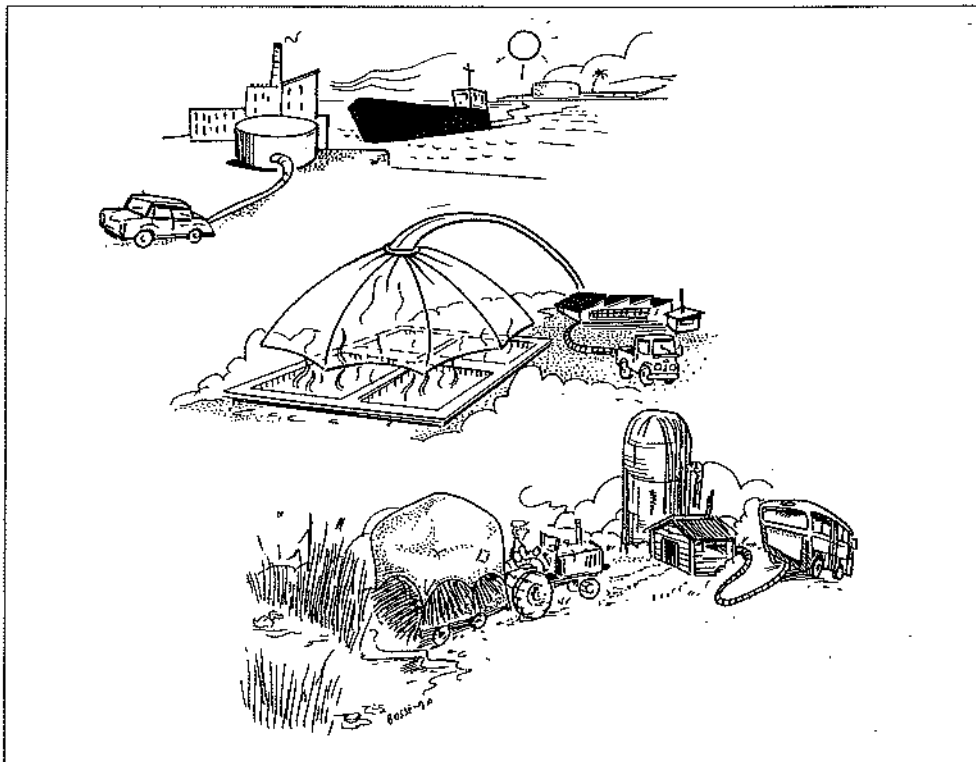


# Drivmedel från källa till användare.

Etapp 1.  
Förstudie.  
Sammanfattning.



**Naturgas**

**FUD**

FORSKNING · UTVECKLING · DEMONSTRATION

**Vattenfall**

# **Drivmedel från källa till användare.**

**Etapp 1.  
Förstudie.  
Sammanfattning.**

**Naturgas**

# Vattenfall

## FUD-RAPPORT

Från UG	Löpnummer U(G)1990/ 62	Datum 1990-12-28	Kl-nr TE30	
Författare Mats Ekelund Ecotraffic AB		Teknikområde Naturgas		
Rapporter kan lånas från Vattenfall bibliotek 162 87 VÄLLINGBY		Rapporter kan rekvireras från Vattenfall Utveckling AB Dokumentationscentralen 810 70 ÄLVKARLEBY Tel: 026/881 00	Projektnummer 93749	
Vidi/Uttärdare		Godkänd Hans Gransell <i>Hans Gransell</i>		
Sökord Drivmedel		Antal textblad 24	Antal bilageblad 1	
<input checked="" type="checkbox"/> Only summary in English		<input type="checkbox"/> Whole report in English	<input type="checkbox"/> It exists a brochure in Swedish/English	<input type="checkbox"/> Other

### Rubrik

DRIVMEDEL FRAN KALLA TILL ANVANDARE. Etapp 1. Förstudie. Sammanfattning.

### Sammanfattning

Huvuddelen av energibehovet för samtliga av de studerade drivmedlens hanteringskedjor, vilka avser energisystemförhållanden i Sverige, härrör sig till framställning/ omvandling av drivmedlet. Transporter och lagring utgör relativt marginella poster ur energibehovssynpunkt (någon eller några procent av producerad energimängd). De enda undantagen utgörs av etanol och vegetabiloljor där odling och skörd av processgrödor utgör ca 50% av energibehovet. De största energibesparingarna finns ändå i att göra de olika framställnings- och omvandlingsprocesserna mer energieffektiva.

Energibehovet hos hanteringskedjan för dieselolja och bensin ligger på ca 12 procent av energiinnehållet i drivmedlen. Endast naturgasen och motorgasen uppvisar lägre värden med ca 5-7 procent. De största energibehoven återfinns vid elgenerering med fossilt bränsle och vid elektrolysförframställning av vätgas med 210 respektive 140-170 procent. Metanolförframställning ur naturgas kräver ett tillskott på ca 46 procent och för etanoltillverkning från spannmål åtgår det allt från 81 - 200 procent beroende på om processens restprodukter i form av bränsle och foder kan tillgodogöras. Biogasens energibehov hamnar runt 30-40 procent.

Alkoholerna, metanol och etanol, ger klara emissionsförbättringar med avseende på kväveoxider och partiklar jämfört med diesel. Metangas i ottomotor visar i dagsläget den bästa potentialen av de studerade drivmedlen vad avser kväveoxidutsläpp (< 1 g/kWh, ECE R49). Lägst utsläpp av de reglerade emissionsslagen erhålls dock från energibärarna vätgas och el.

Koldioxiden som släpps ut kommer från två skilda källor; fossila och icke fossila bränslen. De icke fossila bränslena utgörs av de sk bibränslena vars koldioxidutsläpp inte anses belasta atmosfären med ett nettotillskott av koldioxid. Sannolikt kommer det därför i framtiden att bli än viktigare än idag att energiomvandlingsanläggningar ingår i det ekologiska systemet, t ex med avseende på koldioxidutsläpp. Det blir då av stor betydelse att anläggningarna använder sig av förnybar energi (biogrödor el dyl).

Drivmedlens bidrag till koldioxidutsläppet varierar stort beroende på respektive hanteringskedjas energibehov och energiproduktionssätt. Det lägsta värdet uppvisar naturgasen med 24 gram CO<sub>2</sub> per kWh och det största värdet erhålls vid elgenerering med naturgas; 416 gram CO<sub>2</sub> per kWh.

De fordonsrelaterade koldioxidutsläppen är dominerande, vilket medför att de totala fordonsutsläppen av koldioxid, inklusive hanteringskedjans bidrag, inte skiljer sig markant för de olika drivmedlen. Minst utsläpp blir det från en biogasdriven buss med ca 50 gram CO<sub>2</sub>/tonkm följt av etanol med ca 60 gram CO<sub>2</sub>/tonkm. De övriga studerade drivmedlens utsläpp ligger omkring ca 100 gram CO<sub>2</sub>/ tonkm.

From UG	Serial number U(G)1990/ 62	Date 1990-12-28	Cl. No. TE30
Author Mats Ekelund Ecotraffic AB		Main area/Program area/Project area Natural Gas	
Reports can be borrowed from Vattenfall library 162 87 VALLINGBY	Can be obtained from Vattenfall Utveckling AB Dokumentationscentralen 810 70 ALVKARLEBY Tel: 026/881 00	Project No. 93749	
Vid/Attested	Approved Hans Gransell <i>Hans Gransell</i>		
Search term Automotive fuel	No. of pages of text 24	No. of pages of appendix 1	
<input checked="" type="checkbox"/> Only summary in English	<input type="checkbox"/> Whole report in English	<input type="checkbox"/> There exists a brochure in Swedish/English	<input type="checkbox"/> Other

### Title

**AUTOMOTIVE FUELS FROM SOURCE TO END USE - PHASE ONE.** Summary.

### Summary

The purpose of this pre-study is to analyse the full upgrading of automotive fuels for use in Sweden. This includes, for example, extraction, purification, processing, storage, and distribution. It emphasizes on the end use of fuels in city buses. The scope of this pre-study is to prepare for a more comprehensive study, namely PHASE TWO. This second phase study will explore energy utilization, emissions and environmental impact, possibly including health aspects, relative to the end use of automotive fuels.

The fuels of interest in these studies are diesel oil, gasoline, LPG (propane), methanol from CNG, ethanol from crops, CNG, biogas, vegetable oil, hydrogen and electricity generated from a natural gas fueled combined cycle power plant.

The processing and production of fuels consumes a proportionate amount of energy. For example, the processing of fossil fuels, accounts for 10 % of the total energy input available before processing. Ethanol and hydrogen show higher figures in this preliminary study. For ethanol, 80-200 %, and for hydrogen some 160 %. Within this range are hydro-electric power (20 %), purified biogas (40 %), methanol (50 %), vegetable oil (70 %), and natural gas-based electricity (110 %).

