsar också på tekniken för att tillverka baskemikalier såsom metanol. De kommer att omvandla en del av metanolen till gasen dimetyleter (DME), som främst avses som ersättning för småskalig koleldning i hushållsspisar. En stor del av luftföroreningarna och hälsoproblemen i städerna orsakas av kolanvändning för matlagning och uppvärmning, som i Europa fram till 1950-talet. Dimetyleter kan även användas som dieselbränsle.

Även Indien har stora planer på att följa Kinas exempel och använda kol

för tillverkning av flytande bränslen. Här finns ännu inga påbörjade projekt. De stora oljebolagen Shell, Chevron och Sasol bygger för närvarande anläggningar för omvandling av så kallad strandad naturgas till diesel, i länder som Nigeria, Qatar, Algeriet och Sydafrika (gas i ledning från Mozambique). Det handlar om gas som inte kan förbrukas lokalt, utan som annars hade fått kylas ner till -161°C och transporteras i kylfartyg. Om man i stället tillverkar diesel på platsen kan produkten skeppas i vanliga produkttankers.

USA, som sedan 1970-talet investerat miljarder dollar i teknisk utveckling av syntetiska bränslen, har nu återupptagit projektering av anläggningar för syntetisk jetfuel och diesel. Råvarubasen kommer i första hand bli petroleumkoks

(petcoke), vilket är en svåränvänd men energirik avfallsprodukt från raffinaderier. Petcoke består av kol, svavel och tungmetaller såsom nickel. I takt med att man använder allt tyngre råolja ökar tillgången på petcoke. Dessa förgasningsanläggningar kan ses som ett sätt att använda oljans energiinnehåll fullt ut. I förgasningsprocessen är det också möjligt att blanda in sopor, skogsavfall, rötslam från reningsverk, bituminösa kol etcetera, som har en högre vätehalt än petcoke. Det blir därför ekonomiskt fördelaktigt att använda en mix av dessa råvaror. De första anläggningarna i USA kommer troligen att byggas längs Mississippifloden. Med stor sannolikhet kommer man att bygga dem bredvid befintliga raffinaderier, så att man kan optimera de olika energiflödena.

Amerikanska försvaret är pådrivande för synfuels. De vill utveckla ett dieselliknade bränsle, "battlefield fuel", som kan användas såväl till jettflygplan, helikoptrar, landfordon, fartyg och i framtidens bränsleceller. Idag hanterar amerikanska försvaret fem olika flytande drivmedel. Man flyger redan tester med en B52-bombare på "battlefield fuel" till-verkad av naturgas av företaget Syntroleum.

Flera delstater, såsom Montana, Wyoming, Indiana och Ohio, vill få federala investeringsgarantier för att bygga förgasningsanläggningar som omvandlar kol till diesel. Där skulle man kunna avskilja processens koldioxid och deponera den 1 000 meter ner i marken. Jordbrukslobbyn har hittills lyckats sätta stopp för dessa planer.

I Tyskland pågår en stor satsning av företaget Choren för att omvandla biomassa och sopor till syntetiska bränslen. Detta marknadsförs som SunFuel. De har byggt en pilotanläggning i Freiberg och har en halvskaleanläggning under byggnad i Lubmin. Det är stora mängder biomassa som förbrukas. En kubikmeter per år ger cirka 180 000 kubikmeter miljödiesel som kan distribueras tillsammans med mineraloljebaserad diesel. Man projekterar en fullskale-anläggning som ska integreras med ett befintligt kemikombinat för att få bästa möjliga ekonomi.

I Sverige har Chemrec satsat på svartlut, som är en viktig biprodukt i pappersmassabrukens process. Den brukar normalt förbrännas för att tillverka processånga, men Chemrec

hävdar att man kan få ut mer värde ur voden genom att förgasa luten till syntesgas som omvandlas till metanol och därefter dimetyleter. Syntesen ger stora mängder spillvärme, så att det räcker till processånga. Denna anläggning bör därför byggas ihop med ett massabruk med befintlig infrastruktur, där man kan optimera energiflödena och entalpierna i de olika processerna. Därmed kan Chemrecmetoden bli lönsam och effektiv, även i relativt små anläggningar. Främst är det intressant för fordonsflottor som konverteras till att köra på gasen dimetyleter. Timmerbilar som levererar ved till bruken och lokala bussar och sopbilar är typiska kunder.

