

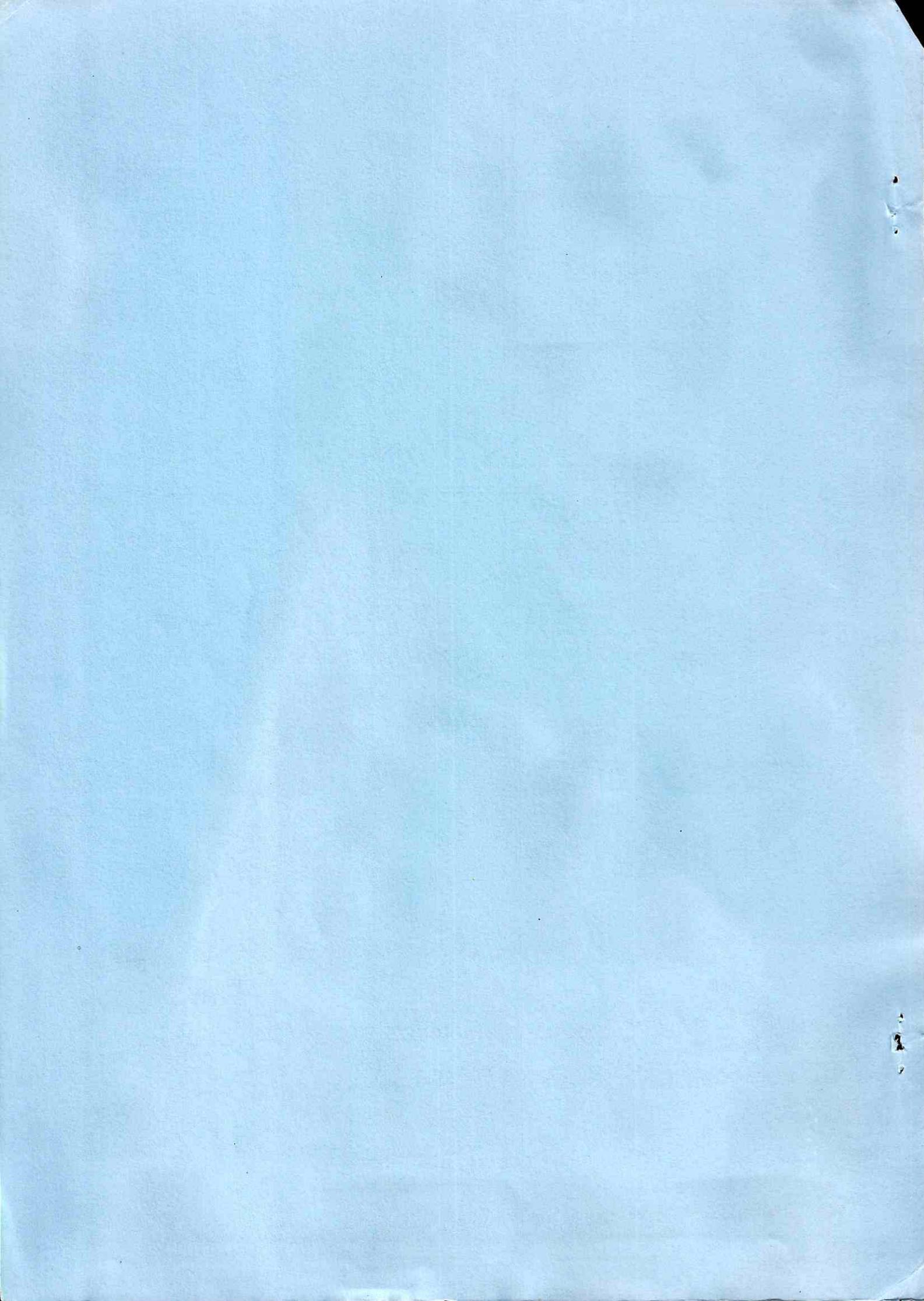
Lovisa Söderholm



EMISSIONER FRÅN ARBETSFORDON OCH ARBETSREDSKAP I GÖTEBORGSREGIONEN

På uppdrag av GöteborgsRegionen
Maj 1994

Bengt Norberg, BNM Research
Lovisa Johansson, Ecotraffic R&D AB



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord	ii
Sammanfattning	iii
1 Inledning	
Bakgrund	1
Syfte	1
2 Fordonsbestånd; arbetsredskap och arbetsfordon	
Typer, användningsområden, antal	2
Var och när utsläppen sker	5
3 Utvärdering av befintligt material	
Bedömning av mätvärden från SNVs rapport om utsläpp från arbetsredskap och arbetsfordon med hjälp av övriga referenser	6
Arbetsredskap som står för de största utsläppen	9
Arbetsfordon som står för de största utsläppen	10
4 Arbetsredskap som står för de största utsläppen	
Motorsågar	11
Gräsklippare	13
Generatoraggregat, Kyl/Frysaggregat, Kompressorer	15
5 Arbetsfordon som står för de största utsläppen	
Traktorer i jord- och skogsbruk; traktorer, skördare, skotare	17
Entreprenad; grävmaskiner, grävlastare, hjullastare	20
Lasthantering; gaffeltruckar	21
6 Beräkning av totala mängden emissioner från arbetsredskap och arbetsfordon	
Totala mängden emissioner från arbetsredskap och arbetsfordon i Göteborgsregionen	23
Arbetsredskap som står för de största utsläppen i Göteborgsregionen	24
Arbetsfordon som står för de största utsläppen i Göteborgsregionen	26
7 Hur kan situationen bli bättre	28
8 Emissionskrav	31
9 Rekommendationer	33
Källförteckning	35
Bilaga 1-8	37



FÖRORD

GöteborgsRegionen gav i september 1993 BNM Research och Ecotraffic Research & Development AB i uppdrag att genomföra en utredning om avgasutsläpp från arbetsfordon och arbetsredskap i Göteborgsregionen.

Utredningens syfte är att:

- inventera antalet arbetsfordon och arbetsredskap i regionen,
- så långt möjligt definiera emissionsfaktorer för de arbetsfordon och arbetsredskap som används i regionen, samt
- utgöra underlagsmaterial till en uppdatering av emissionsdatabasen (EDBn) för västkusten.

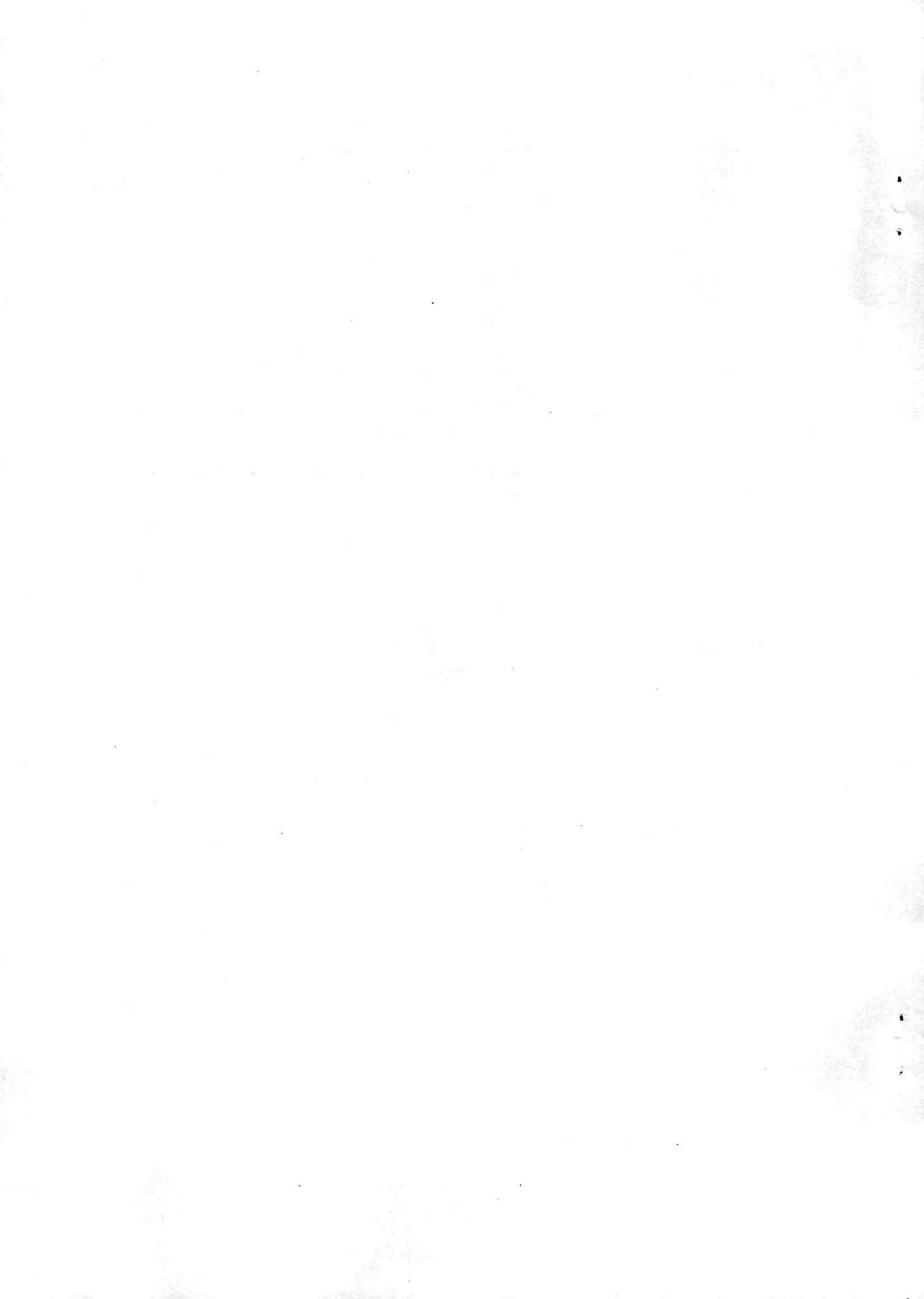
Arbetet har utförts av Bengt Norberg på BNM Research och Lovisa Johansson på Ecotraffic Research & Development. Undertecknade har varit projektledare.

Rapportens upplägg och innehåll har stämts av med Länstyrelsen i Göteborg och Bohus län samt Göteborgs Miljöförvaltning.

Göteborg maj 1994

Anita Gustavsson
GöteborgsRegionen

Karin Dotevall
GöteborgsRegionen



SAMMANFATTNING

Bakgrund

Arbetsredskap och arbetsfordon försedda med förbränningsmotor har i avgasmiljösammanhang kallats "den glömda sektorn". Utsläppen från dessa grupper har dock visat sig vara en stor källa till spridning av luftföroreningar. Med arbetsfordon avses motordrivna fordon inom jordbruk, skogsbruk, bygg- och anläggningsbranchen, lasthantering m m som inte måste registreras som lastbil eller buss enligt fordonskungörelsen. Med förbränningsmotordrivna arbetsredskap menas motorförsedda mobila aggregat som inte är klassificerade som fordon eller arbetsfordon, till exempel gräsklippare, motorsågar, röjsågar etc.

Länstyrelsen i Göteborgs och Bohus län har tillsammans med Älvsborgs och Hallands län byggt upp en emissionsdatabas (EDB). Med hjälp av denna kan mängden luftföroreningar i de tre länen beskrivas och kvantifieras.

Det material som ligger till grund för emissionerna från arbetsredskap och arbetsfordon i EDBn är idag baserade på en rapport från Naturvårdsverket. Uppgifterna från denna rapport är sedan grovt fördelade över länen med hjälp av befolkningsdata. Det regionala luftkontrollprogrammet i Göteborgsregionen har därför beslutat göra en mer noggran inventering av antalet arbetsfordon och arbetsredskap samt emissioner från dessa inom regionen med målet att införa uppgifterna i EDBn. Detta presenteras i föreliggande rapport.

Typ, användningsområde, antal

Som underlag för bedömning av typer och användningsområden har två rapporter från Nauvårdsverket (SNV) använts: (1) Kartlägning av förorenande utsläpp från traktorer, arbetsmaskiner m.m; SNV nr: 3756, oktober 1989 och (2) Kartlägning av utsläpp från motordrivna arbetsredskap; SNV nr: 124-560-89, juni 1990.

Eftersom de flesta arbetsfordon och arbetsredskap inte är registreringspliktiga är det svårt att få fram statistik om antal och storlek på beståndet. För att ändå få fram ett så riktigt värde som möjligt över antalet i Göteborgsregionen har intervjuer, tillgänglig statistik och Naturvårdsverkets rapporter använts. En rad olika antaganden har dessutom gjorts beroende på användningsområde och tillgänglig information.

Emissionsfaktorer

De emissionsfaktorer som presenteras avser oftast mätningar som utförts på motorlaboratorier, d v s under gynnsamma förhållanden och med schabloniserade körcykler med konstanta last-/varvtalspunkter. Verkligheten kan skilja sig avsevärt från labdata, som bör justeras efter verkliga förhållanden.

Mätningar av emissionsnivåer från arbetsfordon som körts under verkliga förhållanden finns inte i dagsläget. Emissionsvärdet som därför anges i denna rapport för arbetsfordon anger specifika emissioner från mätningar med konstant belastning och en uppskattning av medeleffektuttag. Detta kan därför vara en osäker bedömning av de verkliga avgasutsläppen men är den mest relevanta informationen som är tillgänglig. För arbetsredskap har vissa mätningar under verkliga förhållanden genomförts.

Emissioner i Göteborgsregionen från arbetsredskap och arbetsfordon

Den totala mängden emissioner från arbetsredskap och arbetsfordon i Göteborgsregionen är enligt beräkningarna i denna studie:

	HC ton/år	CO ton/år	NOx ton/år	PM ton/år	SO2 ton/år	CO2 ton/år
Arbetsredskap						
Dieseldrivna	57,9	153,0	471,1	40,5	18,0	31172
Bensindrivna	700,4	3924,5	42,4	19,7	1,3	13976
Summa	758,3	4077,5	513,5	60,2	19,3	45148
Arbetsfordon						
Dieseldrivna	395,3	940,0	4468,4	301,0	103,9	179698
Bensindrivna	17,7	478,5	17,3	0,2	0,3	2871
Summa	413,0	1418,5	4485,7	301,2	104,2	182569
Totalt	1171,3	5496,0	4999,2	361,4	123,5	227717

Totala mängden emissioner från arbetsredskap och arbetsfordon i Göteborgsregionen

Om man tittar på de totala utsläppen av emissioner från arbetsredskap och arbetsfordon som är beräknade i denna studie är det vissa grupper som totalt sett står för en stor andel av i Göteborgsregionen.

- Motorsågar i yrkesmässig drift står för ca 40 % av HC-utsläppen (470 ton/år) och ca 16 % av CO-utsläppen (890 ton/år) från arbetsredskap och arbetsfordon i Göteborgsregionen.
- Bensindrivna åkbara gräsklippare står för ca 43 % av de totala utsläppen av CO (2 340 ton/år) från arbetsredskap och arbetsfordon i Göteborgsregionen.
- Hjullastare beräknas stå för ca 26 % av NOx-utsläppen (1 290 ton/år), 21 % av partikelutsläppen (75 ton/år) samt 20 % av utsläppen av svavel (25 ton/år) från arbetsredskap och arbetsfordon i regionen.



