

***Samhällsekonomisk kostnad  
för emissioner från  
dieseldriven järnvägstrafik  
samt förslag till modell för  
differentiering på olika  
dieseldrivna järnvägsfordon***

## Innehållsförteckning

Kapitel	Sida
<b>1. Dieseldrivna järnvägsfordon.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Järnvägstrafikens förbrukning av fossila bränslen.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Ekonomiska styrmedel.....</b>	<b>3</b>
<b>4. Samhällsekonomisk kostnad för emissioner från dieseldriven....</b>	<b>5</b>
<b>5. Scenario fram till år 2008.....</b>	<b>6</b>
<b>6. Järnvägsdrift och emissionsdata.....</b>	<b>10</b>
6.1 ISO 8178-4 för entreprenadmaskiner och järnvägsdrift.....	
<b>7. Emissionsutveckling hos dieselmotorer.....</b>	<b>11</b>
7.1 Diesellok.....	
<b>8. Avgaskrav för dieselmotorer.....</b>	<b>14</b>
8.1 Dieseldrivna järnvägsfordon.....	
8.2 Lastbilar och entreprenadmaskiner.....	
<b>9. Förslag till differentieringsmodell för NOx på olika järnvägsfordon järnvägstrafik.....</b>	<b>16</b>
<b>10. Källförteckning.....</b>	<b>21</b>

## 1. Dieseldrivna järnvägsfordon

En översiktlig inventering har visat att det finns omkring 900 dieseldrivna järnvägsfordon, inklusive Banverkets c:a 700 underhållsfordon, av ett 40-tal olika typer. Fordonens medelålder är hög, omkring 20 år.

Dieseldrivna drag- och transportfordon finns i huvudsak inom ett 20-tal transportföretag samt inom Banverket. Dieseldrivna godstransporter sker i första hand med ett 100-tal diesellinjelok, T44 (motoreffekt >1000 kW). Dieseldrivna persontransporter sker i huvudsak med ett 100-tal motorvagnar av 2 olika typer, Y1 och Y2 (motoreffekt 200-300 kW).

På grund av motorernas höga medelålder saknas emissionsdata för de allra flesta motorerna. Att mäta emissioner från järnvägsfordon är komplicerat, därför finns få avgasmätningar från järnvägsfordon och dessa är genomförda på enstaka individer. Banverket driver för närvarande ett FoU-projekt med att mäta de direkta utsläppen från järnvägstrafik d v s utsläppen från diesellok, med syfte att bättre än idag kunna fastställa emissionsfaktorer från diesellok under verkliga förhållanden. Projektet ska vara klart senast december år 2000.

## 2. Järnvägstrafikens förbrukning av fossila bränslen

Transportsektorn är nästan till 100 % beroende av fossila bränslen. Utsläppstrenden av fossilt koldioxid följer i stort utvecklingen av transportarbetet. Järnvägstrafiken svarar dock för mindre än 1 % av transportsektorns sammanlagda utsläpp av koldioxid och hälsofarliga luftföroreningar.

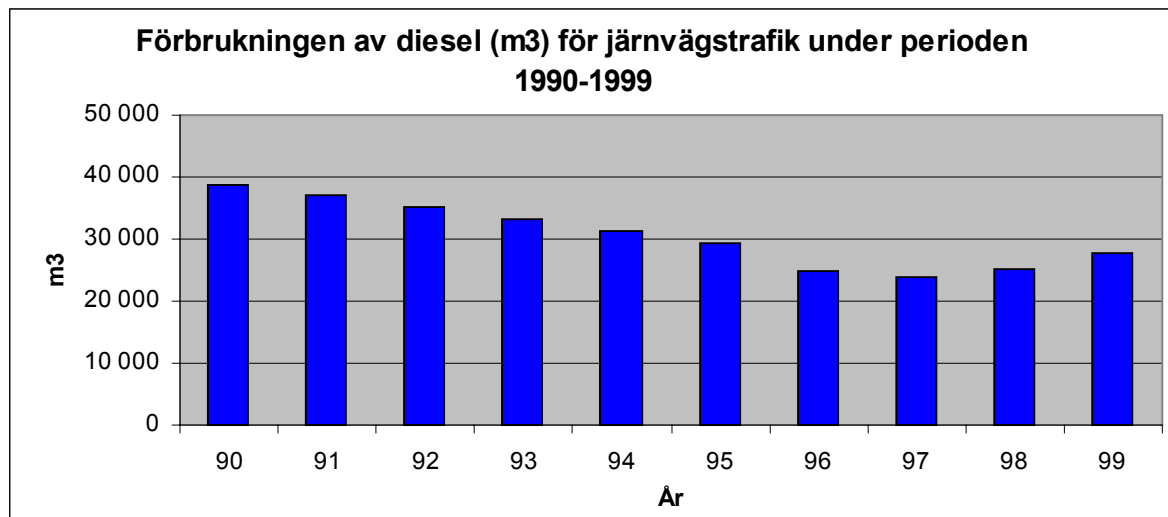
I MaTs arbetet blev slutsatserna att de största utmaningarna för att uppnå hållbara transporter var:

- utsläpp av koldioxid som påverkar jordens klimat
- utsläpp av hälsofarliga luftföroreningar och buller
- vägars, järnvägars, hamnars och flygplatsers inverkan på landskapet och miljön.

En grundläggande faktor för att åstadkomma hållbar transportutveckling och samhällsekonomisk effektivitet är att de rörliga kostnaderna avspeglar de miljökostnader som bl a användningen av fossila bränslen innebär. En rimlig ansats bör vara principen om att förorenaren eller den som orsakar annan skada betalar för nödvändiga förbättringar (*polluter pays principle, PPP*).

Järnvägstrafikens dieselförbrukning uppgick år 1999 till c:a 28 miljoner liter varav godstrafiken svarade för c:a 75 % av den totala förbrukningen. Omkring 90 % av dieselmängden utgörs av MK1-diesel, resterande 10 % är MK3-diesel. Dieseltrafiken svarar för c:a 18 % av järnvägstrafikens sammanlagda primärenergiförbrukning och c:a 7 % av trafikens slutliga energiförbrukning (nettotrafikarbete) samt för omkring 40 % av järnvägstrafikens sammanlagda utsläpp av koldioxid (år 1999).

Efter en rad av år med minskad dieselförbrukning ökar nu förbrukningen inom järnvägen. Dieselförbrukning ökade 1999 med c:a 10 % jämfört med 1998, och ökningen mellan 1997 och 1998 var c:a hälften så stor. Både en ökad dieselförbrukning inom SJ och ett ökat antal operatörer med dieselfordon har bidragit till ökningen.



Figur 1.

*Förbrukningen av diesel för järnvägstrafik under perioden 1990-1999.*

### 3. Ekonomiska styrmedel

Det kommer att krävas både hårda politiska beslut och ett målmedvetet åtgärdsarbete av transportsektorns aktörer för att minska trafikens utsläpp av luftföroreningar. Den största utmaningen kommer att vara att nå det långsiktiga målet om 60-70 % reduktion av koldioxidutsläppen. Ekonomiska styrmedel med prissättning på transporter som inkluderar externa samhällskostnader är en nyckelfaktor till effektivare och mindre miljöbelastande transporter, där bränslepris är centralt när det gäller att begränsa transporternas användning av fossila bränslen.

De styrmedel som används idag för att försöka minska användningen av fossila bränslen är följande:

- energiskatt, som tas ut på bensen, eldningsolja, dieselolja, fotogen, gasol, naturgas, kol och petroleumkoks samt på elkraft vid leverans till slutanvändaren
- koldioxidskatt tas ut på alla fossila bränslen och beräknas utifrån kolinnehållet i bränslet. Koldioxidskatten är densamma oavsett om bränslet används för fordon eller uppvärmning
- svavelskatt

Trots att skatter utgör en stor del av priserna på energi, har det reella priset för nästan alla bränslen sjunkit de senaste tio åren. Skatten på MK1-diesel uppgår till 3,65 kr per liter (SPI, 2000) vilket utgör c:a 44 % av bränslepriset (se tabell 1). På grund av det mycket låga svavelinnehållet i svensk miljöklassad diesel utgår ingen svavelskatt.