Tekniken för syntetiska bränslen

Det finns två huvudvägar till syntetiska bränslen

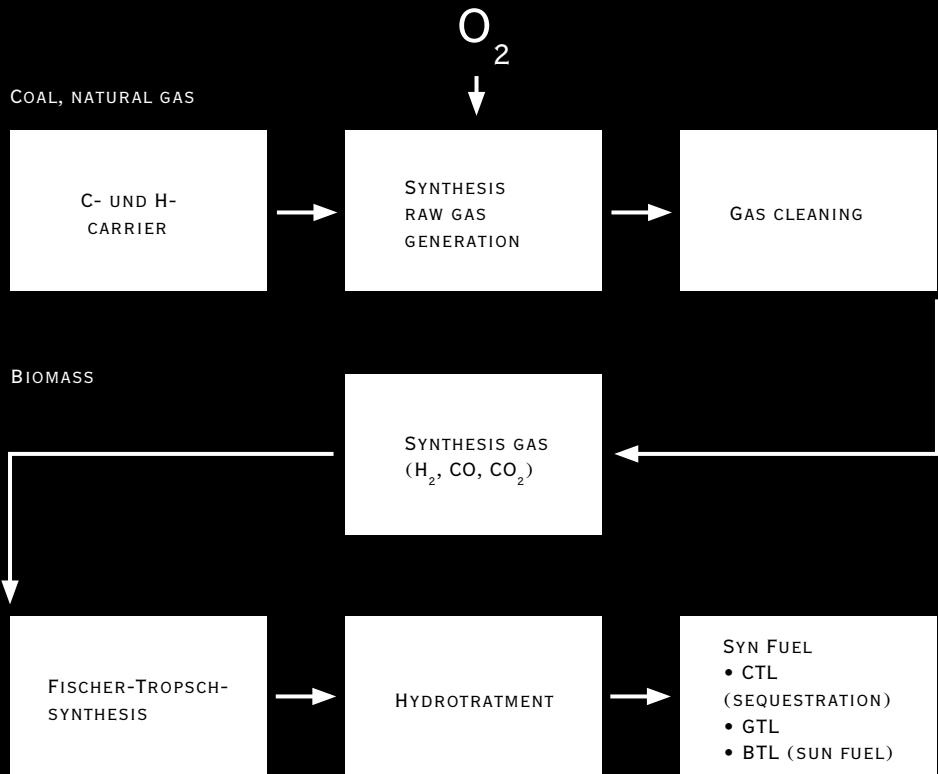
- Förgasning till mellanprodukten syntesgas och därefter syntes.
- Fermentering/biologisk nerbrytning med hjälp av jästsvampar, enzymer eller bakterier.

Förgasning

VÄTGASEN ÄR ETT AV DE MEST VÄRDEFULLA ämnena inom kemisk processindustri. Den är en viktig beståndsdel i flertalet kemiska synteser. Alla organiska material innehåller kol och väte i olika proportioner. Utifrån olika råvaror (se bild) såsom kol, tjocka restoljor, naturgas, biomassa, sopor och svartlut, kan man genom förgasning tillverka mellanprodukten syntesgas. Enkelt uttryckt är det fråga om ofullständig förbränning med syrgas och vattenånga närvarande vid hög temperatur (1 000–1 500°C). Den råa heta syntesgasen

består av vätgas och kolmonoxid. Därtill kommer föroreningar som aska, svavel, tungmetaller, koldioxid, cyan och kväve. Föroreningarna tas bort i flera olika reningssteg. Syntesgasen måste vara helt fri från miljömässigt problematiska ämnen såsom svavel och tungmetaller, för att den ska gå att använda. Syntesgasen kan uppgraderas i en skiftreaktion så att mängden vätgas ökar. Det finns två huvudvägar för att göra bränsle av syntesgasen, Fischer Tropsch (FT) eller metanolsyntes.

FORDONSBRÄNSLE PRODUCERAT GENOM FÖRGASNING OCH SYNTES, VW.