Carbon dioxide emissions come from fossil and non-fossil sources. Fossil fuel combustion contributes to atmospheric carbon dioxide. Non-fossil fuel combustion, however, is for good reasons considered not to contribute to atmospheric carbon dioxide, and should be classified separately.

According to preliminary analysis, biogas in the transportation sector, including usage in buses, contributes the least to atmospheric carbon dioxide. Approximately 50 g/tonkm could be associated with biogas usage, whereas diesel oil, gasoline and methanol yield 100 g/tonkm, respectively. Again, between these extremes lie ethanol (60 g/tonkm), natural gas based electricity (80 g/tonkm), and CNG (90 g/tonkm). It is important to note that biogas and ethanol belong in the non-fossil carbon dioxide classification.

Compared separately, the end-use emissions (NO<sub>x</sub>, THC, CO, PM) from city buses provide lower figures from electricity and hydrogen, than with the other fuels in this study which yield a mixed range of results with regard to HC, CO, and PM. However, NO<sub>x</sub> emissions from methane fueled engines indicate lower levels, down towards 1 g/kWh, whereas the other fuels seem to be limited to a 2-4 g/kWh level.

1990-11-09

**DRIVMEDEL FRÅN KÄLLA TILL ANVÄNDARE**

**MILJÖBELASTNING OCH ENERGIANVÄNDNING**

**ETAPP 1. FÖRSTUDIE**

**SAMMANFATTNING**

**ECOTRAFFIC AB**

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
<b>1. BESTÄLLARE. FINANSIERING</b>	1
<b>2. BAKGRUND</b>	2
<b>3. MÅLSÄTTNING</b>	2
<b>4. DRIVMEDEL - DEFINITIONER</b>	4
<b>5. EMISSIONER - DEFINITIONER</b>	4
<b>6. FÖRÄDLINGSKEDJAN FRÅN KÄLLA TILL ANVÄNDARE - DEFINITIONER</b>	5
<b>7. ENERGIANVÄNDNING FRÅN KÄLLA TILL ANVÄNDARE - BERÄKNINGAR</b>	5
7.1 Diesel- och bensinkedjan	
7.2 Metanolkedjan	
7.3 Etanolkedjan	
7.4 Vegetabiloljekedjan	
7.5 Naturgaskedjan	
7.6 Biogaskedjan	
7.7 Motorgaskedjan	
7.8 Vätgaskedjan	
7.9 Elkedjan	
<b>8. CO<sub>2</sub>-UTSLÄPP FRÅN KÄLLA TILL ANVÄNDARE - BERÄKNINGAR</b>	11
8.1 Förutsättningar	
8.2 Resultat	
<b>9. EMISSIONSUTVECKLING - TUNGA FORDONSMOTORER</b>	13
9.1 Allmänt	
9.2 Studiefall: Totala emissioner i busspark	
<b>10. HÄLSO-, MILJÖ- OCH KLIMATBELASTNING - PRELIMINÄRA SYNPUNKTER</b>	14
<b>11. PRELIMINÄRA SLUTSATSER</b>	15

Bilaga 1. Förkortningar mm



**1. BESTÄLLARE. FINANSIERING****Projektkostnad**

Kostnaden för förstudien (etapp 1) har uppgått till 290 000 kr.

**Beställare, finansiärer**

- \* Energiverken i Göteborg
- \* Statens energiverk (STEV)
- \* Statens naturvårdsverk (SNV)
- \* Swedegas
- \* Sydgas
- \* Transportforskningen (TFB)
- \* Vattenfall

**Styrgrupp:**

- |                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| * Hans Gransell (ordf)          | Vattenfall |
| * Björn Carlén                  | STEV       |
| * Mats Ekelund (projektledare)  | Ecotraffic |
| * Eva Jernbäcker                | SNV        |
| * Kerstin Larsson               | STEV       |
| * Claës Pilo                    | Ecotraffic |
| * Anders Roth (huvudförfattare) | Ecotraffic |
| * Ragnar Thörnblom              | TFB        |

**Projektsammanhållande:**

- \* Ecotraffic AB

**Underkonsult:**

- \* Aspen Utvecklings AB

**Övriga informationslämnare:**

- |               |     |
|---------------|-----|
| * Rolf Berg   | SL  |
| * Lars Mellin | TFB |

**1. BESTÄLLARE. FINANSIERING****Projektkostnad**

Kostnaden för förstudien (etapp 1) har uppgått till 290 000 kr.

**Beställare, finansiärer**

- \* Energiverken i Göteborg
- \* Statens energiverk (STEV)
- \* Statens naturvårdsverk (SNV)
- \* Swedegas
- \* Sydgas
- \* Transportforskningen (TFB)
- \* Vattenfall

**Styrgrupp:**

- |                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| * Hans Gransell (ordf)          | Vattenfall |
| * Björn Carlén                  | STEV       |
| * Mats Ekelund (projektledare)  | Ecotraffic |
| * Eva Jernbäcker                | SNV        |
| * Kerstin Larsson               | STEV       |
| * Claës Pilo                    | Ecotraffic |
| * Anders Roth (huvudförfattare) | Ecotraffic |
| * Ragnar Thörnblom              | TFB        |

**Projektsammanhållande:**

- \* Ecotraffic AB

**Underkonsult:**

- \* Aspen Utvecklings AB

**Övriga informationslämnare:**

- |               |     |
|---------------|-----|
| * Rolf Berg   | SL  |
| * Lars Mellin | TFB |

## 2. BAKGRUND

Jämförelser mellan olika drivmedels utsläpp och tillhörande miljöbelastning sker idag oftast med hänsyn till vad som släpps ut vid deras användning i fordon. Ett drivmedels inverkan på miljön börjar dock långt innan det är färdigt att användas för t ex fordonsdrift. Redan vid utvinningen sker ofta utsläpp av miljöpåverkande ämnen och innan drivmedlet når slutanvändning skall det distribueras, lagras och förädlas i olika omfattning; processer som är förenade med olika former av miljöbelastning. Ett exempel på en förädlingskedja för drivmedel visas i diagram 1.

För att jämförelser skall bli rättvisande behöver alla utsläpp relaterade till ett drivmedel inräknas. Detta utvidgade systemtänkande är att föredra, till skillnad från nuvarande systemavgränsning där i praktiken endast slutanvändningen medtas

Systemavgränsningen har betydelse när miljöbelastningen av olika utsläpp diskuteras. Somliga utsläpp har störst inverkan på den lokala miljön (hälsoproblem), andra på den regionala miljön, medan ytterligare några utsläpp ger globala följdverkningar. Behov finns därför att klargöra var utsläppen har sin påverkan liksom vilka steg i ett drivmedels förädlingskedja som påverkar olika områden i omgivningen. Därvid bör uppmärksammas att kolväteutsläpp från olika drivmedel kan ha mycket olika hälso- och miljöeffekter även om de absoluta kolväteemissionstalen är av samma storleksordning.

Motsvarande systemtänkande kommer in vid beräkning av drivmedels energianvändning i förädlingskedjan från källa till användare.

Beslut och åtgärder som berör drivmedels energi- och miljökonsekvenser måste grundas på systemtänkande där hela förädlingskedjan från källa till användare inkluderas.

Projekt "Drivmedel från källa till användare" har startats i syfte att belysa ovanstående frågor i samband med svenska förhållanden.

I det följande sammanfattas preliminära slutsatser av huvudrapporten "Drivmedel från källa till användare. Miljöbelastning och energianvändning. Etapp 1. Förstudie". För närmare detaljer hänvisas till huvudrapporten.

## 3. MÅLSÄTTNING

Den övergripande målsättningen är att belysa olika drivmedels miljöbelastning och energianvändning grundat på systemtänkande där hela förädlingskedjan från källa till användare inkluderas. I första hand beskrivs svenska förhållanden.

Projektet har uppdelats i två etapper, varav etapp 1 nu slutrapporteras. Etapp 1 är avsedd att utgöra grund för etapp 2.

