

ALKOHOLER I MOTORBENSIN

ETANOL

Åke Brandberg
Bengt Sävbark

ECOTRAFFIC R&D AB

SAMMANSTÄLLNING FÖR SVENSKA STATOIL AB

ALKOHOLER I MOTORBENSIN - ETANOL

INNEHÅLL	Sida
0. Sammanfattning	1
1. Bakgrund	3
2. Ursprung, råvaror, tillverkning	4
3. Alkoholer som bensinkomponent	6
3.1 Låginblandning - definition	6
3.2 Blandningars egenskaper	6
-- Oktantal	6
-- Densitet, energiinnehåll	9
-- Flyktighet	9
-- Stabilitet	10
3.3 Distribution, hantering	11
3.4 Användning av alkoholinblandad bensin	13
3.5 Kostnadsaspekter	14
4. Införande - synpunkter	18
Ord- och förkortningsförklaringar	19
Referenser	21

ALKOHOLER I MOTORBENSIN - ETANOL

0. SAMMANFATTNING

- Med alkoholer i bensin avses främst inblandning i så låg halt att blandningen kan användas av hela den befintliga bilparken med ottomotorer. Detta innebär 5 - 7 vol-% etanol eller 2 - 2,5 mass-% syrehalt. Svensk standard och EG-direktiv sätter begränsningar, som dock innebär att mer än 5 vol-% etanol inte får användas. Den kan dock kompletteras med andra oxygenater, t ex etrar som redan finns i en stor del av bensinen.
- Moderna bilar med reglerande lambda-sond-system kan använda flera gånger högre halter av oxygenater.
- Alkoholer för inblandning måste vara i det närmaste vattenfria.
- Motoralkoholer har höga oktantal men tenderar att höja bensinens ångtryck. Anpassning av denna bör göras (ny basbensin) för att innehålla specifikationer men innebär också att de utnyttjas som komponent efter sitt bästa värde.
- Alkoholblandad bensin kan sjötransporteras och lagras (undantag bergtrum med rörlig vattenbädd) om vissa förberedelser och och anpassningar av systemet görs för att avlägsna befintligt vatten och hindra inträngande av fritt vatten. Kostnader för sådan anpassning, inkl materialanpassningar främst på bensinstationer, beräknas vara i storleksordningen 1 - 2 öre per liter bensin.
- Sedan systemet väl är anpassat är erfarenheten att det håller sig "torrt" genom att bensinen har större löslighet för vatten och ansamling av sådant inte sker.
- Växling mellan bensin med och utan alkohol bör undvikas då en del av startåtgärderna måste göras om och blandningar dememellan kan få otillåtet hög flyktighet (förhöjd avdunstningsutsläpp). Detta innebär också att bilisten inte omväxlande bör köra på bensin med och utan alkoholinblandning.
- Tillblandning kan ske både på raffinaderi, varvid förändringar i det befintliga systemet blir minst, eller på depå. I det senare fallet behövs mer ny utrustning för lagring, blandning (alkohol, basbensin) och utlastning och produktkontrollen flyttas från raffinaderiet till depån, vilket innebär en ny rutin och kostnader samt större risk för fel.
- För bilisten märks inte låginblandningen alls vad beträffar körbarhet, med ångläsproblem heta sommardagar (försvårad återstart med varm motor) som möjligt undantag. Vintertid slipper han kostnad för ev använd karburatorsprit.
- Avgasutsläppen av kolmonoxid och oförbränt bränsle minskar något, mot vilket kan stå en tendens till svag ökning av kväveoxidutsläppen i moderna bilar med lambda-sond-system.

- Låginblandningen var på 80-talet relativt vanlig i Västeuropa (Oxinol, baserad på billig metanol från naturgas) och förekommer med etanol i USA (Gasohol). Nu är intresset fokuserat på etanol av bioursprung. Sådan finns i viss utsträckning på marknaden och nyproduktion övervägs. Dess högre tillverkningskostnad är acceptabel genom stor skattedifferentiering (f n 308 öre/liter plus moms).
- Direktanvändning av alkoholer i bensen kan betr kostnaden vara fördelaktigare än för etrar vid höga produktionskostnader för dessa, t ex med utgångspunkt från paraffinkolväten. Detta bör studeras närmare.

1. BAKGRUND

1.1 Etanol/metanol - Brasilien/Europa

Användning av de lägre alkoholerna, metanol, etanol och butanol (TBA, tertiär butylalkohol) i bensin är inte något nytt. Det har i modern tid (senaste 20 åren) skett i större eller mindre grad under olika perioder. I Brasilien har etanol (regulator för överskott inom sockerindustrin) nästan alltid funnits i bensinen i varierande halt men har sedan Proalccol-programmet startade stabiliserats på en halt av 22 vol-%. Bilarnas bränslesystem har ställts in för denna blandning. I andra länder har alkoholer i lägre inblandning i bensin använts för befintlig bilpark som partiell ersättare för råoljebaserade komponenter sedan den första "oljekrisen" 1974. Drivkraften har då varit ekonomisk, billig metanol och höga oljepriser eller skattemässigt gynnad alkohol (etanol i USA och på senare tid även i Frankrike).

I Västeuropa nådde användningen som högst ca 1,3 Mt metanol/TBA per år 1986, främst i Västtyskland, Österrike och Benelux. Det var främst oberoende distributörer som av ekonomiska skäl gjorde detta men även de stora oljeföretagen deltog. Efter oljeprisfallen minskade användningen drastiskt och är nu under 100.000 t/år.

1.2 Etanol - USA

I USA introducerades s k "Gasohol" (bensin med 10 vol-% etanol) grundad på en dispens från bestämmelserna om vad bensin är i Clean Air Act 1970. Dispenser erhöles även för andra blandningar av metanol och högre alkoholer och för GTBA (gasoline grade TBA). Etanolanvändningen steg under 80-talet till en nivå på ca 3,0 miljoner m³/år, nästan helt baserad på majs, och har legat där sedan dess. I de jordbruksproducerande staterna har Gasoholens marknadsandel av bensinförsäljningen varit så hög som 10 - 40 %. Som följd av den nya lagstiftningen, Clean Air Act Amendment 1990, som föreskriver användning av oxygenater under vissa förhållanden, förutspås nu en ökad etanolanvändning även om huvuddelen kommer att vara etrar. Etanolen kan dock också vara råvara för etrarna ETBE och ETAE, då de också omfattas av den gynnsammare beskattningen.

1.3 Oxygenater - annan råvarubas

Oxygenaterna har blivit ett medel att åstadkomma drivmedel med lägre skadliga utsläpp för hälsa och miljö. På senaste tid har tillkommit aspekten om möjlig klimatpåverkan genom utsläpp av växthusgaser, främst fossil koldioxid, från trafiken.

Alternativa drivmedel eller drivmedelskomponenter med oxygenater som den mest intressanta typen har således tre ben att stå på:

- * Breddad råvarubas (i första hand fossil naturgas) för att minska (import)oljeberoendet och det ökade beroendet av Mellanöstern.