Fischer Tropsch (FT)

Fischer Tropsch där man via katalytiska processer framställer olika kolväten, exempelvis bensin, diesel, jetfuel eller vax. Genom uppgradering med hydrocracking i flera steg kan man få fram ett homogent och svavelfritt bränsle. Detta syntetiska bränsle har bättre förbränningsegenskaper än konventionella mineraloljebaserade bränslen.

Metanolsyntes

Denna är mer energieffektiv än Fisher Tropsch, men metanol som bilbränsle har fyra nackdelar:

- Giftigt.
- Brinner med en osynlig låga.
- Låg energitäthet jämfört med bensin och diesel.

- Hygroskopiskt (d.v.s. suger upp vatten ur luften) kan därefter separeras från bensinblandning. Kan också orsaka korrosion i bränslesystemet.

Det svenska Chemrecprojektet och Shells projekt i Kina innebär att man uppgraderar metanolen till dimetyleter (DME), som har goda förbränningsegenskaper i dieselmotorer. Denna kondenseras enkelt vid -24°C , och hanteras ungefär som propangas i enkla trycktankar. Livscykelanalyser från exempelvis Volvo visar att detta ger ett högt totalt energiutbyte.

Problemet med förgasning och Fisher Tropsch-bränslen är att processen är energiintensiv. För att optimera energiutbytet bör processanläggningen

integreras med en annan industri som behöver vätgas, högtrycksånga och spillvärme. För att kunna effektivisera processen måste anläggningarna byggas i stor skala.

Massa och pappersbruk, raffinaderier, kemisk basindustri och även etanolfabriker kan samlokaliseras med förgasningsanläggningar. Fjärrvärmesystem är också troliga mottagare av spillvärmen. Då kan förgasningsanläggningarna byggas i något mindre skala.

En apparat som Choren i Lubmin förbrukar en miljon ton biomassa för att producera 180 000 kubikmeter bränsle. Totalt förbänns i Sverige 3,5 miljoner ton avfall. Den teoretiska potentialen för att göra motorbränslen

av avfall, är i storleksordningen 400 000 kubikmeter per år.

Fermentering

I tusentals år har människan framställt etanol (etylalkohol). Normalt omvandlar man druvsocker till etanol genom jäsning (fermentering). Det är exempelvis metoden för att framställa vin. För att öka råvarubasen kan man utgå från stärkelse (vete, potatis, malt, majs etc.) som enkelt uttryckt är långa kedjor med sockermolekyler. Dessa bryts ned till socker i samband med jäsningen. Så gör man bland annat brännvin, öl och whisky.

Om man vill ha en ännu större biologisk råvarubas bör man utgå från skogsråvara och gräs, det vill säga cellulosa. Denna består också av

långa kedjor sockermolekyler, men de är hårdare kemiskt bundna. Man behöver här nya smarta enzym, för att bryta ner cellulosa och lignin till enkla sockerarter. I närmare 100 år har man försökt att få fram en effektiv process för detta. Företag som bland andra Shell och Novozymes har utvecklat enzym som klarar uppgiften, men hittills bara i pilotskala. Man har stora förhoppningar att kunna kommersialisera processen de närmaste 10 åren och kallar detta ofta för andra generationens etanolfabriker.

Även dessa anläggningar behöver stora mängder processvärme. För att det ska bli energieffektivt behöver man bygga ihop dem med andra processindustrier eller kraftverk som har överskott på lågtemperaturånga.

En annan variant på fermentering är bakteriell nedbrytning av organiska ämnen till metangas (biogas). Detta förekommer naturligt i soptippar, gödselstackar och reningsverk. I småskaliga anläggningar kan man fånga upp biogasen, rena den från svavelväte, ammoniak, och koldioxid samt därefter komprimera metangasen och använda den i fordon. Detta brukar kallas biogas. Den kan blandas med naturgas och transporteras i vanliga rörledningssystem.