Hjullastare

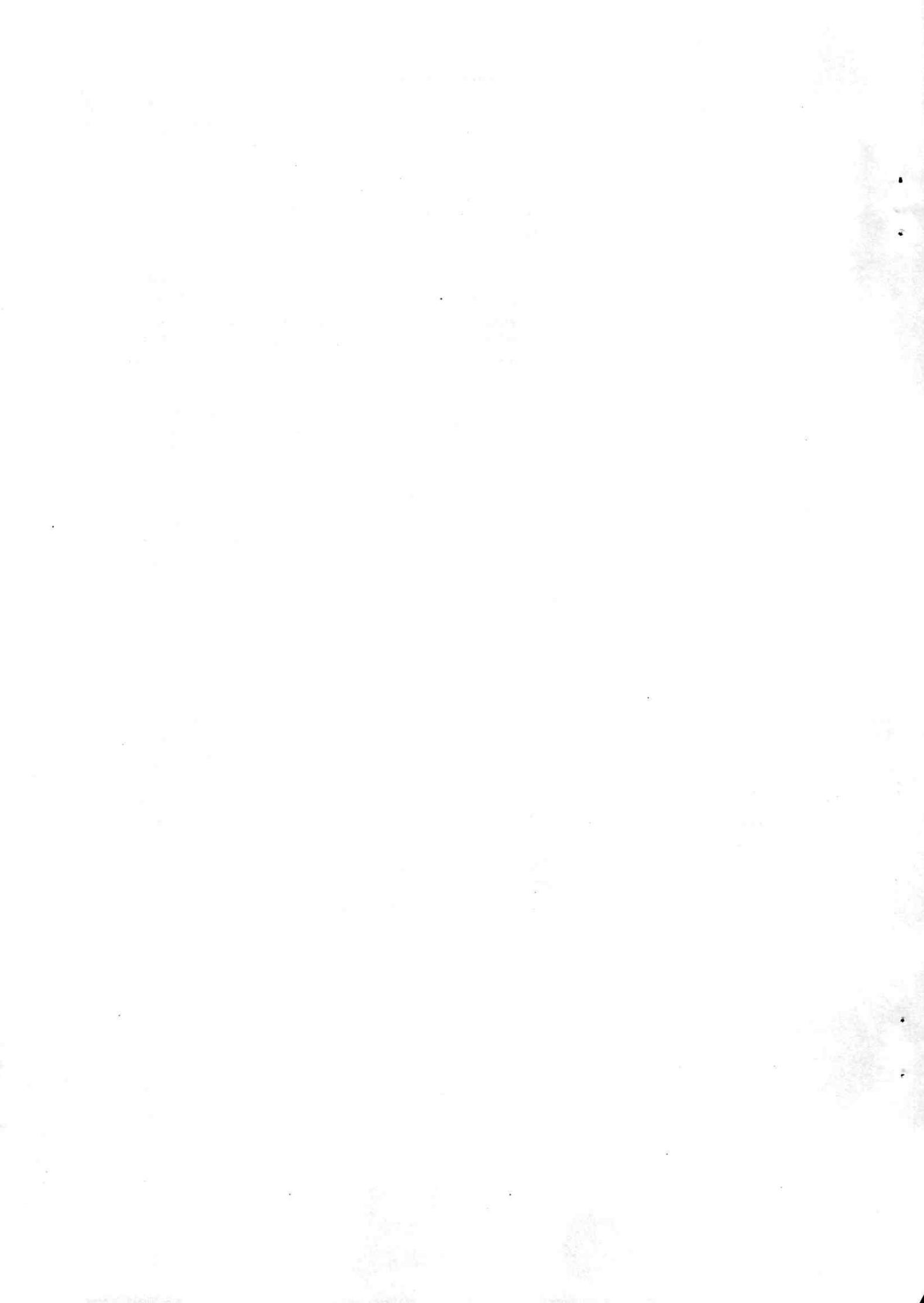
- Grävmaskiner och grävlastare beräknas stå för 18 % av NOx-utsläppen (980 ton/år), 14 % av partikelutsläppen (50 ton/år) samt 17 % av utsläppen av svavel (20 ton/år) från arbetsredskap och arbetsfordon i regionen.
- Emissionerna av CO2 är dock utspridda över många grupper av arbetsredskap och arbetsfordon.

Åtgärder för att minska mängden emissioner

Det finns flera åtgärder som kan vidtas på kort och lång sikt för att minska mängden emissioner. De har betydelse inte bara för den allmänna luftkvaliteten utan kanske i än högre grad för de arbetshygieniska förhållandena.

- Omedelbart bör miljöklass 1 dieselolja användas. De ger genom sin låga halt av PAH (polycykliska aromatiska kolväten) lägre och mindre farliga utsläpp av kolväten och PAC (polycykliska aromatiska föreningar) med lägre hälsorisker som följd.
- Vid investering i nya motorer eller fordon bör bästa tillgängliga teknik väljas.
- Vid nyanskaffning av bensindrivna arbetsfordon och arbetsredskap eller tillhörande motorer bör man, för att erhålla ytterligare emissions och hälsorisks förbättringar, montera katalytiska avgasreningsystem. Sådana bör alltid användas där så är möjligt och kan också eftermonteras på många befintliga fordon.
- Samordna inköp för användning av alkylatbensinen i bensindrivna arbetsmaskiner och arbetsfordon. Detta skulle både få ner priset på denna bensin och ge stora arbetsmiljö och hälsofördelar för de personer som arbetar i omgivningen och hanterar bensinen.
- Hjullastare, grävmaskiner, generatoraggregat och grävlastare står för en stor del av emissionerna från dieseldrivna arbetsredskap och arbetsfordon. Eftersom arbetsredskap och arbetsfordon ofta arbetar långa stunder inom ett begränsat område innehåller närmiljön ofta höga halter av hälsofarliga ämnen. Alkoholer och gasformiga drivmedel (propan, metangas) ger klara förbättringar av hälsovådliga ämnen, avgasbilden, avdunstning och spill genom sin enkla kemiska uppbyggnad. Användandet av biobaserade drivmedel minskar även mängden emissioner av koldioxid och svavel.
- Se även över möjligheterna att minska emissionerna från gräsklippare och motorsågar. Till exempel bör gräsklippare och motorsågar med katalysator användas.
- En enkel åtgärd, som ger god verkan, är att alltid använda motorvärmare och starta motorn så varm som möjligt. Detta har god effekt även sommartid. Montering av motorvärmare på många befintliga motorer skulle reducera mängden emissioner. Användning av motorvärmare vid framförallt bensindrivna fordon har förutsättning att vid kallstart sänka utsläppen av koloxid och kolväten med 2-4 gånger.
- Några emissionskrav för dieseldrivna arbetsredskap och arbetsfordon kommer inte att införas förrän tidigast 1996. Kommuner och företag bör därför ta egna initiativ för att reducera utsläppen från denna sektor även innan kraven införs.
- Bevaka utvecklingen i USA och Canada och verka för att de emissionskrav som införs där även införs i Sverige. I dessa ingår även emissionskrav för bensindrivna arbetsredskap.

Arbetet har utförts av BNM Research och Ecotraffic Research & Development AB på uppdrag av GöteborgsRegionen under hösten 1993 och våren 1994.



1. INLEDNING

BAKGRUND

Arbetsredskap och arbetsfordon försedda med förbränningsmotor har i avgasmiljösammanhang kallats "den glömda sektorn". Utsläppen från dessa grupper har dock visat sig vara en stor källa till spridning av luftföroreningar. Med arbetsfordon avses motordrivna fordon inom jordbruk, skogsbruk, bygg- och anläggningsbranchen, lasthantering mm som inte måste registreras som lastbil eller buss enligt fordonskungörelsen. Med förbränningsmotordrivna arbetsredskap menas motorförsedda mobila aggregat som inte är klassificerade som fordon eller arbetsfordon, till exempel gräsklippare, motorsågar, röjsågar etc.

Länstyrelsen i Göteborgs och Bohus län har tillsammans med Älvsborgs och Hallands län byggt upp en emissionsdatabas (EDB). Med hjälp av denna kan mängden luftföroreningar i de tre länen beskrivas och kvantifieras.

Det material som ligger till grund för emissionerna från arbetsredskap och arbetsfordon i EDB:n är idag baserade på en rapport från Naturvårdsverket. Uppgifterna från denna rapport är sedan grovt fördelade över länen med hjälp av befolkningsdata. Det regionala luftkontrollprogrammet i Göteborgsregionen har därför beslutat göra en mer noggrann inventering av antalet arbetsfordon och arbetsredskap samt emissioner från dessa inom regionen med målet att införa dessa i EDBn.

UTREDNINGENS SYFTE

För att emissionsvärdena från arbetsredskap och arbetsfordon i EDB:n bättre skall överensstämma med de verkliga utsläppen i regionen har en mer noggrann inventering gjorts. Inventeringen har innefattat var och när utsläppen sker, hur stora de är samt vilka som bidrar mest till utsläppen bland arbetsredskap och arbetsfordon i Göteborgsregionen. Dessa förnyade data ska föras in i EDB'n för att ligga till grund för spridningssimuleringar med luftföroreningar från arbetsfordon och arbetsredskap.

RAPPORTENS UPPLÄGG

Föreliggande rapport är en sammanfattning av ett omfattande bakgrundsmaterial. I bilaga 8 presenteras avsnittet om arbetsredskap i sin helhet. Ytterligare information än det som presenteras i rapporten om arbetsfordon, kan erhållas från GöteborgsRegionen.

2. FORDONSBESTÅND

TYPER, ANVÄNDNINGSMÖJLIGHET, ANTAL

Som underlag för bedömning av typer och användningsområden har SNV's rapporter avseende emissioner från arbetsredskap och arbetsfordon använts (1,2).

Eftersom de flesta arbetsfordon och arbetsredskap inte är registreringspliktiga är det svårt att få fram statistik om antal och storlek på beståndet. För att ändå få fram ett så reellt värde som möjligt över antalet i Göteborgsregionen har intervjuer, tillgänglig statistik och SNV's rapporter använts (1,2). En rad olika ansatser har dessutom satts upp beroende på användningsområde och tillgänglig information.

För arbetsfordon har även hur många av respektive fordon som finns i varje kommun beräknats. (I avväntan på hur en överföring till emissionsdatabasen skall göras har ännu inte arbetsredskapen indelats efter kommun.) Resultatet presenteras nedan. Hur antalet av respektive fordonsgrupp räknats fram presenteras i bilaga 1.

Tabell 2.1 Antal arbetsredskap i Göteborgsregionen

ARBETSREDSKAP	
DIESELDRIVNA ARBETSREDSKAP	ANTAL
Kompressorer	255
Generatoraggregat	850
Pumpaggregat	850
Borraggregat, prod	25
Borraggregat, geo	5
Pälningsmaskiner	10
Stenkrossar	20
Sorteringsverk	40
Vältar, bogserade	40
Vibratorplattor/stamp	425
Kedjegrävare/kabelplog	20
Betongsåg	70
Högtryckstvätttaggregat	10
Personlyfter	130
Sopmaskin, påmonterad	25
Sopmaskin, självgående	50
Gräsklippare, åkbar	2000
Flishuggar	10
Kylaggregat, fjärr	400
Frysaggregat, fjärr	100
Kylaggregat, distribution	150
BENSINDRIVNA ARBETSREDSKAP	
Generatoraggregat	4250
Pumpaggregat	1275
Handborraggregat	425
Vibratorplattor/stamp	425
Kedjegrävare/kabelplog	40
Motorkap	85
Högtryckstvätttaggregat	20
Minidumper	85
Sopmaskin, självgående	100
Gräsklippare, åkbar	13000
Gräsklippare, handledd	67000
Häcksax/trimmers	10000
Jordfräs	4000
Snöslunga	5000
Motorsåg, yrkesmässig	1250
Motorsåg, fritid	25000
Röjsåg	1900

Tabell 2.2 Antal arbetsfordon i Göteborgsregionen

ARBETSFORDON	
DIESELDREVNA ARBETSFORDON	ANTAL
TRAKTORER	
Jordbruk	
1. traktor yngre än 1980	1300
2. traktor äldre än 1980	1480
3. skördetröskor	390
Skogsbruk	
4. traktor	220
5. skördare	10
6. skotare	30
Övriga	
7. ind. o verkst.	920
8. samh.service	1520
9. åkeri	350
10. övrigt	430
11. hushållsägda	9165
12. minitraktor	2180
ENTREPENAD	
13. Dumper	85
14. Tipptruck	15
15. Grävmaskin, band	420
16. Grävmaskin, hjul	230
17. Grävlastare	330
18. Kompaktlastare	140
19. Hjullastare	1275
20. Bandlast/schakt	50
21. Väghyvel	75
22. Asfaltutläggare	40
23. Vält	175
24. Mobilkran	105
LASTHANTERING	
Gaffeltruck	
25. liten	175
26. mellan	820
27. stor	175
28. container	140
Övrig lasthantering	
29. tung	10
30. medeltung	20
BENSINDREVNA ARBETSFORDON	
TRAKTORER	
31. Jordbruk	315
32. Övriga	3145
33. Minitraktor	2020
34. Gaffeltruck	95
35. Flygpitsutr	20

VAR OCH NÄR UTSLÄPPEN SKER

Olika arbetsredskap och arbetsfordon används inom skilda geografiska och praktiska användningsområden inom Göteborgsregionen. Med utgångspunkt från dessa användningsområden har kommunernas respektive ytor indelats efter var användningen av de skilda fordonen och redskapen sker med hjälp av data från SCB. Vilka arbetsmaskiner och arbetsfordon som förlagsvis skall kopplas till vilket användningsområde visas i bilaga 2. I bilaga 2 visas även när på året som utsläppen beräknas ske (4).

Följande områdesindelning har satts upp för att möjliggöra en differentiering av var utsläppen sker:

- "Arbetsområde"; Kontor - Icke kontor
- Lantbruk; Jordbruk - Skogsbruk
- Boende; Tätort - Icke tätort
- Befolkningsfördelning

3. UTVÄRDERING AV BEFINTLIGT MATERIAL

BEDÖMNING AV MÄTVÄRDEN FRÅN SNV's RAPPORT AVSEENDE EMISSIONER FRÅN ARBETSREDSKAP OCH ARBETSFORDON

För att bedömma utsläppen av avgasemissioner från arbetsfordon och arbetsredskap i Göteborgsregionen har en rad data om de olika motorerna samlats in. De rapporter som används som utgångspunkt i arbetet är: Kartläggning av förorenande utsläpp från motordrivna arbetsredskap (2) och Kartläggning av förorenande utsläpp från traktorer arbetsmaskiner m.m. (1) och är utgivna av Naturvårdsverket år 1990 respektive 1989. Ytterligare information har kunnat inhämtas genom rapporter från myndigheter och universitet samt uppgifter från motortillverkare och intresseorganisationer. För arbetsredskap har information även erhållits genom sökning i SAE (Society of Automotive Engineers) rapporter. (Se källförteckningen.)

Naturvårdsverkets rapporter (1,2) är de rapporter som används som utgångspunkt för studien. Rapporterna täcker in antalet fordon i hela Sverige och presenterar förslag på emissionsfaktorer.

Problemet vad avser arbetsredskap och arbetsfordon är att det idag inte finns några emissionskrav. Införande av mer avancerad teknik för att få ner emissionsmängderna från motorer medför oftast ökade kostnader för köparen. Det har därför inte funnits något större incitament till att en renare teknik fått spridning på marknaden. Det borde i och för sig finnas incitament av arbetsmiljö- och hälsosorsaker. Mindre avancerad teknik och sämre drivmedel leder generellt till ökade utsläpp av hälsovådliga och cancerframkallande ämnen.

De emissionsfaktorer som presenteras avser oftast mätningar som utförs på motorlaboratorier, d v s under gynnsamma förhållanden och med schabloniserade körcykler med konstanta last-/varvtalspunkter. Verkligheten kan skilja sig avsevärt från labdata, som bör justeras för verkliga förhållanden. Häufig måste hänsyn tas

- dels till att verlig körcykel vanligen har ett stort inslag av transienta förlopp (accelerationer och retardationer) som för dieselmotorn medför förhödda utsläpp av kolmonoxid och partiklar (medan HC- och NOx-utsläppen endast påverkas litet) med ökande andel transienter,
- dels till att den verliga körningen, inklusive kallstart, sker under i genomsnitt lägre temperaturer, vilket också ökar de nämnda utsläppen för dieselmotorer men i än högre grad för bensindrivna motorer och särskilt de med katalytiska avgasreningsystem,
- dels till att motorerna åldras genom slitage med succesivt ökade utsläpp som följd, vilket normalt tas hänsyn till genom att applicera försämringsfaktorer på provdata.

Hög andel transienta förlopp har visat sig kunna medföra fördubblade koloxidutsläpp och 50 % högre partikelutsläpp i prov med dieselmotorer. Felaktig viktning av olika delförlopp kan således leda till avsevärd feluppskattning av utsläppen. Detta gäller även för bensinmotorer vid olika andelar av den kalla delen av körcykeln med kallstart och särskilt för katalysatorutrustade motorer.

Framför allt körning av bensinmotorer vid låga omgivningstemperaturer leder till markant ökade utsläpp av kolmonoxid och oförbrännda kolväten som vanligen är 2-4 gånger högre vid -7°C jämfört med prov på motorlab vid >20°C temperatur. Förhöjningen av NOx-utsläppen är normalt inte mer än något eller några få tiotals procent.

Vid certifiering använda försämringsfaktorer för dieselmotorer är för kolmonoxid 1,1 och för partiklar 1,2 (efter 16 000 mil för tunga fordon). För bensinmotorer utan eller enbart med oxidationskatalysator är de 1,2 för kolmonoxid och 1,3 för oförbränt (HC). För fordon med 3-vägskatalysator tillkommer för NOx försämrings-faktorn 1,1. Verkliga försämringsfaktorer kan, särskilt för bensinfordon med katalysatorer, vara betydligt högre genom misskötsel, vilket får antas ske för en viss andel av motorerna.

De massemissioner i ton/år som redovisats i Naturvårdsverkets rapporter (1,2) är grundade på specifika emissioner (g/kWh). Värdena för dessa har erhållits från motortillverkare och försäljare. Emissionsvärdena har sedan multiplicerats med ett uppskattat värde på medeleffektuttag (belastningsfaktor) (kW) för att kunna beräkna utsläppen i g/h. För motorer som går i stort sett på samma varvtal och inte har någon större belastningsvariation med mycket transientes som följd kan ett representativt emissionsvärde fås fram på detta sätt. Om dock varvtal och belastning varierar kraftigt kan, vilket nämnts ovan, emissionsvärdena bli avsevärt högre. Sådana data finns dock inte att tillgå för arbetsfordon.