Tabell 1.

Fördelning av produktionskostnad, bruttomarginalkostnad och skatter på MK1-diesel (SPI, september 2000)

Diesel, MK1	kr/liter
produktionskostnad	3,45
bruttomarginalkostnad	1,20
energiskatt	1,86
koldioxidskatt	1,06
moms	0,73
<b>Summa:</b>	<b>8,30</b>

Några områden är undantagna från beskattningen däribland bibränslen som används för värme-, elproduktion eller transporter samt elkraft i industriell tillverkningsprocess. Även diesel- och eldningsolja som förbrukas i yrkesmässig sjöfart, spårbunden trafik samt flygbensin och flygfotogen som förbrukas i flygplan är befriade från energi-, och svavelskatt. Vidare är fossila bränslen för elproduktion undantagna från koldioxidskatt.

Inom transportsektorn tillkommer dessutom följande styrning:

- differentierad energiskatt på bensin för motordrivna fordon
- differentierad energiskatt på diesel för motordrivna fordon
- fordonsskattens storlek varierar med tjänstevikten. En högre fordonsskatt tas ut på dieseldrivna personbilar p g a den lägre skatten på diesel jämfört med bensin
- bilskrotningsavgift och -premie (pantssystem)

#### 4. Samhällsekonomisk kostnad för emissioner från dieseldriven järnvägstrafik

Inom järnvägssektorn är man, som tidigare nämnts, befriad från både energi-, och koldioxidskatt på dieselbränsle. En blygsam dieselavgift på 15-30 öre per liter bränsle tas idag ut av operatörerna. Avgiften baseras på på fordonets emissionsegenskaper av NOx (se kap. 9) Den totala dieselavgiften uppgick till c:a 7 miljoner kronor år 1999 vilket utgör endast c:a 3 % av samhällets värderingar av emissioner från den dieseldrivna järnvägstrafiken. Den beräknade samhällsekonomiska kostnaden för emissioner från den dieseldriven järnvägstrafiken redovisas i tabell 2 nedan.

Tabell 2.

Beräknad samhällsekonomisk kostnad för den dieseldrivna järnvägstrafikens emissioner, år 1999 (ASEK-värden har använts i beräkningarna)

Parameter	Emissioner från dieseldriven järnvägstrafik år 1999, ton	ASEK-värde, kr/kg	Beräknad samhällsekonomisk kostnad, kr/liter bränsle	Sammanlagd samhälls-ekonomisk kostnad år 1999, Mkr
CO2	74 000	1,50	3,99	111
(CO2*		0,20	0,53	15)
NOx	1 550	60	3,23	93
HC	90	30	0,10	2,7
SO2	0,7	20	0,001	0,014
<b>Summa:</b>			<b>7,32</b>	<b>206,7</b>

00-11-14

Samhällsekonomisk kostnad för emissioner från dieseldriven järnvägstrafik samt förslag till modell för differentiering på olika dieseldrivna järnvägsfordon

			(3,86)*	(110,7)*
--	--	--	---------	----------

\* CO2 värdet 0,20 kr/kg baseras på det troliga priset vid handel med utsläppsätter. I denna rapport har dock ASEK-värdet 1,50 kr/kg använts som underlag i beräkningarna.

Som siffrorna i tabell 2 visar beräknas de samhällsekonomiska kostnaderna för den dieseldrivna trafikens emissioner till drygt 200 milj. kronor år 1999, om man använder kalkylvärdet 1,50 kr/kg CO2. Koldioxid och NOx svarar för hela 98 % av samhällskostnaderna. Om man istället väljer kalkylvärdet 0,20 kr/kg erhålls en halvering av den totala kostnaden. Kostnaden per liter bränsle anger medelvärdet för den befintliga dieselflottan. För godstrafikens emissioner har resultat från emissionsmätningar av T44-lok använts i beräkningarna. För persontrafikens emissioner har normalvärden för gamla motorer (Y1) använts tillsammans med EU's avgaskrav Steg 1 för moderna motorer (Y2) och för nya motorer i Y1. All godstrafik och c:a 10 % av persontrafiken betalar i dag hel dieselavgift, dessa fordon svarar för drygt 75 % av den totala dieselförbrukningen.

## 5. Scenario fram till år 2008

En trend som EU:s miljöbyrå (European Environment Agency) visar på, är att ekonomisk tillväxt fortsätter att kräva ökat energiutnyttjande.

De teknologiska framsteg som innebär renare motorer och mindre bränsleförbrukning hjälper inte att minska miljöpåverkan när transportvolymerna ökar starkt. Det innebär också att användningen av fossila bränslen ökar starkt. Ökade transportvolymerna ledde till en 14 % ökning av energikonsumtionen och en 12 % ökning av koldioxidutsläppen under perioden 1990-1996 inom EU.

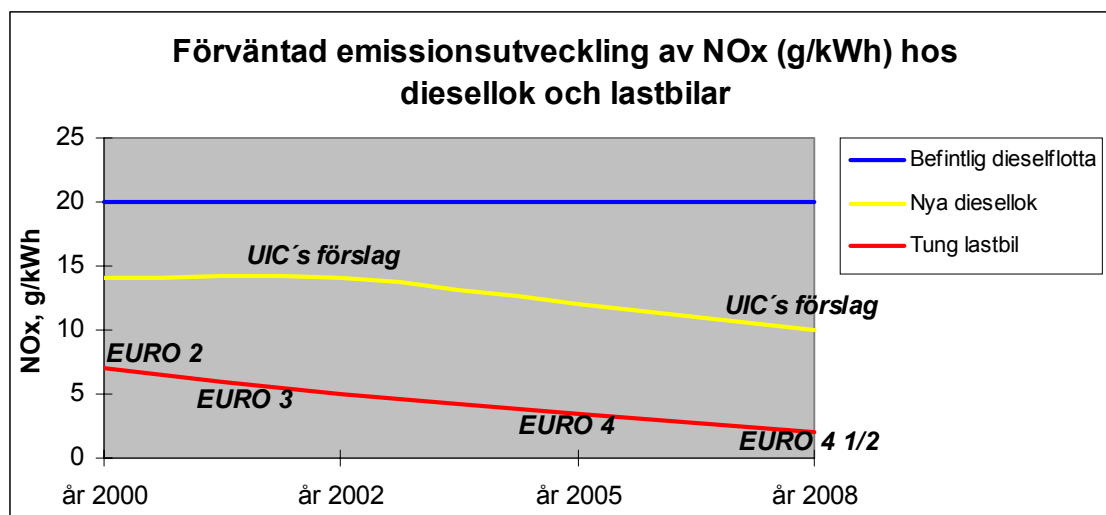
Enligt SIKAs prognos kommer godstrafiken i landet att öka med c:a 23 % fram till år 2010 jämfört med 1997. Godstransporter med lastbil beräknas öka med hela 37 % och gods-transporter på järnväg beräknas öka med 12 %. Dieseldrivna järnvägstransporter uppgår till i storleksordningen 2,5 mdr tonkm per år vilket motsvarar 10-15 % av totala antal tonkm på järnväg (15-20 %, exklusive malmtransporterna på malmbanan). Om det dieseldrivna transportarbetet på järnväg kommer att öka eller minska är osäkert. Inom Banverket är ambitionen att öka antalet operatörer på spåret. På grund av låg kostnad för begagnade diesellok jämfört med el-lok kommer troligen dieseldriven trafik att vara mest intressant för ”nya” operatörer. SJ's policy är dock att senast år 2008 använda enbart el-drivna lok.

Dieseldrivna lok förväntas inte få lika positiv emissionsutveckling som på lastbilssidan under den kommande tioårs-perioden. En av orsakerna är att det fortfarande saknas fastställda emissionskrav på järnvägsfordon medan man föreslår ytterligare skärpningar av EU's avgaskrav för lastbilar (EURO-krav, se tabell). En annan orsak är att stora dieselmotorer för järnvägsdrift är en ”sidoprodukt” med små försäljningsvolymerna varför det inte finns något stort intresse från motortillverkarna att satsa pengar på teknikutveckling för att minska emissionsnivåerna hos dessa motorer.

