



## ***Älvsnabben***

Inventering av åtgärder för  
minskade avgasemissioner



# ***Älvsnabben***

Inventering av åtgärder för  
minskade avgasemissioner

**En rapport för  
Trafikkontoret i Göteborg**

***Ecotraffic ERD<sup>3</sup> AB***

**Lars Eriksson  
Peter Ahlvik**

**december 2007**



# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sida

## SAMMANFATTNING

<b>1</b>	<b>BAKGRUND OCH INLEDNING .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ÄLVSNAV BEN .....</b>	<b>2</b>
2.1	Fartygen .....	2
2.2	Användning/driftsförhållanden .....	2
2.3	Motorer och avgasrening.....	2
2.4	Framtidsplaner .....	3
<b>3</b>	<b>AVGASKRAV OCH EMISSIONER .....</b>	<b>4</b>
3.1	Marina motorer .....	4
3.2	Buss- och lastbilmotorer.....	5
3.3	Älvsnavben.....	6
<b>4</b>	<b>FÖRBÄTTRINGSÅTGÄRDER.....</b>	<b>7</b>
4.1	Byte av motorer .....	7
4.2	SCR [Selective Catalytic Reduction] .....	7
4.2.1	Översikt av SCR.....	7
4.2.2	Potential och marknad för SCR.....	7
4.3	EGR [Exhaust Gas Recirculation].....	8
4.3.1	Översikt av EGR .....	8
4.3.2	Potential och marknad för EGR.....	8
4.3.3	Beskrivning av EGR tekniken.....	9
4.4	Partikelfilter [DPF] .....	9
4.4.1	Partikelfilter, princip .....	9
4.4.2	Regenerering av partikelfilter .....	10
4.4.3	Effektivitet och marknad .....	11
4.5	Övrigt.....	12
<b>5</b>	<b>DISKUSSION &amp; FÖRSLAG .....</b>	<b>13</b>
5.1	Summering av tänkbara åtgärder och förslag .....	13
5.1.1	Byte till modernare motorer.....	13
5.1.2	EGR och partikelfilter .....	13
5.1.3	Enbart partikelfilter.....	13
5.1.4	Oxidationskatalysator .....	14
5.1.5	Eftermonterad SCR och övrigt .....	14
5.2	Klimatgaser/emissioner / bränsleförbrukning.....	14
5.3	Möjlighet att använda biobaserade alternativa drivmedel .....	14
5.4	Emissionsegenskaper för alternativa drivmedel .....	15
5.5	Förslag på lämpliga upphandlingskrav.....	16
5.6	Förslag på fördjupning av studien.....	16
<b>6</b>	<b>REFERENSER.....</b>	<b>18</b>

## SAMMANFATTNING

---

Ecotraffic har på uppdrag åt Västtrafik (inom ett ramavtal för Trafikkontoret) i Göteborg gjort en inventering samt tagit fram några förslag på hur man kan minska avgasutsläppen från Älv-Snabbarna som trafikerar Göra älv i Göteborg.

Det finns i tre Älv-Snabbar i drift. Samtliga är bestyckade med två 12-liters Volvo Penta motorer a 380 hk. Båtarna drivs med två propellrar. Motorernas grundkonstruktion är drygt 12 år gammal och de tillverkades innan det fanns några som helst avgaskrav gällande gasformiga emissioner och partikelemissioner för marina motorer. Således har dessa motorer, i en jämförelse med dagens moderna motorer till lastbilar och bussar, relativt höga utsläpp av främst partiklar och NO<sub>x</sub>. Två av tre Älv-Snabbar har oxidationskatalysator som gör att utsläppen av HC och CO är låga från dessa båtar. En genomgång av olika åtgärder för att förbättra avgassituationen har gjorts och slutligen mynnat ut i ett förslag till handlingsplan.

Då Älvsnabben 3 ska fasas ut och ersättas av annan båt inom cirka ett år är bedömningen att det inte är någon större idé att ge sig på omfattande ombyggnationer på just denna båt. För Älvsnabben 4 och 5 föreslås att de planerade motorbytena - som planlagts inom ca 4 år - tidigareläggs. I samband med detta undersöks också förutsättningarna för att byta till mindre motorer. Förslaget är främst att titta på om man kan använda Volvo Pentas 9-litersmotorer. Ett motorbyte till en mindre och modernare motor skulle leda till sänkt bränsleförbrukning och därmed minskade utsläpp av CO<sub>2</sub>. Vidare så skulle bytet leda till ungefärligen en halvering av utsläppen av NO<sub>x</sub> och partiklar. Vidare föreslås att man undersöker om man kan installera ett lågtrycks-EGR-system med tillhörande partikelfilter. Om detta är möjligt så kan utsläppen av NO<sub>x</sub> minskas med ytterligare ca 40 % och partiklarna med mer än 95 %. En förutsättning för detta är att motortillverkaren godkänner de ombyggnationer som ska utföras. Givetvis är det också viktigt att undersöka om denna efterkonvertering är tillfredställande ur säkerhetssynpunkt – både vad gäller motorfunktion, brandsäkerhet (heta ytor mm) och andra tillämpliga krav.

I kombination med de åtgärder som listats ovan föreslås vidare att man undersöker om man kan använda 2:a generationens alternativa dieseldrivmedel på båtarna då dessa finns tillgängliga på marknaden.

## 1 BAKGRUND OCH INLEDNING

---

Göteborg är en hamnstad - varför aktiviteter på vattnet utanför staden även påverkar luften inne i staden. Luftkvalitetsnormerna överskrids frekvent för flera föroreningskomponenter vid flera mätstationer. I ett tidigare arbete som Ecotrafic gjort åt Trafikkontoret mättes under två månader partikelhalten i luften på Södra vägen. Efter studien analyserades partiklarna. Ett resultat var att man hittade relativt mycket svavel, speciellt på de minsta partiklarna som analyserades (7-30 nm). Då svavel numera är utfasat ur landbaserade bränslen drogs slutsatsen att svavlet hade sitt ursprung från sjöfarten, där 0,5 % (5 000 ppm) svavel räknas som miljöbränsle. Denna studie styrker resonemanget om att sjötrafiken påverkar luftkvaliteten negativt i Göteborg.

De båtar som studeras här är visserligen få till antalet och deras bidrag till de totala utsläppen i regionen måste vara mycket ringa. Dock sker utsläppen mycket nära stadens centrum och det finns därför skäl att försöka minska utsläppen, såvida det kan ske på ett någorlunda kostnadseffektivt sätt. Det goda exemplet makt skall ej heller förringas eftersom staden ju har som ambition att försöka minska de totala utsläppen eftersom dessa erfarenheter kan föras vidare. Ett viktigt symbolvärde finns därför i att minskningar sker på dessa båtar.