Det allmänna intrycket är att de emissionsdata som presenteras i SNV's rapport (1) för arbetsfordon avser motorer med numera ålderstigen teknik jämfört med konventionella fordon, och inte tillräckligt visar dessas utveckling vad avser både drivmedelsförbrukning och utsläppsdata. Visserligen är de flesta motorer oftast mindre än de som varit föremål för den största förbättringen, nämligen stadsbussmotorer och stora lastbilsmotorer, men även mindre motorer omfattas av de nya (1993) avgaskraven för tunga fordon (>3,5 ton). Dessa krav kommer dessutom att skärpas 1996 och sannolikt ytterligare omkring år 2000.

Uppgifter från Caterpillar (19) och VME (Volvo BM, Michigan & Euclid) (12) visar dock att NOx-emissionerna för VME's motorer som används för hjullastare (L50 std - L160 std) varierar mellan 17 g/kWh och 18 g/kWh. Uppgifter om Perkins motorer (13) visar att NOx-värdena för de mindre motorerna (upp till 57 kW) är 17 g/kWh. För motorerna upp till 123 kW är utsläppen ca 14,5 g/kWh. (Värdena anger provningsdata.)

Som en jämförelse kan nämnas att Scanias miljömotor för dieseldrivna bussar och lastbilar släpper ut 6,3 gNOx/kWh (3). Även om värdena i naturvårdsverkets rapport vid en första anblick verkar höga så är det snarare så att de i vissa fall anger för låga värden på grund av att gammal teknik används i motoreerna.

Även de emissionsvärden som presenteras i en rapport publicerade av EPA 1991 för ett genomsnitt av USA's arbetsfordon (4) visar att de värden som presenteras i Naturvårdsverkets rapport i vissa fall är för låga. Det finns inte några rikstäckande emissionskrav för arbetsfordon och arbetsredskap i USA idag, vilket skulle tyda på att tekniknivån är ungefär likvärdig för Sverige och USA.

Summan av vad som berörts ovan är att det är nödvändigt att väl definiera användningssättet och omvärldfsförhållandena för att rätt kunna beräkna verkliga utsläpp. Dessutom skulle en registrering av de olika arbetsfordonens respektive motortyper och körmönster behöva göras för att bedömningar om det egentliga utsläppen skulle bli mer precisa. Detta torde fordras särskilda undersökningar, som går utanför ramen för denna studie. Slutsatsen blir att de verkliga utsläppen för arbetsfordon troligen är högre än de som redovisas i SNV's rapporter (1,2).

Mätningar av emissionsnivåer från arbetsfordon som körts under verkliga förhållanden har dock inte gått att få fram. De värden som angetts i Naturvårdsverkets rapport övera arbetsfordon (1) har i denna rapport justerats för nya emissions-uppgifter från laboratoriekörningar, belsatningsfaktorer och användningstider som kommit fram (se vidare kapitel 4).

Även för arbetsredskap gäller att de emissionsvärden som anges i SNV's rapport (2) för motorer där varvtal och belastning är relativt konstant kan bedömas som säkra (gäller t ex kyl- och frysaggregat). Motorsågarnas användningsmönster karakteriseras dock av många accelerationsförlopp och stora belastningsvariationer. Specifika emissioner från mätningar med konstant belastning och ett uppskattat medeleffektuttag ger därför en osäker bedömning av de verkliga avgasutsläppen då medeleffektuttaget varierar över tiden. Detta gäller även arbetsredskap som röjsågar och gräsklippare.

För arbetsredskap har vissa mätningar under verkliga förhållanden fåtts fram från litteratur men även från BNM Research egna mätningar. Dessa och de emissionsvärden som valts för arbetsredskap beskrivs närmare under kapitel 5.

ARBETSREDSKAP SOM STÅR FÖR DE STÖRSTA UTSLÄPPEN

Utsläppsvärdena i SNV's rapport för dieseldrivna och bensindrivna arbetsredskap (2) (se bilaga 3) för hela Sverige visar att den största delen av emissionerna kommer från:

- Motorsågar**

I denna grupp ingår motorsågar i privat och yrkesmässigt användande. Den yrkesmässiga användningen av motorsågar står för hälften av det totala HC utsläppet från arbetsredskap i Sverige. Tillsammans står motorsågar i privat- och yrkesmässigt bruk för följande andelar av det totala utsläppet från arbetsredskap i Sverige:

HC	CO	NOx	PM	SO2	CO2
53 %	23 %	1 %	20 %	≈0 %	7 %

- Gräsklippare**

Bensindrivna, åkbara och handledda, gräsklippare där de åkbara gräskliparna står för 55 % av de totala utsläppen av CO från arbetsredskap i Sverige. De åkbara gräskliparna står själva för 40 % av utsläppen av CO från arbetsredskap. Tillsammans står de för följande andelar av det totala utsläppet från arbetsredskap enligt SNV's rapport:

HC	CO	NOx	PM	SO2	CO2
20 %	55 %	7 %	6 %	4 %	18 %

- Generatoraggregat, Kyl/Frysaggregat, Kompressorer**

Dieseldrivna generatoraggregat, kyl/frysaggregat och kompressorer står för följande andelar av det totala utsläppet från arbetsredskap:

HC	CO	NOx	PM	SO2	CO2
7 %	6 %	59 %	47 %	59 %	48 %

Dessa tre grupper av arbetsredskap är de dominerande bidragsgivarna till utsläpp från arbetsredskap(2). Sammanlagt släpper de ut nedanstående värden av de totala utsläppen av arbetsredskap i Sverige:

HC	CO	NOx	PM	SO2	CO2
80 %	84 %	67 %	73 %	63 %	73 %

Som utgångspunkt för de fortsatta bedömningarna av emissionsnivåerna från arbetsredskap har en koncentration på de tre ovan nämnda grupperna gjorts.

ARBETSFORDON SOM STÅR FÖR DE STÖRSTA UTSLÄPPEN

Utsläppsvärdena i SNV's rapport för dieseldrivna och bensindrivna arbetsfordon (1) (se bilaga 4) för hela Sverige visar att den största delen av emissionerna kommer från :

- Traktorer i jordbruk och skogsbruk**

I denna grupp ingår jord- och skogsbruksstraktorer plus skördare och skotare.

Tillsammans står de för följande andelar av det totala utsläppet från arbetsfordon enligt SNV's rapport:

HC	CO	NOx	PM	SO2	CO2
35 %	31 %	38 %	41 %	38 %	38 %

- Entreprenadfordon**

I denna grupp ingår grävmaskiner, grävlastare och hjullastare.

Entreprenadfordon står för följande andelar av det totala utsläppet från arbetsfordon:

HC	CO	NOx	PM	SO2	CO2
25 %	19 %	30 %	26 %	30 %	30 %

- Lasthantering**

Denna grupp består av gaffeltruckar av olika storlekar. Dessa står för följande andelar av det totala utsläppet från arbetsfordon:

HC	CO	NOx	PM	SO2	CO2
8 %	6 %	11 %	9 %	11 %	11 %

Dessa tre grupper av arbetsfordon är de dominerande bidragsgivarna till utsläpp från arbetsfordon (1). Sammanlagt släpper de ut nedanstående värden av de totala utsläppen av arbetsfordon i Sverige:

HC	CO	NOx	PM	SO2	CO2
68 %	56 %	79 %	76 %	79 %	79 %

Som utgångspunkt för de fortsatta bedömningarna av emissionsnivåerna från arbetsfordon har en koncentration på de tre ovan nämnda grupperna gjorts.

4. ARBETSREDSKAP SOM STÅR FÖR DE STÖRSTA UTSLÄPPEN

INLEDNING

Utsläppen av koldioxid (CO₂) och svaveldioxid (SO₂) har direkt samband med drivmedelsförbrukningen. Det vill säga, ju mer drivmedel ett arbetsredskap använder desto större blir emissionerna av CO₂ och SO₂. Emissioner av koldioxid från dieseldrift är 2,6 kg CO₂/liter diesel och för bensindrift 2,4 kg CO₂/liter bensin. Den diesel som fanns på marknaden 1991 innehöll 0,09 vikt-% svavel. För bensin är samma siffra 0,015 vikt-%.

Förlusterna av drivmedel vid tvåtaktsprincipen gör dock att detta bränsle ej deltar i förbränningen och därför inte deltar i bildandet av CO₂. Motorsågar i yrkesmässigt bruk körs oftast på svavelfritt specialbränsle. Idag används denna typ av drivmedel ofta även för gräsklippare och liknande 4-taktsmotorer.

MOTORSÅGAR

Pris, vikt och effektuttag vid högt varvtal är styrande faktorer för val av motorer till motorsågar. Detta har gjort att enklare tvåtaktsmotorer har blivit de helt dominerande motorerna i motorsågar. En påtaglig nackdel för tvåtaktsmotorer är de förluster som uppkommer på grund av att avgas- och färskgasportar är öppna samtidigt. Motorns verkningsgrad begränsas på grund av detta.

Bland yrkeshuggare används motorsågar med ett effektuttag av 2-4 kW. De så kallade hobbysågarna har normalt ett effektuttag på 1-2 kW. Förutom det lägre effektuttaget kännetecknas hobbysågarna av lägre tekniknivå och billigare detaljlösningar. Ofta har hobbysågarna även sämre kylkapacitet än proffssågarna.

Emissionerna av HC orsakas främst av de förluster som uppkommer i tvåtaktsprincipen när gas- och avgasportar är öppna samtidigt, samt till viss del på grund av ofullständig förbränning. Avgasernas koncentration av CO är omvänt proportionellt mot luft/bränsleförhållandet: ju större luftöverskott desto "lägre" CO-emissioner. Vid för stort luftöverskott går motorn med högre temperaturer vilket kan leda till motorhaveri då kolvarna kan skära. Detta faktum begränsar möjligheterna att komma ner till riktigt låga CO-halter.

Innehållet av NOx i avgaserna styrs till stor del av tryck och temperatur samt tillgången av syre vid förbränningen. För motorsågar gäller att det maximala förbränningstrycket ofta är ganska lågt, maxtemperaturen är förhållandevis låg samt att tillgängligheten till syre är på en låg nivå. Samtliga dessa faktorer gör att koncentrationen av NOx i avgaserna oftast är mycket låga från motorsågar.

Tillgången av värden från partikelutsläppen för 2-taktsmotorer är liten (nedanstående värden vad avser partiklar bör därför uppdateras vid tillgång till ytterligare information). BNM har dock gjort mätningar som visar på att mängden visuell rök från motorsågens avgaser är flera gånger högre under acceleration än under konstant belastning. Eftersom det finns ett dokumenterat samband mellan visuell rök och partiklar i avgaserna är det troligt att partikelnivån vid normalt användande (fällning, kapning och kvistning) är högre än vid konstant belastning.

Vad avser emissionerna av CO₂ har värdena från Naturvårdsverkets rapport (2) använts.

I de olika referenser (2, 20, 21, 23-27, 30) som finns att tillgå inom det här området har skilda angreppsätt använts för att bestämma emissionerna från motorsågar. De emissionsvärden som anges för motorsågar är antingen baserade på de specifika emissioner från motorsågar och antaganden om konstant medeleffektuttag eller mätningar med högt respektive lågt varv. Dessutom har information använts från mätningar där den yrkesmässiga motorsågen körs i transienta förlopp (etterliknar bättre hur motorsågar används, se bilaga 5) med hög eller låg inblandning av luft i den färskgasmängd som levereras till motorn.

Eftersom mätningarna bygger på skilda metoder skiljer sig de emissionsvärden som uppmäts från varandra. För yrkessågar anser vi därför att de värden som härstammar från mätningarna med transiente förlopp och hög inblandning av luft i den färskgasmängd som levereras till motorn är de som på bästa sätt avspeglar de verkliga emissionsmängderna från motorsågar i yrkesmässigt bruk i Sverige).

Typ av fordon	HC g/h	CO g/h	NOx g/h	PM g/h	CO₂ g/h
Motorsåg, yrkesmässig	250	475	2	7,5	2 232

Tabell 4.1 Emissionsfaktorer för motorsågar i yrkesbruk (2, 20, 23, 24, 30)

För motorsågar som används inom fritidssektorn anser vi att de värden som används för medeleffektuttaget med kompensation för transenter är representativt. Fritidssågen har dessutom oftast en lägre grad av energiutnyttjande samt en rikare förgasarjustering än vad som är fallet för yrkessågar.

Typ av fordon	HC g/h	CO g/h	NOx g/h	PM g/h	CO₂ g/h
Motorsåg, fritid	98	147	0,5	2,2	698

Tabell 4.2 Emissionsfaktorer för motorsågar i fritidsbruk (1, 20, 23, 24, 30)

GRÄSKLIPPARE

Det finns ett stort antal olika fabrikat av gräsklippare. Detta gäller speciellt för de handledda men de finns även många tillverkare av de åkbara. De flesta gräsklipparna är dock utrustade med motorer från en och samma leverantör, Briggs&Stratton, som sedan många år är den den i särklass största leverantören av motorer för både handledda och åkbara gräsklippare.

Den övervägande delen av Briggs&Stratton gräsklipparmotorer är 4-taktare med sidoventiler. Prestandasmässigt är sidoventiler en föråldrad konstruktion men principen är enkel i sin uppbyggnad och därför billig att tillverka. Vanliga effektuttag på motorer för de handledda gräsklipparna är 3,5-5 hk. De åkbara gräsklipparna är oftast försedda med motorer i effektintervallet 8-12 hk.

Emissionerna av HC från gräsklippare med 4-taktsmotorer är inte lika stora som de från motorsågarna som har 2-taktsmotorer, eftersom förlusterna är mindre vid 4-taktsprincipen. Utsläppen av HC från gräsklipparna kommer främst från en ofullständig förbränning som uppkommer på grund av ogynnsam form på förbrännningsrummet, låg kompression samt att bränsle/luft-förhållandet till motorn är ogynnsamt.

CO-nivån bestäms av, vilket även nämnts tidigare i samband med motorsågarna, vilket luft(bränsle)-förhållande som motorn har. I fallet för gräsklipparna är andelen bränsle i luft(bränsle)-blandningen relativt sett hög. Detta för att motorn skall fungera på ett tillfredsställande sätt med jämn gång och inte bli för varm. CO-nivån blir därför hög.

Även gräsklipparmotorernas NOx-nivå bestämmes av tryck, temperatur samt syretillgången under förbränningen. Liksom för motorsågarna är emissionerna av NOx låga.

Partikelhalten från 4-takts gräsklipparmotorer är betydligt lägre än från de 2-taktsmotorer som används motorsågar. Detta beror främst på avsaknaden av oljeinblandning i 4-taktsmotorerna. Den partikelbildning som dock sker uppstår till följd av samma faktorer som styr HC-bildningen. Även det faktum att gräsklippare har en hög specifik drivmedelsförbrukning beror på dessa förhållanden.

För att få fram generella emissionsvärden från gräsklippare har ett omfattande material studerats. Informationen kommer från tekniska dokument, motortillverkare, resultat från olika motorlaboratorier samt diskussioner med personer med erfarenheter från provningsverksamhet från denna typ av motorer. Under utredningens gång har emissionsmätningar utförts inom ett annat projekt på BNMs motorlab, varför även dessa uppgifter kunnat ingå i referensmaterialet. Det material som ingått nämns under referens 2, 22, 25-29.

De emissionsnivåer som erhållits har haft mycket stor spridning (gäller speciellt HC-emissionerna). Orsaker till detta är bland annat: motorns storlek, årsmodell och driftstid vid bedömningen, förgasarens justering samt mätmetod vid avgasanalysen. Som grund för bedömningen av rimlig emissionsnivå har speciellt de resultat från reella mätningar ansetts som representativa (22, 26, 27, 29)

För HC-emissionerna gäller att mängden emitterat HC är högre från de handledda motorerna än från de åkbara. CO-värdena varierar kraftigt beroende på belastning. Det har således varit svårt att få fram ett representativt emissionsvärde.

Mätningar visar att de högsta utsläppen av NOx från gräsklippare uppstår när motorn är som mest belastad och varvtalet lågt. Detta gör att emissionerna av NOx är klart störst från åkbara gräsklippare som under användning har högre belastning än handledda gräsklippare. Beräkningen av utsläpp av partiklar har försvårats främst av att det har gjorts få mätningar på småmotorer. Southwest Research Institute, SwRI, (26, 27) i USA har dock erfarenheter från detta varför deras resultat har vägt tyngts. De mindre motorerna (handledda) släpper ut ca fyra gånger mer partiklar än de större (åkbara).

Vad gäller emissioner av CO2 har de åkbara gräsklipparna ett mycket större utsläpp än de handledda beroende på det större effektuttaget för åkbara gräsklippare.

Följande emissionvärden anser vi därför som representativa vad avser utsläpp från handledda och åkbara gräsklippare.

Typ av fordon	HC g/h	CO g/h	NOx g/h	PM g/h	CO2 g/h
Motorsåg, yrkesmässig	50	575	1,8	0,8	1 400

Tabell 4.3 Emissionsfaktorer för handledda gräsklippare (22, 26, 27, 29)

Typ av fordon	HC g/h	CO g/h	NOx g/h	PM g/h	CO2 g/h
Motorsåg, fritid	30	1 200	16,0	0,25	3 800

Tabell 4.4 Emissionsfaktorer för åkbara gräsklippare (22, 26, 27, 29)

GENERATORAGGREGAT, KYL/FRYSAGGREGAT, KOMPRESSORER

I denna grupp är det till huvudsak fråga om 4-takts dieselmotorer. Små bensindrivna generatoraggregat förekommer, men bedömningen är gjord enbart på de dieseldrivna. I Naturvårdsverkets rapport (2) har en mycket grundlig inventering av motorubudet gjorts på detta område. Materialet täcker in följande storlekar av dieseldrivna motorer:

- Generatoraggregat 10 - 200 kW
- Kyll/Frysaggregat 10 - 25 kW
- Kompressor 20 - 280 kW

De flesta motorer är av typen direktinsprutade. För de större motorerna med stort effektuttag förekommer ofta överladdning med turboaggregat. De mindre motorerna är sugmotorer.