## Petroleumbränsleframställning, förenklat principschema

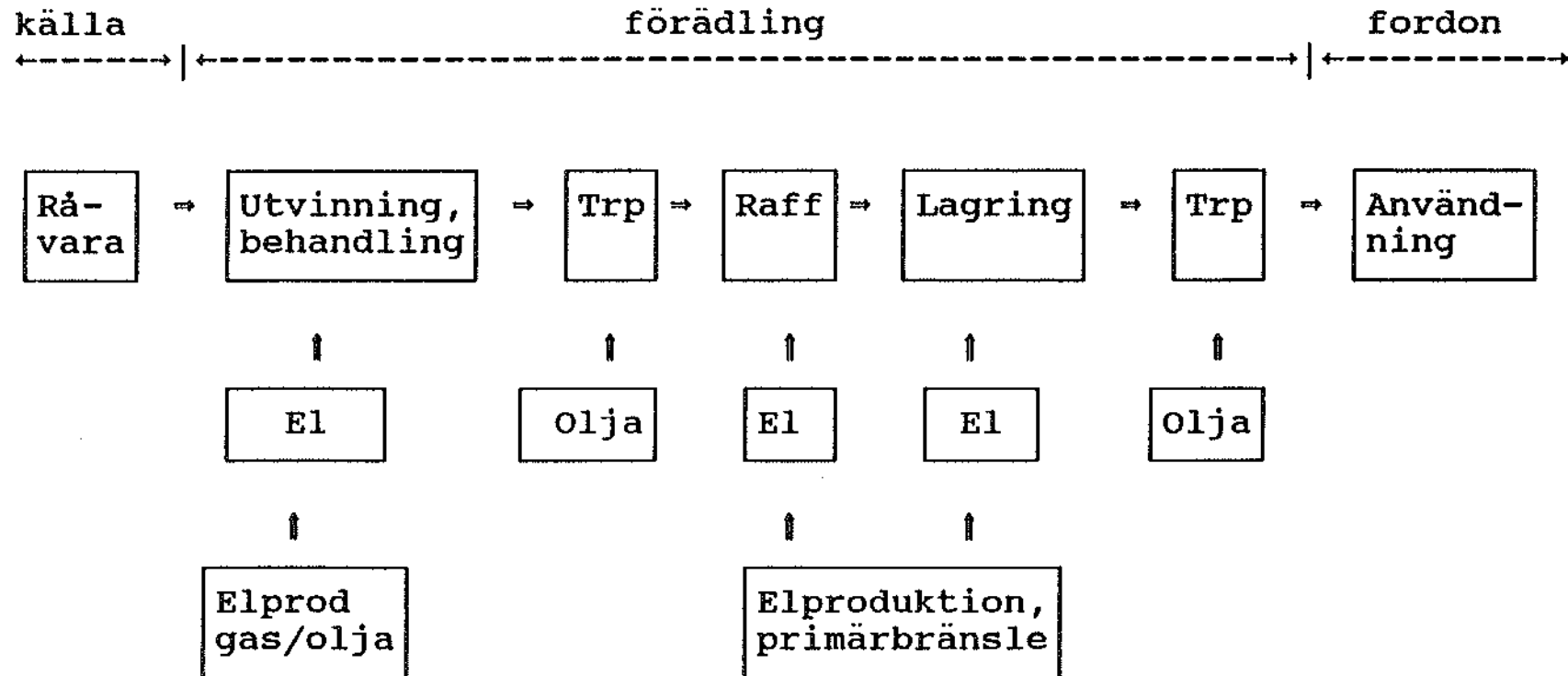


Diagram 1. Exempel på förädlingskedja: Bensin/dieselframställning

Inom etapp 2 kommer en mer ingående analys att göras av olika drivmedels miljö-, hälso- och klimatbelastning. Verkningsgradsberäkningar samt utsläpp från såväl lätta som tunga fordon kommer att redovisas. Etapp 2 kommer även att innehålla scenarier omfattande ett antal fordons/drivmedelskombinationer.

#### 4. DRIVMEDEL - DEFINITIONER

Följande drivmedel/energibärare behandlas:

- \* Bensin, dieselolja
- \* Metanol, etanol, vegetabiloljor
- \* Naturgas, biogas, motorgas, vätgas
- \* El

#### 5. EMISSIONER - DEFINITIONER

Följande reglerade och oreglerade emissioner, utsläpp av växthusgaser samt metoder att mäta avgasutsläpp behandlas:

##### Reglerade emissioner

- \* Kväveoxider (NOx)
- \* Kolväten (HC)
- \* Koloxid (CO)
- \* Partiklar

##### Oreglerade emissioner

- \* Svaveldioxid (SO<sub>2</sub>)
- \* Eten/propen, bensen, PAH, aldehyder

##### Växthusgaser

- \* Koldioxid (CO<sub>2</sub>)
- \* Metan (CH<sub>4</sub>)
- \* Dikväveoxid (N<sub>2</sub>O)
- \* Freoner (CFC), haloner
- \* Ozon (O<sub>3</sub>)

##### Emissionsmätningar

Vad gäller simulerade körcykler för avgasmätningar i tunga motorer skiljer man mellan stationära resp transienta mätmetoder.

Det finns två principiella sätt att redovisa avgasutsläpp från fordon. För personbilar och lätta lastbilar anges utsläppen i g/km (mäts vanligen med hela fordon på s k chassidynamometer), medan de för tunga fordon redovisas i g/kWh (mäts vanligen med motor monterad i provbänk). Utsläppen är ej jämförbara, även om approximativa jämförelser kan göras i vissa fall.

## 6. FÖRÄDLINGSKEDJAN FRÅN KÄLLA TILL ANVÄNDARE - DEFINITIONER

Drivmedels förädlingskedjor är ofta långa och komplicerade och skiljer sig väsentligt för flytande resp gasformiga drivmedel.

Förädlingskedjan anses avslutad i och med att resp drivmedel/ energibärare finns tankad/laddad ombord på fordon.

En avgörande fråga är hur långt tillbaka i kedjorna som aktiviteter och använda resurser skall anses belasta ett drivmedel ur energi- och miljösynpunkt. I det aktuella projektet har införts följande avgränsningar:

\* All utvinnings-, produktions- och distributionsutrustning finns tillgänglig och är på plats. Den miljöbelastning och energi-användning som är förenad med tillverkning och transport av ovanstående utrustning tas inte upp till behandling.

\* För petroleumprodukter som bensin och dieselolja förutsätts bli följande utrustning vara klar att tas i bruk:

- Borrigger
- Plattformar vid off shore-verksamhet
- Pipelines
- Tankbåtar
- Raffinaderier
- Cisterner
- Tankbilar
- Vägar

## 7. ENERGIANVÄNDNING FRÅN KÄLLA TILL ANVÄNDARE - BERÄKNINGAR

Beräkningar har genomförts av olika drivmedels energianvändning räknat från källa till användare, dvs fram till att drivmedel/ energibärare finns tankad/laddad ombord på fordon. Energi-användningen i fordon inkluderas således ej. Resultaten sammanfattas nedan.

### 7.1 Bensin- och dieselkedjan

Största energibehovet finns i raffineringssteget. Energi-användningen utgörs där av processbränsle (raffinaderigaser, brännolja, koks), ånga och elkraft för pumpar, kompressorer, etc. Energiförbrukningen beror på hur omfattande upparbetningen till mer raffinerade slutprodukter är. Den stiger med ökande andel lätta produkter (t ex bensin) och med ökande kvalitet (t ex oktantal).

Bensin- och dieselkedjans energianvändning med råolja som råvara sammanfattas i tabell 1. Med energianvändning avses här energiåtgången i kWh för att producera drivmedel med ett energiinnehåll om 1 kWh.

**Tabell 1.** Energianvändning vid förädling av bensin och diesellojja

<u>Förädlingssteg</u>	<u>kWh/kWh bensin-diesel</u>
Utvinning	0,01
Sjötransport	0,006-0,007
Raffinering	0,09-0,1
Sluttransport	<0,01
Avdunstning (bensin)	0,006
	Summa bensin: ca 0,1
	Summa diesel: ca 0,1

## 7.2 Metanolkedjan

Största energianvändningen uppstår i synteskedjan. Syntesen av metanol är exoterm och reaktionsvärme återvinns för bl a ångproduktion och för drivning av anläggningen. Reningen sker genom destillation för att avlägsna huvudsakligen vatten. Värmebehovet för destillationen täcks av återvunnen värme. Hela anläggningen är höggradigt integrerad för att hålla råvaruförbrukning så låg som möjligt och kan - ur energisynpunkt - vara helt självförsörjande. Det är dock en ekonomisk optimeringsfråga om t ex elkraft skall köpas eller inte och hur långt värmeåtervinning skall drivas.

Metanolkedjans energianvändning med naturgas som råvara sammanfattas i tabell 2.

**Tabell 2.** Energianvändning vid förädling av metanol

<u>Förädlingssteg</u>	<u>kWh/kWh metanol</u>
Naturgaskedjan	0,03
Synteskedjan	0,4
Fartygstransport	0,01
Lagring	<0,01
Transport depå - slutförbrukare	0,01
Avdunstning	0,002
	Summa: ca 0,5

Metanol kan även framställas ur biomassa via förgasning och får då en hanteringskedja liknande den för etanol. Utbytet av biometanol ur biomassa blir i energitermer ca 50 %.