* Sökandet efter drivmedel med lägre hälso- och miljöskadliga utsläpp såsom reformulerad bensin och alkoholdrivmedel.

* Icke fossila råvaror för att motverka växthusgaseffekten. Med biomassa-råvara torde alkoholerna vara den naturliga produkten som lätthanterligt, flytande drivmedel.

2. URSPRUNG. RÅVAROR. TILLVERKNING.

2.1 Fossilt resp biomassursprung

Drivmedlens ursprung har blivit ny fråga för att påbörja transportsektorns infogande i ett naturligt kretslopp med långsiktig hållbarhet. Redan användandet av naturgas som drivmedel eller som råvara för flytande produkter (alkoholer, kolväten) innebär ett litet steg mot lägre växthusgasutsläpp, medan kolråvara leder åt motsatt håll (Ecotraffic 1992). Den enda radikala vägen är dock att fasa över till förnybara råvaror, som tillkommit genom fotosyntesen. För den direkta omvandlingen av solljus till drivenergi (el, vätgas) i fordon finns inte praktiska/ekonomiska system i sikte.

Naturgastillgångarna är minst lika stora som de av råolja och inte så koncentrerade till Mellanöstern utan mer spridda över jordklotet. Utnyttjandegraden är dock inte mer än ca 60 % jämfört med råolja. I vårt närområde (Nordsjön, Norska havet, Barents hav, Ryssland) finns mycket stora gasreserver.

Bioråvarupotentialen i världen är mycket stor, minst 10 gånger den totala energianvändningen. Sverige har genom stor arealtillgång per capita en gynnsam situation beträffande råvaror från skogs- och jordbruket. Tabellen nedan ger en beräkning av potentialen (KFB 1992). Den är baserad på en ca 20 % högre skogsavverkning än i dag en bit in på 2000-talet och är reducerad m h t ekologiska begränsningar.

Lignocellulosapotential i Sverige

Avverkningsrester	36 TWh/år
Direktavverkningar	17 "
Rester vid industri	18 "
Återvinningsvirke	4 "

Summa från skog 75 TWh/år

Energiskog från jordbruket 20 TWh/år

Potentialen för jordbruket bedöms i ett längre tidsperspektiv kunna öka upp mot 50 TWh/år eller mer. Även för skogsråvaror kan potentialen vara högre, 125 TWh/år, genom främst större direktavverkningar för energiändamål. Kvantiiteten i tabellen ovan motsvarar i energitermer drygt 5 miljoner m³ bensin om råvaran konverteras till drivmedel med drygt 50 % termiskt utbyte, vilket f n bedöms möjligt.

2.2 Metanol

Tillverkningen av metanol i världen, ca 20 Mt/år, sker med väl utvecklad teknik huvudsakligen ur naturgas även om det också finns anläggningar med tunga restoljor, stenkol eller brunskol som råvara. Alla nyare anläggningar är baserade på naturgas och företrädesvis placerade nära naturgaskällorna. Ett exempel i vår närhet är en anläggning under uppförande på norska västkusten med ilandförd gas som råvara.

Ytterligare förbättrad teknik utvecklas som dels minskar anläggningskostnaden, dels minskar skaleffektens betydelse och möjliggör utnyttjandet även av mindre gasfält. Vid kraftigt ökad metanolanvändning förutses dock större anläggningar i de gasrika länderna.

Någon anläggning för metanol ur biomassa finns inte, men förgasningsteknik för syntesgas ur torv och biomassa har kommersiellt demonstrerats (Koljonen 1992) för ammoniakproduktion (Kemira, Uleåborg, där dock hela denna produktion lades ner i dec. 1992). Näralligande teknik utvecklas/demonstreras för kraft/värme-generering på biomassabas (Sydkraft, Värnamo). Pilotanläggningar för att utveckla förgasning av biomassa till syntesgas har drivits (IEA/EMR 1993; Katovsky 1993) i Finland, Sverige, Frankrike, Kanada, USA och Brasilien men inte lett till någon kommersiell demoanläggning (utöver Kemiras).

2.3 Etanol

Etanolframställningen i världen, ca 12 Mt/år exkl. dricksprit, sker huvudsakligen på biomassabas (sockerrör i Brasilien, majs i USA) men en del produceras petrokemiskt från eten. Omvänt finns också en viss produktion av "petrokemikalier" med bio-etanol som bas. I Skandinavien sker viss etanolframställning ur sulfittlutar, d v s från lignocellulosaråvara (MoDo i Sverige, Borregaard i Norge). Den svenska produktionen är ca 10.000 m³/år.

Utveckling av ny teknik för etanolframställning ur cellulosa på grundval av syrahydrolys eller enzymatisk hydrolys pågår och ett par projekt bearbetas f n i Sverige av Stiftelsen Svensk Etanolutveckling (SSEU 1993) för att bygga demonstrations-/prototypanläggningar. Därjämte kommer Lantmännen Energi AB att återuppta driften av den spannmålsbaserade anläggningen i Lidköping (kapacitet max 6-7000 m³ etanol per år). Större anläggningar, ca 60.000 m³ per år, av denna typ har förprojekterats (SSEU 1987) men inte kommit till utförande.

Ett av de förstnämnda projekten, CASH, är en följd av utveckling i samarbete mellan Canada (Bio-Hol), America (TVA) och Sverige (SSEU) med Hydrolysteknik. Efter provning av olika delsteg i pilotanläggningar planeras nu en mer komplett anläggning baserad på syrahydrolys med svaveldioxid och svavelsyra. Detta projekt har fått statsstöd (45 Mkr av en flera gånger högre total kostnad), och anläggningen avses bli placerad i anslutning till sulfitsprittillverkningen i Domsjö och få enkapacitet på ca 10.000 m³ etanol/ år.

Ett annat projekt är upparbetning av ur hushållsavfall utsorterat papper till etanol genom en annan hydrolysisprocess med saltsyra, kallad CHAP (Concentrated Hydrochloric Acid Process) med placering hos Skafab i Lövsta utanför Stockholm. Även denna demoanläggning beräknas för ca 10.000 m³ etanol per år. Råvarubasen bedöms kunna öka till dubbel kvantitet.

3. ALKOHOLER SOM BENSINKOMPONENT

3.1 Låginblandning - definition

Oxygenater, särskilt alkoholer, har lägre energiinnehåll (**tabell 1** på nästa sida ger en del relevanta data) än genomsnittlig bensin och kan därför inte obegränsat blandas in i bensin för bilar som, som byggts för detta drivmedel, utan att körbarhetsproblem uppstår. När detta inträffar beror på tekniken i bilens bränslesystem. Det är känt att moderna bilar med reglerande lambda-sond-system kan tolerera rätt höga inblandningar, motsvarande 15-20 % etanol. I extrema fall kan genom användande av speciell bränslesensor eller kalibrering av styrsystemets mikrodator godtyckliga blandningar av bensin och alkoholer användas. De senare finns ännu inte på marknaden och andelen fordon med lambda-sond (och trevägskatalysator) är ännu låg i Europa (<20 %; i Sverige över 35 %).