Dieselmotorns HC-emissioner påverkas kraftigt av insprutningssystemet. Insprutaren har ofta en "säckvolym" under sitt nälmunstycke. Efter insprutningsfasen blir det kvar en liten bränslemängd i "säckvolymen", som sedan försvinner oförbränd ut i avgaserna under gasväxlingsfasen. För att förhindra detta blir det allt vanligare med så kallade "säcklösa" spridare. En viss mängd HC kan även överleva själva förbränningen. Detta sker främst vid låg belastning då tryck och temperatur är förhållandevis låga.

CO alstras vid förbränning med otillräcklig syretillgång. Eftersom dieselmotorn ofta arbetar med stora luftflöden är CO-halten inget stort problem. Detta gäller speciellt de överladdade motorerna som arbetar med stora luftöverskott.

NOx bildas vid förbränning med höga tryck och temperaturer i kombination med god tillgång av luft. Detta är faktorer som väl stämmer in på dieselmotorns förbränningsprocess. NOx är därför ett av dieselmotorns största emissionsproblem. Det stora luftöverskottet gör dessutom att NOx inte kan tas om hand av en katalysator som på en bensinmotor.

Trots att dieselmotorn ofta arbetar med stora luftöverskott kan en del av den insprutade bränslemängden ha svårt att blanda sig med luften under förbränningsförloppet. Den bränslemängd som inte blandar sig bildar under hög temperatur rök och en viss mängd partiklar i dieselmotorns avgaser. Dieselavgasernas partiklar består av en kärna med sot. På sotkärnan sitter även en del tyngre kolväten som kommer från smörjolja och dieselbränsle. Dieselbränslets kvalitet har stor inverkan på partikelbildningen. Det är främst innehållet av svavel och aromatiska kolväten i dieseln som påverkar bildningen av partiklar.

Dieselmotorn har väsentligt bättre verkningsgrad än bensinmotorn. Detta medför att en mindre mängd drivmedel behöver förbrännas för att få ett visst effektuttag.

Karakteristiskt för denna motorgrupp är att de arbetar inom ett klart begränsat varvtals- och belastningsområde utan några kraftiga transienter. Detta gör det betydligt enklare att bestämma motorns emissionsnivå. Därmed är det möjlig att med större säkerhet använda motorfabrikanters konstantlastvärden. Emissionerna från denna grupp av arbetsredskap har därför beräknats efter de emissioner som redovisas i Naturvårdsverkets rapport om arbetsredskap (2).

Typ av fordon	HC g/h	CO g/h	NOx g/h	PM g/h	CO2 g/h
Generatoraggregat	33	80	240	20	16 000

Tabell 4.5 Emissionsfaktorer för generatoraggregat (2)

Typ av fordon	HC g/h	CO g/h	NOx g/h	PM g/h	CO2 g/h
Kyl/Frysaggregat	14,7	42	105	10,5	8 400

Tabell 4.6 Emissionsfaktorer för Kyl/Frysaggregat

Typ av fordon	HC g/h	CO g/h	NOx g/h	PM g/h	CO2 g/h
Kompressorer	42	120	360	0,25	25 920

Tabell 4.7 Emissionsfaktorer för kompressorer

EMISSIONSFAKTORER FÖR DE ARBETSREDSKAP SOM INTE SPECIALSTUDERATS

För övriga arbetsredskap som inte har omnämnts här har vi använt de emissiosfaktorer som SNV presenterar.

Emissionsfaktorerna för övriga arbetsredskap, som anges i bilaga 5, har lagts på samma nivå som de i Naturvårdsverksrapporten (2).

5. ARBETSFORDON SOM STÅR FÖR DE STÖRSTA UTSLÄPPEN

INLEDNING

Arbetet med att identifiera och reglera emissioner från förbränningsmotorer i fordon har än så länge varit inriktad på personbilar, lastbilar och bussar. Det är på grund av den bristande regleringen och kontrollen svårt att få fram specifika emissionsvärden för arbetsfordon. Underlag för bedömning av emissioner från arbetsfordon har därför hämtats till viss del från mätningar som finns redovisade för tunga vägfordon.

I USA gjorde det the Environmental Protection Agency (EPA), amerikanska motsvarigheten till Naturvårdsverket i Sverige, en undersökning över emissioner från arbetsfordon 1991 (4). Till viss del används även dessa värden. Dessutom har VME (12), Caterpillar (12) och Perkins (13) bidragit med emissionsvärden för motorer använda i arbetsfordon.

Utsläppen av koldioxid (CO₂) och svaveldioxid (SO₂) har direkt samband med drivmedelsförbrukningen. Det vill säga, ju mer bränsle ett fordon drar desto större blir emissionerna av CO₂ och SO₂. Emissioner av koldioxid från dieseldrift är 2,6 kg CO₂/liter diesel och för bensindrift 2,4 kg CO₂/liter bensin. Den diesel som fanns på marknaden 1991 innehöll 0,09 vikt-% svavel. För bensin är samma siffra 0,015 vikt-%.

TRAKTORER I JORDBRUK OCH SKOGSBRUK

Traktorer

Jordbruksstraktorer arbetar till 75-80 % under jämn belastning och resterande under varierande belastning enligt samtal med Valmet (en av många leverantörer av motorer till traktorer). Belastningen är ofta hög och enligt EPA uppgår belastningsgraden till 70 %.

Antalet traktorer i Göteborgsregionen kunnat bestämmas efter samtal med Länstyrelsen i respektive kommunens län. I Bilismen i Sverige (6) framgår att antalet traktorer som är äldre än 15 år uppgår till hela 65 %. Från SNV's rapport (1) får att medeleffekten för dessa traktorer är ungefär 40 kW och att drifttiden för dessa äldre traktorer är ungefär 200 timmar/år. Teknikutvecklingen på motorsidan för dessa traktorer är låg. Från rapporten "Drivmedel från källa till användare" (3) och värden från EPA (4) får att emissionsnivån för dessa traktorer är enligt följande:

Typ av fordon	HC g/kWh	CO g/kWh	NOx g/kWh	PM g/kWh
Traktor äldre än 1980	2,7	5,5	18	1,7

Tabell 5.1 Emissioner från traktorer äldre än 1980 (3,4)

De traktorer som är tillverkade efter 1980 är delvis utrustade med mer moderna motorer än de äldre. Exempelvis införs turboöverladdade motorer i en större utsträckning. Turboöverladdare bidrar inte direkt till en minskning av NOx-halten men kan vid samma effekt sänka halterna av CO, HC och partiklar eftersom mera luft finns disponibel för förbränning.

En "yngre" traktor används enligt uppgift från Länstyrelsen och Valmet i snitt 500 timmar per år. En genomsnittlig effekt uppgår till 55 kW. Teknikförbättring leder till att bränsleförbrukningen per kWh successivt minskar. Samtidig ökar storleken på de motorer som används och därmed bränsleförbrukningen. Sammantaget är bränsleförbrukningen även för dessa traktorer 9 l/h.

Med hänsyn tagen till att en del traktorer är utrustade med turbo, en traktors relativt jämma gång och de värden som finns angivna i rapporterna (1, 4, 13) får följande resultat:

Typ av fordon	HC g/kWh	CO g/kWh	NOx g/kWh	PM g/kWh
Traktor yngre än 1980	2,0	4,5	16	1,3

Tabell 5.2 Emissionsfaktorer för traktorer yngre än 1980 (1, 4, 13)

De traktorer som används inom skogsbruket i Göteborgsregionen är ofta samma traktorer som används inom jordbruket enligt Länstyrelserna i Göteborg och Bohus län, Hallands län och Älvsborgs län. Hur många timmar de används per år antas till 800 (1). Drivmedelsförbrukningen antas vara ca 9 l/timma (1, 4, Länstyrelsen). En sammanvägning av ovan nämnda emissionsvärden med det antagandet att 1/3 av de traktorer som används i skogen tillhör den äldre kategorin traktorer och 2/3 den yngre ger följande:

Typ av fordon	HC g/kWh	CO g/kWh	NOx g/kWh	PM g/kWh
Skogstraktor	2,2	4,8	16,5	1,4

Tabell 5.3 Emissionsfaktorer för traktorer som används i skogsbruk

För bensindrivna traktorer uppgår drivmedelsförbrukningen ungefär till 7 l/h (1, 4, Länstyrelsen). Enligt SNV's rapport (1) är medeleffekten för bensindrivna jordbruksstraktorer ungefär 30 kW. Belastningsgraden är lägre för bensindrivna traktorer då de utför lättare sysslor. I rapporten från EPA (4) framgår att emissionsvärdena är enligt följande:

Typ av fordon	HC g/kWh	CO g/kWh	NOx g/kWh	PM g/kWh
Bensindrivna traktorer	7,5	190	10	0,1

Tabell 5.4 Emissionsfaktorer för bensindrivna traktorer (4)

Skördare och Skotare

Utvecklingen inom skogsbruket har gått från skogshuggare med motorsågar mot användning av större och starkare skördare och skotare (Skogsmaskiner Syd).

Totalt i landet uppges det finnas ungefär 5 000 skotare och 1 500 skördare (Skogsmaskiner Syd). Andelen skotare och skördare i Göteborgsregionen är dock ganska liten. De antal som anges i kapitel 2 är baserade på uppgifter från Skogsvärdstyrelsen och Skogsmaskiner Syd. Försäljningen av nya maskiner har minskat drastiskt under de senaste åren beroende lågkonjunkturen. Det totala beståndet uppges från Skogsmaskiner Syd dock vara konstant. Vad avser drivmedelsanvändning så används idag enbart citydiesel. År 1991 fanns denna diesel dock inte på marknaden. En viss utveckling på motorsidan sker. Än så länge är dock antalet maskiner som säljs med katalysator inte ens en promille.

Drifftiden för skördare är i snitt ca 2 500 h/år och för skotare ca 1 700 h/år (Skogsmaskiner Syd). Medeleffekten på de motorer som finns i Göteborgsregionen är för skördare 120 kW och för skotare 110 kW. Enligt Skogsmaskiner Syd är drivmedelsförbrukningen i snitt för skördare 12 l/tim och för skotare 7 l/tim. Driftörhållandena är oregelbundna för skotare medan en skördare håller ett mer konstant högt varvtal. Genomsnittlig belastningsfaktor beräknas vara 80 % för skördare och 50 % för skotare (Skogsmaskiner Syd, 1, 4).

De emissionsvärdet som finns angivna i Naturvårdsverkets rapport (1) överensstämmer i stort med de värden som finns från Perkins (13) och EPA (4). Dessa är:

Typ av fordon	HC g/kWh	CO g/kWh	NOx g/kWh	PM g/kWh
Skotare & Skördare	1,2	4	15	1,0

Tabell 5.5 Emissionsfaktorer för skördare och skotare (1, 13, 4)

ENTREPENAD; GRÄVMASKINER, GRÄVLASTARE, HJULLASTARE

Med hjälp av värden från Statens Maskinprovingar har antalet grävmaskiner och grävlastare som finns registrerade i de olika kommunerna erhållits. Med utgångspunkt från dessa värden har sedan antalet hjullastare och övriga entreprenadfordon uppskattats (se kapitel 2).

Med hjälp av statistik från VME (12) har medeoeffekten och drivmedelsförbrukningen för grävmaskiner, grävlastare och hjullastare kunnat beräknas. I EPA's rapport (4) framgår antalet drifttimmar och belastningsgraden, vilka i stort sett stämmer överens med de som finns angivna i SNV's rapport (1).

Typ av fordon	Effekt	Drivmedels- förbrukning	Drifttimmar	Belastnings- grad
	kW	l/h	h/år	%
Grävmaskin, band	90	13	1 000	55
Grävmaskin, hjul	90	13	1 200	55
Grävlastare	100	13	1 200	45
Hjullastare	110	13	1 000	54

Tabell 5.6 Effekt, drivmedelsförbrukning, drifttimmar och belastningsgrad för grävmaskiner, grävlastare och hjullastare (4, 12)

De flesta motorer som numer levereras har turboöverladdning. På grund av att entreprenadfordon ofta arbetar i relativt smutsiga miljöer är ej motorer med laddluftkylare vanligt vilket påverkar emissionsbilden i positiv riktning.

Från VME har data angående emissionsfaktorerna erhållits. Eftersom VME har ungefär 45 % av marknaden i Västsverige används dessa värden som riktvärden för hur emissionsbilden från grävmaskiner, grävlastare och hjullastare ser ut (12, 19).

Typ av fordon	HC g/kWh	CO g/kWh	NOx g/kWh	PM g/kWh
Grävmaskiner, band	1,3	5	17	1
Grävmaskiner, hjul	1,3	5	17	1
Grävlastare	1,2	3	17	1
Hjullastare	1,3	3	17	1

Tabell 5.7 Emissionsfaktorer för grävmaskiner, grävlastare och hjullastare (12, 19)

Tillverkare av motorer inom området har tagit fram bättre motorer, där emissionsvärdena är väsentligt lägre. Dessa maskiner har funnits tillgängliga under senaste åren men har ännu inte fått genomslag på marknaden.

LASTHANTERING; GAFFELTRUCKAR

Gaffeltruckar indelas vanligtvis i fyra olika effekt klasser (SMA-Maskin, truckföretag, (1)). Värdena nedan är ett genomsnitt av effektintervallet.

1. 30 kW
2. 50 kw
3. 80 kw
4. 155 kw

Med hjälp av BT-Truckar, SMA-Maskin, rapport från BNM-Reasearch (10), EPA (4) och SNV-rapporten (1) har följande kunnat beräknas:

Typ av fordon	Effekt	Drivmedels- förbrukning	Drifttimmar	Belastnings- grad
	kW	l/h	h/år	%
Gaffeltruckar	30	6	900	30
	50	9	1 000	30
	80	12	1 000	50
	155	23	1 200	50

Tabell 5.8 Effekt, drivmedelsförbrukning, drifttimmar och belastningsgrad för gaffeltruckar

I en rapport av BNM Research anges värden för emissioner från truckmotorer. För de mindre motorerna (25-57 kW) uppgår NOx-värdena till ca 17 g/kWh och HC värdena till 1,8 g/kWh. För de större motorerna (90-180 kW) uppges i samma rapport NOx-värdena vara 12-15,3 g/kWh och HC-värdena 0,8 g/kWh.

De större modellerna av truckar som levereras är i regel utrustade med turboöverladdare och laddluftkylare vilket förbättrar emissionsbilden. De mindre motorerna är oftast utrustade med traditionella sugmotorer vilket förklarar de högre emissionsvärdena för de mindre motorerna.

De ovan nämnda emissionsvärdena överensstämmer i stort med de värden som erhållits från Perkins (13). Ett medelvärde mellan värdena från Perkins (13) och från BNM Research (10) antas därför vara representativt. Vi föreslår därför följande emissionsfaktorer för gaffeltruckar:

Typ av fordon	HC g/kWh	CO g/kWh	NOx g/kWh	PM g/kWh
Gaffeltruck, 30 kW	1,8	5	17	1,5
Gaffeltruck, 50 kW	1,8	5	17	1,5
Gaffeltruck, 80 kW	1	2	14	1
Gaffeltruck, 155 kW	1	2	14	1

Tabell 5.9 Emissionsfaktorer för dieseldrivna gaffeltruckar (13, 10)

I det lägsta effektorområdet finns även bensindrivna gaffeltruckar. Från SNV's (1) och EPA's (4) rapporter får att drifttiden uppgår till 850 timmar/år, belastningsfaktorn är 30 %, och drivmedelsförbrukningen 7 l/h. Emissionsfaktoreerna framgår av tabellen nedan.

Typ av fordon	HC g/kWh	CO g/kWh	NOx g/kWh	PM g/kWh
Gaffeltruck, bensin, 30 kW	9	267	6,9	0,1

Tabell 5.10 Emissionsfaktorer för bensindrivna gaffeltruckar (1, 4)

EMISSIONSFATORER FÖR DE ARBETSFORDON SOM INTE SPECIALSTUDERATS

Ovan har emissionsfaktorer för de kategorier av fordon som i SNV's rapport (1) stod för den största andelen av emissioner från arbetsfordon tagits fram. Dessa fordon är: jord- och skogsbruksstraktorer, skördare, skotare, grävmaskiner, grävlastare, hjullastare och gaffeltruckar.

För att få en rättvis bedömning över hur emissionsbilden från olika typer av arbetsfordon ser ut har emissionsfaktorerna till övriga arbetsfordon, som anges i bilaga 7, justerat efter emissionsfaktorerna för de specialstuderade arbetsfordonen som föreslagits i rapporten.