### 7.3 Etanolkedjan

Största energianvändningen uppkommer i processkedjan och då speciellt i destillationssteget och vid torkningen av biprodukter. Sammanfattningen nedan baseras på en modern, spannmålsbaserad process, som Alfa-Laval demonstrerat i Sverige. Skulle den använda energibäraren vara olja eller gas skulle processen vara en nettoförbrukare av högvärdig energi, men blir i stället nettoproducent i form av etanol om biomassarester utnyttjas som bränsle i anläggningen.

Utbytet av etanol ur spannmål är i energitermer ca 40 %. Vid användning av cellulosaråvara som ved blir utbytet mindre än 30 % med dagens teknik.

Etanolkedjans energibehov med spannmål som råvara sammanfattas i tabell 3.

**Tabell 3.** Energianvändning vid förädling av etanol

<u>Förädlingssteg</u>	<u>kWh/kWh etanol</u>
Odling och skörd	0,83
Transporter	0,04
Torkning av spannmål	0,01
Processånga	1,00
Processel	0,10
Lagring	<0,01
Sluttransport	0,01
Summa:	ca 2,0

Tillgodoräknas även energiinnehållet i biprodukter i form av foder och bränsle (0,19 resp 1,00 kWh/kWh etanol) kan etanolkedjan sägas ha ett nettoenergibehov av 0,81 kWh/kWh etanol.

### 7.4 Vegetabiloljekedjan

Största energianvändningen uppkommer i odlings/skördeledet. Under förutsättning att cellulosahaltiga växtrester eller annan biomassa används som bränsle innebär framställning av vegetabiloljor nettoproduktion av högvärdig energi.

Vegetabiloljekedjans energianvändning med biomassa som råvara sammanfattas i tabell 4.



**Tabell 4.** Energianvändning vid förädling av vegetabilolja

<u>Förädlingssteg</u>	<u>kWh/kWh veg olja</u>
Odling och skörd	0,53
Transport	0,04
Pressning	0,08
Raffinering	0,04
Omförestring	0,01
Lagring	<0,01
Sluttransport	0,01
Summa:	<u>ca 0,7</u>

Om energiinnehållet i foderbiprodukter tillgodoräknas blir nettoenergianvändningen något lägre än vad som anges i tabellen.

### 7.5 Naturgaskedjan

Största energianvändningen uppstår vid komprimeringen av gas. Följande tabell förutsätter att gas från Nordsjön genom självtryck distribueras i Sverige och att kompressorstationer kan undvaras vid gaskällan och längs gasledningen såväl idag som i framtiden.

Naturgaskedjans energianvändning kan under ovanstående speciella förutsättningar sammanfattas i tabell 5.

**Tabell 5.** Energianvändning vid förädling av naturgas

<u>Förädlingssteg</u>	<u>kWh/kWh naturgas</u>
Utvinning	} 0,01
Separering	
Rening på plattform	
Komprimering	} 0,003
Pipelinetransport till danska västkusten	
Tryckreducering till 80 bar	
Pipelinetransport till Sverige	} 0,07
Tryckreducering i MR-station	
Användarkomprimering (250 bar)	} 0,001-0,005
Läckage under hela kedjan	
Summa:	<u>ca 0,1</u>

## 7.6 Biogaskedjan

Beräkningarna av energibehovet baseras på ett exempel att användaren är ett bussbolag och att biogasen produceras i ett reningsverk, där utgångsmaterialet utgörs av rötslam.

Största energianvändningen uppkommer vid rötningen. För rötslam ligger energiåtgången på ca 15-20 % av gasens energiinnehåll i form av el. Om biogasen i stället framställs från biogrödor av typ lusern eller gräs blir energibehovet ca 15 %.

Biogaskedjans energianvändning med rötgas från avloppsreningsverk som råvara sammanfattas i tabell 6.

**Tabell 6.** Energianvändning vid förädling av biogas

<u>Förädlingssteg</u>	<u>kWh/kWh biogas</u>
Rötning	0,15-0,2
Buffertlagring i gasklocka	}
Filtrering	
Lågtryckskomprimering	
Vattenrening, NaOH-rening	
Torkning	
Högtryckskomprimering	
Torkning	0,1
Metanförluster	0,05-0,1
Summa:	<u>ca 0,4</u>

## 7.7 Motorgaskedjan

Följande exempel bygger på att motorgasen utvinns från naturgas som har sitt ursprung i Nordsjön.

**Tabell 7.** Energianvändning vid förädling av motorgas

<u>Förädlingssteg</u>	<u>kWh/kWh motorgas</u>
Utvinning av naturgas	0,01
Pipelinetransport till raffinaderi	}
Raffinaderiprocesser	
Kylning av gasen	0,03-0,04
Fartygstransport till Sverige	}
Lagring och komprimering vid hamn/raffinaderi	
Järnvägstransport till omlastningspunkt	
Lastbilstransport till försäljningsställe	
Summa:	<u>ca 0,1</u>

### 7.8 Vätgaskedjan

I nedanstående exempel förutsätts vätgas produceras genom elektrolys av vatten. Huvuddelen av energianvändningen utgörs då av elkraft, vilket gör det attraktivt att förse en elektrolys-anläggning med energikällor som sol eller vind. Exemplet baseras på sol/vind som energikälla.

**Tabell 8.** Energianvändning vid förädling av vätgas

<u>Förädlingssteg</u>	<u>kWh/kWh vätgas</u>
Elektrolys	1,3-1,6
Lagring i gasklocka	}
Skrubbing	
Deoxinering	
Lågtryckskomprimering	
Kylning	
Torkning	
Rörtransport	
Högtryckskomprimering	
Högtryckslagring	
Summa:	ca 1,6

Antas elen producerad i kraftverk med 50 % verkningsgrad (t ex naturgasbaserade kondenskraftverk) blir behovet av primärenergi det dubbla, dvs 2,8-3,4 kWh/kWh H<sub>2</sub>.

Om en förädlingskedja med flytande väte skulle komma i fråga, blir energiåtgången betydligt större och verkningsgraden för hela kedjan betydligt sämre på grund av stora avkokningsförluster.

### 7.9 Elkedjan

Största energianvändningen sammanhänger med själva elproduktionen. Denna kan ske på flera sätt. Det är ingen självklarhet hur den el som används till fordonsdrift skall antas vara producerad. Här redovisas två alternativa produktionsvägar. I tabell 9 produceras elen i naturgasbaserat kondenskraftverk medan den i tabell 10 är vattenkraftbaserad.

**Tabell 9.** Energianvändning vid förädling av el. Kondenskraftverk

<u>Förädlingssteg</u>	<u>kWh/kWh el</u>
Naturgaskedjan	0,04
Elproduktion i kondenskraftverk (Omvandlingsenergi)	1,05
Eldistribution	0,05
Summa:	ca 1.1

**Tabell 10.** Energianvändning vid förädling av el. Vattenkraftverk

<u>Förädlingssteg</u>	<u>kWh/kWh el</u>
Turbinförluster	0,06
Distribution	0,10
Summa:	<u>ca 0,2</u>

## 8. CO<sub>2</sub>-UTSLÄPP FRÅN KÄLLA TILL ANVÄNDARE - BERÄKNINGAR

### 8.1 Förutsättningar

Beräkningar har genomförts av olika drivmedels CO<sub>2</sub>-utsläpp räknat från källa till användare. Beräkningarna bygger på den i föregående avsnitt redovisade energianvändningen för resp förädlingskedja. Främst behandlas koldioxid, som ju är den dominerande växthusgasen i fordonsutsläpp, samt metanutsläpp.

Två olika slag av koldioxid redovisas. Den ena gruppen utgörs av koldioxid som emitteras från fossila drivmedel och ger ett nettotillskott av koldioxid i atmosfären. Den andra är "icke fossil koldioxid", härrörande från förbränning av bibränslen. Denna koldioxid ger inget nettotillskott av koldioxid till atmosfären och den koldioxid som släpps ut ingår i kolets naturliga kretslopp. Vissa bibränslen som torv ingår i en längre koldioxidkedja än t ex grödor. I denna studie betraktas torv som icke fossil.

Beräkningarna av koldioxidutsläpp vid elgenerering bygger på antagandet att elproduktionen sker med hjälp av ett naturgaseldat kondenskraftverk med en verkningsgrad på 50 %. Detta fall bedöms bäst motsvara en ökad efterfrågan och/eller täckning av bortfall från kärnkraftsproducerad el.

En jämförelse görs även för de totala koldioxidutsläppen, där de fordonsrelaterade utsläppen är medräknade. Beräkningarna är baserade på att en "normal" tvåaxlig stadsbuss med passagerare väger ca 15 ton. Körförhållandena för denna buss antas motsvara en dieselförbrukning på 5 l/10 km (49,5 kWh/10 km).

## 8.2 Resultat

12.

Resultaten av beräkningarna sammanfattas i tabell 12.