Dieseldrivna lok har en lång livslängd (omkring 40 år) vilket talar för att den nuvarande dieselflottans ålderssammansättning kommer att vara i stort sett oförändrad under den närmaste tioårs-perioden (se kap. 1). Detta innebär också att dieselflottans nuvarande emissionsstatus, med jämförelsevis dåliga emissionsegenskaper, kommer att vara oförändrad om inte kostnadseffektiv efterreningsutrustning utvecklas för befintliga diesellok (se kap. 7.1 och kap. 8). Lastbilarnas livslängd är betydligt kortare (c:a 10 år) vilket innebär att skärpta avgaskrav får ett snabbare genomslag i lastbilssidan än inom den dieseldrivna

järnvägsflottan. Den genomsnittliga emissionsnivån hos den svenska lastbilsflottan når i dagsläget inte helt upp till EURO 2-nivån däremot svarar transportarbetet på lastbil mot EURO 2-nivån (NTM, 2000) d v s större delen av transportarbetet utförs med moderna lastbilar som uppfyller EURO 2-kraven.

I figur 2 nedan redovisas den genomsnittliga emissionsnivån av NO<sub>x</sub> (g/kWh) hos befintlig diesellok för godstrafik samt UIC's förslag till avgaskkrav för nya diesellok. Som jämförelse redovisas även EU's nuvarande, kommande och föreslagna EURO-krav för lastbilar. För närvarande gäller EURO 2-krav för lastbilar, inom kort kommer EURO 2-kraven att skärpas till EURO 3-krav.

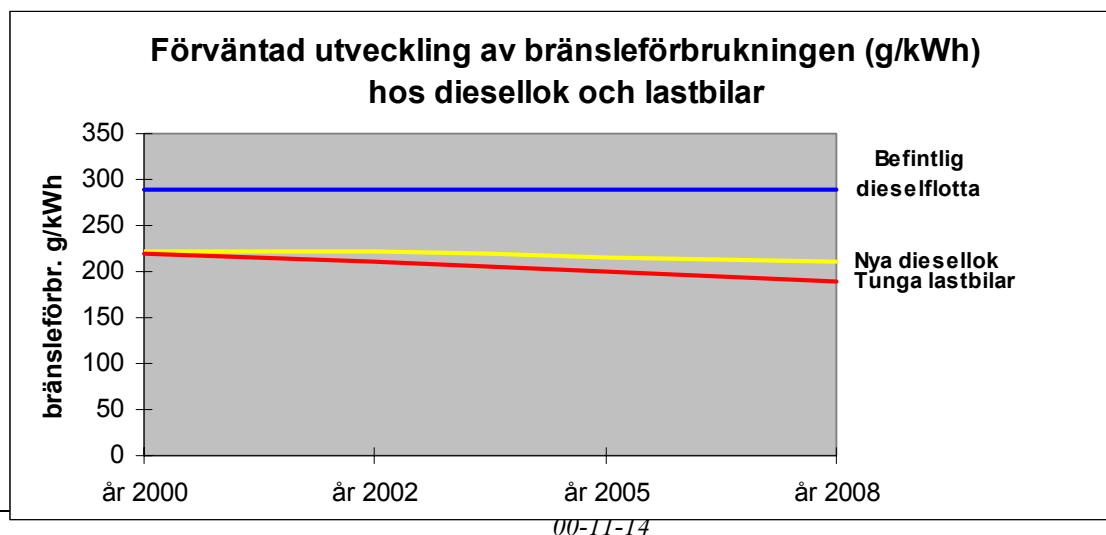


Figur 2.

*Förväntad emissionsutveckling av NO<sub>x</sub> (g/kWh).*

Emissionsutvecklingen i figur 2 bygger på emissionsnivåer av NO<sub>x</sub> från olika testcyklar (ESC för lastbil och ISO 8178 för järnvägsdrift, se kap 7), varför en direkt jämförelse mellan järnväg och lastbil inte är möjlig. Figuren visar ändå att avståndet mellan befintliga diesellok för godstrafik och lastbilar kan förväntas öka fram till år 2008.

Bränsleförbrukning, d v s energiförbrukningen, och emissionen av CO<sub>2</sub> ingår ej som parameter i dagens avgaskkrav. I figur 3 redovisas den genomsnittliga specifika bränsleförbrukningen (g/kWh) hos befintlig diesellok för godstrafik och för lastbilar samt den förväntade utvecklingen fram till år 2008 (enligt diskussioner med motortillverkare).

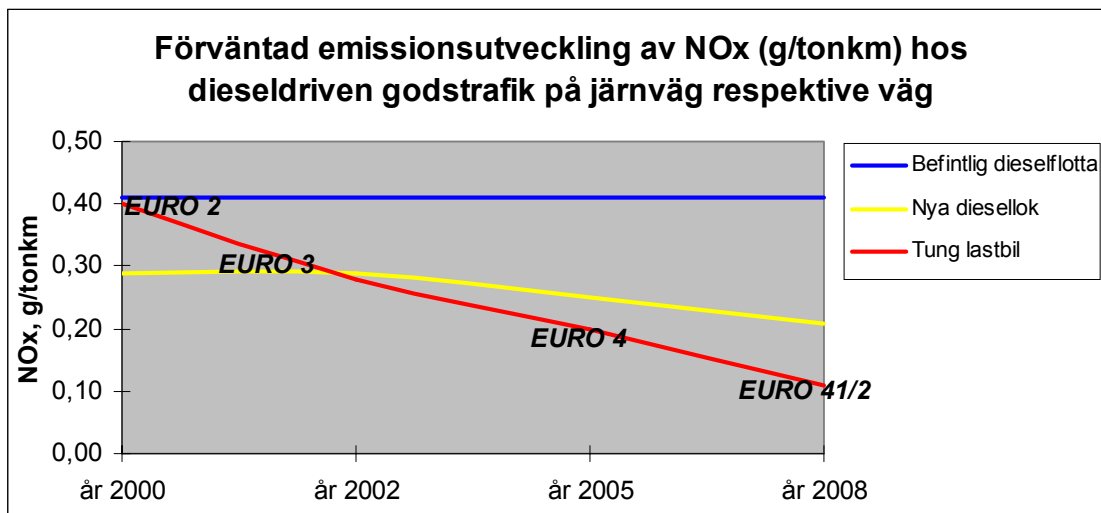


00-11-14  
Samhällsekonomisk kostnad för emissioner från dieseldriven järnvägstrafik samt förslag till modell för differentiering på olika dieseldrivna järnvägsfordon

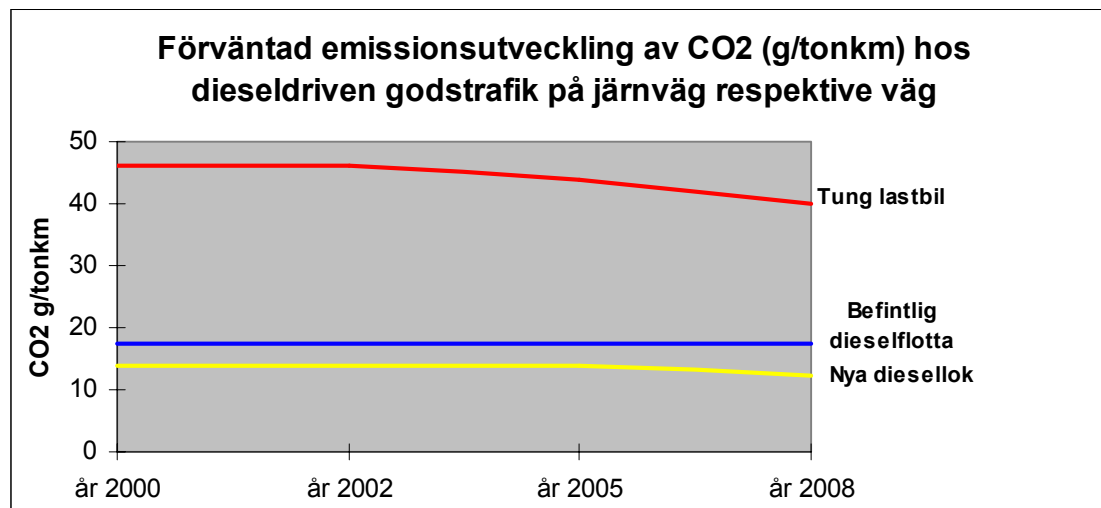
Figur 3.