6. BERÄKNING AV TOTALA MÄNGDEN EMISSIONER FRÅN ARBETSREDSKAP OCH ARBETSFORDON I GÖTEBORGSREGIONEN

TOTALA EMISSIONER FRÅN ARBETSREDSKAP OCH ARBETSFORDON I GÖTEBORGSREGIONEN

Den totala mängden emissioner från arbetsredskap och arbetsfordon i Göteborgsregionen är enligt beräkningarna i denna studie:

	HC ton/år	CO ton/år	NOx ton/år	PM ton/år	SO2 ton/år	CO2 ton/år
Arbetsredskap						
Dieseldrivna	57,9	153,0	471,1	40,5	18,0	31172
Bensindrivna	700,4	3924,5	42,4	19,7	1,3	13976
Summa	758,3	4077,5	513,5	60,2	19,3	45148
Arbetsfordon						
Dieseldrivna	395,3	940,0	4468,4	301,0	103,9	179698
Bensindrivna	17,7	478,5	17,3	0,2	0,3	2871
Summa	413,0	1418,5	4485,7	301,2	104,2	182569
Totalt	1171,3	5496,0	4999,2	361,4	123,5	227717

Tabell 6.1 Totala mängden emissioner från arbetsredskap och arbetsfordon i Göteborgsregionen

Underlaget till emissionsberäkningen för arbetsredskap visas i bilaga 6 och för arbetsfordon i bilaga 7.

Den procentuella fördelningen mellan grupperna presenteras nedan.

	HC %	CO %	NOx %	PM %	SO2 %	CO2 %
Arbetsredskap						
Dieseldrivna	4,9	2,8	9,4	11,2	14,6	13,7
Bensindrivna	59,8	71,4	0,8	5,5	1,0	6,1
Summa	64,7	74,2	10,2	16,7	15,6	19,8
Arbetsfordon						
Dieseldrivna	33,7	17,1	89,4	83,3	84,1	78,9
Bensindrivna	1,6	8,7	0,4	0,06	0,3	1,3
Summa	35,3	25,8	89,8	83,3	84,4	80,2
Totalt	100	100	100	100	100	100

Tabell 6.2 Emissionsfördelningen i % i Göteborgsregionen

Vilket kan utläsas ur tabellen står arbetsredskapen för de största utsläppen av HC och CO medan arbetsfordonen står för de största utsläppen av NOx, partiklar, SO2 och CO2. Anledningen till detta är att de största mängderna HC och CO kommer från bensindrivna motorer vilket dominarar inom gruppen arbetsredskap. De största mängderna NOx, partiklar, SO2 och CO2 kommer från dieseldrivna fordon (se vidare kapitel 4).

ARBETSREDSKAP SOM STÅR FÖR DE STÖRSTA UTSLÄPPEN I GÖTEBORGSSREGIONEN

Den största delen av emissionerna från arbetsredskap kommer även i Göteborgsregionen främst från de grupper som utpekats i Naturvårdsverkets rapport (2). Detta gäller dock inte för gruppen kyl/frysaggregat som i Göteborgsregionen står för en relativt liten del av emissionerna. Arbetsredskapen som står för de största andelarna i Göteborgsregionen är: motorsågar, gräsklippare, kompressorer, generatoraggregat samt även stenkrossar. Orsaker till detta och respektive gruppars utsläpp av emissioner i ton/år och procentuella utsläpp presenteras nedan.

- Motorsågar**

I denna grupp ingår motorsågar som används yrkesmässigt samt inom fritidssektorn. Tillsammans står de för följande andelar av utsläppen från arbetsredskap i Göteborgsregionen (motorsågar som används yrkesmässigt är den klart dominerande av de två):

HC	CO	NOx	PM	CO2
63 %	22 %	1 %	6 %	9 %
480 ton/år	905 ton/år	4 ton/år	15 ton/år	4250 ton/år

Andelen utsläpp av HC från motorsågar är totalt sett större än andelen i Naturvårdsverkets rapport (2). Detta beror på att de emissionsfaktorer som är använda i denna rapport är väsentligt högre än de i SNV's rapport (2) och inte på att motorsågar används i större utsträckning i Göteborgsregionen än i övriga Sverige.

- **Gräsklippare**

I denna grupp ingår bensindrivna handledda och åkbara gräsklippare där de åkbara står för de största utsläppen. Tillsammans står dessa fordon för följande andelar av utsläppen från arbetsredskap i regionen:

H C	CO	NOx	PM	CO2
12 %	67 %	6 %	2 %	19 %
90 ton/år	2730 ton/år	30 ton/år	1 ton/år	8450 ton/år

- **Kompressorer, Generatoraggregat, Stenkrossar**

I denna grupp ingår dieseldrivna kompressorer, generatoraggregat och stenkrossar. Stenkrossar har i och för sig inte ingått i den mer utförliga granskningen men står för en relativt sett stor andel av utsläpp av framför allt NOx. Denna grupp står för följande andelar av utsläppen från arbetsredskap i Göteborgsregionen:

H C	CO	NOx	PM	CO2
5 %	3 %	64 %	47 %	49 %
35 ton/år	40 ton/år	330 ton/år	30 ton/år	22000 ton/år

Av dessa utsläpp så står generatoraggregaten för de största utsläppen med ca 60 % av utsläppen av NOx.

Tillsammans står dessa tre grupper av arbetsredskap för följande andelar av utsläppet av emissioner från arbetsredskap i Göteborgsregionen:

H C	CO	NOx	PM	CO2
80 %	92 %	71 %	55 %	77 %
605 ton/år	3675 ton/år	364	46 ton/år	34700 ton/år

ARBETSFORDON SOM STÅR FÖR DE STÖRSTA UTSLÄPPEN I GÖTEBORGSREGIONEN

Den största delen av emissionerna från arbetsfordon kommer även i Göteborgsregionen främst från de grupper som utpekats i Naturvårdsverkets rapport (1). Dessa arbetsfordon är: jord- och skogsbrukstraktorer, skördare, skotare, grävmaskiner, grävlastare, hjullastare och gaffeltruckar). Vilka fordon som står för den procentuellt största andelen emissioner skiljer sig dock för Göteborgsregionen jämfört med Naturvårdsverkets resultat (1). I Göteborgsregionen är hjullastare de som står för den största andelen medan, traktorer inom jordbruket är den dominerande källan i hela Sverige(1). Orsaker till detta och respektive gruppens utsläpp av emissioner procentuella utsläpp presenteras nedan (se bilaga 7).

• Traktorer i jordbruk och skogsbruk

I denna grupp ingår jord- och skogsbrukstraktorer plus skördare och skotare. Tillsammans står de för följande andelar av utsläppen från arbetsfordon i Göteborgsregionen:

HC	CO	NOx	PM	SO2	CO2
23 %	18 %	16 %	19 %	16 %	15 %
90 ton/år	210 ton/år	725 ton/år	60 ton/år	15 ton/år	27885 ton/år

Andelen utsläpp från denna grupp av arbetsfordon i Göteborgsregionen har vid jämförelse med de värden som anges för hela Sverige i kap 3 (s.8) minskat. Anledningen till detta är den relativt lilla betydelse som jordbruket och framför allt skogsbruket spelar i Göteborgsregionen. Antalet fordon har baserats på verkliga siffror (länstyrelsen).

• Entreprenadfordon; grävmaskiner, grävlastare, hjullastare

Tillsammans står dessa arbetsfordon för följande andelar av utsläppen från arbetsfordon i regionen:

HC	CO	NOx	PM	SO2	CO2
40 %	27 %	48 %	43 %	44 %	43 %
165 ton/år	385 ton/år	2176 ton/år	130 ton/år	45 ton/år	80000 ton/år

Inom denna grupp är det främst hjullastarna som står för den största andelen av emissionerna. Detta beror på att antalet hjullastare i Göteborgsregionen är dubbelt så många som antalet grävmaskiner och nästan fyra gånger så många som antalet grävlastare.

- **Lasthantering**

I denna grupp ingår gaffeltruckar från 30 kW -155 kW. Dessa står för följande andelar av utsläppen från arbetsfordon i Göteborgsregionen:

H C	C O	N O x	P M	S O 2	C O 2
12 %	21 %	12 %	13 %	21 %	21 %
50 ton/år	300 ton/år	515 ton/år	40 ton/år	20 ton/år	38300 ton/år

Här är det speciellt de truckar som ligger i gruppen 50 kW motorer som bidrar med den största delen främst på grund av sitt stora antal.

Tillsammans står dessa tre grupper av arbetsfordon för följande andelar av utsläppen av emissioner från arbetsfordonen i Göteborgsregionen:

H C	C O	N O x	P M	S O 2	C O 2
75 %	66 %	76 %	75 %	81 %	79 %
305 ton/år	895 ton/år	3415 ton/år	230 ton/år	80 ton/år	146185 ton/år

Vid jämförelse mellan hur fördelningen av emissioner i Göteborgsregionen och i hela Sverige (SNV's rapport (1)) är, så är den största bidragsgivaren till luftföroreningar arbetsfordon inom industri- och byggsektorn i Göteborgsregionen. För hela Sverige står jord- och skogsbruket ändemot för en större andel än vad denna sektor bidrar med i Göteborgsregionen. Detta är dock rimligt med hänsyn till Göteborgsregionens struktur.

Om man tittar på de totala utsläppen av emissioner från arbetsredskap och arbetsfordon i Göteborgsregionen är det vissa grupper som totalt sett står för en stor andel av utsläppen.

- Motorsågar i yrkesmässig drift står för ca 40 % av HC-utsläppen (470 ton/år) och ca 16 % av CO-utsläppen (890 ton/år) från arbetsredskap och arbetsfordon i Göteborgsregionen.
- Bensindrivna åkbara gräsklippare står för ca 43 % av de totala utsläppen av CO (2 340 ton/år) från arbetsredskap och arbetsfordon i Göteborgsregionen.
- Hjullastare beräknas stå för ca 26 % av NOx-utsläppen (1 290 ton/år), 21 % av partikelutsläppen (75 ton/år) samt 20 % av utsläppen av svavel (25 ton/år) från arbetsredskap och arbetsfordon i regionen.
- Grävmaskiner och grävlastare beräknas stå för 18 % av NOx-utsläppen (980 ton/år), 14 % av partikelutsläppen (50 ton/år) samt 17 % av utsläppen av svavel (20 ton/år) från arbetsredskap och arbetsfordon i regionen.
- Emissionerna av CO2 är utspridda över många grupper.

7. HUR SITUATIONEN KAN BLI BÄTTRE

Det finns flera åtgärder som kan vidtas på kort och lång sikt. De har betydelse inte bara för den allmänna luftkvaliteten utan kanske i än högre grad för de arbetshygieniska förhållandena.

Omedelbart bör miljöklassade dieseloljor användas, med fördel mk 1. De ger genom sina låga halter av PAH (polycykliska aromatiska kolväten) lägre och mindre farliga utsläpp av PAC (polycykliska aromatiska föreningar, särskilt nitrerade sådana; innehåller flera bensenringar, partikelbundna och på annat sätt förekommande) med lägre cancerrisker som följd. Det kan då också bli möjligt att montera oxidationskatalysator för att minska utsläpp av gasformiga cancerogena ämnen t ex bensen, eten, propen och butadien och ytterligare av PAC. För nyanskaffade dieseloljedrivna arbetsfordon och redskap bör dessa åtgärder vara självskrivna.

Tabellen nedan sammanfattar de emissionsvinster i medeltal som fås vid användning av mk 1/mk 2 diesel jämfört med standarddiesel. (I de få mätningar som gjorts har inga större skillnader mellan mk 1 och mk 2 diesel vad avser totala mängderna av t ex kolväten uppmäts. Skillnaden ligger mer i att utsläppen från mk 1-dieseln är mindre biologiskt aktiva än utsläppen från mk 2.)

Emissioner	Förändring
Kolväten (HC)	- 10 %
Kolmonoxid (CO)	- 10 %
Kväveoxider (NOx)	- 8 %
Partiklar	- 20 %

Vid mätningar med miljöklass 2 diesel på Dansk Teknologisk Institut i mars i år fick följande värden fram med katalysator:

Volvo B10M	HC	CO g/kWh	Partiklar
Utan katalysator	0,48	1,19	0,47
Med katalysator	0,12	0,29	0,31

Tabell 7.1 Resultat från mätningar hos Dansk Teknologisk Institut (Emissionsteknik AB)

Tabellen nedan är en jämförelse mellan olika drivmedel och vilka emissioner som erhålls (värdena är för motorer använda i stadsbussar).

Emissioner/ Drivmedel	HC	CO	NOx g/kWh	Partiklar
Mk3, standardmotor	1,2	4,9	12,0	0,7
Bästa diesel (mk1+kat) ²	0,1	0,1	6,3	0,05
Scafi, standardmotor ¹	0,2	0,71	10,12	0,1
Scafi, optimerad motor ¹	0,25	1,16	8,35	0,14
Etanol ³	0,09	0,1	4,2	0,05
Naturgas ⁴	0,2	0,3	2,0	0,05
Biogass ⁵	1,0	0,5	2,2	0,05
Gasol ⁶	0,2	0,3	2,1	
Gränsvärde Sverige	1,2	4,9	9	0,4

1) Tester genomförda på Statens Maskinprovningar i Ultuna på en Valmet 420DS Turbodiesel

2) Scania DSC 11, laddluftkyld med katalysator, mk 1 diesel

3) Uppmätta värden på 6 av Storstockholms Lokaltrafiks etanolbussar

4) Uppmätta värden på de naturgasbussar som används inom kollektivtrafiken i Göteborg

5) Linköpings biogasbussar

6) Sundsvalls gasolbusssar

Tabell 7.2 Jämförelse mellan olika drivmedel och vilka emissioner som erhålls för stadsbussar (ECE R49)

På marknaden finns idag så kallade lågemissionsmotorer (här för dieseldrift). Till exempel är alla Volvo/VMEs hjullastare som säljs i Sverige, Norge och Australien utsurade med lågemissionsmotorer. Emissionsvärdet från en av Volvo BM's miljömotor Volvo BM L120B jämfört med denna motor i standardutförande är (ECE R49):

Motortyp	HC	CO	NOx g/kWh
Miljömotor	0,48	0,76	8,4
Standardmotor	3	1	17

Tabell 7.3 Jämförelse mellan Volvo BM's miljömotor och standardmotor (VME, Caterpillar)

Att byta ut gamla motorer mot nya mer miljöanpassade motorer är ett annat alternativ. Ett fordon har i regel en längre livslängd än själva motorn vilken behöver bytas ut med jämna mellanrum. Vid ett motorbyte borde därför principen "bästa

"möjliga teknik" användas vilket då skulle innebära att en miljömotor ersatte den gamla motorn. Vid motorbytet är det också ett bra tillfälle att utrusta fordonet med en tvåvägskatalysator för reduktion av HC och CO.

Att optimera befintliga motorer kan också vara ett alternativ för att få ner mängden emissioner. Om man dessutom eftermonterar en katalysator i kombination med användning av miljödiesel sänker man mängden emissioner ytterligare.

Bensindrivna fordon och redskap bör i första hand använda bensin utan bly. Sådan finns nu för alla typer av motorer. Sedan 1989 marknadsförs nya alkylatbaserade bensinkvaliteter med mycket lågt innehåll av hälsofarliga kolväten (främst alkener och aromater). (Aromatfriheten leder visserligen till eliminering av bensenutsläpp med avgaserna men också till att utsäpp av aldehyder och gasformiga olefiner ökar. Totalt sett är den dock mycket gynnsammare ur hälsosynpunkt. Detta gäller även för avdunstning och spill.) Vid användning av alkylatbaserad bensin kanmängden partiklar reduceras till hälften.

Idag är tyvärr denna bensinkvalitet dyr, då den inte distribueras som bulkprodukt. Ett samordnat inköp för användning av alkylatbensinen i arbetsmaskiner och arbetsfordon skulle både få ner priset på denna bensin och ge stora arbetsmiljö och hälsofördelar för de personer som arbetar i omgivningen. Även om t ex en gräsklippare inte används under lång tid så är den mängd emissioner som släpps ut ofta i höga koncentrationer och under en intensiv period. När den används bildas därför krafiga luftföroringar i den direkta arbetsmiljön.

Ytterligare förbättringar fås vid samtidig användning av katalytiska avgas-reningssystem. Sådana bör därför alltid användas där så är möjligt och kan också eftermonteras på många befintliga fordon. Även alkoholer och gasformiga drivmedel (propan, metangas) ger klara förbättringar av avgasbilden. De är dessutom mindre miljöfarliga vid avdunstning och spill genom sin enkla kemiska uppbyggnad.

En enkel åtgärd, som ger god verkan, är att alltid använda motorvärmare och starta motorn så varm som möjligt. Detta har god effekt även sommartid. Montering av motorvärmare på många befintliga motorer skulle reducera mängderna emissioner. Bränsleeldade motorvärmare, som måste nyttjas då elvärmare inte kan användas, har betydligt lägre utsläpp än vad motorn ger under sin första kalla driftfas.