För allmän användning på marknaden måste dock inblandningen begränsas så att bränslet kan accepteras av alla bilar, och då sätts oftast gränsen vid en alkoholhalt som motsvarar 2 à 2,5 mass-% syre (5,5 à 7 vol-% etanol). **Detta är vad som här definieras som låginblandning.** Hårtill kommer att äldre bilar kan ha enstaka komponenter i bränslesystemet som bara tål låga halter alkohol i bensinen liksom en del rostskyddsbeläggningar i distributionskedjan. Därför infördes tidigt också en gräns på högst 5 vol-% etanol resp 3 vol-% metanol. Den svenska bensinstandard har denna senare gräns och en till 2 mass-% maximerad syrehalt.

Gällande EG-direktiv (**tabell 2**) har samma individuella max-gränser för etanol och metanol och därtill en bestämmelse om att marknadsföring av bensin med upp till 2,5 mass-% syre inte får hindras. Högre halter är tillåtna efter nationella godkännanden men vid syretal över 3,7 mass-% måste detta anges på tankningspumpen.

3.2 Blandningars egenskaper

Viktiga egenskaper för tillverkning, hantering och användning är oktantal, flyktighet, densitet, energiinnehåll och stabilitet (SDAB 1986). Alkoholer och etrar skiljer sig på flera sätt från kolväten. Konsekvenserna av detta kan dock vara små vid de låga inblandningstal det är tal om.

Oktantalen är höga för aktuella alkoholer och detta gäller särskilt för bland-oktantalen. Dessa varierar något med olika typ av basbensin (dennas olefin- och aromathalt; är lägre i krackbensin), oktantalsnivå och inblandningshalt.

TABELL 1. Egenskaper för etrar och alkoholer

Akronym	MTBE	ETBE	IPTBE	TAME	TAE	DIPE	MeOH	EtOH
Syrehalt vikt-%	18,2	15,7	13,8	15,7	13,8	15,7	49,9	34,7
Kokpunkt $^{\circ}\text{C}$	55	72	87	86	101	68	65	78
Flampunkt $^{\circ}\text{C}$	-34	id	id	id	id	id	11	12
Densitet g/lit.	740	742	755	768	766	730	795	790
Energi MJ/lit.	26,1	27,0	id	28,0	id	27,9	15,8	21,1
Ångbildn. värme MJ/lit.	0,24	0,23	0,25	id	id	0,25	1,18	0,67
RVP, kPa	54	28	17	17	8	34	32	16
Bland-RVP kPa	55	28	17	17	7	35	400	120
Bland-RON	118	119	127	111	id	id	133	130
" -MON	100	102	98	99	id	98	99	96
"(R+M)/2	109	110	113	105	100	105	116	113
Reaktivitet, rel.	2,6	8,1	id	7,9	id	id	1	3,4
Löslighet i vatten g/l. 20 $^{\circ}\text{C}$	43	12	id	11,5	id	id		
CO ₂ /MJ vid användn	71	71	-	-	-	-	69*	72*

M = Metyl, E = Etyl, på slutet = Eter, IP = Iso-Propyl, B = Butyl, A = Amyl, D = Di, T = Tertiär, MeOH = Metanol, EtOH = Etanol. Skrivsättet för eterakronymer kan variera, t ex för TAME och TAE, som analogt med MTBE och egentligen, mer korrekt, borde skrivas MTAE resp ETAE.

RVP = Reid Vapor Pressure (standardiserad ångtrycksmätning vid 38,8 $^{\circ}\text{C}$). RON = research oktantal. MON = motor oktantal

Reaktivitet = relativ atmosfärisk reaktivitet för ozonbildning, mätt som omsättning med OH-radikal; metanol = 1. id = inga data

* I hela kedjan råvara - användning är utsläpp av växthusgaser i CO₂-ekvivalenter 90 g/MJ för metanol ur naturgas och ca 22 g/MJ för metanol och etanol med bioursprung. För bensinkedjan är motsvarande tal ca 108 g/MJ (Ecotraffic AB. March 1992).



Tabell 2

SUBSTITUTE FUELS	A	B
Methanol, suitable stabilizing agents must be added ⁽¹⁾	3% vol	3% vol
Ethanol, stabilizing agents may be necessary ⁽¹⁾	5% vol	5% vol
Iso-propyl alcohol	5% vol	10% vol
T B A	7% vol	7% vol
Iso-butyl alcohol	7% vol	10% vol
Ethers containing five or more carbon atoms per molecule ⁽¹⁾	10% vol	15% vol
Other organic oxygenates defined in section 1	7% vol	10% vol
Mixture of any organic oxygenates ⁽²⁾ defined in section 1	25% oxygen weight, not exceeding the individual limits fixed above for each component	3,7%

(1) In accordance with national specifications or, where these do not exist, industrial specifications.

(2) Acetone is authorized up to 0,8% by volume when it is present as a by-product of certain organic oxygenate compounds.

Tabellen nedan illustrerar detta för kommersiellt använda oxygenater. Motoroktantalsbestämningen undervärderar det verkliga oktantalet i bilmotorn (vägoktantalet), då provmetoden undertrycker en gynnsam effekt av alkoholernas höga avdunstningsvärme.

Blandoktantal i oblyad bensin vid 10 vol-% oxygenathalt

	BRON	BMON
Etanol	125-130	95-100
Oxinol 50*	117-122	97-99
MTBE	118-123	93-104
GTBA**	104-108	94-97

* ARCO Chemicals handelsnamn för metanol/GTBA (1:1)

** Gasoline Grade TBA

Densitet och energiinnehåll skiljer sig från genomsnittsbensins som tabellen nedan indikerar. Alkoholerna har högre densitet men vid inblandning sker viss volymökning, vilket gör att deras bland-densitet är något lägre än den rena alkoholens, t ex 770 kg/m³ för Oxinol 50.

Densitet och energiinnehåll för bensin och oxygenater.

	Densitet, 15°C kg/m ³	Värmevärde (LHV) MJ/liter
Bensin, blyfri 95	750	32,5
Etanol (vattenfri)	789	21,1
ETBE	742	27,0
Oxinol 50	795	20,7
GTBA	790	25,7
n-butan	580	26,5

LHV = Lower Heating Value

Energiinnehållet i drivmedlet minskar genom oxygenattillsats och sänkningen är lika stor som den resulterande syrehalten.

Flyktigheten påverkas starkt genom tillsats av lägre alkoholer till bensin och hänsyn till detta måste tas vid formuleringen för att specifikationen, som är densamma som för oblandad bensin, skall innehållas. Orsaken till den starka påverkan ligger i att alkoholerna, som polära föreningar med starka bindningskrafter mellan molekylerna, har en i förhållande till sin molekylvikt mycket hög kokpunkt (= låg flyktighet). Kolväten med molekylvikter motsvarande metanols

och etanols har kokpunkten omkring -90°C resp -40°C . När bindningskrafterna försvagas genom utspädningen vid låg inblandning i bensin ökas ångtrycket starkt. Tabellen nedan visar typiska flyktighetsdata för bensin och några oxygenater. Blanddata beror också något på basbensinens sammansättning och något avvikande värden kan därför ses i litteraturen.