*Förväntad utveckling av bränsleförbrukningen (g/kWh).*

För att få en bättre jämförelse mellan järnväg och lastbil kan emissionsnivån sättas i förhållande till utfört transportarbete (tonkm). I figur 4 nedan redovisas den förväntade emissionsutvecklingen av NOx (g/tonkm) för diesellok för godstrafik och för lastbilar. I beräkningarna har NTM's data för nyttolast och fyllnadsgrad för dieseldriven järnvägstrafik och för lastbil (tung lastbil med släp) använts. För lastbilens emissionsnivåer av NOx har NTM's data använts och för diesellokens emissionsnivåer har uppmätta värden (MTC, 1995. IVL, 2000), och redovisade värden från motortillverkare, använts. I figur 5 redovisas på motsvarande vis den förväntade emissionsutvecklingen av CO<sub>2</sub> (g/tonkm) för diesellok för godstrafik och för lastbilar.

Figur 4.

*Förväntad emissionsutveckling av NOx (g/tonkm)*

Figur 5.

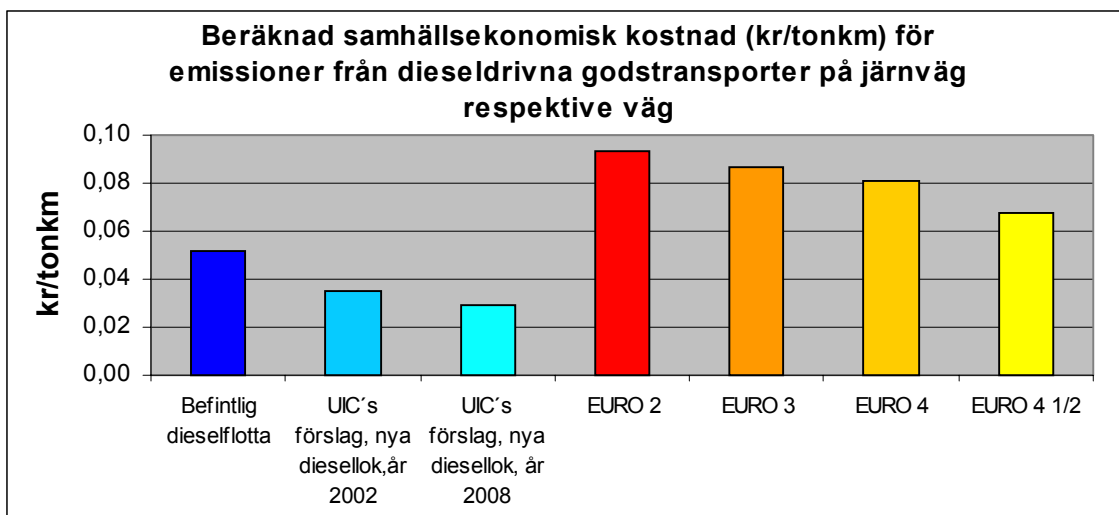
*Förväntad emissionsutveckling av CO<sub>2</sub> (g/tonkm)*



Resultat från beräkningar visar i figur 4 att den genomsnittliga nivån av NO<sub>x</sub> (g/tonkm) hos den befintliga dieselflottan för godstransporter ligger på ungefär samma nivå som lastbilarnas EURO 2-nivå. Dagens ”bästa” diesellok ligger däremot på ungefär samma nivå som lastbilarnas EURO 3-nivå. Nivån för EURO 41/2 utgör endast c:a 25 % av nivån hos den befintliga dieselflottan och c:a 50 % av UIC’s förslag till nivå för diesellok år 2008.

När det gäller energiförbrukning och emissioner av CO<sub>2</sub> (figur 5) är dieseldrivna transporter på järnväg idag, och även fram till år 2008, i storleksordningen 3 gånger mer energieffektiva och har 3 gånger lägre emissioner av CO<sub>2</sub> jämfört med transporter på lastbil.

De samhällsekonomiska kostnaderna för emissionerna av CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HC och NO<sub>x</sub> från dieseldriven godstrafik på järnväg beräknas till sammanlagt c:a 5 öre per tonkm för den befintliga dieselflottan. Motsvarande kostnad för nya diesellok beräknas till c:a 4 öre per tonkm för dagens ”bästa” diesellok (UIC’s förslag före år 2003, se tabell 11) och c:a 3 öre per tonkm för UIC’s förslag före år 2008. Beräkningarna visar också att de samhällsekonomiska kostnaderna för emissioner från godstransporter på lastbil är högre jämfört med transporter med befintliga diesellok på järnväg (se figur 6 nedan). Även vid en jämförelse med de mycket skärpta EURO 41/2-kraven är de samhällsekonomiska kostnaderna lägre för både nya- och befintliga diesellok.

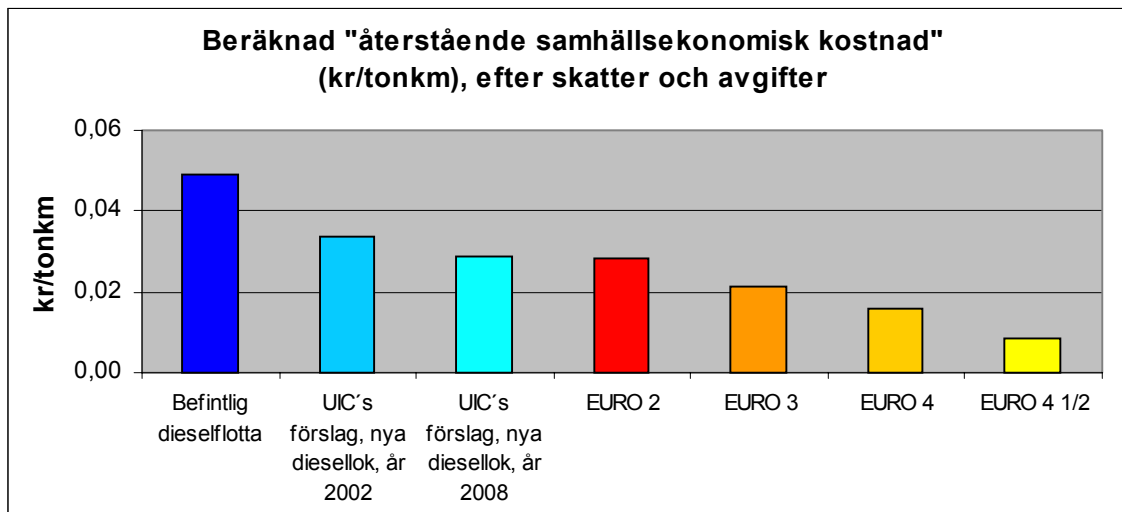


**Figur 6.**

*Beräknad samhällsekonomisk kostnad (kr/tonkm) för dieseldrivna transporter på järnväg och väg (ASEK-värden och NTM's data har använts i beräkningarna).*

Varken lastbilar på väg eller diesellok på järnväg tar fullt ansvar för de miljökostnader som emissionerna från användningen av fossila bränslen ger upphov till. Järnvägens NO<sub>x</sub>-avgift på mellan 15-30 öre per liter bränsle svarar, som tidigare nämnts, för endast c:a 3 % av av samhällets värderingar av emissioner från den dieseldrivna järnvägstrafiken, som beräknas till sammanlagt c:a 7,30 kr/liter bränsle (se tabell 2). NO<sub>x</sub>-avgiften ska jämföras med energi- och koldioxidskatten på lastbilarnas MK1-diesel, som uppgår till sammanlagt 3,65 kr per liter (tabell 1), dessa skatter täcker närmare 70 % av de samhällsekonomiska kostnaderna för lastbilarnas (EURO 2) emissioner. Lastbilarna tar härigenom ett betydligt ”större betalningsansvar” för sina emissioner (sett till antal kronor per liter bränsle och per tonkm) än vad dieseltrafiken inom järnvägen gör.