Sjöfarten ligger mycket långt efter trafiken på land då det handlar om avgasutsläpp. De första kraven för sjötrafik kom så sent som år 2000 och nivåerna var mycket väl tilltagna om man gör jämförelsen med fordon som används till landtransporter. Motorerna på Älvsnabbarna representerar en drygt 12 år gammal konstruktion och har höga avgasutsläpp av framför allt partiklar och NO<sub>x</sub>. Då de trafikerar områden i Göteborg som redan har problem med för höga nivåer av partiklar och NO<sub>x</sub> så är det önskvärt att försöka sänka dessa emissioner.

Till båtarnas fördel ska också nämnas att de tar upp mot 450 passagerare, cyklar samt lite annat gods till priset av en bränsleförbrukning motsvarande ca 2 stadsbussar. Sett till utsläpp per person km är således båtarna mycket konkurrenskraftiga redan utan de tänkbara minskningar av emissionerna som diskuteras nedan.

## 2 ÄLVSNABBEN

---

### 2.1 Fartygen

I dag finns tre Älvsnabbar i drift och samtliga båtar används för persontransporter på Göta Älv. Alla tre båtarna drivs av två 12-liters Volvo Penta-motorer a 380 hk, som är kopplade till två fasta propellrar. Max fart är 12,5 knop. På båtarna finns också två dieseldrivna generatorer som används för elgenerering och för att driva bogpropellrar.

- Älv-Snabben 3 byggdes under namnet Ejdern 1975. Den byggdes om, bytte namn och sattes in i trafik 1994. Båten är 27,24 m lång och 6,92 m bred och får maximalt ta 300 passagerare.
- Älv-Snabben 4 levererades och sattes i trafik 1994. Fartyget är förstärkt för att klara is. Båten utformades för att kunna ta cyklar på fördäck. Maximalt kan 448 passagerare tas ombord på fartyget är 31,55 m långt och 8,15 m.
- Älv-Snabben 5 är systerbåt till 4:an och levererades 1995.

### 2.2 Användning/driftsförhållanden

Båtarna används för persontransporter, med hållplatser (bryggor) på båda sidan av Göta älv från Lilla Bommen till Klippan. Högsta tillåtna hastighet på älven är 11 knop varför effektuttaget i normalfallet är relativt lågt. Dock behövs ibland hög effekt i samband med dåligt väder och vid start och stopp vid hållplatserna. Erfarenheter från tidigare försök (1994) med att installera kontinuerligt regenererande partikelfilter (CRT™, från Johnson Matthey) har visat att man har att göra med en svår körcykel. Vid detta tillfälle var (för att få bättre respons vid användning av backslag) rökbegränsaren dessutom bortkopplad, vilket ger upphov till ökade emissioner av partiklar och sot. Efter kort transport över älven slås full back vilket ger mycket höga sotemissioner, sedan trycker man båten mot kajen med full kraft under tiden folk går av och på, vilket ger mycket sot, kort transport, full back osv... Detta gav då det provades fel förutsättningar mellan sot, avgastemperatur, och tid för att CRT-filter skulle kunna fungera. Från 1998 körs samtliga båtar med dieselbränslet MK1, vilket i sig är en gynnsam förutsättning för eftermontering av avgasrenande utrustning.

### 2.3 Motorer och avgasrening

Alla tre båtarna har var och en 2 st. Volvo Penta TAMD 122 A-motorer. Ombord finns också två motorer för el-generering. Dessa motorer är exkluderade i denna studie.

Motorena är raka, direktinsprutade, 6-cylindriga, 4-takts marindieselmotorer försedda med toppventiler och är utrustade med turbokompressor och laddluftkylning (populärt kallat intercooler). Avgasgrenröret och turbon är färskvattenkylda för att minska strålningsvärmen till motorrummet. Motorena är även utrustade med sjövattenkyld laddluftkylare. Motorer på Älvsnabben 4 och 5 har oxidationskatalysator för att minska utsläppen av främst kolväten och kolmonoxid. Motorns insprutningssystem och typ av förbränning



(förbränningssystem) motsvarar i princip de som användes på motorer till tunga fordon i slutet av 1980-talet eller tidigt 1990-tal. Det är normalt att marina motorer så att säga ”ligger lite efter” i utvecklingen och att modifieringar i syfte att minska avgasemissionerna införs senare än på t.ex. motorer till lastbilar och bussar.

Motorerna har en maximal effekt på 380 hk (279 kW) och en cylindervolym på 11,98 liter. Vikten är drygt 1 300 kg.

## 2.4 Framtidsplaner

Motorerna på Älv-Snabbarna genomgår cirka var 25 000:e driftstimme en omfattande renowering, varvid de flesta slitdetaljer i motorerna byts ut. Detta har således gjorts ett antal gånger under de cirka 12 år som båtarna varit i trafik. En renowering återställer motorn i princip i det skick den var i som ny ur emissionssynpunkt.

I Göteborgs södra skärgård planeras införande av nya snabbfärjor inom en relativt nära framtid. När detta sker så kommer en av de båtar (Skarven) som används där nu att ersätta Älv-Snabben 3, vilken då kommer att fasas ut.

Vidare så är det planerat att inom 3 – 4 år att byta ut motorerna i Älv-Snabbarna 4 och 5.

### 3 AVGASKRAV OCH EMISSIONER

---

För tunga motorer anges utsläpp av avgaskomponenter och bränsleförbrukning dividerat med det arbete (mätt på vevaxeln) som motorn utför [g/kWh]. För lätta fordon (personbilar) anges bränsleförbrukning och utsläpp per körd sträcka [g/km]. Skillnaden mellan lätta och tunga motorer kan vidare beskrivas så att för tunga så gäller provmetoder och kravnivåer för motorerna medan i det lätta fallet för hela fordonet. Generellt kan sägas att kraven är strängare och tillåtna nivåer lägre för trafik på land jämfört med sjötrafik. Dock finns flera exempel där man frivilligt gått längre inom sjöfarten än vad kraven säger. Ett exempel är att flera större fartyg infört kväveoxidrening på frivillig basis. Som morot för att göra detta frivilligt hägrar lägre farledsavgifter och ibland även lägre hamnavgifter.

De nivåer som anges här är de som gäller inom EU. Andra krav, körcykler och nivåer finns på andra marknader såsom exempelvis USA och Japan. I kapitel 3.1 och 3.2 beskrivs kortfattat och något förenklat vilka avgaskrav som ställs på marina motorer och på liknande motorer som används i lastbilar och bussar. Att det sistnämnda har tagits med är för att jämförelsen är intressant på hur man ser på avgasutsläpp på land jämfört med avgasutsläpp inom den marina sidan.

#### 3.1 Marina motorer

1993 kom de första kraven för marina motorer och dessa gällde sjöfart på den Schweiziska sjön Bodensee. Motorer som såldes till den svenska marknaden omfattades således inte av dessa eller några andra avgaskrav vid denna tid. De första kraven för marina motorer som omfattade Sverige kom år 2000. Förutom nya motorer omfattade dessa krav även motorer som genomgått en omfattande ombyggnad innefattande bland annat effekthöjning.