Olika typiska flyktighetsdata för bensin och oxygenater

	Kokpunkt $^{\circ}\text{C}$	Ångtryck (RVP) 38°C kPa	Bland-RVP vid olika inblandn.	
			5 % kPa	10 % kPa
Bensin	30-210	45-95	-	-
Etanol	78	17	200	140
ETBE	72	28	-	28
Oxinol 50	65-84	24	350	220
GTBA	80-85	12 (48)	80	27
n-butan	-0,5	-	450*	420*

* raffinadeributan högre (innehåller också iso-butan)

Tillsatser av de exemplifierade oxygenaterna påverkar också blandningens destillationskurva något, särskilt i området $50-90^{\circ}\text{C}$. E70-punkten (överdestillerat vid 70°C) får högre värde. Denna ingår i det flyktighetsmått, som definieras $\text{RVP} + 0.7 \cdot \text{E70}$ och ingår bl a i svensk bensinstandard.

Stabilitet vid hantering och långvarig lagring är ett viktigt villkor, som måste beaktas särskilt noga för alkoholhaltig bensin på grund av de lägre alkoholernas obegränsade löslighet i vatten. Vid närvaro av mer vatten i systemet än vad blandningar tolererar separerar de i två skikt, varav det undre är alkoholrikt och kolvätefattigt och oftast oanvändbart för bensinmotordrift.

Bensin löser vatten i mycket ringa grad ($50-200$ mg/liter) beroende på temperatur och bensinsammansättning (främst aromathalten). Bensinkolvätens löslighet i vatten är av samma storleksordning men varierar från <1 mg/liter för butan till ca 600 mg/liter för bensen vid 20°C .

Vattenfri etanol och högre alkoholer kan i alla praktiskt förekommande fall fullständigt lösas i bensin. Vattenfri metanol har begränsad löslighet i lågaromatisk ($<20\%$) bensin vid mycket låga temperaturer. Lösligheten för bättras vid samtidig närvaro av högre alkoholer (EG-direktiven, tabell 2, föreskriver att sådana skall användas vid metanolinblandning).

Alkohol-bensinblandningar har betydligt högre löslighet för vatten än enbart bensin och beror på temperatur, alkoholhalt och bensinens aromathalt. Ju högre värden på dessa desto mer vatten kan lösas (IEA/STU 1986). T ex kan en bensin med 26% aromathalt och blandad med 5 vol-% etanol löser vid

-25°C ca 1400 mg vatten per liter och samma bensin med 5 % metanol/GTBA (1:1) ca 800 mg per liter.

Etanol för inblandning i bensin bör innehålla högst 0,5 % vatten och metanol högst 0,15 %.

3.3 Distribution, hantering

För teknisk etanol finns särskild lagstiftning för hanteringen för att minska risken för tillgrepp och missbruk (1961:181). I korthet innebär den att hanteringen skall ske under god kontroll och redovisning av kvantiteter skall ske till Läkemedelsverket. Hanteringen skall under lås eller plombering av tankar och transportfordon, och normalt skall etanolen därvid vara denaturerad med av Läkemedelsverket godkända tillsatser. Metanol är giftklassad och för sådana produkter finns särskilda bestämmelser för hanteringen. Bensin, som också är giftklassad, har dispens från dessa bestämmelser, och detta får förmodas gälla även för drivmedelsmetanol i allmän användning. Dock bör den vara märkt med för syn-, lukt- och smaksinnet noterbara tillsatser. De nämnda hanteringsproblemen gäller för de rena alkoholerna, medan de finns knappast för den alkoholblandade bensinen.

Teknisk etanol och metanol (inkl vattenhaltiga råalkoholer) **lagras vid alkoholfabriker** i cisterner av kolstål. Cisternerna är för sedda med fast tak utan möjligheter för regnvatten att tränga in. Detta kan inte säkerställas i cisterner med enbart flytande tak, vilka därför inte bör användas utan komplettering med yttertak för alkoholer eller alkoholhaltig bensin.

Alkoholer lagras och sjötransporteras under luftatmosfär trots den teoretiska risken för explosiv ång-luftblandning i cisternen sommartid. I bensincisternen är blandningen för "fet" för att kunna antändas. Försiktighetsmått för att förhindra gnistor från utrustning i cisternen eller inträngande utifrån måste finnas. Både alkoholer och bensin måste dock hanteras efter samma regler för vätskor av brandfarligaste klass.

Transport av alkoholer från tillverkningsort till raffinaderi eller depå sker sannolikt per fartyg antingen det är fråga om import eller inhemsk tillverkning. Sjötransport kan enligt erfarenheter från nuvarande importörer ske utan risk för vattenförorening förutsatt att redaren har kunskap om erforderliga krav. Denne kan då ge garantier. Resultat (SDAB 1986) från två mindre provtransporter (250 m³) med metanolhaltig bensin (M4 och M15) visade att de kritiska punkterna i transportkedjan var vatten i de ofta långa ledningarna mellan kaj och cistern vid både lastning och lossning. De där använda rutinerna var inte tillräckliga för att i tillräcklig grad undvika vattenförorening och ledde till fassetparation i de små skeppningsvolymerna. Det bedömdes vara möjligt att att med modifierade rutiner och användande av modernt tonnage hålla vattenupptagningen i normala lastvolymmer så låg att kvarvarande vattentolerans är god i den senare delen av distributionskedjan.

Lagring på depå sker ofta i oinklädda bergrum på rörlig vattenbädd. Detta är inte möjligt med alkoholhaltig bensin och sker inte heller för eterhaltig bensin på grund av befara de alltför stora förluster av alkohol/eter och oacceptabel förorening av utpumpat vatten. Bergrumslagring av vattenkänsliga produkter har preliminärt studerats tidigare för metanol (Scandiaconsult 1979, 1982) och måste undersökas vidare med praktiska prov för att finna en lösning och få underlag att bedöma tillkommande kostnader. Lagring ovan jord i cisterner möter inga hinder sedan systemet väl startats och gjorts torrt och rostskyddsbeläggningar besiktigats och ev renoverats.

Vid utlastning av alkoholblandad bensin måste rutinerna för vatten i transportfordonen vara strikta. Skall blandningen göras på depå fordras ny blandningsutrustning och cisterner för alkohol resp basbensin.

Bensinstationshanteringen är troligen den mest kritiska punkten i distributionskedjan genom att produkten där är praktiskt omöjlig att garantera, hanteringen är mindre yrkesmässig, mycket utspridd (ca 4000 stationer), öppen och i direkt kontakt med allmänheten. Blandning på stationerna är ej att rekommendera med hänsyn till den begränsade möjligheten till kontroll.