I figur 7 redovisas de ”återstående samhällsekonomiska kostnaderna” d v s efter nuvarande skatter och avgifter, för dieseldrivna transporter på järnväg och väg. Enligt dessa beräkningar behöver järnvägen öka dieselavgiften med i storleksordningen 15-20 gånger för att ligga på samma nivå som lastbilarnas EURO 2- och EURO 3 nivåer.



Figur 7.

Beräknad ”återstående samhällsekonomisk kostnad” efter skatter och avgifter (kr/tonkm)

## 6. Järnvägsdrift och emissionsdata

När det gäller avgasemissioner från olika samhällssektorer har EU gjort en kartläggning, och baserat på den en prioritering, som man nu jobbar efter. Järnvägsdrift låg långt ner på listan, och därför finns ännu inget lagförslag. När det gäller emissioner från järnvägsdrift bör man använda *ISO 8178-4F*, för att få samklang med de regler som så småningom kommer.

### 6.1 ISO 8178-4 för entreprenadmaskiner och järnvägsdrift

ISO har samlat in data från olika driftstyper för entreprenad-maskiner och järnvägsdrift. Med hjälp av dessa data har en körcykel tagits fram, benämnd ISO 8178-4, för att kunna prova de typiska belastningsfallen på en sådan maskin eller spårgående fordon. Körcykeln tar hänsyn till flera belastningsfall och utsläppen mäts i varje fall, se tabell 3 och 4.

Högre medelbelastning och frånvaron av talrika transienter (plötsliga och varierande belastningsväxlingar) leder generellt till lägre halter av kolväte och kolmonoxid, vanligen också av partiklar. Kväveoxidhalten ökar något vid höga belastningar, framför allt då motorn går på relativt låga vartal och max vridmoment utnyttjas.

Typiska järnvägsfordon, d v s lok och motorvagnar har förhållandevis liten andel transienta belastningsändringar. Motorerna går mycket på tomgång och med låg belastning, vilket innebär lägre medeleffektuttag jämfört med väggående fordon eller arbetsmaskiner.

Tabell 3.

Test cykel typ C1 ”icke-väggående fordon och arbetsmaskiner” enligt ISO 8178.

Mode number, cycle B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mode number, cycle C	1	2	3		4	5	6	7			8
Speed	Rated speed				Intermediate speed				Low-idle speed		
% Torque	100	75	50		10	100	75	50			0
Weighting factor	0,2	0,2	0,2		0,1	0,1	0,1	0,1			0,15

00-11-14

Samhällsekonomisk kostnad för emissioner från dieseldrivna järnvägstrafik samt förslag till modell för differentiering på olika dieseldrivna järnvägsfordon

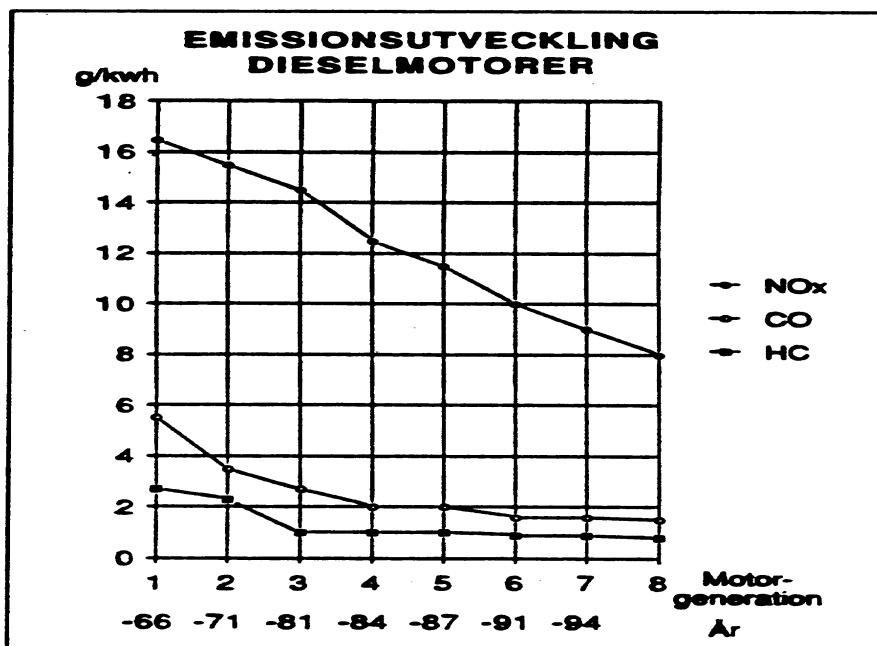
Tabell 4.

Test cykel typ F "järnvägsdrift" enligt ISO 8178.

Mode number, cycle B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mode number, cycle F	1							2			3
Speed	Rated speed					Intermediate speed				Low-idle speed	
% Torque	100							50			0
Weighting factor	0,25							0,2			0,6

## 7. Emissionsutvecklingen hos dieselmotorer

Sedan mitten av 1980-talet har utvecklingen av motorer på dieselsidan varit intensiv. En dieselmotor från början av 1980-talet släpper ut minst dubbelt så mycket kväveoxider och betydligt mer partiklar och farliga kolväten än dagens motorer, se figur 8. Den viktigaste motormodifikationen är *turbo med laddluftkylning* för sänkning av temperaturen och därmed bildning av kväveoxider. Emissionsnivån av NO<sub>x</sub> från en direktinsprutad dieselmotor ligger i allmänhet närmare 20 g/kWh (ISO 8178) om inga åtgärder vidtagits.



Figur 8.

Emissionsutvecklingen hos dieselmotorer (källa: Volvo)

I tabell 5 nedan redovisas emissionsvärden för Scantias DS11-motor som är en vanlig motortyp, inom effektområdet 150-350 kW, i Banverkets spårgående arbetsfordon. I tabellen redovisas emissionsvärden dels för en 11 liters Scania-motor från 1980-talet (turbo utan laddluftkylning) och dels motsvarande dagens bästa standard, 11 liters Scania-motor (turbo med laddluftkylning).

Tabell 5.

*Emissionsutvecklingen hos Scantias 11 liters-motor. I tabellen redovisas emissionsvärden, enligt ISO 8178-4F dels för en motor från 1980-talet (DS11 54 A, 244 kW turbomotor) och dels för dagens bästa standard 11 liters motor (DSC11 50 A, 324 kW turbo med laddluftkylning)*

Emissionsutvecklingen hos Scantias DS11-motor	NOx	HC	CO
	g/kWh		
DS11 54 A, från 1980-talet	17,6	0,7	2
DSC11 50 A, dagens bästa standard	8,8	0,5	1,3
Reduktion:	-50%	-29%	-35%

Emissionsvärden för dieseldrivna spårgående arbetsfordon inom Banverket-Produktion (tot c:a 600 st) redovisas i tabell 6. Fordonen är utrustade med ett 150-tal olika typer av dieselmotorer, från 15 olika tillverkare. Omkring 35% av motorerna är tillverkade före 1980. C:a 40% av motorerna är tillverkade på 1980-talet och 25% är tillverkade på 1990-talet.

Tabell 6.

*Medelvärden för NOx (g/kWh) hos dieseldrivna spårgående arbetsfordon (600 st) inom Banverket-Produktion (Ivarsson. T, 1998).*

Motorernas tillverkningsår *	andel % av totala antalet	NOx (g/kWh)
före 1980	35	17
1980/1989	40	15
1990/1995	20	13
efter 1995	5	10

\* 4% av motorerna är större än 560 kWh, 9% av motorerna är mellan 300-560 kW och 87% är mindre än 300 kW.