De nu gällande kraven för nya motorer är för EU ett krav kallat Inland Waterway Steg III A och i USA ett krav kallat Tier II. Den enda egentliga skillnaden mellan Europa och USA är att man införde kravnivåer 3 år tidigare i USA (2004) än i Europa (2007). I övrigt är kraven helt likvärdiga. Marina motorer testas i enlighet med testförfarandet beskrivet i ISO 8178-4:2002 [E] och IMO MARPOL 73/78, Bilaga VI (NO<sub>x</sub> Code). Hållbarhetskravet med avseende på avgasutsläpp för marina motorer är 10 000 timmar.

**Tabell 1:** Avgaskrav för marina motorer i EU enligt *Inland Waterways Vessels Standard Steg III A*

<b>Diplacement</b> [dm <sup>3</sup> / cylinder]	<b>CO</b> [g/kWh]	<b>HC + NO<sub>x</sub></b> [g/kWh]	<b>PM</b> [g/kWh]	<b>Datum</b>
<b>D &lt; 0,9. P &gt; 37 kW</b>	5,0	7,5	0,40	1 jan 2007
<b>0,9 &lt; D &lt; 1,2</b>	5,0	7,2	0,30	1 jan 2007
<b>1,2 &lt; D &lt; 2,5 *</b>	5,0	7,2	0,20	1 jan 2007
<b>2,5 &lt; D &lt; 5</b>	5,0	7,2	0,20	1 jan 2009
<b>5 &gt; D &lt; 15</b>	5,0	7,8	0,27	1 jan 2009
<b>15 &lt; D &lt; 20. P &lt; 3 330 kW</b>	5,0	8,7	0,50	1 jan 2009
<b>15 &lt; D &lt; 20. P &gt; 3 330 kW</b>	5,0	9,8	0,50	1 jan 2009
<b>20 &lt; D &lt; 25</b>	5,0	9,8	0,50	1 jan 2009
<b>25 &lt; D &lt; 30</b>	5,0	11,0	0,50	1 jan 2009

Anmärkning:

\* I denna kategori återfinns den motorstorlek som är aktuell nu och efter ett framtida motorbyte på Älv-Snabbarna 4 och 5.

### 3.2 Buss- och lastbilmotorer

I och med införande av Euro III ersattes testförfarandet från testmetoden ECE-R49 (steady-state) till två nya testmetoderna; *European Stationary Cycle* (ESC) och *European Transient Cycle* (ETC). Rök (sot) mäts i testcykeln *European Load Response* (ELR). Vilken av testerna som skall användas beskrivs enligt nedan.

- Konventionella dieselmotorer testas enligt ESC & ELR
- Dieselmotorer med avancerad avgasefterbehandling testas både enligt ESC & ELR och ETC
- Gasmotorer testas enligt ETC-testcykeln

Det finns även hållbarhetskrav för tunga motorer där hållbarhetstiden beror på fordonets storleksklass och i vilken nivå motorn certifierats. Kraven varierar mellan 100 000 km eller 5 år som lägst och upp till 500 000 km eller 7 år som högst.

**Tabell 2:** Avgaskrav i EU för tunga motorer avsedda för lastbilar och bussar

	<b>Test</b>	<b>CO</b> [g/kWh]	<b>HC</b> [g/kWh]	<b>NO<sub>x</sub></b> [g/kWh]	<b>PM</b> [g/kWh]	<b>Rök</b> [m <sup>-1</sup> ]	<b>Datum</b>
<b>Euro I</b>	ECE R-49	4,5	1,1	8,0	0,612		1992 : < 85 kW
<b>Euro I</b>	ECE R-49	4,5	1,1	8,0	0,36		1992 : > 85 kW
<b>Euro II</b>	ECE R-49	4,0	1,1	7,0	0,25		1996
<b>Euro II</b>	ECE R-49	4,0	1,1	7,0	0,15		1998
<b>Euro III</b>	ESC & ELR	2,1	0,66	5,0	0,10	0,8	2000
<b>Euro IV</b>	ESC & ELR	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5	2005
<b>Euro V</b>	ESC & ELR	1,5	0,46	2,0	0,02	0,02	2008
	<b>Test</b>	<b>CO</b> [g/kWh]	<b>NMHC</b> [g/kWh]	<b>NO<sub>x</sub></b> [g/kWh]	<b>PM</b> [g/kWh]	<b>CH<sub>4</sub></b> [g/kWh]	<b>Datum</b>
<b>Euro III</b>	ETC	5,45	0,78	5,0	0,16	0,65	2000
<b>Euro IV</b>	ETC	4,0	0,55	3,5	0,03	1,1	2005
<b>Euro V</b>	ETC	4,0	0,55	2,0	0,03	1,1	2008

### 3.3 Älvsnabben

Motorerna i Älv-Snabbarna är så gamla att de då de levererades inte hade certifierats enligt någon kravnivå. Utsläppen av NO<sub>x</sub> bedöms vara i storleksordningen minst 12-14 g/kWh och utsläpp av partiklar ca 0,5 g/kWh, eller möjligen något högre. I och med att motorerna försetts med oxidationskatalysator så är sannolikt utsläppen av HC och CO relativt låga. För att mer exakt fastställa avgasutsläppen från Älv-Snabbarna skulle givetvis en ombordmätning behövas. Det är dock inte sannolikt att utsläppen av främst NO<sub>x</sub> och partiklar skulle vara väsentligt lägre än ovan föreslagen nivå.

## 4 FÖRBÄTTRINGSÅTGÄRDER

---

### 4.1 Byte av motorer

Det mest drastiska men samtidigt enklaste sättet att sänka avgasutsläppen från Älv-Snabbarna kan vara att helt enkelt byta till en modernare motor. Som nämnts tidigare så kommer certifieras nya marinmotorer som kan vara aktuella i detta fall enligt kraven i *Inland Waterways Vessels Standard Steg III A*. Detta innebär att en ny motor högst kommer att emittera 7,2 g NO<sub>x</sub> och högst 0,2 g partiklar per kWh. Detta är i storleksordningen en halvering av dessa utsläpp om man jämför med dagens motorer.

Ytterligare ett komplement till ovannämnda alternativ kan vara att byta till mindre motorer. Detta skulle ge en väsentlig reduktion i bränsleförbrukningen och således lägre utsläpp av CO<sub>2</sub>. Moderna motorer har ett väsentligt högre specifikt effektuttag än äldre motorer så samma totaleffekt skulle i dag kunna åstadkommas med en mindre motor. Eventuellt kan en annan propeller eller utväxling behövas men detta kan bara avgöras vid en mer noggrann analys. Att gå över från den 12-litersmotor som används i dagens båtar till en modern 9-litersmotor skulle enligt vår grova uppskattning minska bränsleförbrukningen och CO<sub>2</sub> med 10-15 %.

### 4.2 SCR [Selective Catalytic Reduction]

SCR står för "selective catalytic reduction", eller på svenska: selektiv katalytisk reduktion.