Jordbruksbränslen

KLIMATFRÅGAN HAR ÖPPNAT nya möjligheter för jordbrukslobbyn att driva på utvecklingen av alternativa bränslen. I samband med oljekriserna på 1970-talet var argumenten främst alternativa bränslen för minskat importberoende. Fram till början av 1960-talet var Europa alltid nettoimportör av livsmedel. EU skapade en jordbrukspolitik med höga tullar, och därav höga matpriser, som skulle öka självförsörjningsgraden. Denna politik blev mycket framgångsrik och snabbt industrialiserades lantbruket med mycket effektivare metoder – den gröna revolutionen. Det har lett till att EU sedan 1970-talet haft stora överskott på spannmål, oljevaxter, smör och kött som fått exporteras till andra världsdelar med stora förluster, betalda av konsumenterna

i EU. Bönderna är 3 procent av EUs befolkning, men halva EUs budget används för att stödja jordbruket. Dessutom betalar konsumenterna 30 procent mer för maten än om den sålts till världsmarknadspriser. Man kan konstatera att jordbrukets organisationer är de mäktigaste av alla lobbyintressen i EU-systemet.

Jordbrukslobbyn i USA är minst lika inflytelserik som den inom EU. USAs jordbruk är världens mest effektiva och har producerat ett överskott varje år sedan 1870-talet. Överskottet säljs på världsmarknaden till låga priser. Denna politik med subventionerad export från EUs och USAs sida gör att jordbruket i u-länderna har svårt att klara sig i konkurrensen. Därför försöker man där hitta nischer såsom energigrödor. I Sydostasien friläggs

stora arealer för att producera palmolja, sockerrör och jatropha som är ett energigräs.

Sedan början av 1980-talet har det funnits olika projekt för att producera bilbränslen som etanol och biodiesel från jordbruksgrödor såsom vete, majs, soja, raps och sockerbetor. Tanken har varit att använda överskottsproduktionen inom EU och USA och därmed minska exporten av subventionerade livsmedel till u-länderna. När orsakerna till klimatförändringar började studeras vetenskapligt på 1980-talet, så ansågs jord- och skogbruket som en mycket väsentlig del av den totala antropogena påverkan.

Genom att förbjuda den oktanhöjande bensintillsatsen MTBE uppkom en stor efterfrågan på etanol i USA. Det har de senaste två åren resulterat i stora investeringar i etanolfabriker – som i första hand baseras på majs. Detta har förorsakat en 60-procentig prishöjning på majs, vilket slår hårt mot uppfödare av höns och svin. Genom att världsmarknadspriset stigit så kraftigt har man fått så kallade Tortilla-

kravaller bland fattiga i Mexico. Många etanolfabriker hämtar processenergi från kol eller naturgas, vilket medför att klimatpåverkan netto kan bli negativ jämfört med MTBE.

USA importerar även etanol från Brasilien för att möta raffinaderiernas efterfrågan.

DoE har lanserat ett nytt program på 1,2 miljarder dollar för att få fram ny teknik för att framställa etanol från avfall som träflis, apelsinskal och sopor. Historiskt sett har jordbruket, särskilt risodling, och ändrad markanvändning haft större påverkan på klimatet än utsläpp av klimatgaser från fossila bränslen (Bolin 1986). Men jordbrukets roll för antropogen klimatpåverkan har definierats bort genom politiska beslut i EU och i IPCC processen.

Vägen till framgång

AFFÄRSIDEN VID PRODUKTION AV SYN-fuels är att utnyttja skillnaden mellan oljepriset och andra råvaror som naturgas, kol, petcoke, svartlut eller avfall. Alla processer för att framställa synfuels är kapitalintensiva. Dessutom förbrukar framställningsprocesserna stora mängder energi.

Produktionskostnaderna för ett ton bränsle, eller 1 MWh bränsle, bestäms främst av:

- Investeringskostnaden
- Finansieringskostnaden, d.v.s. räntan
- Energieffektiviteten i omvandlingsprocessen
- Råvarukostnaden
- Miljöskyddsåtgärder i värdekedjan

Risken för ett varaktigt fallande oljepris är den största affärsrisken.

En annan risk är naturligtvis stigande råvarupriser, framför allt hos naturgas, kol och biobränslen. Kan man använda avfall i processen och få betalt för dess upparbetning är det idealiskt.