I tabell 7 redovisas en sammanställning av exempel på typvärden av NOx för olika dieseltåg.

Tabell 7.

*Exempel på typvärden av NOx (g/kWh) för olika dieseltåg.*

Tågtyp	Effekt (kW)	NOx (g/kWh)	Källa
Franska dieseltåg	alla	8 - 17	M.W.Jörgensen, S.C, Sorensen, 1997
Amerikanska dieseltåg	alla	5 - 16	M.W.Jörgensen, S.C, Sorensen, 1997
Danska passagerartåg	<560	12,5	M.W.Jörgensen, S.C, Sorensen, 1997
Österikiskt passagerartåg	<560	11,5	M.W.Jörgensen, S.C, Sorensen, 1997
Svenska Y1	<560	18,0	Banverket
Svenska Y2 (motortyp CP)	<560	12,3	Banverket
Svenska Y2 (motortyp LP)	<560	9,0	Banverket

### 7.1 Diesellok

Stora motorer, >560 kW, har inte haft lika positiv emissionsutveckling som motorer inom de mindre storleksklasserna. En bidragande orsak är att emissionskrav på mobila arbetsmaskiner och fordon (Non Road) inte funnits lika länge som på vägfordon. För järnvägsfordon saknas fortfarande fastställda emissionskrav. Att mäta emissioner från järnvägsfordon är både dyrt och komplicerat, därför finns få avgasmätningar från järnvägsfordon och dessa är genomförda på enstaka individer. Erfarenheter från Banverket/IVL's pågående projekt visar att kostnaden för emissionsmätningar av järnvägsfordon under verkliga förhållanden uppgår till omkring 70 000 kr per fordon.

På uppdrag av SJ har Motortestcenter (Ahlvik, P 1996) utfört emissionstester på två olika dieselmotorer i spårgående dieselfordon. Testerna har utförts på diesellok T44 (byggt år 1976) utrustad med motortypen *V 12 EMD typ 12-645 E* från General Motor (GM) och med en effekt på 1235 kW vid 900 r/min, samt på motortypen *Deutz BF 12 M716 Engine* (tillverkad år 1975) med en effekt på 460 kW vid 1800 r/min. Deutz-motorn är vanligt förekommande i växel- och rangeringslok.

Enligt testresultatet i tabell 8 är NO<sub>x</sub>-utsläppen från T44 mycket höga, 22,5 g/kWh enligt ISO 8178. Övriga emissioner hos T44-loket är mera normala för dieselmotorer i allmänhet. Resultat från Banverket/IVL's pågående emissionsmätningar bekräftar T44-lokens höga emissionsnivåer från tidigare mätningar

Resultaten från Deutz-motorn (tabell 9) visar genomgående ovanligt låga utsläppsvärden för en motor som är mer än 20 år gammal. I tabell 9 redovisas även resultaten vid användning av MK1-bränsle och då motorn utrustats med CRT-filter (partikelfilter med katalysator).

#### Tabell 8.

*Emissionsvärden från diesellok T44 (byggt år 1976) utrustad med motortypen V 12 EMD typ 12-645 E med en effekt på 1235 kW vid 900 r/min, enligt testmetod ECE R49 respektive ISO 8178 (MTC Rapport 9410A).*

Testcykel	NO <sub>x</sub>	HC	CO	Partiklar	Bränsleförbrukning
			g/kWh		
ECE R49 (sim.)	19,4	0,77	1,27	0,51	280
ISO 8178 F(sim.)	22,5	0,93	1,82	0,64	289

#### Tabell 9.

*Emissionsvärden från motortypen Deutz BF 12 M716 Engine (tillverkad år 1975) med en effekt på 460 kW vid 1800 r/min, (steady state test cycle) enligt testmetod ISO 8178 (MTC, 1996).*

Testcykel	Bränsletyp	CRT filter	NO <sub>x</sub>	HC	CO	Partiklar	Bränsle- förbr.	Effekt
					g/kWh			kW
ISO 8178 F	Referens diesel	utan	4,51	0,12	1,44	0,31	254	139
ISO 8178 F	MK1	utan	4,23	0,13	1,35	0,29	245	130
ISO 8178 F	MK1	med	4,24	0,04	0,66	0,03	260	126

Trots avsaknad av fastställda emissionskrav på järnvägsfordon har ändå moderna diesellok bättre emissionsegenskaper än de åldersstigna T44-loken, som är den dominerande loktypen i den svenska dieselflottan för godstransporter. Emissionsnivån av NO<sub>x</sub> hos dagens moderna diesellok är c:a 40 % lägre jämfört med T44-loket. Även bränsleförbrukningen/verkningsgraden är betydligt bättre. Den specifika bränsleförbrukningen (g/kWh) är omkring 30 % lägre hos moderna lok, främst tack vare bränslesystemets utveckling.

I tabell 10 redovisas en sammanställning av exempel på emissionsvärden av NO<sub>x</sub> för olika diesellok, med motorer >1000 kW.

Tabell 10.

Exempel på typvärden och specifika värden av NO<sub>x</sub> (g/kWh) för olika diesellok >1000 kW.

	Effekt (kW)	NO <sub>x</sub> (g/kWh)	Testcykel	Källa
Engelska diesellok				
före 1982	>1000	24	ISO 8161	P. Ahlvik, 1996
1982/1993	>1000	20	ISO 8161	P. Ahlvik, 1996
efter 1993	>1000	16	ISO 8161	P. Ahlvik, 1996
T44 (1976)	>1000	19,4	ECE	P. Ahlvik, 1996
T44 (1976)	>1000	22,5	ISO 8178-4F	P. Ahlvik, 1996
BTU/DLL (1999)	>1000	12,5	ISO 8178-4F	MTU, 1999
EMD-motor (1999)	>1000	12,5		GM, 1999
CUMMINS-motor (1999)	>1000	9,8	ISO 8178-4F	CUMMINS, 1999

## 8. Avgaskrav för dieselmotorer

I Sverige har man beslutat om avgaskrav för personbilar (1989), tunga lastbilar och bussar, >3,5 ton (1996). Motsvarande krav för större arbetsmaskiner träder i kraft år 1999. Däremot finns fortfarande inga lagstadgade emissionsbestämmelser för dieseldrivna spårfordon.

### 8.1 Dieseldrivna järnvägsfordon

Det finns idag inga officiella emissionskrav för dieseldrivna järnvägsfordon inom EU. UIC har dock föreslagit nedanstående avgaskrav för dieseldrivna järnvägsfordon.

Tabell 11.

Föreslagna avgaskrav för dieseldrivna järnvägsfordon, enligt ISO 8178-4F (UIC)

Avgaskrav Järnvägsfordon	maxeffekt	CO	HC	NO <sub>x</sub>	rök	pm
		g/kWh	g/kWh	g/kWh	Bosch	g/kWh
2002-12-31	alla	3,0	0,8	12	1,6	
2003-01-01 - 2007-12-31	<560	2,5	0,7	6		0,25
	>560	3,0	0,8	9,5		0,25

Som jämförelse redovisas i tabell 12 och 13 nedan även EU's avgaskrav för lastbilar (EURO-krav) samt EU's avgasdirektiv för mobila arbetsmaskiner och fordon (Steg 1- och 2-krav).

## 8.2 Lastbilar och entreprenadmaskiner

EU:s avgaskrav för lastbilar, EURO 1 och EURO 2 kom redan 1992 respektive 1995 (i Sverige gäller kraven från och med 1996/97). Från och med 1 oktober år 2000 föreslår EU en ytterligare skärpning av avgaskraven. Från och med år 2000 föreslår EU en ytterligare skärpning av avgaskraven, EURO 3, vilket innebär att utsläppen av NO<sub>x</sub> minskar med 30 %, jämfört med 1995 års avgaskrav (EURO 2). EURO 4 innebär att utsläppen av CO, HC och NO<sub>x</sub> minskar med 30 % och partiklar med 80 % jämfört med EURO 3.