#### 4.2.1 Översikt av SCR

Den typ av katalysatorrening som används för att reducera kväveoxider på bensindrivna personbilar fungerar inte på dieselmotorer på grund av syreöverskottet i avgaserna. För att kunna reducera NO<sub>x</sub> (NO och NO<sub>2</sub>) i en syrerik miljö är en möjlighet att använda ett reduktionsmedel som tillförs avgasströmmen. Reduktionsmedlets uppgift är att reagera med kväveoxider och reducera dessa till kvävgas, N<sub>2</sub>. Att använda ammoniak och en katalysator bestående av vanadinpentaoxid är en gammal och välbeprövad metod som använts under lång tid på exempelvis stora förbränningsanläggningar och i en del fall också på fartyg.

#### 4.2.2 Potential och marknad för SCR

Inom fordonsindustrin har man under lång tid försökt att ta fram katalysatorer som klarar att reducera kväveoxider utan att tillföra något reduktionsmedel. Trots idogt arbete har denna utveckling inte fallit väl ut och man har fått "krypa till korset" och anamma den gamla SCR-tekniken. Att använda ren ammoniak (NH<sub>3</sub>) ombord på ett fordon är av flera skäl mycket olämpligt. Ammoniak har en mycket stickande doft och är i höga koncentrationer hälsofarlig för människa. I stället har man valt att använda ett ämne som omvandlas (genom hydrolys) till ammoniak då det tillförs dieselavgaser. Det ämne som används till detta heter urea [(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO]. Vidare finns ett registrerat varunamn som heter AdBlue (SKW Piesteritz, Tyskland) för den urealösning som används. AdBlue (är 32,5 % urea och resten vatten) är en alkalisk (korrosivt) färglös vätska som har en fryspunkt på ca - 11°C.

Genom att använda urea kan motorn optimeras för låg bränsleförbrukning vilket i praktiken också leder till att NO<sub>x</sub>-utsläppen från motorn blir relativt sett höga. Som exempel kan nämnas att motorer som uppfyllde Euro III (2001) hade NO<sub>x</sub> emissioner under 5 g/kWh. Motorer som optimerats för SCR rening kan ha en NO<sub>x</sub>-nivå omkring det dubbla, dvs. nära nog lika höga som de äldre motorer som används i båtarna i dag, men efter reduktionen i SCR katalysatorn kan en nivå under 2 g/kWh åstadkommas. Rent ekonomiskt så äts i praktiken en del av den minskade bränslebesparingen upp av ureaförbrukningen men motor- och fordonstillverkarna hävdar att kunden ändå gör en ekonomisk vinst totalt sett.

Som med all ny teknik finns en del potentiella problem. Om urea av olika anledningar inte injiceras i avgasströmmen är det alltså extra allvarligt – eftersom motorn i sig ofta har höga NO<sub>x</sub>-nivåer. Förutom risken med fusk (att man inte fyller på urea, eller manipulerar systemet på något sätt) så finns en risk att man får utsläpp av ammoniak (och en rad andra kväveföreningar) från fordon med urearening om exempelvis katalysatorn åldrats eller om doseringen sker på felaktigt sätt.

På marknaden finns företag som levererar SCR-system för eftermontering. SCR-tekniken är förvisso gammal och den har använts under lång tid på stora fasta förbränningsanläggningar och på stora fartyg. Inom segmentet tunga dieselmotorer är detta med SCR ett relativt nytt fenomen och än så länge finns ingen stor erfarenhet om systemens hållbarhet.

## 4.3 EGR [Exhaust Gas Recirculation]

### 4.3.1 Översikt av EGR

Genom att återföra avgaser till motorns förbränningsluft kan man hålla ner NO<sub>x</sub>-bildningen (egentligen bildning av NO, där en del NO sedan oxideras vidare till NO<sub>2</sub>). Detta kallas på engelska "exhaust gas recirculation". Tekniken introducerades i bensindrivna bilar redan på 70-talet och förekommer också på en del moderna bensinbilar. På dieseldrivna personbilar infördes tekniken i början av 90-talet och finns i dag utan undantag på samtliga nya dieselmotorer. I USA används tekniken även på motorer till tunga fordon medan de flesta tillverkare i Europa valt SCR i stället. Undantag i Europa är Scania och MAN som använder tekniken i en del av sitt motorprogram. Scania har deklarerat att de kommer att fasa ut SCR till förmån för EGR och tycks därmed vilja gå en egen väg i utvecklingen för att minska avgasemissionerna.

### 4.3.2 Potential och marknad för EGR

På marknaden finns ett flertal företag som arbetar med att förse motorer med EGR-system för eftermontering, ofta också i kombination med partikelfilter. Det mest kända företaget inom denna bransch är antagligen STT Emtec från Sundsvall. Tekniken med eftermontering av EGR är relativt väletablerad och utprovad. Problem fanns initialt med tekniken men dessa sägs nu ha övervunnits.

Med EGR kan man i dag åstadkomma drygt en halvering av NO<sub>x</sub> emissionerna på "fabriksmonterade" system men potential finns att nå längre. För eftermonterade system kan inte en riktigt lika hög reduktion nås så här kan potentialen i dag skattas till maximalt en halvering.

En mer ingående förklaring till hur EGR tekniken fungeras görs nedan.

### 4.3.3 Beskrivning av EGR tekniken

Kväveoxider bildas i cylindern genom att luftens syre reagerar med luftens kväve. Denna reaktion gynnas av hög temperatur och högt tryck. Genom att hålla ner förbränningstemperaturen så kan man alltså även minska bildningen av oönskad kväveoxid. Då avgaser återförs så leder detta paradoxalt nog till att den lokala förbränningstemperaturen sänks, även om medeltemperaturen inte nödvändigtvis gör det. Ofta passerar även avgaserna en kylare innan de inblandas i motorns inloppsluft eftersom detta ytterligare sänker både medeltemperatur och de lokala temperaturerna, men lägre NO<sub>x</sub>-bildning som följd. Att förbränningstemperaturen sänks beror inte på att avgaserna är kalla utan att mängden inerta (sådant som inte deltar i kemiska reaktioner) gaser (exv. CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O och N<sub>2</sub>) i förbränningsluften ökar på bekostnad av syrgas. EGR kan åstadkommas på flera sätt men gemensamt för dem alla är att avgaser på något sätt återförs till motorn.

Fördelarna med att använda EGR för att hålla ner NO<sub>x</sub>-nivåerna är givetvis att man inte behöver något externt reduktionsmedel som ska doseras in i avgasflödet (exv. urea). Fordonets/farkostens lastkapacitet ökar genom den lägre vikten (bl.a. avsaknad av ureatank).

Nackdelen har hittills varit att bränsleförbrukningen ökar då man använder EGR. Vissa tillverkare (USA, Europa) påstår sig ha minskat denna ökning. Vidare ökar den värme som avges till kylvattnet, vilket leder till att större kylare måste användas. Dessutom krävs en ökning av motorns laddtryck eftersom ju avgaserna har en lägre syrehalt än om ingen EGR används.