**Tabell 12.** Koldioxidutsläpp vid förädling av olika drivmedel

<u>Drivmedel</u>	<u>Förädlingskedja, gram CO<sub>2</sub>/kWh</u>		
	Fossil	Ej fossil	(Totalt)
* Naturgas	24	0	24
* Bensin	32	0	32
* Diesel	32	0	32
* Metanol (ur NG)	65-90	0	65-90
* Biogas	99	0	99
* Bioetanol	168	469	637
* El (NG-kondenskraft)	416	0	416

Bilden förändras emellertid om man även tar hänsyn till de koldioxidutsläpp som sker vid drivmedlens användning i fordon, där ju förbränningen sker med olika verkningsgrad. Se tabell 13.

**Tabell 13.** Sverige 1990 års läge.  
Gram CO<sub>2</sub>/tonkm för 2-axlig buss

<u>Drivmedel</u>	<u>Förädling</u>		<u>Förbränning i buss</u>		<u>Totalt (avrundat)</u>	
	Fossil	Ej fossil	Fossil	Ej fossil	Fossil	Ej fos
* Biogas	50	0	0	78	50	80
* Bioetanol	54	154	0	85	50	240
* Metanol (ur NG)	23	0	81	0	100	0
* El(kond kraft)	83	0	0	0	80	0
* El(vattenkraft)	0	0	0	0	0	0
* Diesel	10	0	88	0	100	0
* Bensin	13	0	110	0	120	0
* Naturgas	10	0	78	0	90	0
* Hybrid (NG/el)	39	0	56	0	100	0

## 9. EMISSIONSUTVECKLING - TUNGA FORDONSMOTORER

### 9.1 Allmänt

Följande på marknaden förekommande motorkoncept för tunga fordon behandlas:

- \* Dieselmotorn
- \* Bensinmotorn
- \* Alkoholmotorn
- \* Gasmotorn
- \* Elmotorn

Tidigare motorutveckling har främst syftat till lägre drivmedelsförbrukning, varvid lägre emissioner erhållits "på köpet". Det är först nyligen som utvecklingsarbetet kommit att inriktas på att optimera motorer ur emissionssynpunkt.

Diagram 2 illustrerar den tekniska utveckling som ständigt sker av olika motor/drivmedelskoncept. I detta exempel avses Scania dieselmotorer vars specifika drivmedelsförbrukning kunnat sänkas med 35 % efter 7 generationers utvecklingsarbete.

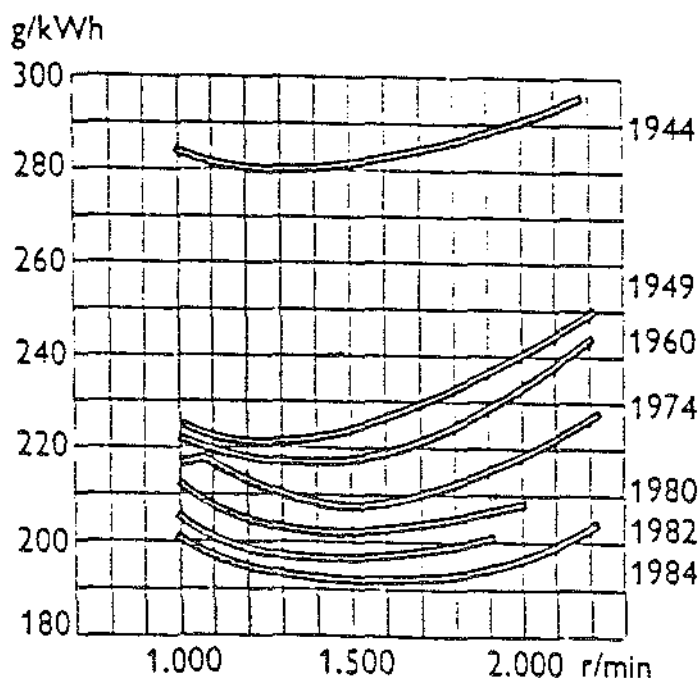


Diagram 2. Specifika drivmedelsförbrukningen för 7 generationer Scaniamotorer

## 9.2 Studiefall: Totala emissioner i busspark

Nuvarande utsläpp har beräknats för två bussparker, nämligen Söder och Bollmora bussparker tillhörande Storstockholms Lokaltrafik (SL). Beräkningar har också gjorts av vilka reduktioner som skulle kunna uppnås om ny teknik infördes. Observera att hänsyn tagits endast till fordonens utsläpp och inte hela förädlingskedjans utsläpp. Följande fall har medtagits:

- \* Bästa möjliga dieselteknik

Laddluftkyld motor, lättdiesel med partikelfälla och oxiderande katalysator. I produktion 1991.

- \* Etanoldrift

Anpassad dieselmotor med oxiderande katalysator. 95 % etanol med Avocet som tändhjälpmedel

- \* Metangasdrift

Modifierad dieselmotor

Resultaten har sammanfattats i diagram 7 och 8 i kap 11.

## 10. HÄLSO-, MILJÖ- OCH KLIMATBELASTNING - PRELIMINÄRA SYNPUNKTER

Fordonsutsläpp innehåller ett flertal komponenter som har klara hälsoeffekter: kväveoxider (NO<sub>x</sub>), kolväten (HC), polycykliska kolväten (PAH), aldehyder, koloxid (CO) och partiklar. I fordonsavgaser förekommer också starkt mutagena substanser som PAH, substituerade PAH (t ex nitro-PAH), eten, propen, bensen och formaldehyd.

Fordonsutsläpp innehåller vidare föreningar som har klara miljöeffekter, t ex kväveoxider, kolväten och svaveloxider (SO<sub>x</sub>). De innehåller slutligen substanser som har globala klimateffekter, t ex koldioxid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), dikväveoxid (N<sub>2</sub>O), freoner (CFC), haloner och ozon (O<sub>3</sub>).

Ökade utsläpp av växthusgaser med oförminskat energitillflöde genom solljus medför risk för värmeackumulering i atmosfären med klimatologiska följdverkningar. Än så länge saknas säkerställda bevis för ett samband mellan mänskliga utsläpp av växthusgaser och tillhörande klimatförändringar. Flertalet undersökningar pekar dock åt det hållet. Stor osäkerhet råder t ex om hur klimatet kommer att påverkas av förändrad energitransport i haven och därmed ändrad molnbildning.

Trots osäkerheten om de klimatologiska följderna av utsläpp av växthusgaser kan man jämföra olika gasers bidrag till växthuseffekten relativt varandra. Om koldioxiden relativa effekt sätts till 1 får man följande rangordning. Hänsyn har då tagits till dels avklingningstiden, dels att nya växthusgaser kan bildas vid nedbrytningen (t ex koldioxid och ozon ur metan).

**Tabell 14.** Olika växthusgasers bidrag till växthuseffekten i jämförelse med CO<sub>2</sub>. Hänsyn har tagits till utsläppta mängder och avklingningstid.

<u>Växthusgas</u>	<u>Rel effekt/kg utsläpp</u>
CO <sub>2</sub>	1
O <sub>3</sub>	2
CH <sub>4</sub> (direkta effekter)	7
CH <sub>4</sub> (indirekta effekter)	15
N <sub>2</sub> O	300
HCFC 22	600
CFC 11	3 200
CFC 12	9 000

Även om koldioxid ger det lägsta bidraget räknat per kg utsläpp så innebär de stora utsläppen av koldioxid till atmosfären att koldioxid svarar för ungefär hälften av den förväntade ökningen av växthuseffekten under de närmaste 50 åren.

## 11. PRELIMINÄRA SLUTSATSER

Preliminära slutsatser redovisas i fråga om:

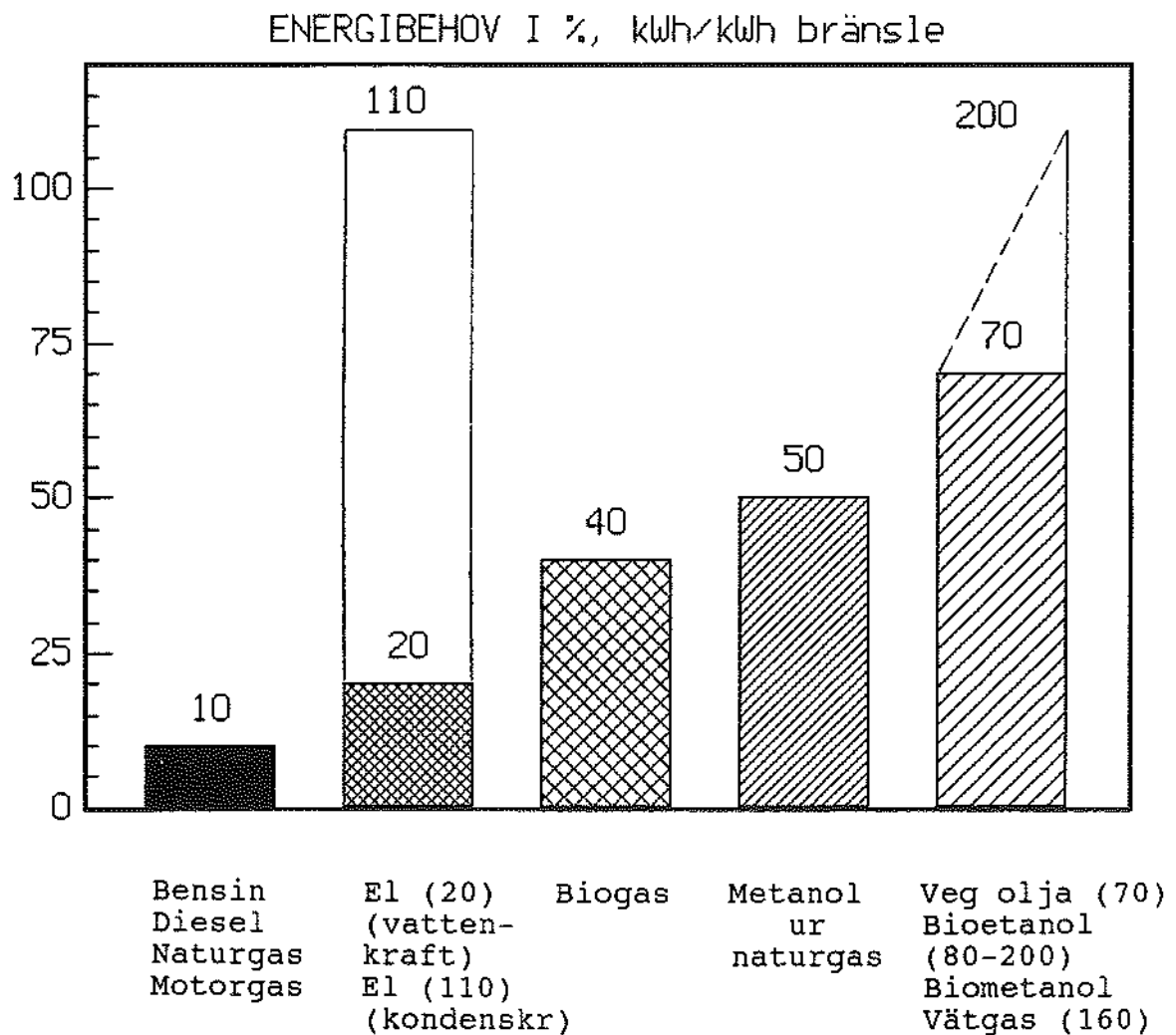
- \* Energianvändning från källa till användare
- \* CO<sub>2</sub>-utsläpp från källa till användare
- \* Fordonsutsläpp från tunga fordon.

Det nuvarande underlaget tillåter däremot inte någon övergripande sammanvägning av de olika drivmedlens energianvändning, CO<sub>2</sub>-utsläpp, övriga emissioner samt hälso-, miljö- och klimatbelastning - allt sett ur systemperspektivet från källa till användare.



### Energianvändning från källa till användare

En jämförelse mellan energianvändningen vid förädling av olika drivmedel (från källa till användare) visar att drivmedlen grovt kan indelas i grupper enligt diagram 3.

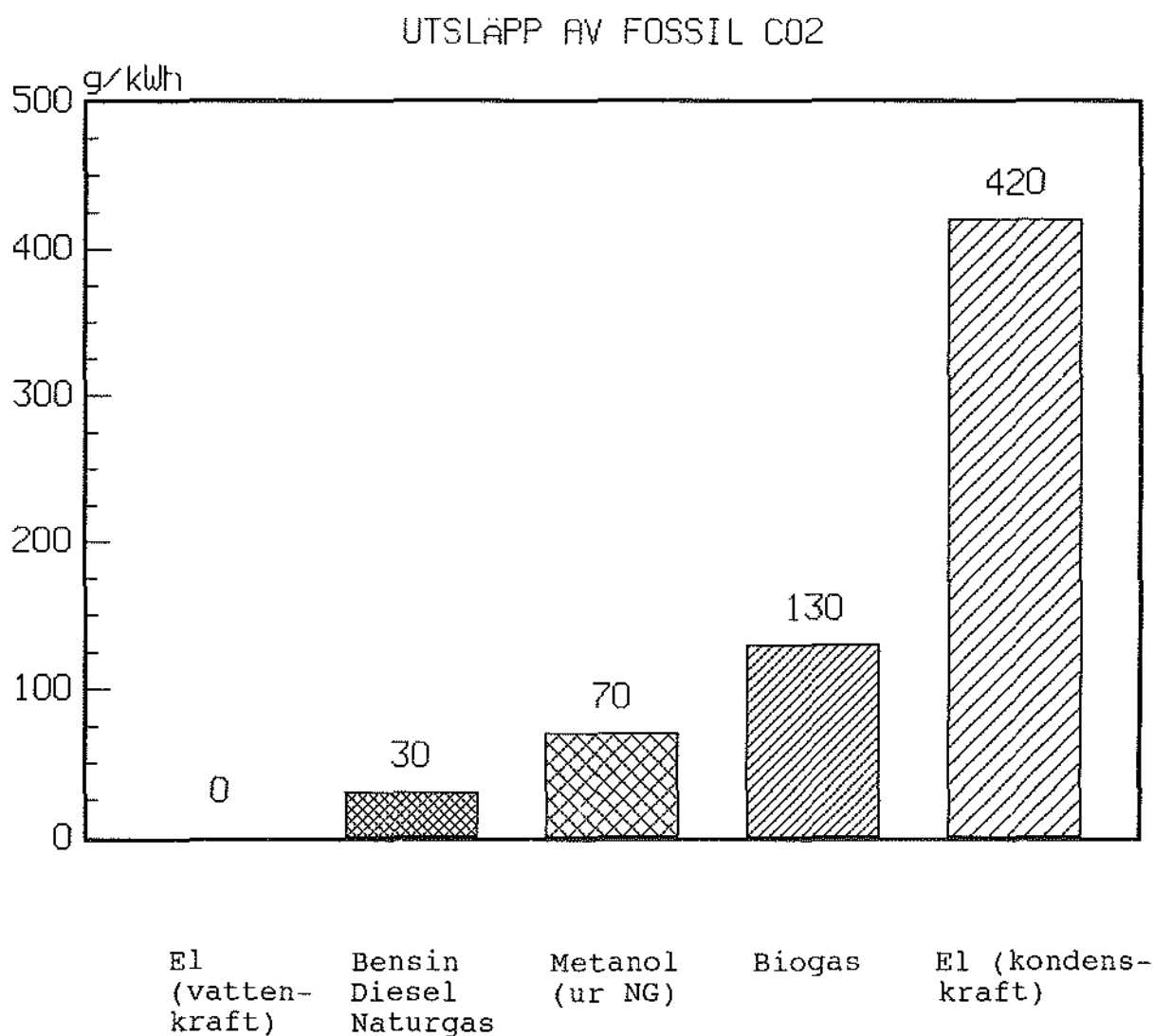


**Diagram 3.** Grov indelning av drivmedel efter energianvändning från källa till användare

Diagram 3 visar att ur energianvändningssynpunkt är - vid sidan om bensin/dieselolja - naturgas och motorgas av störst intresse. Därefter kommer vattenkraftbaserad el, biogas och naturgasbaserad metanol.