EU:s gällande, kommande och föreslagna avgaskrav (EURO-krav) visas i tabell 12.

**Tabell 12.**

*EU:s gällande avgaskrav för lastbilar >3,5 ton, EURO 1 och EURO 2 samt föreslagna Euro 3, EURO 4 och EURO 4 1/2-krav.*

Avgaskrav	Gäller fr o m	CO	HC	NO <sub>x</sub>	Partiklar
Lastbilar		g/kWh			
EURO 1	1992-07-01	4,9	1,23	9,0	0,4
EURO 2	1995-10-01	4,0	1,1	7,0	0,15
EURO 3*	2000	2,1 (5,45)	0,66 (0,78)	5,0 (5,0)	0,1 (0,16)
EURO 4*	2005	1,5 (4,0)	0,46 (0,55)	3,5 (3,5)	0,02 (0,03)
EURO 4 1/2 *	2008	1,5 (4,0)	0,46 (0,55)	2,0 (2,0)	0,02 (0,03)

\* emissionsvärden enligt ESC-cykel och (ETC-cykel inom parentes).

EU's avgasdirektiv för mobila arbetsmaskiner och fordon (Steg 1- och 2-krav) visas i tabell 13.

**Tabell 13.**

*EU:s avgasdirektiv (enligt ISO 8178) för mobila arbetsmaskiner och fordon (gäller ej för lokomotiv), Steg 1-krav samt Naturvårdsverkets föreslagna datum då Steg 2-kravet skall gälla i Sverige.*

Avgaskrav	Nettoeffekt	CO	HC	NO <sub>x</sub>	Partiklar	Datum för nya	Motorprod.
	kW			g/kWh		typgodk. <sup>1)</sup>	datum <sup>2)</sup>
Steg 1	130 - 560	5,0	1,3	9,2	0,54	1 dec. 1997	30 sept. 1998
	75 - 130	5,0	1,3	9,2	0,70	1 dec. 1997	30 sept. 1998
	37 - 75	6,5	1,3	9,2	0,85	1 dec. 1997	31 mars 1999
Steg 2	130 - 560	3,5	1,0	6,0	0,2	31 dec. 2000	31 dec. 2001
	75 - 130	5,0	1,0	6,0	0,3	31 dec. 2001	31 dec. 2002
	37 - 75	5,0	1,3	7,0	0,4	31 dec. 2002	31 dec. 2003
	18 - 37	5,5	1,5	8,0	0,8	31 dec. 1999	31 dec. 2000

1) EG-typgodkännande får inte längre meddelas om inte avgaskraven för aktuell kravnivå är uppfyllda.

2) Registrering och utsläppande på marknaden av motorer eller maskiner med sådan motor får enbart ske om avgaskraven för aktuell kravnivå är uppfyllda.

## 9. Förslag till differentieringsmodell för NOx på olika järnvägsfordon

En förutsättning för att kunna differentiera på olika fordon efter deras emissionsegenskaper är att det finns ett underlag i form av emissionsdata. Helst bör avgiften baseras på uppmätta värden av NOx under verkliga förhållanden. Resultat från beräkningar visar att emissionen av NOx från den dieseldrivna trafiken uppgår till omkring 1500 ton per år, motsvarande 55 g NOx per liter diesel. Detta återspeglar standarden på de aktuella motorerna, motsvarande värde för dagens moderna dieselmotorer är c:a 35 g NOx per liter diesel.

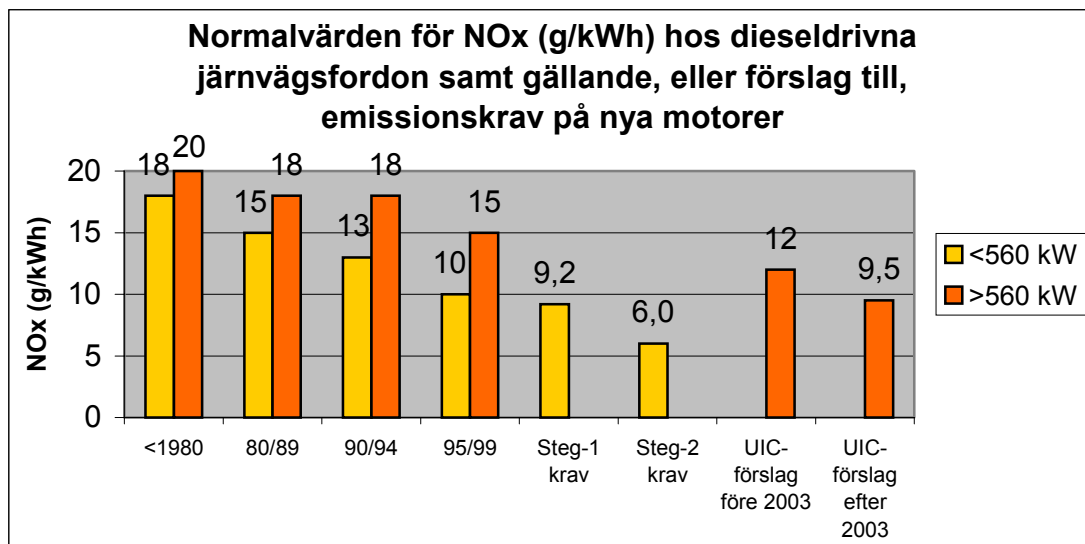
Kunskapen om emissioner från dieseldrivna järnvägsfordon begränsas dock till någon enstaka mätning eller uppgifter från tillverkare. Med utgångspunkt från emissionsutvecklingen hos dieselmotorer tillsammans med kända emissionsdata för olika järnvägsfordon finns det ändå en möjlighet att skapa en modell för indelning av fordon i olika emissionsklasser.

En första grund för indelning bör vara motoreffekten. Små och medelstora motorer, <560 kW har haft en bättre teknikutveckling än stora motorer, >560 kW. Emissionsnivån av NOx hos dagens Steg 1-motorer är c:a 50% lägre jämfört med ett lok (>1000 kW) från 1990-talet. Normalvärden för NOx hos dieselfordon kan ses i figur 9.

En andra indelning bör vara motorns tillverkningsår. En dieselmotor (<560 kW) från början av 1980-talet släpper ut 2-3 gånger så mycket NOx jämfört med dagens Steg 1-motorer.

Genom att använda normalvärden av NOx för respektive effekt- och åldersklass (enligt figur 9) finns sedan möjlighet att indela fordon i olika emissionsklasser.

Avgiftsnivån kommer att vara helt avgörande för vilken styrande effekt modellen slutligen kommer att ha. Det är tveksamt om nuvarande avgiftsnivå (30 öre resp. 15 öre per liter diesel) fungerar som styrmedel.



**Figur 9.**

Normalvärden för NOx hos dieseldrivna järnvägsfordon i Sverige. Som jämförelse redovisas även Steg 1- och 2-kraven för motorer inom effektområdet 130-560 kW samt UIC's förslag för motorer >560 kW i järnvägsfordon.



Klassindelningen i tabell 14 nedan grundar sig på normalvärden för NOx (enligt figur 9) hos dieselmotorer enligt:

- Klass 1 = Steg 1-krav (<560 kW) respektive UIC's förslag till avgaskrav för dieseldrivna järnvägsfordon (>560 kW),
  - Klass 2 = motorer tillverkade under perioden 90/99
  - Klass 3 = motorer tillverkade före 1990
- NOx-avgiften föreslås fördelas enligt följande; klass 1 = 50% avgift, klass 2 = 85% avgift samt klass 3 = hel avgift.

Tabell 14.