## 4.4 Partikelfilter [DPF]

Bildning av sot i dieselmotorer sker eftersom luft och bränsle inte hinner blandas fullständigt (ner till molekylär nivå) innan antändningen. Utöver användning av partikelfilter finns också en mängd andra möjligheter att minska partikelemissionerna men dessa behandlas inte här då partikelfilter är det klart mest effektiva sättet att minska dessa emissioner.

### 4.4.1 Partikelfilter, princip

För att få ner utsläpp av partiklar är montering av partikelfilter ofta en framkomlig väg att gå. På marknaden finns en rad olika typer av filter – både vad avser funktion och filtermaterial. De vanligaste filtren är tillverkade av keramik och är av monolittyp (ser ut som en bikaka). Monoliten består av många parallella kanaler där avgaserna leds in. Konstruktionen är sådan att varannan kanal är tilltäppt i änden och keramiken är porös. Detta gör att avgaserna ”tvingas” passera genom det porösa materialet – där sot och partiklar fastnar.

Det vanligaste filtermaterialet i keramiska partikelfilter till personbilar är kiselkarbid (SiC). För motorer till tunga fordon ha i stället corderit (ett naturligt mineral till skillnad från SiC) hittills dominerat. Corderit är samma material som används i katalysatorer till bensinbilar men porositet, antal celler per cm<sup>2</sup> och andra parametrar skiljer sig något mellan applikationerna. På senare tid har även aluminiumtitanat kommit till användning i partikelfilter till dieseldrivna personbilar (t.ex. VW 2006). SiC är det material som generellt har bäst ”hållbarhet” (med beaktande av en mängd parametrar), tätt följt av aluminiumtitanat medan corderit så att säga är ”sämst” ur denna aspekt. Prisbilden är ungefär den motsatta, SiC är dyrast medan corderit är billigast.

Det finns även en mängd andra alternativ till keramiska monolitfilter men som också baseras på keramiska material i någon form. Keramiskt ”skum” är ett alternativ som diskuteras

rats till och från men som ännu inte nått produktionsstadiet. Partikelfilter av keramiska fibrer har också utvecklats under lång tid och här finns filter i mindre produktion. Ett slags veckat keramiskt ”papper” är ett intressant (och sannolikt billigt) alternativ som heller det kunnat kommersialiseras än.

Olika typer av filter där sintermetaller används finns kommersiella i begränsad omfattning för eftermontering. Utveckling pågår också för att introducera denna filtertyp i stor skala men detta har ännu inte skett.

Även olika typer av ”filter” som inte direkt är en ”fälla” för partiklar finns. Detta är oftast fråga om metallplåt i kombination med metalliska nät eller filter helt bestående av nät. Detta kan sägas vara ett mellanting mellan en oxidationskatalysator och ett partikelfilter. Kanalerna genom denna typ av ”filter” är inte pluggade som för keramiska monoliter och de brukar därför ofta kallas för ”öppna” partikelfilter. Reningsgraden är inte lika hög som för keramiska monolitfilter eftersom pluggning saknas; siffror på 50-80 % filtrering brukar nämnas. Fördelen med denna typ av ”filter” är att de inte kan sätta igen på samma sätt som keramiska monolitfilter. Scania och MAN har använt denna typ av filter till tunga fordon. De har också använts för eftermontering på personbilar i Tyskland.

#### 4.4.2 Regenerering av partikelfilter

Ovan beskrevs hur partiklar och sot fångas in och hindras från att släppas ut i atmosfären. Nästa steg är att bli av med det insamlade materialet – dvs. regenerering av filtret. Att regenerera (återställa) filtret kan också ske på ett flertal olika sätt men gemensamt för dem alla är att partiklarna bränns (oxideras) bort. Ofta är avgaserna för kalla för att någon spontan oxidation ska starta varför man ofta måste vidta åtgärder för att starta regenereringen (aktivera). Ett vanligt sätt som används bygger på att man placerar en katalysator uppströms filtret vars uppgift är att oxidera NO, CO och oförbrända kolväten. Genom detta uppnår man två syften, **1** temperaturen höjs p.g.a. oxidationsreaktionerna, **2** NO oxideras till NO<sub>2</sub> vilket är ett mycket bra oxidationsmedel för regenerering av sot. Genom tillgång till NO<sub>2</sub> kan sot och andra brännbara partiklar oxideras vid väsentligt lägre temperatur än om man bara har tillgång till syrgas (O<sub>2</sub>) som oxidationsmedel. Denna teknik kallas ofta kontinuerlig regenerering. Då NO<sub>2</sub> av många anses som en högst oönskad kemisk komponent i avgaserna så är tekniken med att använda NO<sub>2</sub> som oxidationsmedel omdiskuterad (främst i länder med mycket tunnlar mm). Å andra sidan omvandlas NO till NO<sub>2</sub> i alla fall då det kommer ut i atmosfären. **Denna kemiska reaktion är lite speciell då den gynnas av låg temperatur, dvs. hög temperatur gör att omvandlingen går saktare än vid dito låg temperatur.**

Andra sätt att regenerera filter kan vara att placera en brännare uppströms filtret. Då regenerering behövs värms helt enkelt avgaserna genom att värme tillförs via brännaren. Det finns även system där infångat sot och partiklar bränns upp då fordonet inte används genom att elektriskt värma filtret.

Vissa tillverkare (Peugeot/Citroën) använder en tillsats i form av ett flytande katalytiskt medel som doseras i lagom dos vid tankning av bilen. För att ytterligare påskynda regenereringen genom att öka avgastemperaturen modifieras motorns styrning (utan att föraren märker något) för att minska luftöverskott, senarelägga förbränningen och tillföra extra last på motorn. Peugeot var pionjärer med denna teknik på modellen 607 och partikelfiltersystemet infördes i produktion under 2000. Några av nackdelarna med tekniken är tillsatsmedel erfordras och att dessa tillsatser producerar en viss mängd aska. Även om askan



fastnar i partikelfiltret kan den inte brännas bort vid vanlig regenerering utan filtret måste monteras bort och renas på annat sätt (vilket görs utan kostnad för kunden). Initialt skedde detta efter 80 000 km men intervallerna har numera kunnat ökas till det 2-3 dubbla genom bättre tillsatsmedel (generation 3) och filter med högre asklagringsförmåga. I de senaste bilarna behöver inte filtret renas under bilens livslängd.

Det finns även system där man i filtret byggt in katalytiska ämnen i partikelfiltret som möjliggör oxidation vid lägre temperatur. Detta är den vanligaste tekniken att regenerera partikelfilter på personbilar. Regenereringen underlättas dels genom att partikelfiltren är katalytiskt belagda, dels på så sätt att avgastemperaturen momentant ökas genom olika åtgärder. Fördelen genom att tillsatsmedel enligt ovan inte behövs har medfört att de flesta tillverkare valt katalytiska filter. Nackdelen med katalytiska filter är att de kräver något högre avgastemperatur, vilket ställer ännu större krav på de momentana förändringar i motorstyrningen som behövs för att initiera regenereringen. Detta kan bara åstadkommas med moderna common rail insprutningssystem.