8. EMISSIONSKRAV

För gruppen arbetsfordon, som i huvudsak omfattar dieseldrivna fordon, finns det idag inga emissionskrav. Den reglering som förekommit på den tunga fordonssidan har varit koncentrerad till den vägbundna tunga trafiken. De motorer som förekommer i arbetsmaskiner bygger i stort sett på samma teknik. Men, på grund av att det inte finns några emissionskrav för arbetsmaskiner, släpar införandet av ny teknik för att minska emissionerna efter jämfört med de motorer som används i fordon i vägbunden trafik.

Inom ECE (FN-organ) pågår arbete med att ta fram avgaskrav som kommer att ligga till grund för EG:s kommande krav för dieseldrivna arbetsfordon och arbetsmaskiner. ISO/CEN håller även på och utvecklar en speciell testmetod för att mäta emissioner från motorer som skall användas för arbetsfordon och arbetsmaskiner (ISO 8178 C1). Naturvårdsverket menar att de emissionskrav som presenteras nedan troligen kommer att börja införas 1995-1996 med början för de större motoreerna.

Netto Effekt (P) kW	H C	CO g/kWh	NOx	Partiklar
<u>ISO 8178 C1</u>				
P ≥ 130	1,3	5	9,2	0,54
75 ≤ P ≤ 130	1,3	5	9,2	0,7
37 ≤ P ≤ 75	1,3	6,5	9,2	0,85
<u>ECE R49</u>				
Gänsvärde Sverige 1993	1,2	4,9	7,0	0,4
Euro 2, EG okt. 1995	1,1	4,0	7,0	0,15

Tabell 8.1 Jämförelse mellan emissionsgränsvärden för dieseldrivna arbetsfordon och arbetsmaskiner (ISO 8178 C1) och för bussar och lastbilar (ECE R49) (FN)

Några emissionskrav för arbetsmaskiner kommer alltså inte att införas förrän om ungefär 2 år. Kommuner och företag bör därför ta egna initiativ för att reducera utsläppen från denna sektor. Motortillverkare har dessutom redan tagit fram motorer som uppfyller EG:s kommande krav. Vid nyinköp av fordon bör alltså bästa tillgängliga teknik användas.

I USA har California Air Resources Board (CARB) lagt fram följande emissionskrav för arbetsredskap.

California Small Utility Engine Standards						
Model years	Equipment type	Engine displacement cm ³	Emissions, grams per horsepower hour			
			Hydrocarbons	NO _x	CO	Particulate
1994-98	Handheld	Under 20	220	4.0	600	No standard
		20 to under 50	180	4.0	600	No standard
		50 and Over	120	4.0	300	No standard
	Other	Under 225	HC + NO _x = 12.0	300		0.9 *
		225 and over	HC + NO _x = 10.0	300		0.9 *
	1999 and later	Handheld	All	50	4.0	0.25
		Other	All	HC + NO _x = 3.2	100	0.25 *

*Diesels Only

**Diesels and Two-stroke Only

Tabell 8.2 Emissionskrav i Californien för arbetsredskap (CARB)

The Environmental Protection Agency (EPA) i USA förväntas lägga fram ett liknande förslag som CARB någon gång under våren 1994. EPA's emissionskrav kommer då att gälla för hela USA men förmodligen införas något år senare än CARB's. Man kan därför förvänta sig att samma krav även kommer att komma till Europa och Sverige på sikt.

För att klara av att tillfredsställa CARB's krav kommer flera motormodifieringar behöva genomföras. Några av de viktigaste bitarna anses vara:

- Katalysator
- Övergång till större cylindervolym
- Alternativa drivmedel

För 1999 års krav kommer det inte bara att räcka att använda katalysator utan även andra motortekniska åtgärder kommer att behöva genomföras.

9. REKOMMENDATIONER

Det finns flera åtgärder som kan vidtas på kort och lång sikt. De har betydelse inte bara för den allmänna luftkvaliteten utan kanske i än högre grad för de arbetshygieniska förhållandena.

- Omedelbart bör miljöklass 1 dieselolja användas. De ger genom sin låga halt av PAH (polycykliska aromatiska kolväten) lägre och mindre farliga utsläpp av PAC (polycykliska aromatiska föreningar) med lägre hälsorisker som följd.
- Vid investering i nya motorer eller fordon bör bästa tillgängliga teknik väljas. Idag har de stora tillverkarna (exempelvis Volvo BM) tagit fram lågemissionsmotorer med väsentligt lägre emissioner. Det kan då också bli aktuellt att montera oxidationskatalysator. Miljöfördelar är minskad försurning och minskade hälsorisker.
- För nyanskaffade dieseloljedrivna arbetsfordon och redskap bör man montera oxidationskatalysator för att minska utsläpp av gasformiga cancerogena ämnen (t ex bensen, eten, propen och butadien) och ytterligare av PAC. Även de totala utsläppen av HC, CO och partiklar minskas.
- Samordna inköp för användning av alkylatbensinen i bensindrivna arbetsmaskiner och arbetsfordon. Detta skulle både få ner priset på denna bensin och ge stora arbetsmiljö och hälsofördelar för de personer som arbetar i omgivningen och hanterar bensinen.
- Vid nyanskaffning av bensindrivna arbetsfordon och arbetsredskap eller tillhörande motorer bör man, för att erhålla ytterligare emissions och hälsorisks förbättringar, montera katalytiska avgasreningsystem. Sådana bör alltid användas där så är möjligt och kan också eftermonteras på många befintliga fordon.
- Hjullastare står för en stor del av emissionerna från arbetsfordon. Eftersom arbetsfordon (även hjullastare) ofta arbetar långa stunder inom ett litet område innehåller närmiljön höga halter av hälsofarliga ämnen. Undersök förutsättningar för att speciellt rikta åtgärder mot dessa fordon. Alkoholer och gasformiga drivmedel (propan, metangas) ger klara förbättringar av hälsovådliga ämnen, avgasbilden, avdunstning och spill genom sin enkla kemiska uppbyggnad. Ett alternativ kan därför vara att se över möjligheten att använda något av dessa alternativa drivmedel för hjullastare. Användandet av biobaserade drivmedel minskar även mängden emissioner av koldioxid och svavel.
- Eftersom hjullastarna står för en så pass stor del av emissionerna kan ett alternativ vara att se över möjligheten att byta ut gamla motorer mot nya mer miljöanpassade och installera katalysator.

- Se även över möjligheterna att minska emissionerna från grävmaskiner, grävlastare, generatoraggregat, gräsklippare och motorsågar vilka står för en stor del av emissionerna. Tex bör miljömoter användas när det är möjligt. Gräsklippare och motorsågar med katalysatorer bör användas.
- En enkel åtgärd, som ger god verkan, är att alltid använda motorvärmare och starta motorn så varm som möjligt. Detta har god effekt även sommartid. Montering av motorvärmare på många befintliga motorer skulle reducera mängden emissioner. Användning av motorvärmare vid framförallt bensindrivna fordon har förutsättning att vid kallstart sänka utsläppen av koloxid och kolväten med 2-4 gånger.
- Några emissionskrav för arbetsmaskiner kommer inte att införas förrän 1996. Kommuner och företag bör därför ta egna initiativ för att reducera utsläppen från denna sektor även före denna tidpunkt.
- Bevaka utvecklingen i USA och Canada och verka för att de emissionskrav som införs där även införs i Sverige.
- Premiera användandet av arbetsredskap utrustade med katalysatorer.

KÄLLFÖRTECKNING

1. Kartlägning av förorenande utsläpp från traktorer, arbetsmaskiner m.m; Naturvårdsverket nr: 3756, oktober 1989
2. Kartlägning av förorenande utsläpp från motordrivna arbetsredskap; Naturvårdsverket d nr: 124-560-89, juni 1990
3. Drivmedel från källa till användare; Vattenfall, december 1990
4. Nonroad Engine and Vehicle Emission Study - Report; EPA, november 1991
5. Statens Maskinprovningar, Meddelande
6. Bilismen i Sverige 1992; Bilindustriföreningen
7. Mätningar 1980-1988 - Bilavgaslaboratoriet; Naturvårdsverket, mars 1989
8. Emissionsbegränsande teknik - Tunga dieselmotorer; Naturvårdsverket, 1987
9. Dieselmotorn och dess utvecklingspotential; NUTEK, april 1992
10. Beräkning av kolväte- och kväveoxidemissioner från dieselmotorer i Karlstads hamnområde; BNM Research, september 1990
11. Emission Control Technology for motor vehicles - an overview; Mr. Chris Weaver, Engine, Fuel and emissions engineering Inc., USA, October 1993
12. VME, motorprovningsrapporter
13. Emissioner från Perkins motorer, Malte Måndon
14. Energianvändning och emissioner i Göteborgs kommun; Ecotraffic, 1992
15. SCB, Bilregistret
16. EMSA, Entreprenadmaskinstatistik, Svenska Grossistförbundet
17. Broschyror på traktorer, skogsmaskiner, arbetsredskap etc
18. Concerning the adoption of uniform conditions of approval and reciprocal recognition of approval for motor vehicle equipment and parts, ECE (FN), July 1993
19. Avgaser från dieselmotorer och deras inverkan på miljö och hälsa, Caterpillar, 1991

20. Small Loop-Scavenged Spark-Ignition Single-Cylinder Two Stroke Engines, Franz J. Laimböck, SAE SP-847, February 1991
21. BNMs 2-takts arkiv
22. BNMs 4-takts arkiv
23. Toward the Environmentaly-Friendly Small Engine: Fuel, Lubricant and Emission Measurement Issues, SAE 911222
- 24 Reactivity from exhaust emissions from a small two-stroke engine and a small four stroke engine operating on gasoline and LPG, SAE 931540
25. Provresultat från prov av TUV
26. Small Engine Emissions, SwRI, 1991
27. Emission Factors for Small Utility Engines, SAE 910560
28. Emissioner från handledda motorgräsklippare, Lunds Tekniska Högskola, 931013
29. Provresultat från Statens Provningsanstalt
30. A study of visible smoke reduction from small two-stroke engine using various engine lubricants, SAE 770623, Nippon Oil Co

BILAGA 1

BAKGRUND TILL HUR ANTALET ARBETSFORDON BESTÄMTS I GÖTEBORGSREGIONEN

ARBETSMASIKNER

Traktorer

Antalet traktorer och skördetröskor som används inom jordbruket i Ale, Lerum och Kungsbacka har erhållits från länstyrelsen i Älvsborgs respektive Hallands län. Genom att ta fram hur många traktorer och skördetröskor som används per hektar åkermark kunde antalet traktorer och skördetröskor uppskattas för kommunerna i Göteborgs och Bohus län.

De traktorer som används inom skogsbruket i Göteborgsregionen är i huvudsak samma som används inom jordbruket. Antalet timmar de utnyttjas inom respektive område skiljer sig dock åt.

Inom skogsbruket används även skördare och skotare. Antalet skördare och skotare i Göteborgsregionen har uppskattats av Skogsmaskiner Syd. Från de tre Länstyrelserna erhölls mängden skogsareal för de olika kommunerna. Genom att anta att antalet skogsmaskiner fördelar sig jämt över skogsarealen kunde antalet skogsmaskiner för respektive kommun bestämmas.

Statistiska Centralbyrån (SCB) har statistik över antalet traktorer fördelade inom olika näringsgrenar för hela Sverige. Från SCB erhölls även statistik över antalet traktorer totalt i varje kommun. Indelningen i näringsgrenar gick dock inte att få tillgång till. Med hjälp av Folk och Bostadsräkningen 1990 har andelen personer (i procent) som arbetar inom samma näringsgren som anges för traktorerna för respektive kommun kunnat beräknas. Den framräknade procentsatsen har sedan multiplicerats med antalet traktorer i varje näringsgren för varje kommun.

Entreprenad

Grävmaskiner med band eller hjul och grävlastare har besiktningsplikt via Statens Maskinprovningar. Antalet grävmaskiner och grävlastare för respektive kommun har därför kunnats få fram via deras register.

Statistik över antalet grävmaskiner, grävlastare samt övriga entreprenadfordon i Sverige har erhållits från Svenska Grossistförbundet. Genom att dividera antalet grävlastare eller grävmaskiner för respektive kommun med det totala antalet i Sverige erhölls olika procentsatser. Dessa användes sedan för att beräkna antalet övriga entreprenad fordon i varje kommun.

Antalet fordon har minskat konstant under en längre period då kostnaderna för att använda entreprenadfordon är mycket höga. De höga kostnaderna har också fått till följd att entreprenadfordon transporteras mellan olika arbetsplatser, varför det är svårt att ange den exakta antalet fordon som verkar inom en kommun. Ett antagande är dock att det antal som finns registrerade i de olika kommunerna i huvudsak används där.

Lasthantering

Med hjälp av Truckpoolen och samtal med SMA-maskin AB kunde antalet truckar i Sverige fås fram. Från Folk- och Bostadsräkningen beräknades andelen personer som är verksamma inom näringsgrenarna: Gruvor m m, Tillverkning samt Handel för respektive kommun. Denna andel multiplicerades sedan med antalet truckar som totalt finns i Sverige.

Terrängfordon

Till denna kategori av fordon hör terrängmotorfordon och terrängskotrar. Hit räknas alltså pistmaskiner, bandvagnar, snöeässlor och skotrar. Andelen terrängfordon som förekommer i Göteborgsregionen har antagits försumbar. Detta eftersom de flesta fordon inom denna kategori används i snörika områden.

ARBETSREDSKAP

För att beräkna antalet kompressorer, generatoraggregat, pumpaggregat, borraggregat, pålningsmaskiner, stenkrossar, vältar, vibratorplattor/stamp, kedjegrävare/kabelplog, betongsågar, motorkapar, högtrycksvätttaggregat, personlyftar och minidumpers i Göteborgsregionen har det totala antalet i Sverige uppskattats med hjälp av Naturvårdsverkets rapport och samtal med företag. Det totala antalet av respektive redskap i Sverige har sedan multiplicerats med den fördelning som gäller för entreprenadfordonen (sid 1, bilaga 1).

Från branschföreningen för Park- och Trädgårdsprodukter erhölls statistik över totala antalet handledda gräsklippare, häcksax/trimmers och jordfrässar i Sverige. Dessutom gjordes ett antagande att dessa redskap i största utsträckning används av personer som bor i fristående hus. Via Folk- och bostadsräkningen beräknades andelen som bor i fristående hus Göteborgsregionen i Sverige. Denna procentsats multiplicerades med de totala andelen för Sverige.

Antalet motorsågar för privat respektive yrkesmässigt bruk i Göteborgsregionen erhölls från Jonsered AB.

Med hjälp av uppgifter från Skogsvårdstyrelsen kunde antalet röjsågar och flishuggar bestämmas för regionen.

Vad avser antalet snöslungor i Göteborgsregionen har dessa med hjälp av uppgifter från tillverkare uppskattats till 5 000.

Statistiska Centralbyrån har statistik över antalet lastbilar som är utrustade med kyl- och frysaggregat i Sverige. I Naturvårdsverkets rapport om arbetsredskap finns en uppdelning gjord över hur många fordon som går i fjärrtrafik respektive i distributionstrafik. Med hjälp av denna uppdelning plus ett antagande om att fordon med kyl- och frysaggregat fördelar sig efter befolkningsmängden i Sverige, har antalet i Göteborgsregionen beräknats.