*Förslag till klassindelning för motorer <560 kW respektive >560 kW.*

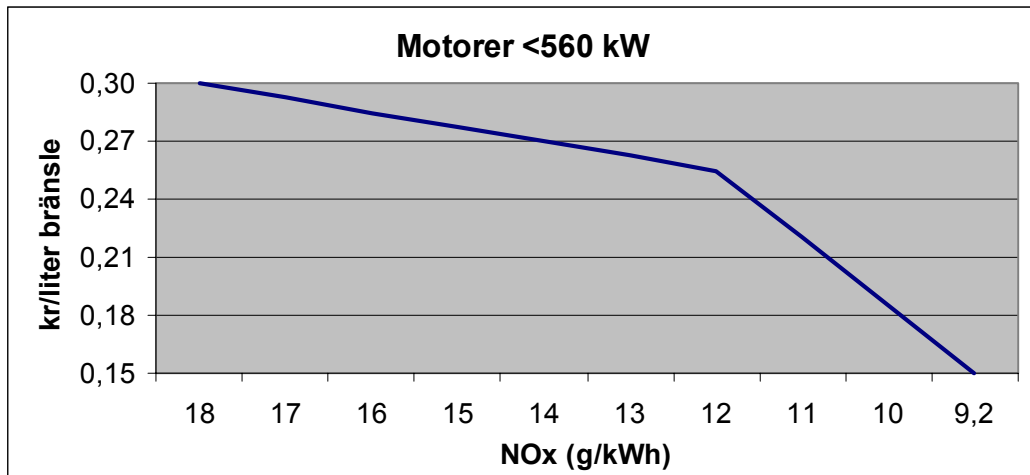
Klass	<560 kW	NOx (g/kWh)	>560 KkW	NOx (g/kWh)	Avgift (%)
1	Steg-1 krav	9,2	UIC-förslag, före 2003	12	50
2	90/99	12	90/99	16	85
3	före 1990	18	före 1990	20	100

Normalvärde för NOx för respektive klass kan ses som "default-värden", d v s dessa värden gäller fram tills dess att operatören kan redovisa uppmätta specifika emissionsdata för det aktuella fordonet. Föreslagen NOX-avgift/avgiftsreducering för olika emissionsnivåer kan ses i tabell 15 och 16.

Tabell 15.

Föreslagen NOX-avgift/avgiftsreducering för olika emissionsnivåer för motorer <560 kW.

Effektklass	NOX-avgift	kr/liter bränsle		
<560 kW	hel	0,30		
	halv	0,15		
Åldersklass/ kravnivå	Emissionsnivå	Avgift	Avgiftsreducering	
	NOx (g/kWh)	kr/liter bränsle	kr per g/kWh	% av maxavgift
före 1990	18	0,30	0	0
	17	0,29	0,008	
	16	0,29	0,008	
	15	0,28	0,008	
	14	0,27	0,008	
	13	0,26	0,008	
1990/1999	12	0,26	0,008	15
	11	0,22	0,035	
	10	0,19	0,035	
Steg 1-krav	9,2	0,15	0,035	50



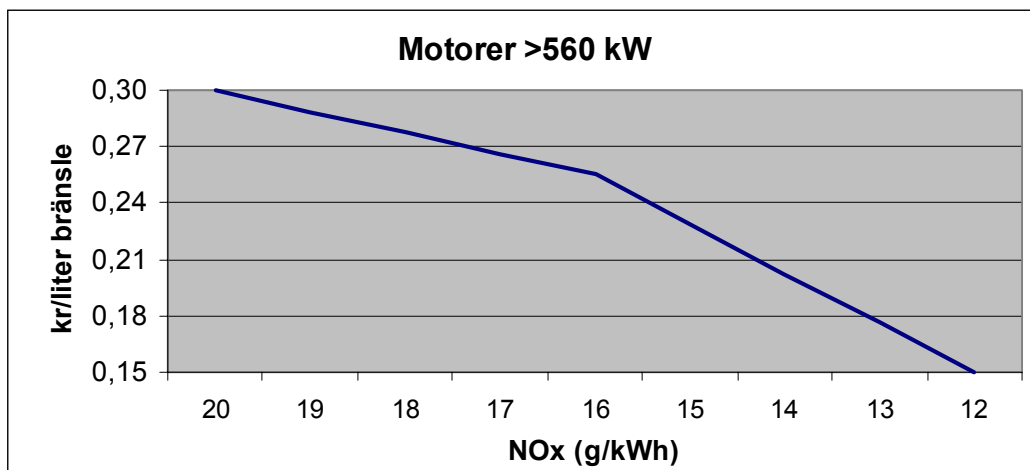
Figur 10.

Föreslagen NOx-avgift (kr/liter bränsle) fördelat på olika emissionsnivåer.

Tabell 16.

Föreslagen NOX-avgift/avgiftsreducering för olika emissionsnivåer för motorer &gt;560 kW

Effektklass	NOX-avgift	kr/liter bränsle		
>560 kW	hel	0,30		
	halv	0,15		
Åldersklass/ kravnivå	Emissionsnivå	Avgift	Avgiftsreducering	
	NOx (g/kWh)	kr/liter bränsle	kr per g/kWh	% av maxavgift
före 1990	20	0,30	0	0
	19	0,29	0,011	
	18	0,28	0,011	
	17	0,27	0,011	
1990/1999	16	0,26	0,011	15
	15	0,23	0,026	
	14	0,20	0,026	
	13	0,18	0,026	
UIC-förslag, före år 2003	12	0,15	0,026	50



Figur 11.

Föreslagen NOx-avgift (kr/liter bränsle) fördelat på olika emissionsnivåer.

I tabell 12 nedan redovisas en jämförelse mellan Banverkets förslag till avgift (kr/liter bränsle) baserat på emissionen av NOx fördelat på olika motorkategorier och den samhällsekonomiska kostnaden enligt ASEK's värdering av luftföroreningar och klimatgaser. I beräkningarna har antaganden gjorts av normalvärden för de olika motorkategorierna varför resultaten måste ses som skillnader i storleksordningar snarare än exakta värden. Som siffrorna visar täcker dieselavgiften endast 2-3 % av den totala samhällsekonomiska kostnaden för dieseltrafikens emissioner av NOx, HC, SO2 och CO2.

Tabell 12.

*Jämförelse mellan Banverkets förslag till avgift (kr/liter bränsle) baserat på emissionen av NOx fördelat på olika motorkategorier och den samhällsekonomiska kostnaden enligt ASEK's värdering av luftföroreningar och klimatgaser.*

<b>Motorkategori</b>	<b>Banverkets förslag till dieselavgift, NOx</b>	<b>Samhällsekonomisk kostnad, NOx (ASEK-värde)</b>	<b>Total samhällsekonomisk kostnad för samtliga emissioner (ASEK-värden)</b>
<b>Motorer &lt;560 kW</b>			
<1990	0,30	3,60	7,70
1990/1999	0,26	2,40	6,40
Steg 1 motor	0,15	2,00	6,00
<b>Motorer &gt;560 kW</b>			
<1990	0,30	3,70	7,80
1990/1999	0,26	3,00	7,00
UIC-förslag, 2003	0,15	2,40	6,40

## 10. Källförteckning

Ahlvik, P 1996: Exhaust emission from a 2-stroke locomotive engine. MTC, Rapport MTC 9410A

Banverket, 1995: AVGASSPÅR Förslag till reglering av avgaser från spårburna dieseldrivna fordon

Data från IVL's pågående emissionsmätningar av dieseldrivna järnvägsfordon

ERRI, 2000: Diesel Engines, Exhaust emission from diesel engines currently i service. ERRI B 208 P/RP 4

Grägg, K 1995: Chemical Characterization and Biological Testing of Exhaust Emissions from Truck Fueled with EC1 an EPEFE Reference Fuel. MTC, Rapport MTC 9510

Ivarsson, T 1999: Miljöpåverkan från dieseldrivna järnvägsfordon vid Banverket-Produktion

M.W. Jörgensen, S.C Sorensen, 1997. Exhaust emission from diesel railtraffic

NTM, Nätverk för transporter och miljö

Samtal med Hans Hellström, SJ stab angående bränsleförbrukning, fordon etc.

Samtal med motortillverkare och MTC angående emissionsfaktorer, bränsleförbrukning och motorutveckling

SIKA, Kalkylvärden för värdering av luftföroreningar och klimatgaser