De partikelfilter som hittills använts på tunga fordon har företrädesvis använt ”passiv” regenerering, vilket baserats på ”CRT-effekten” (oxidering av NO till NO<sub>2</sub>) i någon form. Detta beror på att de varit eftermonterade, alternativt monterats hos återförsäljare eller hos motortillverkaren som ett ”tillbehör”. De andra alternativen, där avgastemperaturen höjs på något sätt enligt ovan kan betraktas som ”aktiva”, dvs. de kräver modifieringar av motorn och i motorstyrningen. I framtiden är det troligt att aktiva system av liknande typ som på personbilar kommer att användas även på tunga fordon. Aktiva system kan bli mer driftssäkra genom den kontroll av regenereringen som dessa medger. Dessutom säkerställer man att regenerering kommer att ske även i svåra applikationer där avgastemperaturen normalt är låg.

#### 4.4.3 Effektivitet och marknad

Moderna partikelfilter filtrerar effektivt bort partiklar av olika storlekar, alltså även de minsta partiklarna fastnar i filtret. En annan fördel är att även aska från motorns smörjolja filtreras bort, vilket inte är fallet för motorer som körs på bränslen där partikelfilter inte krävs. Askans består av metallföreningar som tros vara hälsofarliga så det är önskvärt att även minska dessa ämnen. Vid de bästa driftsförhållandena för partikelfilter kan nivån i avgaserna t.o.m. ligga lägre än i stadsluft.

Det förekommer en viss missuppfattning att partikelfilter inte skulle kunna filtrera de minsta partiklarna. Möjligen kan detta härröra från tidiga mätningar på partikelfilter där högsvavligt bränsle användes med sulfatbildning som följd och där även kolväten genom dåvarande mätmetoder också kom att mätas som partiklar. De små partiklarna som då mättes var inte ”fasta” partiklar utan droppar i form av aerosoler. När partikelfilter används tar man bort alla fasta partiklar och flyktiga föreningar som svavelsyra, kolväten, mm kommer då att kondensera till mycket små aerosoler eftersom inga kondensationskärnor i form av sotpartiklar längre fanns kvar i avgaserna (kondensen sker på dessa när partikelfilter inte används). Med den nya mätteknik, vars utveckling nu håller på att slutföras, och som kommer att införas i framtida avgaskrav, undviker man att flyktiga föreningar mäts som partiklar och med denna mätmetod erhålls den högsta filtreringsgraden för de minsta partiklarna.

Det finns många olika typer av filter på marknaden och många leverantörer av eftermonterbara filter. Speciellt i Tyskland är detta en stor marknad på personbilssidan. Att efter-

montera filter är vanskligt eftersom man kan förstöra motorerna om man inte lyckas hitta en effektiv strategi för att regenerera filtren (bränna upp infångat sot). Lyckas man inte bli av med sotet stiger mottrycket vilket i förlängningen kan leda till motorhaveri.

## 4.5 Övrigt

För stora fartyg finns system där man tillför vatten till motorn. Wärtsilä har ett system där man under högt tryck sprutar in vatten i cylindrarna. Vidare har Munters ett system där insugsluften till motorn befuktas (mätas med vattenånga). Båda dessa system ger en väsentlig reduktion av NO<sub>x</sub>. Än så länge finns inga kommersiella system för eftermontering på mindre marina motorer.

Nya förbränningstekniker (förbränningssystem) till dieselmotorer som för närvarande utvecklas i laboratorierna har potential att drastiskt minska bildningen av partiklar och kväveoxider. En sådan teknik benämnd HCCI (homogeneous charge compression ignition), ungefär: homogen luft/bränsleblandning med kompressionständning på svenska, är ett sådant exempel. Denna teknik torde emellertid inte bli kommersiell förrän bortom 2010. Möjligen kan en variant av tekniken som använder HCCI-liknande förbränning vid vissa driftsfall (låg last och lägre varvtal) kunna komma i produktion tidigare.

Den amerikanska motortillverkaren Cummins (världens största motortillverkar av motorer i "lastbilsstorlek") offentliggjorde under hösten 2007 att deras större motorer för 2010 års avgaskrav i USA inte kommer att använda SCR eller någon annan form av katalytisk efterbehandling för att klara NO<sub>x</sub> kraven. (De mindre motorerna kommer att använda SCR.) Detta får anses som sensationellt eftersom kraven för 2010 i USA är världens hårdaste kända krav och faktiskt lägre än de nivåer som föreslås för Euro VI (omkring 2014 enligt senaste förslag). Nivån på 0,2 g/bhp-hr (gram per hästkrafttimme) motsvarar ca 0,3 g/kWh och är nära 90 % lägre än Euro V som införs 2009 i EU. Cummins använder en utvecklad form av EGR och högtrycksinsprutning för att åstadkomma en förbränning som *redan i motorn* ger dessa låga NO<sub>x</sub> nivåer. För att klara kraven på partikelemissioner kommer Cummins att använda partikelfilter. Sedan detta pressmeddelande från Cummins har även en annan amerikansk motortillverkare, Navistar, aviserat liknande planer. Scania har offentliggjort en liknande strategi för kommande Euro VI krav. Cummins kommer sannolikt att använda en liknande teknik som den för motorer till tunga fordon även för industri- och marinmotorer men då handlar det om en tidshorisont på omkring 2015 och bortom.

## 5 DISKUSSION & FÖRSLAG

---

### 5.1 Summering av tänkbara åtgärder och förslag

Då Älv-Snabben 3 sannolikt ska fasas ut inom ett år så är det inte ekonomiskt försvarbart att göra stora förändringar på den båten. För de två andra Älv-Snabbarna så finns en rad olika åtgärder som skulle kunna göras.

#### 5.1.1 Byte till modernare motorer

Ecotraffics primära förslag är att byte av motorer tidigareläggs. Enligt plan ska detta göras inom ca 4 år. Vid bytet undersöks genom belastningsstudier om det finns möjlighet att byta till mindre motorer. De motorer som vi tittat på och som vi tror kommer att vara de som bäst uppfyller ställda krav är Volvo Pentas 9-litersmotor, D9 MH, 1 800 rpm, 355 hk. Görs detta byte så kommer bränsleförbrukningen att minska samtidigt som avgastemperaturen kommer att öka jämfört med de motorer som används nu. Detta är positivt ur avgasreningssynpunkt då eftermonterad avgasrening fungerar bättre vid högre avgastemperatur.

#### 5.1.2 EGR och partikelfilter

Om Volvo Penta godkänner eftermontering så är vårt förslag att undersöka om man kan sätta in en lågtrycks-EGR och partikelfilter från STT Emtec. Detta kommer att leda till marginellt sett högre bränsleförbrukning (<1 %), ca 40 % reduktion av NO<sub>x</sub>; > 95 % reduktion av partiklar. Vidare kommer utsläppen av HC och CO minska. STT har ett aktivt system för regenerering av filtret vilket sannolikt är ett krav för att det ska kunna fungera under så pass speciella körmonster som det är frågan om här.