Beredning av alkoholhaltig bensin på stationerna är knappat heller tänkbar med etanol på grund av risken för tillgrepp i stor skala och höga kostnader för ny utrustning. Leverans av färdigblandad produkt är enda möjligheten. Däremot är erfarenheterna (OK Stockholm; SDAB 1983) att problem med vatten i systemet och frysningar vintertid minskar, då det håller sig "torrt" genom att kondens kontinuerligt bortförs genom upplösning i bensinen och ansamling av fritt vatten inte sker. Kontroll av att regnvatten o d inte kan tränga in är däremot viktig, vilket även gäller landtransporter med tankbilar till stationerna. Före start av utminutering bör noggrann utpumpning av vattenfas från tankarnas botten göras, så att inte fasset separation kan inträffa vid första uppfyllningen med blandbränsle.

Bensintankar är normalt skyddade mot korrosion (på grund av förekommande fri vattenfas) genom skyddsbeläggningar eller katodiska skydd. Frågan om nya cisterner för alkoholhaltig bensin behöver sådana skydd (bör verifieras). Katodiska skydd med offeranoder av magnesium är enligt erfarenhet inte användbara. För befintliga tankar är frågan om skyddsbeläggningarna tål alkoholhaltig bensin. Detta har bedömts vara fallet med den begränsning av alkoholhalten som givits i standarder för låginblandningen. Vid införande av låginblandad bensin bör renovering av tankar i mindre gott skick göras med beständig skyddsbeläggning (ev enbart borttagande av den gamla).

Ur **säkerhets**synpunkt är det ingen skillnad mellan lagring och transport av konventionell och alkoholhaltig bensin. Separat lagring och transport för senare inblandning kräver samma försiktighetsmått och hänsyn till lagbestämmelser som vid tillverkningen.

Avdunstningsförluster i distributionskedjan från alkoholblandad bensin, som tillverkas till samma flyktighetsspecifikation som för konventionell bensin, synes inte vara högre än för denna, då hanteringen sker vid vid högst ca 30°C och skillnader i ångtryck blir tydliga först vid högre temperaturer. Avdunstade ångors reaktivitet i atmosfären är lägre för sådan alkoholblandad bensin eftersom den mindre reaktiva alkoholen anrikas i ångfasen.

3.4 Användning av alkoholinblandad bensin

3.4.1 Låg inblandning - oförändrat god körbarhet

Låginblandningar är avsedda att kunna användas i befintlig bilpark och med de begränsningar som maximerad syrehalt till 2 á 2,5 mass-% och oförändrad flyktighetsspecifikation kan detta ske utan att bilisten kommer att märka någon skillnad mot användning av konventionell bensin. Genom begränsningen av alkoholhalten (metanol 3 vol-%, etanol 5 vol-%) kommer inte heller några materialproblem att uppstå i bilens bränslesystem, vilket i ett tidigt skede var ett bekymmer för några äldre bilmodeller. Nyare bilar har till betydligt högre alkoholhalter anpassade material, och moderna bilar med reglerande lambda-sond-system kan använda även höga alkoholhalter utan körbarhetsproblem.

Låginblandning kan ske med blandningar av olika alkoholer och med andra oxygenater såsom etrar. Tabellen nedan visar några exempel, som har tillräcklig vattentolerans och möter svensk standards krav på max 2 mass-% syrehalt och i de flesta fall även EG-direktiven (undantag ex 3; EG medger högst 5 vol-% etanol)

Möjliga kombinationer av oxygenater

Halt i blandning	Exempel							
	1	2	3	4	5	6	7	8
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
Syre, mass-%	2	2	2	2	2	2	2	2

3.4.2 Startbarhet, ånglås, förbrukning

Alkohol(oxygenat)inblandningen har visat sig snarast underlätta startbarheten av kall motor. Tendens till att medföra förbättrat skydd mot knackning (högre vägoktantal) har också visats förutsatt att blandningen formulerats till samma motoroktantal som för vanlig bensin, vilket är det normalt styrande även för dennas formulering.

Körning under mycket varma förhållanden kan leda till körbarhetsproblem (ånglås vid återstart efter stopp) särskilt om inte bränslet formulerats efter ovannämnda ångtrycksbegränsningar och efter korrekt mätmetod. Själva körningen i gick däremot bättre vid oxygenatnärvaro (SDAB Trender 1989).

Bränsleförbrukningen synes vid den angivna syrehaltsbegränsningen vara i det närmaste oförändrad vilket innebär förbättrad termisk verkningsgrad (möjliggjord genom alkoholernas bättre brinnegenskaper i det magra området). I moderna bilar kan denna fördel vara mer eller mindre upphävd genom lambda-sonden korrigerande funktion på bränsletillförseln efter det att den trätt i funktion.

3.4.3 Bättre miljöegenskaper

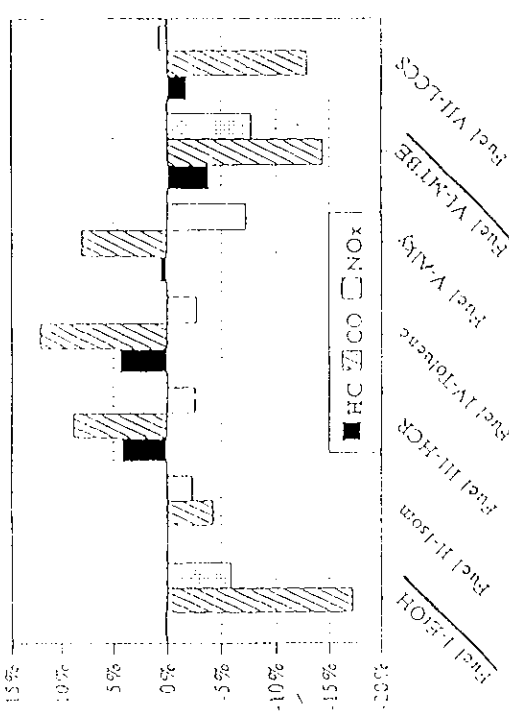
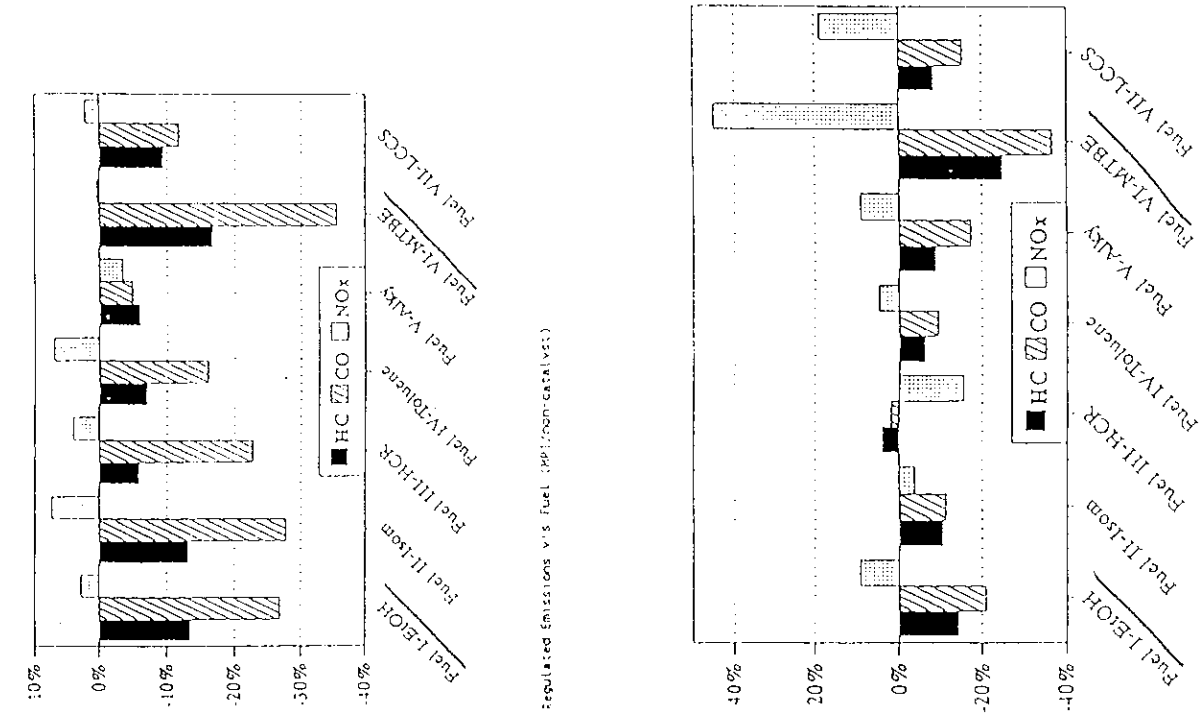
Oxygenatinblandning medför lägre utsläpp av kolmonoxid och oförbränt bränsle vid körning med nära oförändrade kväveoxidutsläpp om alkohol-inblandningen motsvarar högst 2 å 2,5 % syre, men vid högre inblandningar har förhöjda kväveoxidutsläpp konstaterats. Dessa får då bedömas mot vinsterna genom ytterligare minskade kolmonoxid- och oförbränt-utsläpp. **Figur 1 och 2** visar ett par exempel på uppmätta utsläpp för olika typiska europeiska bilar.