BILAGA 2

**FÖRSLAG TILL INDELNING I
ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN**

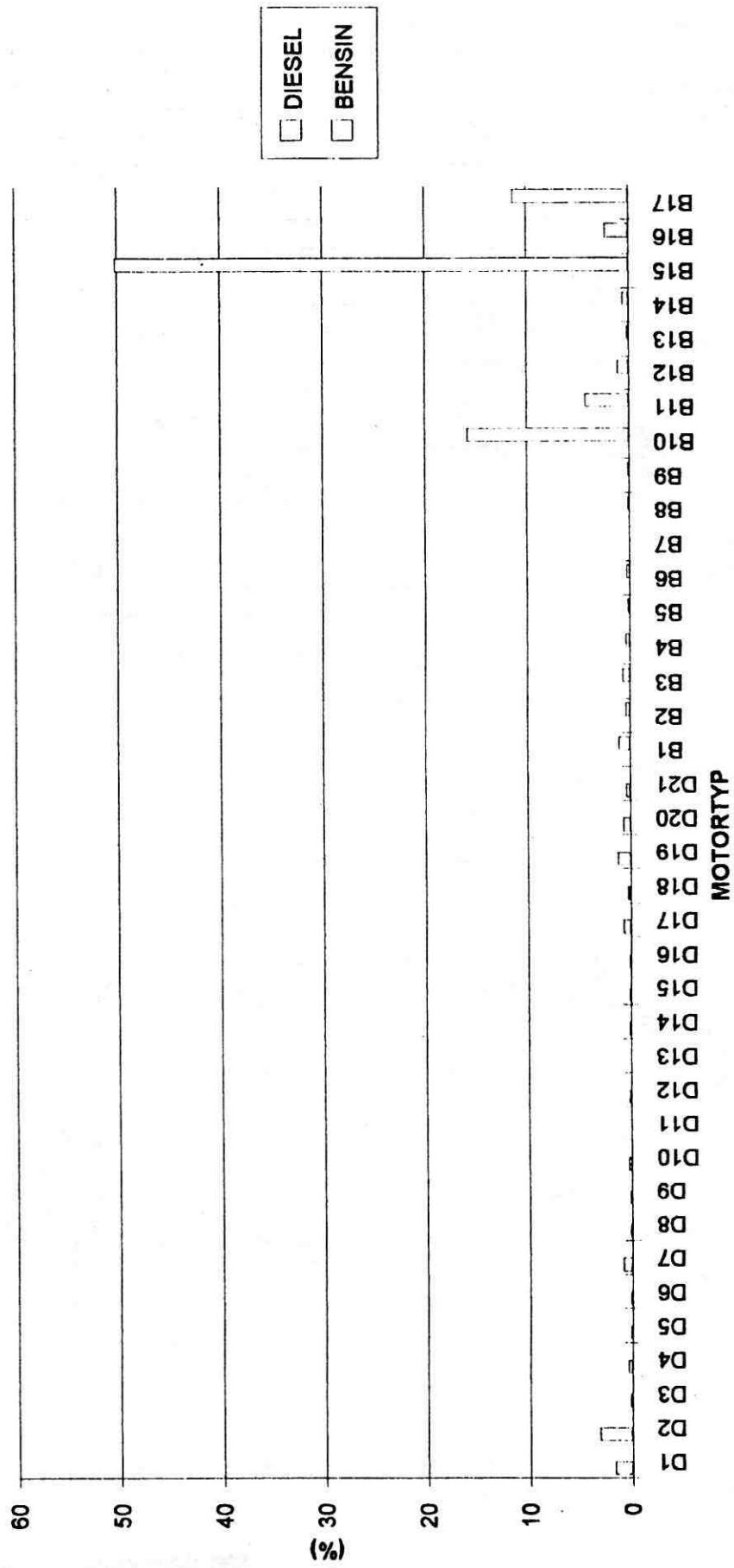
INDELNING I ANVÄNDNINGSSOMBÅDEN

BILAGA 3

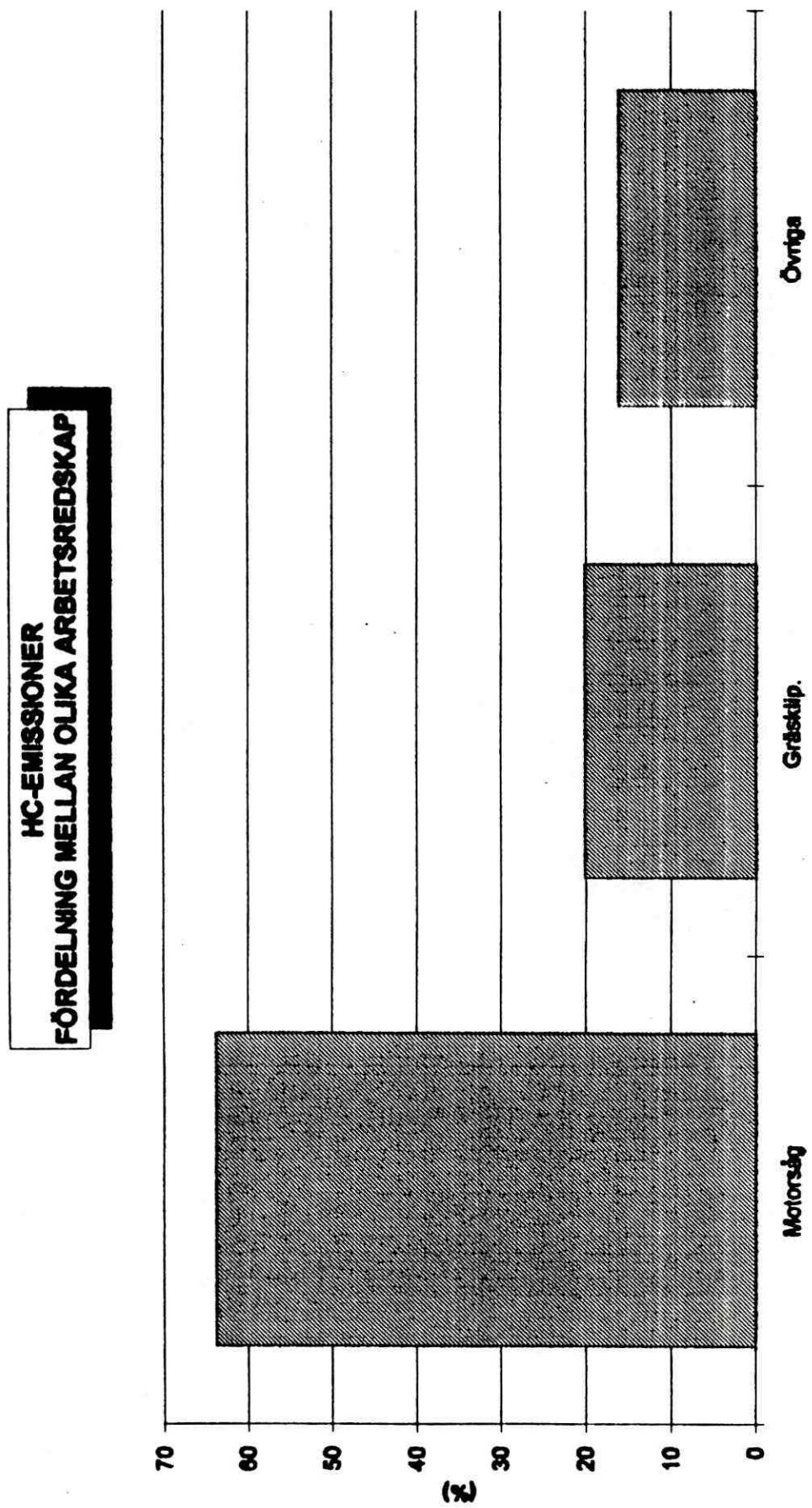
FÖRDELNING AV EMISSIONER FRÅN ARBETSREDSKAP ENLIGT NATURVÄRDSVERKETS RAPPORT

DIESELDREVNA ARBETSMASKINER	HC (%)	CO (%)	NOx (%)	Pm (%)
Kompressorer	1,7	1,3	15,1	13,1
Generatoraggregat	3,2	2,2	25,2	18,3
Pumpaggregat	0,2	0,1	1,2	1,2
Bornaggregat, produktion	0,4	0,3	3,6	2,7
Bornaggregat, geotekn.	0,1	0	0,4	0,3
Pålningsmaskiner	0,1	0,1	1,5	0,9
Stenkrossar	0,9	0,7	9,4	5,8
Sorteringsverk	0,1	0	0,6	0,5
Vältar, bogserade	0,1	0	0,6	0,5
Vibratorplattor/stamp	0,3	0,2	2,2	2
Kedjegrävare/kabelplog	0	0	0,1	0,2
Betongsäg	0,1	0,1	0,6	0,6
Högtryckstvättaggregat	0	0	0	0
Personhytter	0,1	0,1	1,1	0,8
Sopmaskin, påmonterad	0,1	0,1	1	0,8
Sopmaskin, självglödande	0,1	0,1	0,7	0,6
Gräsklippare, åkbar	0,7	0,5	6,1	4,6
Flixbuggar	0,3	0,2	2,8	1,7
Kylaggregat, fjärr	1,3	1	9,4	8,2
Frysaggregat, fjärr	0,7	0,6	5,5	4,9
Kylaggregat, distr	0,4	0,4	3,3	2,9
BENSINMOTORDREVNA ARBETSREDSKAP	HC (%)	CO (%)	NOx (%)	Pm (%)
Generatoraggregat	1,1	3,1	0,4	0,3
Pumpaggregat	0,4	1,2	0,2	0,2
Handbornaggregat	0,7	0,2	0	0,2
Vibratorplattor/Stamp	0,4	1,2	0,2	0,2
Kedjegrävare/kabelplog	0,2	0,4	0,1	0
Motorcup	0,3	0,1	0	0,2
Högtryckstvättaggregat	0	0	0	0
Minidumper	0,1	0,2	0	0
Sopmaskin, självglödande	0,1	0,3	0	0
Gräsklippare, åkbar	15,8	43,6	5,5	4,9
Gräsklippare, handledd	4,3	11,8	1,5	1,4
Hilicksax/trimmers	1,1	0,4	0	0,3
Jordfräs	0,2	0,6	0,1	0
Snöslunga	0,6	1,6	0,2	0,2
Motorsäg, yrkesmässig	50,2	22,1	0,8	18,3
Motorsäg, fritid	2,3	0,8	0	0,6
Röjsäg	11,3	4,1	0,2	3,5

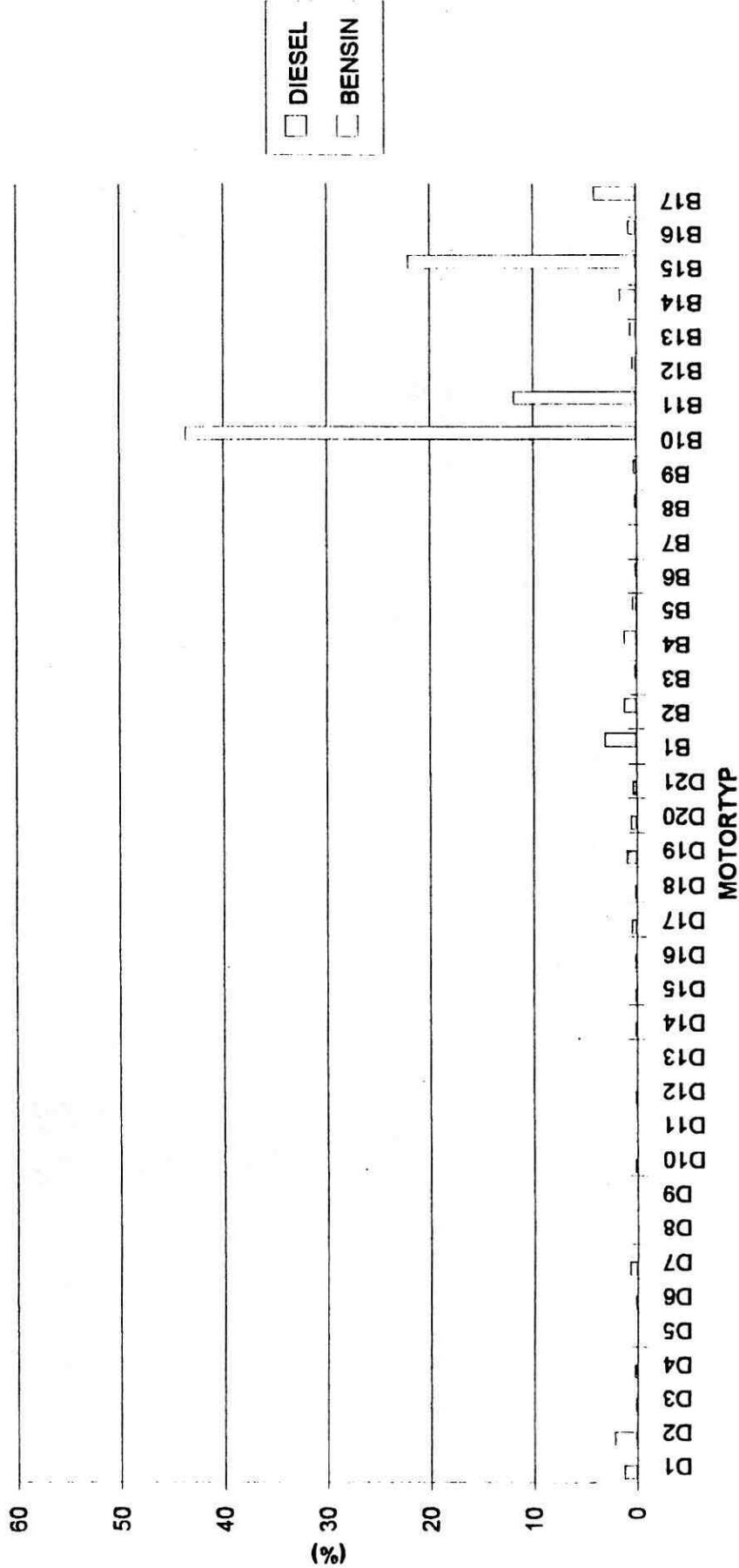
**HC-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLICKA ARBETSREDSKAP**