Det finns en mindre negativ inverkan på bränsleförbrukningen av EGR och partikelfilter. Inverkan varierar dock med applikationen och körförhållanden. Genom minskningen av NO<sub>x</sub> emissionerna erhålls emellertid totalt sett en positiv inverkan på utsläppen av klimatgaser även om just storleken på bidraget från NO<sub>x</sub> diskuteras i detta sammanhang. Bidraget från partikelemissionerna till klimatpåverkan är föremål för ännu mer debatt. Tidigare har man trott att inverkan var ”negativ”, dvs. att partikelemissionerna ledde till minskad klimatpåverkan. Nya rön tyder på att motsatsen skulle vara fallet men ämnet är fortfarande föremål för debatt.

#### 5.1.3 Enbart partikelfilter

Som nämnts i tidigare kapitel är regenereringen det svåraste problemet att klara när partikelfilter eftermonteras. Ett exempel på detta är tidigare försök med CRT filter på en Älv-Snabb inte varit framgångsrikt. Sedan dessa försök gjordes har dock framsteg gjorts, varför man inte helt skall avskriva möjligheterna. Ett aktivt system för regenerering vore att föredra om någon kan leverera ett sådant system. Den tillgängliga tiden för detta projekt har inte medgett någon mer genomgående analys av förutsättningarna. Det är dock inte fråga om några större insatser som behövs för att göra denna bedömning. Enkla mätningar av avgastemperatur kan kanske ge svaret om ett konventionellt filtersystem med passiv regenerering överhuvudtaget är möjlig i denna applikation.

Några alternativ som definitivt borde undersökas är de så kallade ”öppna” partikelfilter. I dag finns sådana tillgängliga från Emitec och Ecolat (tidigare Kemira). Filtreringsgraden är som tidigare nämnts inte så hög som för monolitiska keramiska filter men fördelen med enklare regenerering och att risken för att de skall sätta igen är mindre är intressant. Dessutom sker en utveckling inom området som måste beaktas.

#### **5.1.4 Oxidationskatalysator**

Om man inte vill göra en så pass omfattande ombyggnation som det är att installera ett system från STT eller införa så är förslaget att i alla fall installera oxidationskatalysatorer. I och med detta så för man en stor minskning av HC och CO. Partiklar kommer sannolikt att minska i storleksordningen 10-20 % och NO<sub>x</sub> med ca 2 – 5 %. Bränsleförbrukningen kommer att i praktiken att vara nästintill oförändrad.

#### **5.1.5 Eftermonterad SCR och övrigt**

Man skulle också kunna tänka sig att eftermontera ett SCR system med filter. SCR-tekniken har nyligen introducerats på bussar och lastbilar och i dagsläget finns inga eftermonterbara system för marindieselmotorer i den här storleken på ”hyllan”. Vårt råd är att avvakta drifts- och hållbarhetsfarenheter från bussar och lastbilar innan man undersöker om man kan eftermontera ett SCR-system. Ett dåligt fungerande system kan leda till att man inte uppnår någon rening av NO<sub>x</sub> och samtidigt släpper ut stora mängder ammoniak i luften. En förutsättning är också att det finns företag som tar fram eftermonteringssatser. För tillfället har vi inte identifierat någon sådan tillverkare men det är i alla fall inte omöjligt att intresse för sådant kan finnas.

Ytterligare ett förslag är att så snart det går börja använda 2:a generationens alternativa drivmedel - som kan användas i befintliga dieselmotorer.

### **5.2 Klimatgaser/emissioner / bränsleförbrukning**

Genom att byta till mindre motorer så kommer bränsleförbrukningen att minska och således också utsläppen av CO<sub>2</sub>. Någon exakt siffra kan inte räknas fram med det underlag som finns tillgängligt nu men en minskning med i storleksordningen 10-20 % bör var fullt möjlig. En optimering av motoreffekt, propeller och/eller utväxling kan ge ett antal procent till.

Att minska utsläppen av NO<sub>x</sub> bidrar också högst påtagligt till att minska utsläpp av gaser som har negativ (eller egentligen positiv) klimatpåverkan. Införande av förnyelsebara bränslen påverkar givetvis också nettotillskottet av CO<sub>2</sub> till atmosfären. En minskning av partikelemissionerna är sannolikt också gynnsamt för klimatpåverkan.

### **5.3 Möjlighet att använda biobaserade alternativa drivmedel**

De alternativa drivmedel som står till buds i dag är av typen första generationens drivmedel, biogas framställt genom rötning och etanol framställt genom jäsning av stärkelse eller socker samt RME framställt via omförestring av vegetabiliska oljor. Som andra generationens drivmedel räknas etanol framställt ur cellulosa samt bränslen framställda via förgasning av biomassa. Exempel på förgasningsbränslen är metanol, DME och Fischer-Tropsch (FT)-bränslen. Vätgas kan också framställas via förgasning men även elektrolys och andra

metoder är tänkbara på lång sikt. Det långsiktiga perspektivet för vätagasen medför att detta drivmedel borde karakteriseras som tredje generationens biodrivmedel.

Sannolikt vill man inte använda gasformiga bränslen ombord på ett fartyg av flera skäl. Ett av dem är att räckvidden begränsas, ett annat är att speciell hänsyn till säkerhetsaspekter måste beaktas på fartyg. Tillräcklig räckvidd är viktigt ur säkerhetssynpunkt och då man ofta byter rutt för fartygen beroende på säsong mm. Infrastrukturen för att tanka biogas är än så länge begränsad. Detta kan givetvis ändras i framtiden. I dagsläget finns ej heller några marina gasmotorer att köpa. De fordonsmotorer som finns tillgängliga i dag i Europa är av lämplig storlek för stadsbussar eller mindre tunga fordon. I USA finns något exempel på större motorer och konverteringar förekommer också. Lämpligast för gasdrivna motorer till tunga fordon i fjärrtrafik är om flytande metangas (LNG eller LBG, dvs. ”liquefied natural gas” eller ”liquefied biogas”) kan användas. LNG/LBG är också alternativ för båtar men hanteringen av kryogena drivmedel som måste ske vid ca 180°C, och de säkerhetsaspekter som är förknippade med den, är inte tilltalande för en applikation som båtar.

Volvo satsar stort på DME (som man bland annat ska få från förgasning av svartlut inom massaindustrin). Detta betyder att motorer som kan köras på DME kommer att dyka upp inom en inte allt för lång framtid. Sannolikt så kommer dock dessa motorer först att introduceras på land och först i ett senare skede kan en tillämpning som marina DME-motorer vara av intresse. DME är hanteringsmässigt enklare än biogas och naturgas i komprimerad form samt LNG/LBG men dock mer komplicerad än att hantera konventionella flytande drivmedel som t.ex. dieseloilja.