Alkoholblandningen har också en annan effekt genom att de som nya och mycket högoktaniga komponenter i bensin medför att basbensinen kan ges lägre oktantal, vilket i sin tur leder till att mindre omfattande reformering och krackning behövs. Resultatet av detta är trend mot lägre halter av bensen och aromater och av olefiner i bensinen, något som är önskvärt ur hälso- och miljösynpunkt.

Bilisten kommer således inte att märka något av att alkoholer låginblandas i bensin, vilket gjorda erfarenheter bestyrker. Vissa fördelar får han genom insparade kostnader för karburatorsprit och eliminerade frysningsproblem. I mycket gamla bilar (>15 år) kan ev problem med upplösning avlagringar i bränslesystemet och igensättning av filter uppstå, men de praktiska erfarenheterna är goda.

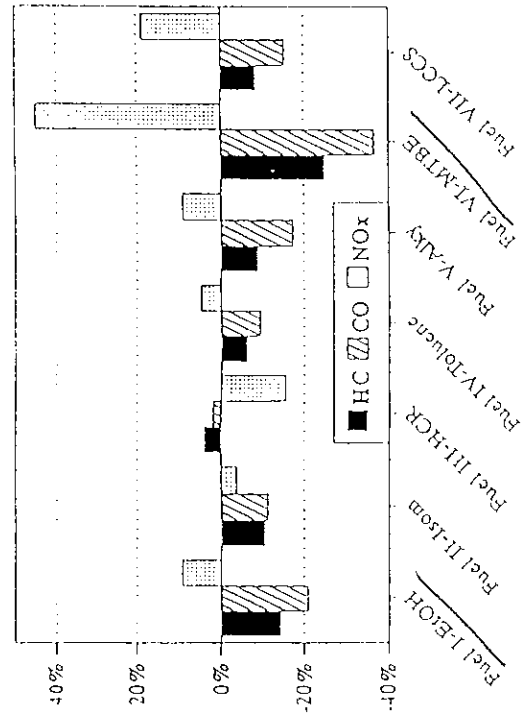
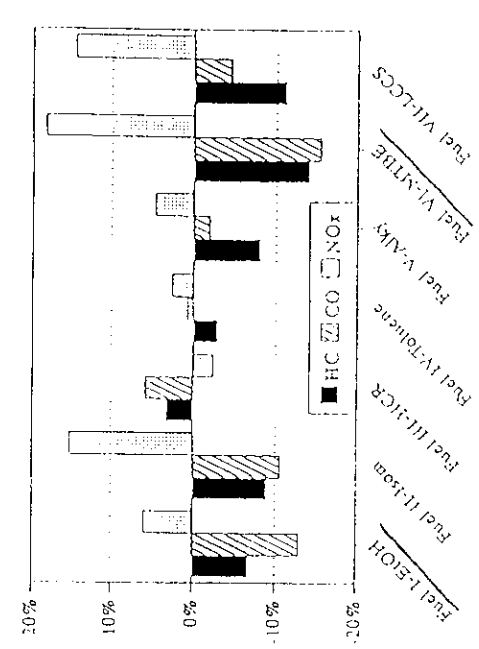
3.5 Kostnadsaspekter

För att få full effekt av av alkoholernas egenskaper bör dessa utnyttjas genom att se dem som komponenter vid basbensintillverkningen antingen slut-tillverkningen sker vid raffinaderiet eller genom blandning på depå. Raffinaderiet kan utan tvekan få viss minskning av den rörliga kostnaden för basbensinen (främst genom lägre råoljeåtgång), som skall tillverkas i mindre volym och med lägre oktantal men med lägre flyktighet. Detta leder till en serie förändringar av olika processers utnyttjande. Varje raffinaderi eller regional grupp kommer i ett nytt läge att optimera sin drift genom simuleringsberäkningar, och får därigenom möjlighet att värdera alkoholerna och sätta ett maximalt pris på vad som kan betalas för dem.