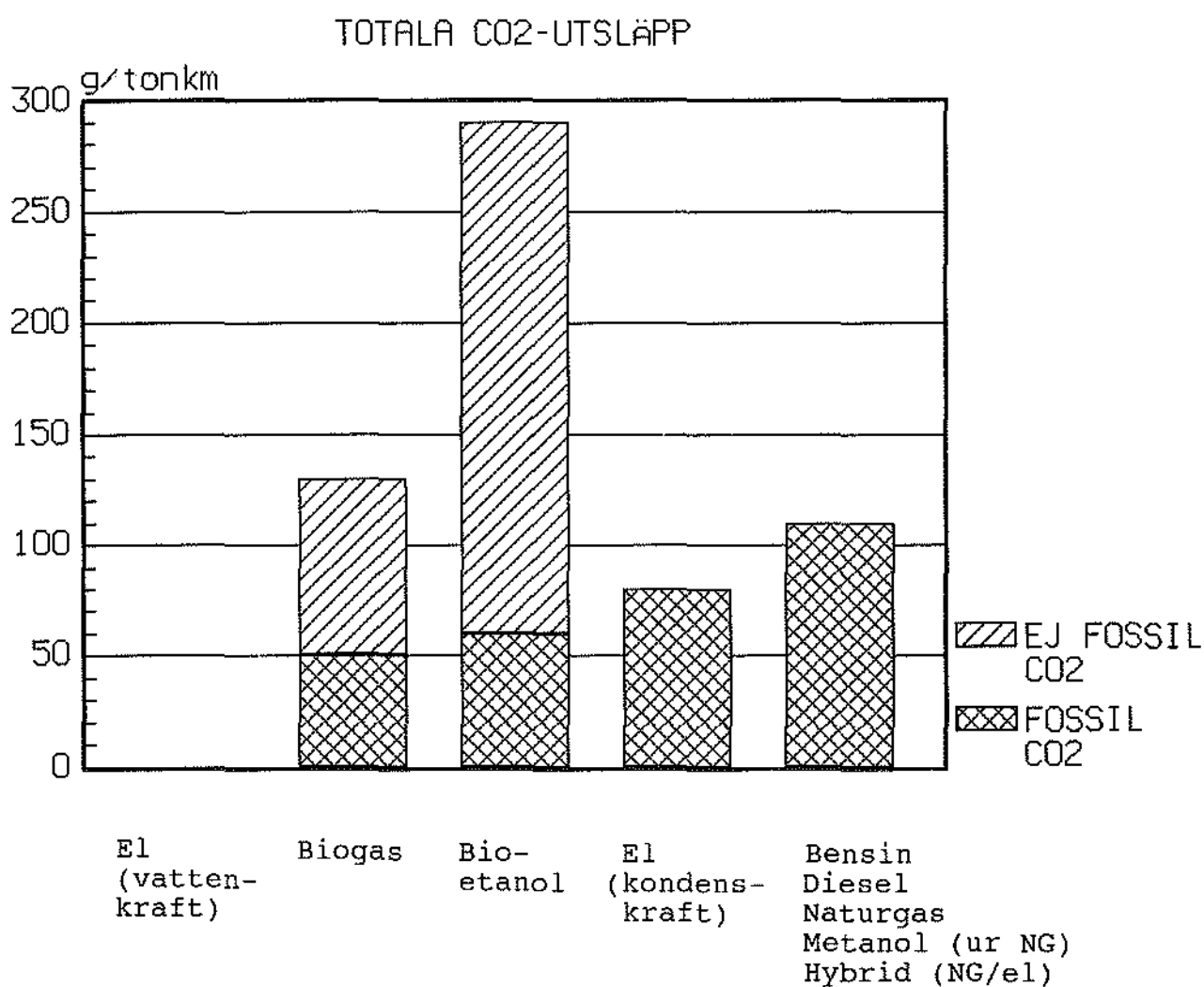
**CO<sub>2</sub>-utsläpp från källa till användare**

En jämförelse mellan koldioxidutsläppen vid förädling av olika drivmedel (från källa till användare) visar att drivmedlen grovt kan indelas i grupper enligt diagram 4.



**Diagram 4.** Grov indelning av drivmedel efter koldioxidutsläpp från källa till användare

Tar man sedan hänsyn till koldioxidutsläppen inte bara i förädlingskedjan från källa till användare utan även vid användningen i fordon förändras den inbördes rangordningen mellan olika drivmedel i enlighet med diagram 5.



**Diagram 5.** Grov indelning av drivmedel efter koldioxidutsläpp för hela förädlingskedjan inkl användning i fordon

Diagram 5 visar att ur koldioxidsynpunkt är el, biogas, bioetanol och därmed sannolikt även biometanol av störst intresse.

## Utsläpp från tunga fordon - Emissionspotential

I diagram 6 har sammanfattats preliminära uppskattningar av olika drivmedels emissionspotential vad avser tunga motorer.

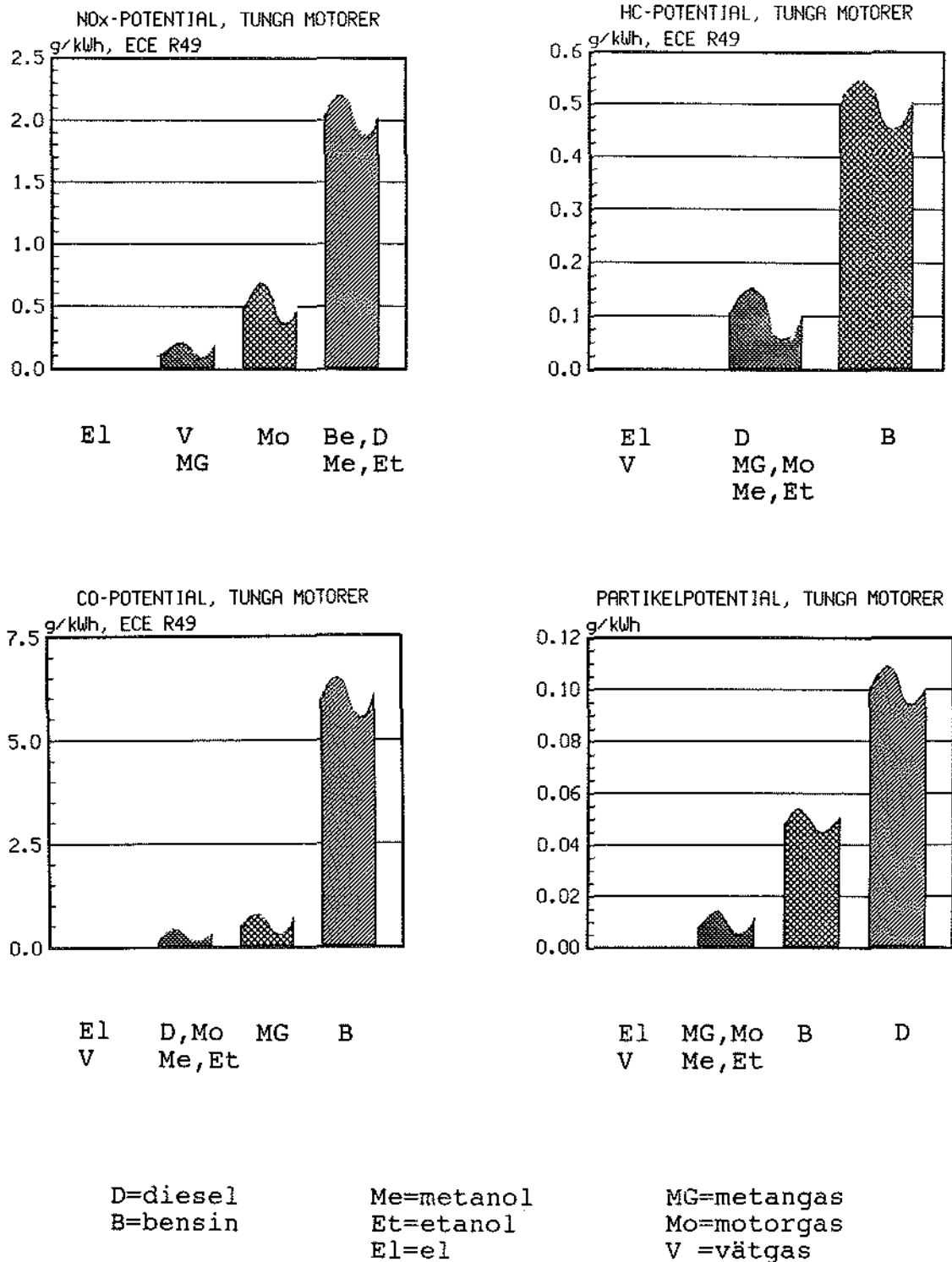
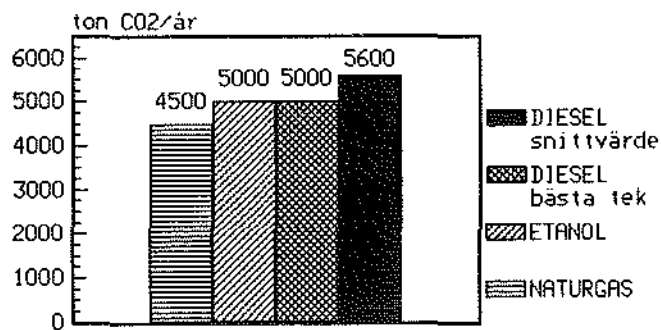
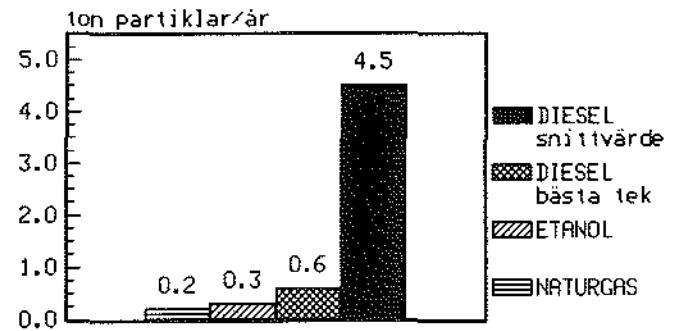
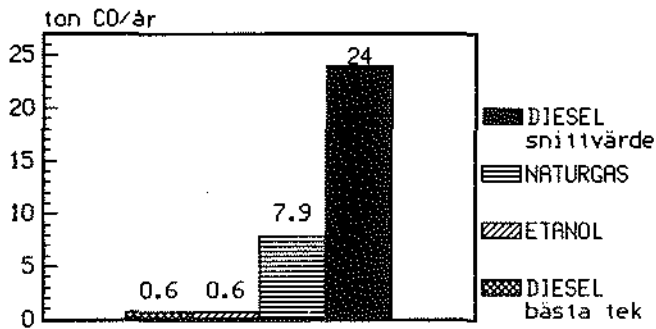
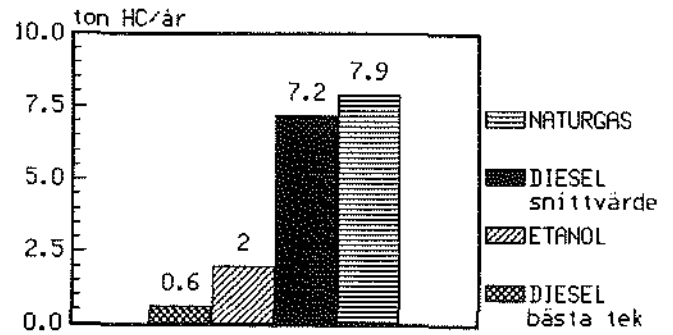
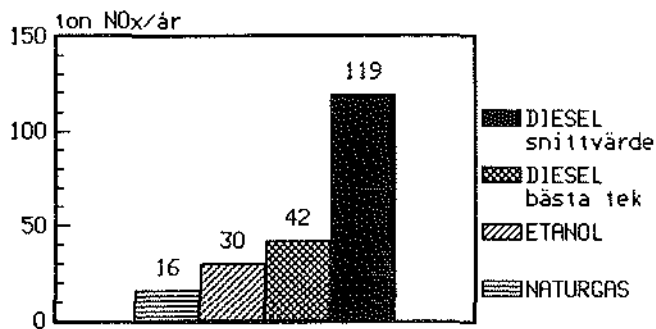