Motorer för drift med etanol tillverkas i dag bara av Scania. Etanol har använts i industrimotorer och skulle lika väl kunna användas i marina motorer. De motorer som nu finns tillgängliga har dock för låg effekt för att bara två motorer skall vara tillfyllest. Säkerhetsaspekter måste beaktas vid användning av alkoholer eftersom de är mer flyktiga än dieseloilja. Parallellt till användning av bensin i inombordsmotorer (vilket ju förekommer) kan förvisso göras och sannolikt är inte etanol mer brand- och explosionsfarligt än bensin. Bensin är dock farligare än diesel i denna applikation och med detta konstaterande inses att säkerhetsaspekter måste beaktas noga vid en ev. ombyggnad. Metanol bedöms i dag inte vara av intresse för användning i motorer av den storlek som avses här.

De bränslen som antagligen kan komma att vara av intresse är bränslen som kan användas i traditionella dieselmotorer utan några omfattande förändringar. Förslagsvis så kan FT-diesel och NExBTL-diesel komma i fråga. Av dessa så är det idag bara det sistnämnda som finns på marknaden. När bränslen via förgasning av biomassa gör entré på marknaden är mycket svårbedömt.

## 5.4 Emissionsegenskaper för alternativa drivmedel

Vid introduktion av nya bränslen är det viktigt känna till deras emissionsegenskaper då de används i befintliga (eller modifierade) motorer. På längre sikt kan man om ett bränsle introduceras i stor skala anpassa och optimera avgasreningen för just detta bränsle. Här ges en kortfattad och förenklad förklaring av några av de bränslen som skulle kunna vara aktuella som ersättning till fossil bränslen:

**Biogas:** Om gasmotorn körs stökiometriskt ( $\lambda=1$ ) så kommer utsläppen av både oförbrända komponenter såsom kolmonoxid och kolväten samt kväveoxider att vara låga. Mät-

ningar - som bland annat Ecotraffic gjort – visar att dålig hållbarhet för katalysatorerna är ett problemområde. Detta resulterar i stora utsläpp av metan (som är en kraftig klimatgas). Motorer med mager förbränning ( $\lambda > 1$ ) har högre  $\text{NO}_x$  emissioner än de med stökiometrisk förbränning men en nivå under 2 g/kWh kan åstadkommas. Partikelemissionerna är för de flesta typer av gasmotorer mycket låga. Gasmotorer som konverterats från dieselmotorer till ottomotorer har lägre verkningsgrad än basmotorn.

**Naturgas:** Samma emissionsbild som biogas med skillnaden att naturgas är fossilt.

**DME:** Brinner rent och ger inte upphov till någon partikelbildning.  $\text{NO}_x$ -utsläppen bedöms vara ca minst 2 ggr lägre än för MK1 diesel. Oförbrända rester kommer främst att bestå av DME vilket är en relativt harmlös kemikalie (används bland annat som drivgas i hygienprodukter). Dieselmotorns höga verkningsgrad behålls med DME som bränsle.

**FT-bränslen:** Ger upphov till lägre partikelbildning än diesel men inte så lågt att partikelfilter kan undvikas. Vidare ger bränslet lägre  $\text{NO}_x$ -utsläpp och lägre bildning av oreglerade hälsofarliga komponenter. Bränslet är dessutom i praktiken svavelfritt vilket gör att katalysatorer får högre effektivitet och längre livslängd. Med FT-bränsle erhålls lika hög verkningsgrad som med dieseloilja som bränsle.

**Etanol:** Partikel- och  $\text{NO}_x$ -utsläpp blir lägre då etanol används som bränsle i tunga fordon. Behovet av partikelfilter kan behövas om riktigt låga nivåer eftersträvas. Bildningen av vissa oreglerade hälsofarliga komponenter blir lägre än jämfört med dieselbränsle medan nivån av andra komponenter kan bli högre. Dieselmotorns höga verkningsgrad behålls i princip med etanol som bränsle.

**Metanol:** Ger en liknande emissionsbild som etanol men bedöms i dag inte vara intressant som bränsle till tunga fordon och marina motorer av det slag som avses här.

**NExBTL:** Denna ”diesel” är framställd genom hydrering av vegetabiliska oljor. Produktionen sker hos Neste i Finland men fabriker är planerade även i andra länder. En mängd olika vegetabiliska och animaliska oljor och fetter kan användas för produktion av NExBTL och råvarubasen är därför bredare än för RME. Palmolja som råvara har debatterats flitigt under hösten 2007. Utfallet i en livscykelanalys beror självfallet främst på hur råvaran producerats. I praktiken erhålles samma emissionsegenskaper som för FT-bränslen, se ovan.

## 5.5 Förslag på lämpliga upphandlingskrav

Vid upphandling av transporttjänster föreslår vi att man ska ställa krav på att man uppfyller senaste kravnivån vad gäller avgasemissioner. Vidare är ett viktigt krav att motorstorlek är anpassade till det arbete ska utföras (givetvis måste man ta hänsyn till att man till sjöss behöver en viss överdimensionering av bland annat säkerhetsskäl). Ett annat krav kan vara att leverantörer av motorer ska vara positivt inställda till att i efterhand hjälpa till att justera/bygga om så att avgasutsläpp kan minskas.

## 5.6 Förslag på fördjupning av studien

Studien bör fördjupas på sätt att man i detalj tar reda på körbetingelser (tider, avgastemperaturer, gaspådrag, belastning mm) för att kunna välja en så pass rätt motorstorlek som möjligt. Denna kartläggning görs bäst genom ombordmonterad mätutrustning. I samband

med detta så bör man undersöka om och hur ett lågtrycks-EGR-system med partikelfilter (exempelvis från STT) kan installeras.

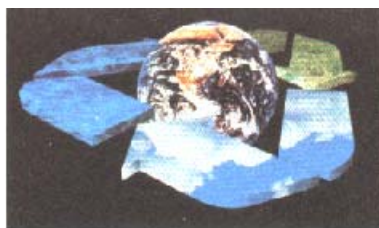
Vidare bör man i en fortsatt studie inhämta erfarenheter från användning av SCR på bussar och lastbilar. Om man väljer att byta motorerna om först 3-4 år så kan det hända att marknaden tagit fram fungerande och beprövade SCR-system för eftermontering. Om SCR-tekniken fungerar så ger denna en större NO<sub>x</sub>-reduktion än dito EGR-system.

## 6 REFERENSER

---

1. Johnsson Matthey, Ronny
2. Styröbolaget, Miljöansvarig (Gunnar)
3. Instruktionsbok Volvo Penta TAMD 122
4. STT, Glenn Berglund
5. [www.dieselnet.com](http://www.dieselnet.com)





**Ecotraffic**

Huvudkontor / Head office  
Floragatan 10B  
SE-114 31 STOCKHOLM  
Tel +46 (0) 8-545 168 00  
Fax +46 (0) 8-411 14 43  
E-post: [eco@ecotraffic.se](mailto:eco@ecotraffic.se)

Dämmet 18  
SE-442 93 LERUM  
Tel +46 (0) 302-213 51  
Fax +46 (0) 302-213 51  
E-Post: [eco@ecotraffic.se](mailto:eco@ecotraffic.se)

[www.ecotraffic.se](http://www.ecotraffic.se)