Regulated Emissions v/s Fuel (MPI/non-catalyst)

Regulated Emissions v/s Fuel (carburettor/non-catalyst)

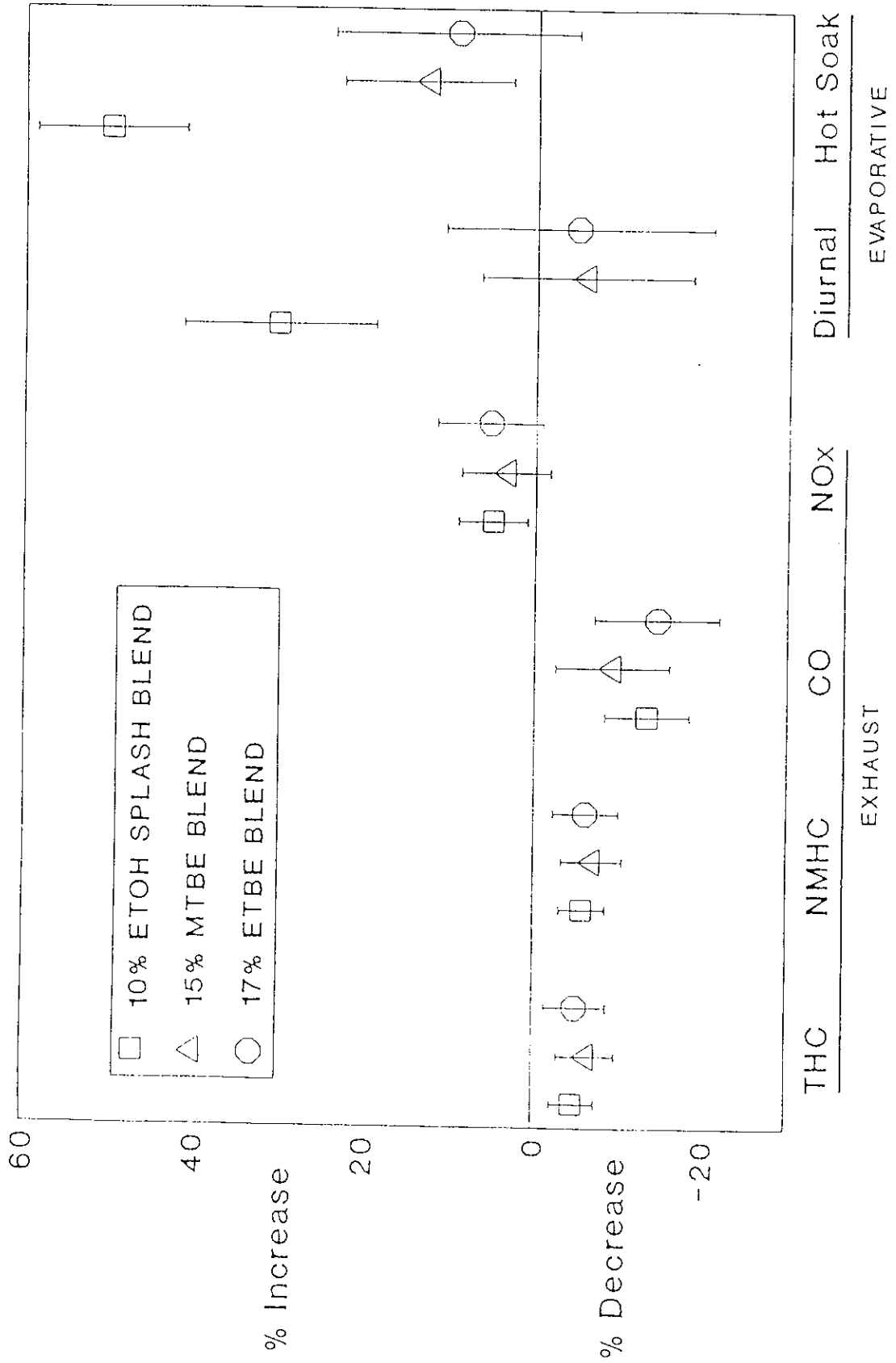


Regulated Emissions v/s Fuel (MPI; catalyst)

FIGURE 1. Regulated Emissions v/s Fuel (MPI & with cat. & adao. learning)
 källa: ARCO chem. Eur. (Dawson) et al.

FIGUR 2.

EFFECT OF OXYGENATES ON MASS EMISSIONS RVP/OXYGENATE MATRIX, CURRENT FLEET



Note: Percent change due to adding oxygenate.

Källa: Auto/oil no. 6.

Översiktliga studier för modellraffinaderier har givit indikationer (SDAB 1986) på oxygenatvärden och följande rangordning i fallande värden: MTBE, etanol, TBA och metanol/TBA. Detta avspeglar sig i de marknadspriser som betalas i i relation till bensin (volymbas). Nedanstående tal indikerar prisnivåer (bensin = 100)

MTBE	120
Etanol	>110
TBA	<110
Metanol/TBA (1:1)	< 90

MTBE, TBA och metanol/TBA, som alla är baserade på fossila råvaror (olja, naturgas) används trots lika beskattning på volymbas, medan användningen av etanol (bio-baserad) är beroende av en lägre beskattning. I Sverige är skatteskillnaden mellan alkoholer och bensin mycket stor, 80 ö/l plus moms för alkoholer mot 388 ö/l plus moms för bensin. Det får förmodas att den låga alkoholskatten i framtiden endast kommer att gälla bio-alkoholer.

För hantering och distribution kommer vissa merkostnader att uppstå vid alkoholinblandning. De är något olika beroende på om låginblandningen skall införas i begränsad omfattning av en distributör från en depå eller generellt i all bensin och om blandningen sker vid raffinaderi eller depå. Detta har varit föremål för tidigare studie för Motoralkoholkommitén (SDAB 1986).

Sker tillverkningen vid raffinaderi tillkommer transportkostnad från fabrik för alkoholen och kostnad för lagring och blandning av ny produkt. För transport till depå ökar inte kostnaden om volymförbrukningen av låginblandningen antas oförändrad och inte heller depåkostnaden förändras. Även om blandningen sker vid depå uppkommer viss merkostnad i raffinaderiet genom att en speciell basbensin skall hanteras och lagras. I detta fall minskar dock kostnaden för transport från raffinaderiet.

Vid blandning på depå tillkommer kostnader där för nya lagringstankar för alkohol och för blandnings- och utlastningsutrustning. Vidare tillkommer kostnader för analyser för produktkontroll.

I båda fallen tillkommer engångskostnader vid bensinstationerna för uppgradering och vattensäkring av tankar.

Sammantaget beräknades merkostnaden i distributionsledet till drygt 1 ö/l vid raffinaderiblandning och ca 2 ö/l vid depåblandning. Kostnaderna för basbensinen, alkoholköp och skatteskillnader är helt avgörande för den totala kostnadsbilden och möjligheten att sälja till oförändrat eller lägre literpris till bilisten.

4. INFÖRANDE - SYNPUNKTER

För ett ev införande av låginblandning av alkoholer skall några aspekter diskuteras avseende konsekvenser i två fall:

- begränsat införande av inhemskt producerad etanol inom en region (depåområde), max 5,5 vol-% enl svensk standard, och
- generellt införande i all bensin i Sverige till samma halt.

Den första frågan är var blandning skall ske. För att kunna utnyttja alkoholens egenskaper som bensinkomponent bör blandningen ske vid raffinaderiet där den normala produktkontrollen sker och kostnaderna blir lägst. Depå, som inte har bensinlagring på vattenbädd, t ex på västkusten, bör väljas vid begränsat införande för att inte bli tvingad till blandning på depå. Vid sådan är kravet på särskild basbensin för blandning en komplikation vid import men inte omöjligt vid köp av normala tillblandningsvolym/skeppslaster om många tusen kubikmeter. Spotköp blir dock knappast möjliga. Inköpt bensin måste vara specificerad betr oxygenat innehåll så att inte "överinblandning" senare sker.