Det finns stora vinster – ekonomiskt och energimässigt – att integrera de nya synfuelanläggningarna med befintliga energiintensiva industrier. Exempel på detta är massabruk, raffinaderier, kemikombinat typ Stenungsund, kraftverk och sopförbränningsanläggningar.

Nyckeln till framgång för synfuelanläggningar är att:

- a) Finna en billig råvarubas.
- b) Minimera transportkostnader.
- c) Minimera miljöpåverkan.

- d) Dela befintlig infrastruktur (vedgårdar, transportsystem, elnät, fjärrvärmenät, cisterner, hamnar etc.).
- e) Kunna utnyttja entalpitrappor, d.v.s. sälja ånga och annan spillenergi.
- f) Tillverka en produkt som går att sälja till ett premiumpris.
- g) Använda det befintliga distributions-systemet för fordonsbränslen.

Syntetisk diesel och bensin kan blandas och distribueras i befintliga system. Alkoholer kräver separat distribution fram till det lämnar bensindepåerna, annars riskerar man att den suger åt sig vatten under lagringen. Gasformiga ämnen måste distribueras och lagras i trycktankar. Man måste skapa en helt ny infrastruktur.

Kostnader

DET FINNS EN STOR mängd studier om vad det kostar att framställa olika bränslen fritt från subventioner. Generellt sett gäller att de som kommer från teknikleverantörer och projektutvecklare tenderar att underskatta kostnaderna. Vi har därför valt att använda ekonomiska data från investmentbanken Goldman Sachs. Eftersom de representerar investerarna på kapitalmarknaden, bedömer vi att de inte har något incitament att komma med glädjekalyler eller gynna någon speciell råvara eller teknik.

Investerings/projektkostnaderna kan variera stort. I Qatar pågår för närvarande två likvärdiga projekt för att tillverka syntetisk diesel från naturgas med FT-processen. Investeringskostnaden är beräknad på produktionskapacitet bpd (fat

per dag), där 1 bpd är lika med 58 kubikmeter per år. Biobränslebaserade anläggningar beräknas kosta minst dubbelt så mycket i investering per kubikmeter produktionskapacitet än naturgasbaserade, eftersom de innehåller ett mer avancerat förgas- och gasreningssteg och knappast kommer att byggas i större skala än 10 000 fat olja per dag ($0,58 \text{ Mm}^3 / \text{år}$).

Enligt Goldman Sachs analys kommer de bästa GTL-anläggningarna, som Oryx att vara konkurrenskraftiga vid en produktionskostnad som motsvarar ett produktpris på 30 \$ per fat diesel, det vill säga 1,35 kronor per liter.

De dyraste naturgasbaserade anläggningarna såsom Shell Pearl, kostar cirka 60 \$ per fat, vilket är 2,50 kronor per liter. Alla kapitaltunga

investeringar är naturligtvis känsliga för om staterna höjer skatten på råvaran, men när de väl är färdigbyggda har bolag som Shell inte mycket att sätta emot. Sannolikt kommer man att sätta igång för att få täckningsbidrag.

De anläggningar som nu byggs i Kina för att tillverka diesel genom förgasning av kol förväntas producera diesel för cirka 2 kronor per liter. Samma storleksordning för produktionskostnader gäller för de förgasningsanläggningar för Petcoke/avfall som planeras i USA. Man kan förvänta sig att dessa kostnadsuppskattningar kommer att revideras uppåt.

Alla etanolproducerande anläggningar i USA och Europa är företagsekonomiskt olönsamma vid dagens priserelationer mellan vete, majs, soja och diesel. Industrin lobbbar nu för ökade subventioner. Den dag lantbruket föredrar att köra sina maskiner på inhemska biobränslen utan subventioner, då har vi fått uppleva ett stort teknologiskt genombrott.

NÅGRA EXEMPEL PÅ KOSTNADER FÖR OLIKA PROJEKT:

SASOL/CHEVRON PROJEKT ORYX (färdigt i slutet av 2006)

Kapacitet 33 000 bpd = 1,9 Mm³/år
Investering 1,0 Mdr \$
Kostnad bpd = 30 000 \$

SHELL PEARL

Kapacitet 140 000 bpd = 8,1 Mm³/år
Investeringen uppgavs i april 2006 till 6,3 Mdr \$. Enligt uppgifter i WSJ har nu kostnaderna skenat – projektet beräknas kosta upp mot 20 Mdr \$ och bli minst ett år försenat. Den specifika investeringskostnaden har i så fall ökat från bpd 45 000 \$ till 150 000 \$.