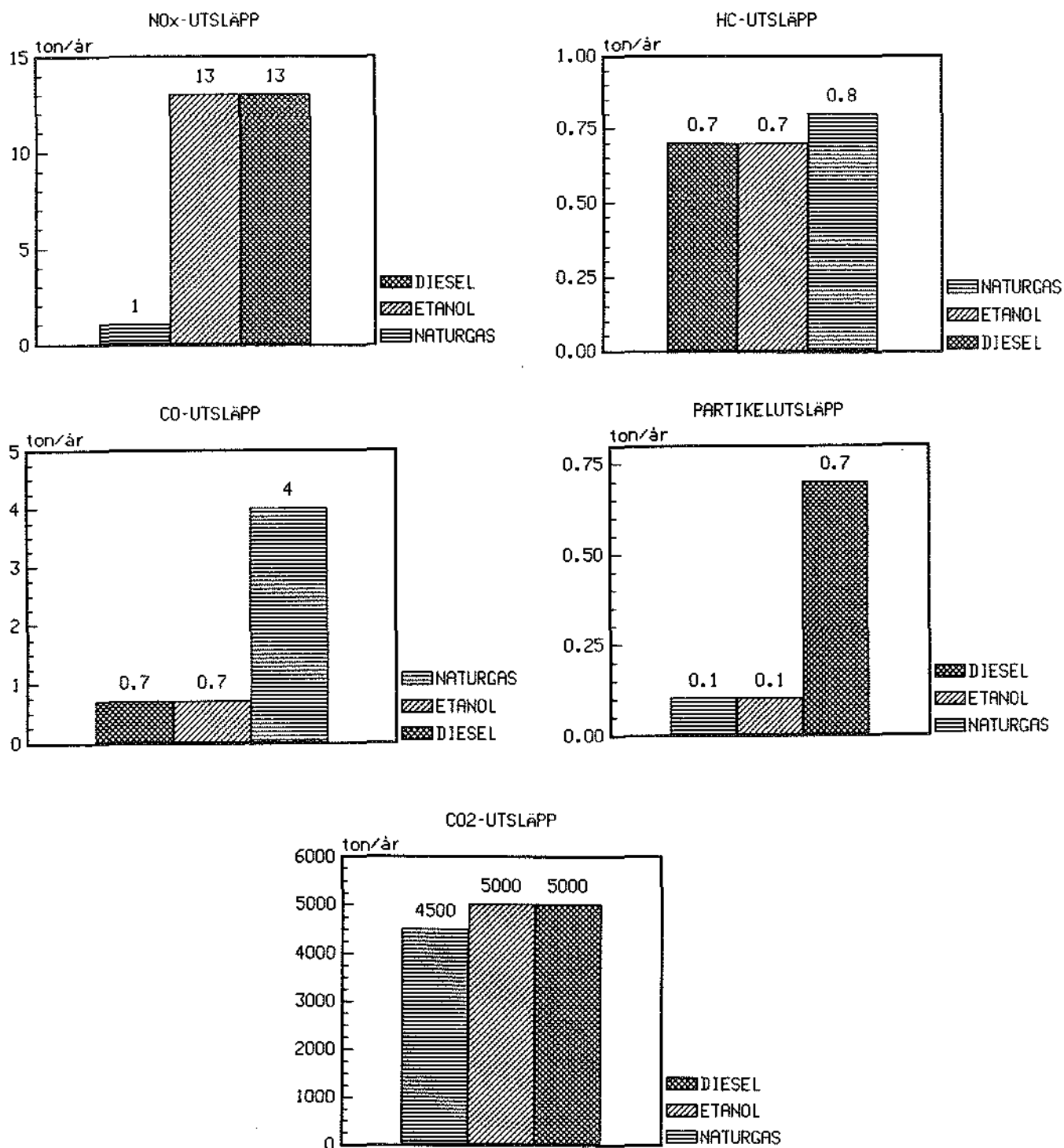
Diagram 6. Olika drivmedels emissionspotential vad avser tunga motorer

Av de preliminära uppskattningarna i diagram 6 framgår att av aktuella drivmedel/energibärare ger el och vätgas de lägsta emissionerna vid drift av tunga fordon. Att därutöver gradera övriga drivmedel ur emissionssynpunkt förefaller vara svårare. Vad gäller utsläpp av HC, CO och partiklar förefaller samtliga övriga alternativ ha ungefär samma potential (storleksordningen 0,1 g/kWh HC, 0,1 g/kWh CO och 0,01 g/kWh partiklar). Det bör dock observeras att utsläppen av HC kan ha olika sammansättning för olika drivmedel och därför ej alltid är jämförbara (Exempelvis ger metan helt andra miljö- och hälsoeffekter än polycykliska kolväten, PAH). Det finns indikationer på att naturgas/ biogas skulle kunna ha potential att ge väsentligt lägre utsläpp av NOx än övriga alternativ (0,1 g/kWh NOx jämfört med 2-4 g/kWh). Denna fråga bör dock utredas närmare. Det återstår också att beräkna de totala emissionerna från källa till användare.

Beräkningar har slutligen genomförts för fordonsemissioner från två befintliga bussparker i Stockholm. I diagram 7 redovisas de emissioner som kan uppnås med dagens bästa teknik. I diagram 8 visas de emissioner som kan uppnås med morgondagens teknik.



**Diagram 7.** Emissioner för en busspark om 100 fordon som drivs med diesel, etanol resp naturgas. Förutsättning: **Dagens bästa teknik tillämpas.**



**Diagram 8.** Emissioner för en busspark om 100 fordon som drivs med diesel, etanol resp naturgas. Förutsättning: **Morgondagens teknik tillämpas.**

Diagram 7 visar att högst betydande reduktioner av NOx, HC, CO och partiklar är möjliga att uppnå redan idag genom att införa antingen modernaste dieselteknik eller drift med alternativa drivmedel. Som framgår av diagram 8 kan man uppnå ytterligare väsentliga förbättringar om morgondagens teknik tillämpas.

**FÖRKORTNINGAR mm**

CFC	Klorfluorkarboner = freoner
ECE	Economic Commission for Europe, Genève, Schweiz
FTP	Federal Test Procedure
Haloner	Brom/klorfluorkarboner
HMK	Hälsa, Miljö, Klimat
MON	Motor Octane Number Oktantal vid höga varvtal
NG	Naturgas
PAH	Polycykliska kolväten
RON	Research Octane Number Oktantal vid låga varvtal
SNV	Statens naturvårdsverk, Stockholm, Sverige
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuur- wetenschappelijk Onderzoek, Delft, Nederländerna
VTT	Statens Tekniska Forskningscentral, Esbo, Finland