Låginblandning måste ske i båda de tillverkade bensinkvaliteterna (blyfri 95 och premium 98), då annars mediumkvaliteter blandade av dem skulle bara få ca halva alkoholhalten och därigenom (oacceptabelt) låg vattentolerans och förhöjt ångtryck.

Genom det omfattande produktsamarbetet i distributionsledet kan det vara nödvändigt i det begränsade fallet att alla företagen vid depån måste delta och alla bensinstationer i området förberedas för alkoholhaltig bensin. Alternativet att endast ett företag utförde låginblandning är givetvis att det har egen kontroll över hela kedjan och tillräckligt stor marknadsandel. Det finns dock nackdelar för detta fall genom att mer av alternerande tankning av bensin med eller utan alkoholer sannolikt skulle ske med samma invändningar som ovan betr vattentolerans och förhöjd flyktighet, vilket säkert Naturvårdsverket har meningar om. Alternerande fyllning av bensin med och utan alkoholer bör inte ske varken på bensinstationen eller i bilen.

Bilisten måste uppmanas att alltid föredra den låginblandade bensinen och ges incitament därtill genom miljöargument och lägre pris. Växling av bensintyp bör göras vid nära tom tank.

De flesta av invändningarna vid begränsat införande bortfaller vid ett generellt införande av låginblandning i all bensin. Även ett införande enbart i Sverige av en unik låginblandning är knappast något hinder även med hänsyn till den internationella handeln med bensin. Sverige har redan tidigare haft avvikande krav på bensinen gällande blyhalt, bensenhalt, oktantal, etc.

ORD- OCH FÖRKORTNINGSFÖRKLARINGAR

aldehyd	förening med CHO-grupp; se oxidant
alkohol	förening med hydroxyl-grupp (-OH); namnet slutar på -ol
alkylat	kolväte med grenad kolkedja gjord av iso-butan och en olefin
amylen	omättat kolväte med 5 kolatomer i kedja; synonym penten
aromat	kolväte innehållande bensenring
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
CASH	<u>C</u> anada <u>A</u> merica <u>S</u> weden <u>H</u> ydrolysis
CHAP	<u>C</u> oncentrated <u>H</u> ydrochloric <u>A</u> cid <u>P</u> rocess
CO	kolmonoxid
DIPE	di-iso-propyl-eter
EC-P	i Kalifornien av ARCO marknadsförd reformulerad bensin
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-olefin kolväte
Eurograde	bensin i Europa (RON 95) som är optimal (ger lägsta energi- användning) i raffinaderi/motor sammantaget
fasseparation	uppdelning av homogen vätska i två skilda skikt
Gasohol	I USA använt marknadsnamn för bensin med 10 vol-% etanol
HC	samlingsbeteckning för alla kolväten i utsläpp
KFB	Kommunikationsforskningsberedningen, f. d. TFB
krackning	nedbrytning av stora molekyler till mindre
LHV	lägre (effektivt) värmevärde vid förbränning
MJ	Megajoule, miljon joule, energimått; 1 MJ = 0,239 kcal
MON	motor octane number, motoroktanttal vid hög belastning
MTAE	metyl-tertiär-butyl-eter (skrives oftast TAME)
MTBE	metyl-tertiär-butyl-eter
NOx	samlingsnamn för kvävemonoxid, NO, och kvävedioxid, NO ₂
oktanttal	mått på förmåga att motstå spontan antändning (s k krackning) före gnistan vid förbränning i kolvmotor
olefin	omättat (vätefattigt) kolväte med kolatomer i kedja
oxidant	ämne med förmåga att oxidera 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
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-oktanttal 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
SNV	Statens Naturvårdsverk (i Sverige)
SSEU	Stiftelsen Svensk Etanolutveckling
TBA	tertiär butylalkohol
US EPA	US Environmental Protection Agency
växthusgas	gas som i atmosfären absorberar värmestrålning från jordytan och delvis reflekterar den tillbaka

R E F E R E N S E R

- ARCO Chemical Europe. 1988 info-broschyr OXINOL - MTBE
Auto/Oil technical bulletin no. 6, 1991. Ed. by CRC (Coordinating Research
Council, Atlanta, GA. September 1991.
- Dawson, M (ARCO Chem.Eur.) et al. The Fundamental Role of Gasoline
Blending Components..... Fifth EFOA Conf., 15-16 Oct.1992.
- Ecotrafic AB. Life of Fuels. March 1992. Multi-client studie.
- IEA/EMR Canada. Alcohols and Other Oxygenates from Fossil Fuels.
IEA/Annex IV. Draft Final Report incl. Renewables. April 1993.
- IEA/STU. Alcohols and Alcohol Blends....., Chap. 6. STU-info. 580-1986.
- Katovsky, R. Methanol and Hydrogen from Natural Gas, Coal, and Biomass.
M. SC. (Eng) thesis at Princeton University, Center for Energy and
Environmental Studies. PU/CEES Report No. 279, June 1993.
- KFB 1992. Strategisk studie av tillverkning.....motoralkoholer. Etapp 1.
Sammanfattande rapport i utredning för KFB (f d TFB) av Atrax
Energi AB. Oktober 1992.
- Koljonen, J. (Kemira Oy). Experiences in the operation of the HTW process at
the peat ammonia plant. VTT Symposium 107. Low-grade fuels,
Vol. 1. Espoo 1990.
- Scandiaconsult 1979. Lagring av metanol i berggrum - Metodutveckling.
Rapport 54.5248-01/15 nov. 1979. Bergrumsavdelningen.
- Scandiaconsult 1982. Förstudie till pilotprojekt för lagring av metanol. Rapport
54.5248-04/30 aug.1982. Industri och Byggnadsteknik.
- SDAB (Svensk Drivmedelsteknik AB). Rapport över distribution av M15-
bränsle. 1983.
- SDAB (Svensk Drivmedelsteknik AB). Rapport till Motoralkoholkommiten.
Mars 1986. (Inkl kostnadsutredning av Scandiaconsult)
- SDAB Trender maj 1989. Informationskrift "Låginblandning - "Igen!" 89:3 till
subskribenter.
- SNV Statens Naturvårdsverk). Bättre miljöegenskaper hos bensin - förslag till
miljöklasser. 1993-02-04.
- SSEU (Stiftelsen Svensk Etanolutveckling). Fullskalig ETANOLPRODUK-
TION baserad främst på spannmål. Rapport juni 1987.
- SSEU (Stiftelsen Svensk Etanolutveckling). PM - Potential för tillverkning och
förbrukning av bioetanol. 1993-04-05.
Även föredrag vid NUTEK-seminarium "Etanol - Från
råvaran till bränsletanken. 1993-06-22.
- Sydskraft AB, utvecklingsstaben. Info om "Det nya kraftverket i Värnamo" 1993
(vid Ecology '93, Sv. Mässan, Göteborg).