EXXON GTL PROJEKT I QATAR (Exxon har meddelat att de stoppat projektet)

Planerad kapacitet 154 000
bpd = 8,9 Mm³/år
Investering 7,8 Mdr \$

Enligt WSJ riskerade investeringskostnaderna att öka till 20 Mdr \$.

CHEVRON/SASOLS PROJEKT I NIGERIA (Beräknas vara färdigt 2010)

All infrastruktur får byggas från grunden.
34 000 bbl/d = 2,0 Mm³/år.
Investering 1,7 Mdr \$ (2006) beräknas nu (2007) bli mer än 4 Mdr \$.

Skandinaviska aktörer

SVERIGE OCH SKANDINAVIEN har goda förutsättningar för att vara föregångare på biobränsleområdet. Sverige var tidigt ute med satsningar på etanol som fordonsbränsle. Sedan 1980-talet har ett antal olika etanolprojekt genomförts och försvunnit beroende på hur beskattningen utformats. Ledande aktörer har varit olika företag och organisationer inom lantbruket.

När det gäller nästa generations biobränslen för dieselmotorer har Sverige ännu inte lika många aktörer. Det är möjligt att den tidiga fokuseringen på etanol för ottomotorer är en orsak till detta.

Sverige har också haft ett antal projekt inriktade på metanol. Metanolprojekten var från början baserade på förgasning av kol och högsavlig tjockolja.

Idag är metanolprojekten inriktade på cellulosa och samlokalisering med pappersmassatillverkning. Miljödebattören Björn Gillberg har dragit igång företaget VärmlandsMetanol AB tillsammans med LRF. VärmlandsMetanol ska uppföra en förgasningsanläggning i Hagfors för produktion av metanol samt fjärrvärme och eventuell el av skogsråvara med förgasningsteknik.

Sverige har också haft ett antal pionjärprojekt inom pressning av oljeväxter. Pressad olja kan blandas direkt i dieselolja eller förestras till RME så att det till fullo kan ersätta diesel. Detta bränsle brukar kallas för första generationens biodiesel. Insatsråvaran för RME är raps.

De största svenska projektet för

biobränsle för dieselmotorer är Chemrec och AB Volvos satsning på DME. Chemrec har en teknik för förgasning av biomassa i så kallad svartlut från massaindustrin, för att producera biodrivmedel eller el. En testanläggning är i drift i Piteå och bolaget siktar nu på kommersialisering av tekniken. Nyligen har företaget tagit in kapital från Volvo Technology Transfer och amerikanska riskkapitalbolaget Vantagepoint Venture Partners. AB Volvo har tagit fram DME-anpassade lastbilmotorer och företaget anser att DME är det biobränsle som ger det mest effektiva utnyttjandet av insatsråvaran. Dessa kalkyler bygger på integrerad produktion i processindustrier.

DME är gas som måste hanteras i trycktank på samma sätt som gasol.

Den kräver separata distributionssystem och fordonsanpassning. Därför lämpar sig DME initialt bäst för försörjning av anpassade fordonsflottor som opererar i anslutning till distributionsnäten.

Förbränning av svartlut från kemiska massabruks sodapannor ger idag 30 TWh energi per år. Idag används energin främst för processånga och cirka 10 procent till elproduktion. Skulle svartluten istället förgasas ökar den totala verkningsgraden i processen. Potentialen för fordonsbränsleproduktion från svartlut motsvarar ungefär 25 procent av dagens förbrukning av fossila drivmedel för transportsektorn, enligt Energimyndigheten.

DME från svartlut har en avsevärd kommersiell potential för fordonsflottor.

Enligt Sveriges Åkeriföretag utgör skogsindustrins egna transporter närapå en femtedel av den totala godstrafiken på väg, räknat i ton kilometer. DME skulle kunna användas för skogsbrukets transporter och maskiner och därmed göra skogindustrin mindre känslig för förändringar av energipriset.

På samma sätt kan man tänka sig att fordonsflottor som till exempel stadsbussar, sopbilar och taxi skulle kunna använda DME som bränsle. Det skulle i så fall handla om samma strategi för distribution och användning som idag används för fordonsgas.

I Värnamo finns en försöksanläggning för förgasning av biobränsle som byggdes av Sydkraft på 1990-talet för elproduktion. Idag försöker ett antal intressenter, tillsammans med Energimyndigheten, starta om anläggningen för att testa produktion via syntesgas av biodrivmedel såsom DME, FT-diesel eller metanol. Anläggningen har en produktionskapacitet på 18 MW och till skillnad från Chemrec kan bränslet tillverkas av flera olika insatsråvaror som till exempel sopor och flis. Under

sommaren 2007 har dock en av finansiärerna bakom Värnamoprojektet hamnat i ekonomiska svårigheter vilket kan hota projektet.

Även Göteborg Energi och Eon har planer på förgasning av biobränslen för produktion av FT-diesel.

I Finland har Neste startat en produktion av något som de själva kallar för nästa generations biobränsle. Nestes så kallade NExBTL är pressade växtoljor eller djurfett, till exempel palm- eller rapsolja, som behandlas med vätgas. Bränslet uppfyller enligt Neste biltillverkarnas högsta krav och bränslet är helt fritt från svavel, aromater och syre. Produktionen har startat 2007 i Porvoo i Finland, med en årskapacitet på 170 000 ton. År 2009 avser Neste att producera ytterligare 170 000 ton i Finland, och målet är att år 2012 globalt kunna producera över 2 miljoner ton NExBTL. Neste ser NExBTL-processen som ett mellansteg mellan föresträngning av växtolja och FT-biodiesel via förgasning. Fördelarna är

enligt Neste att investeringskostnaden är väsentligt lägre än vid förgasning. Vid integrerad produktion i anslutning till raffinaderi finns redan allt som behövs för att tillverka NExBTL, utom tillgång till biobränsle. Den begränsade faktorn för produktion av stora volymer av NExBTL är, enligt Neste, försörjning med och transporter av insatsråvaran.

I Norge har Norske Skog och Hydro startat en förstudie för att undersöka möjligheterna att producera BTL via förgasning.

Det finns en stor potential för produktion av fordonsbränslen genom att bygga ihop olika processindustrier. Särskilt intressanta är möjligheterna för skogsindustrin att få total kontroll över sin kostnadsutveckling. Ett annat område är kemiska processindustrier

som idag är pressade av höga energikostnader. När lönsamheten är större för att producera fordonsbränslen än för elproduktion, kan vi få se integrerade processer med både tillverkning av olika kemikalier och fordonsbränslen. Insatsråvaror är till exempel naturgas, sopor och biobränslen. Idag talar många inom industrin om kombinat där man blir experter på att ta tillvara alla råvaru- och energiflöden, samtidigt som man minskar exponeringen mot höga kostnader för el- och gasnät samt för transporter.

Referenser

KONFERENSDOKUMENTATION

UNECE Sustainable Energy, Geneve 2006

Gasification 2006 Washington

GTL 6 Conference London 2006

Gasification 2005 San Fransisco

Pittsburgh Clean Coal Conference 2005

Aspo Peak Oil Conference, Lissabon 2005

RAPPORTER

IEA World Energy Outlook 2006

Goldman Sachs Commodities, research November 2006

RVF Avfall Sverige 2005

Marc Jaccard: Sustainable Fossil Fuels,
Cambridge University Press 2005

TIDNINGSKÄLLOR

Wall Street Journal

Financial Times

INTERVJUER

W Reinecke, head R&D Sasol, 14 september 2005

J Hutton Syntroleum, 10 april 2006

G de Kort, Shell, 11 april 2006

OMVANDLINGSAKTORER

Volym råolja 1 barrel (bbl) = 159 liter

Produktion råolja 1 fat per dag (bpd) = 58 m³/år

Volym produkter 1 US gallon = 3,71 liter

1 \$ = 7 SEK

1 € = 9 SEK



STEFAN BJÖRKLUND & ANDERS YDSTEDT