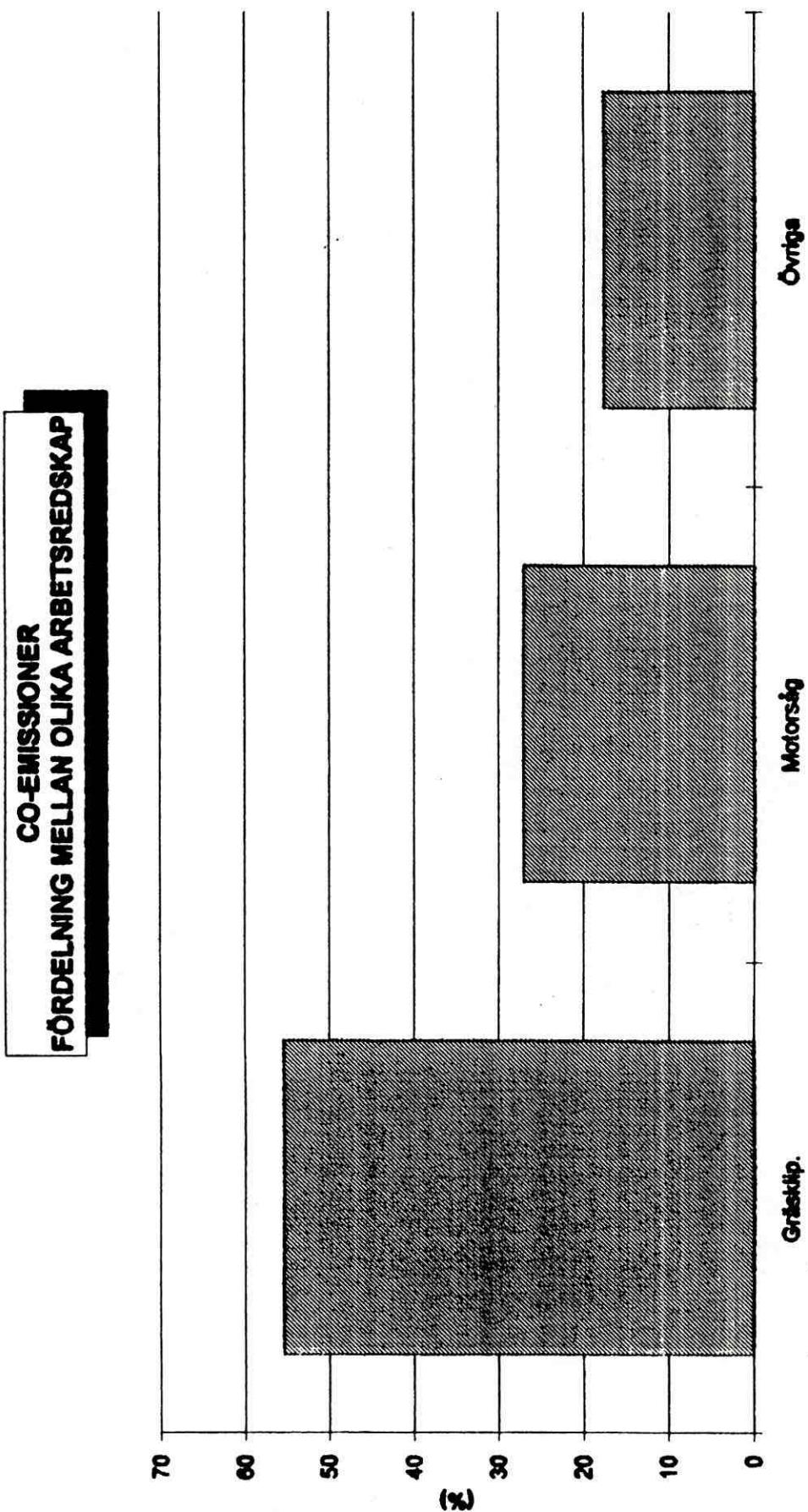
Diagram



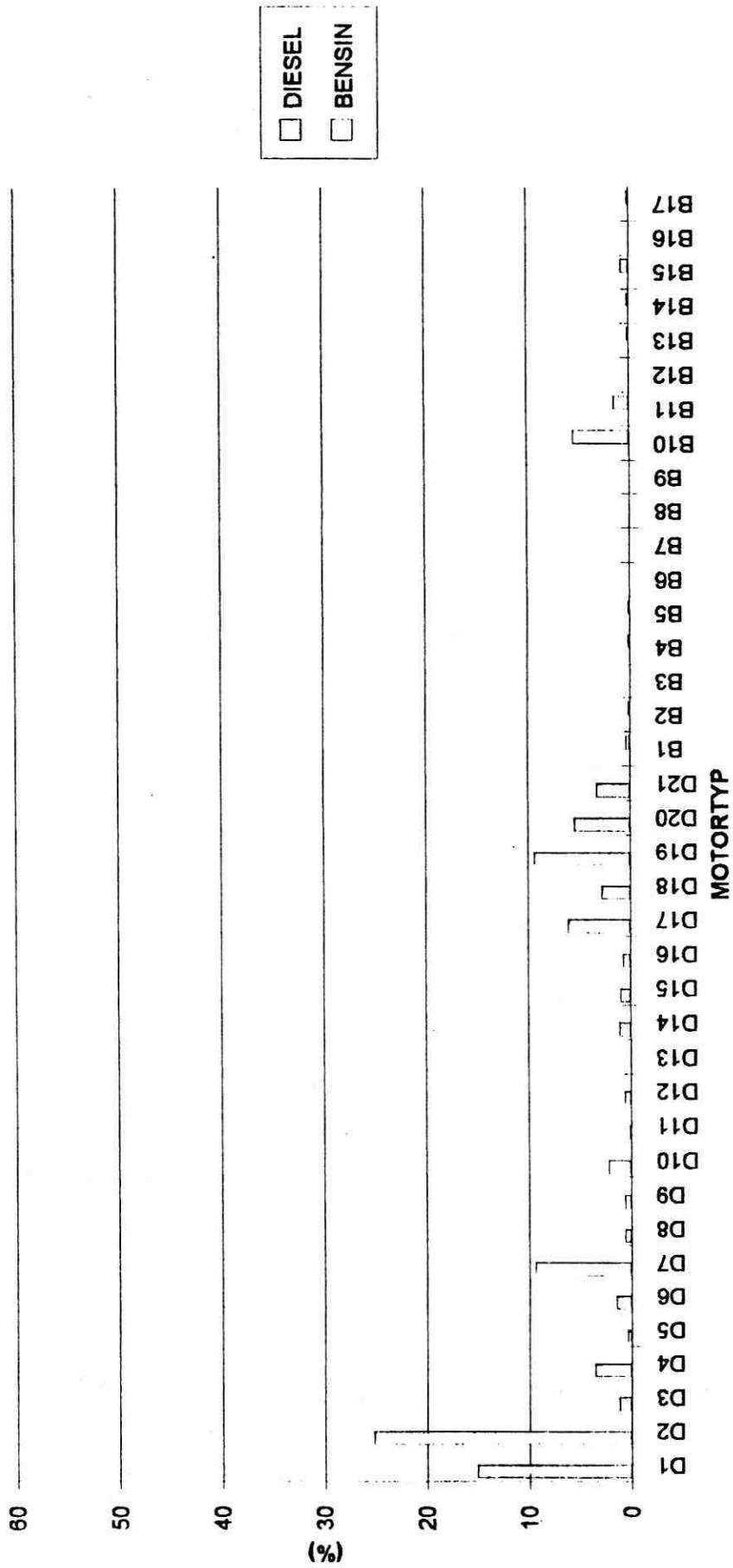
**CO-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLika ARBETSREDSKAP**



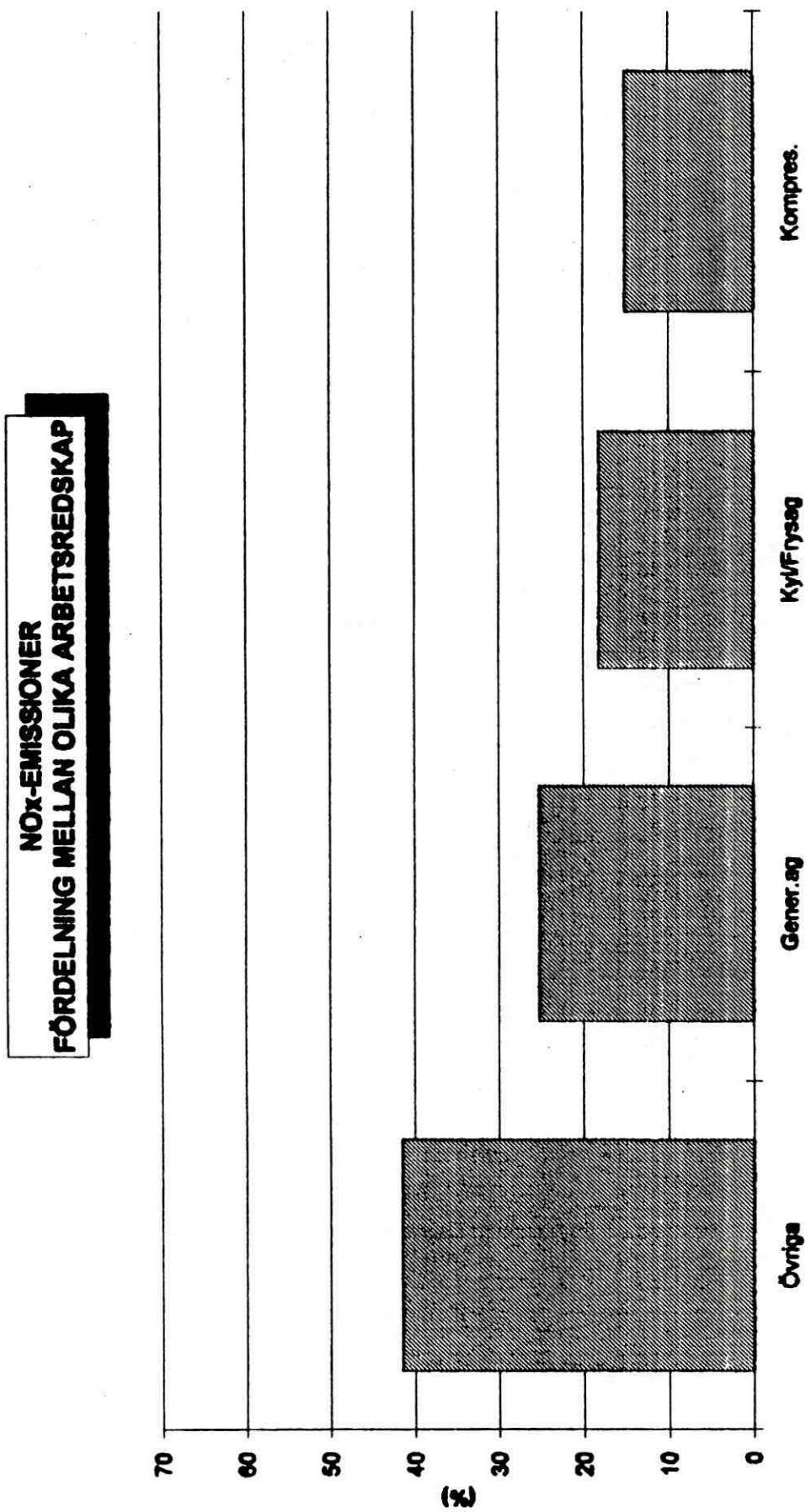
Diagram



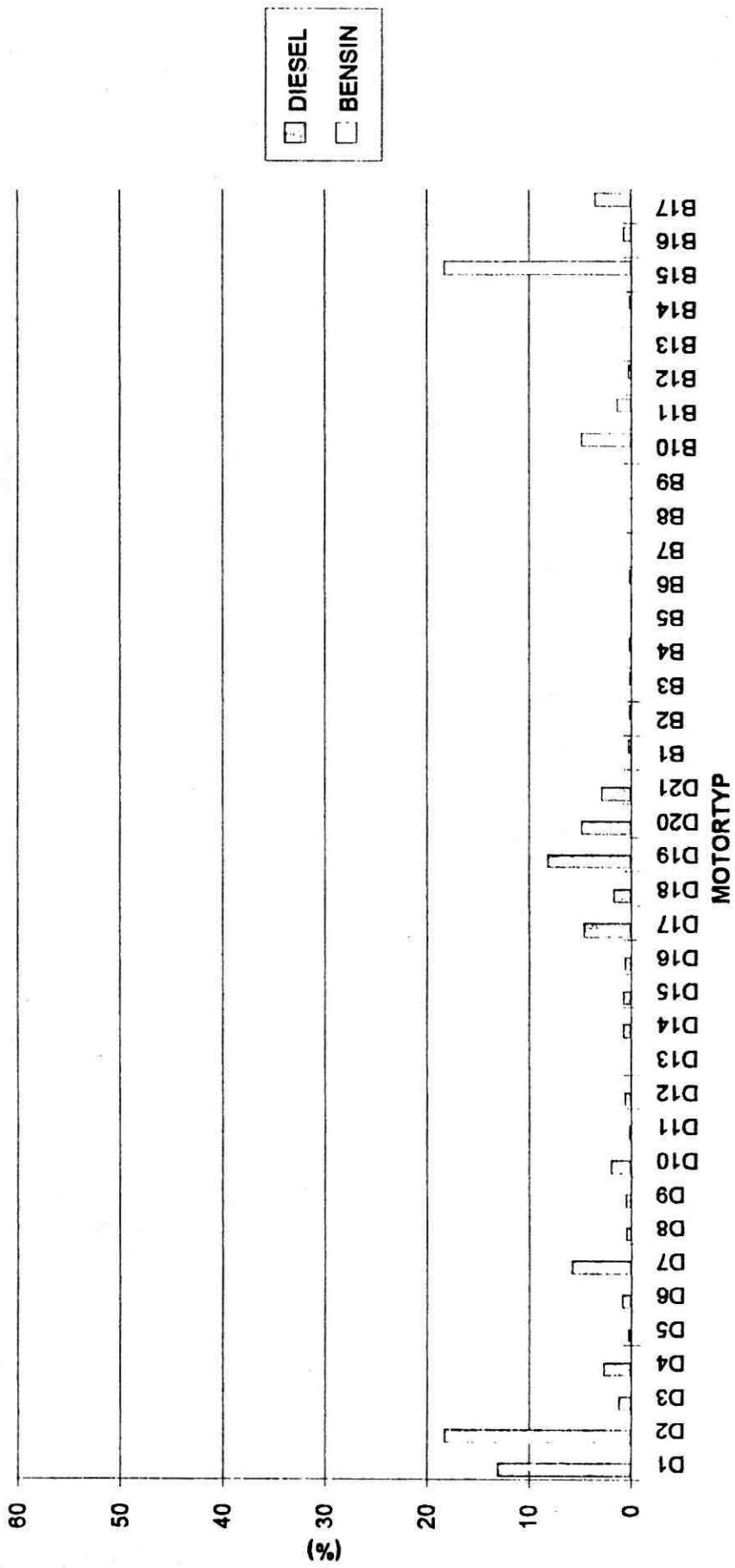
**NOx-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLIKA ARBETSREDSKAP**



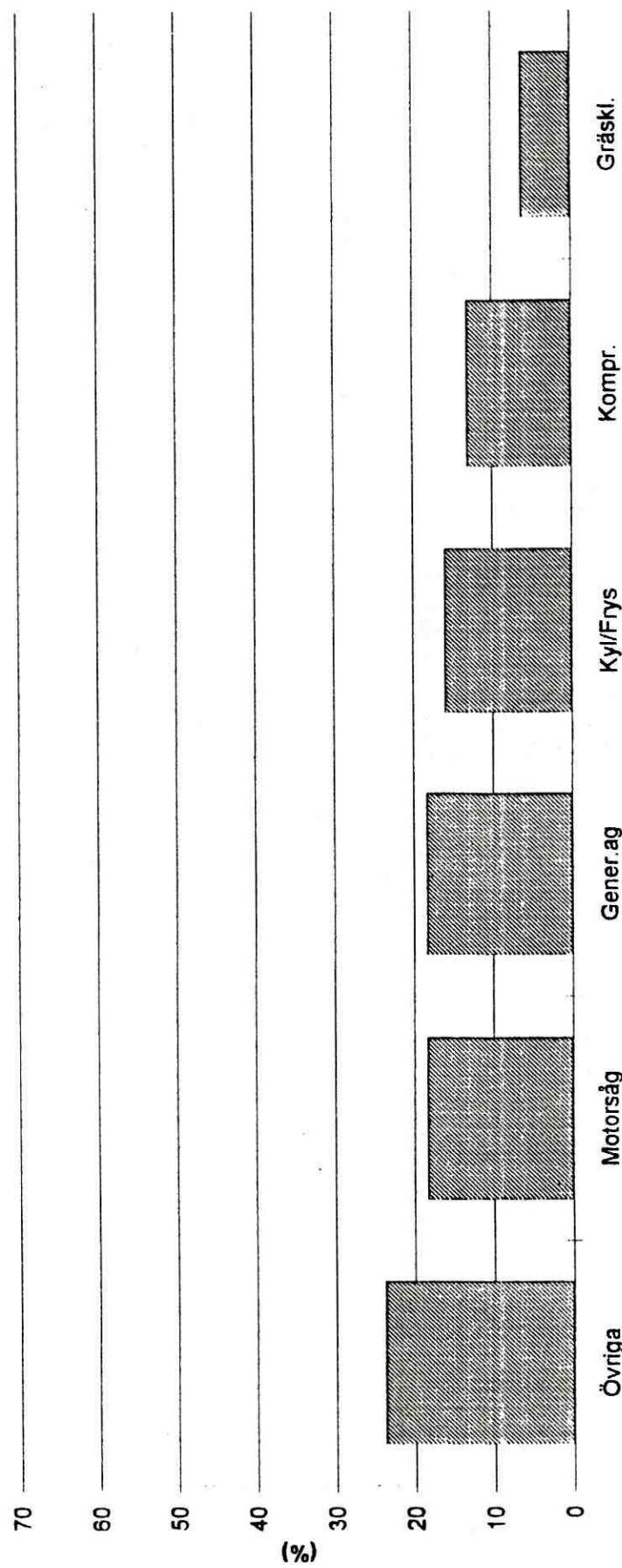
Diagram



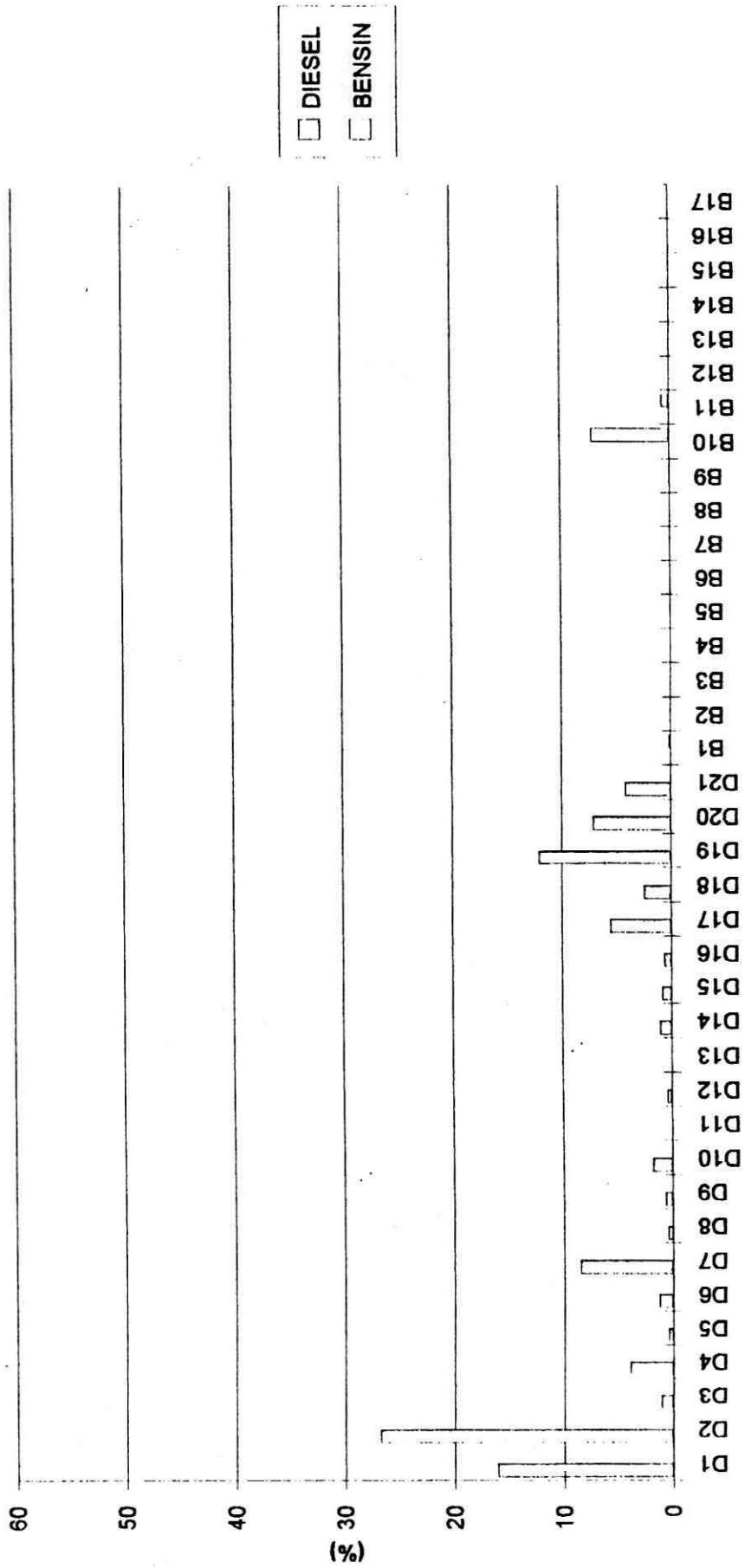
PARTIKULAT-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLICKA ARBETSREDSKAP



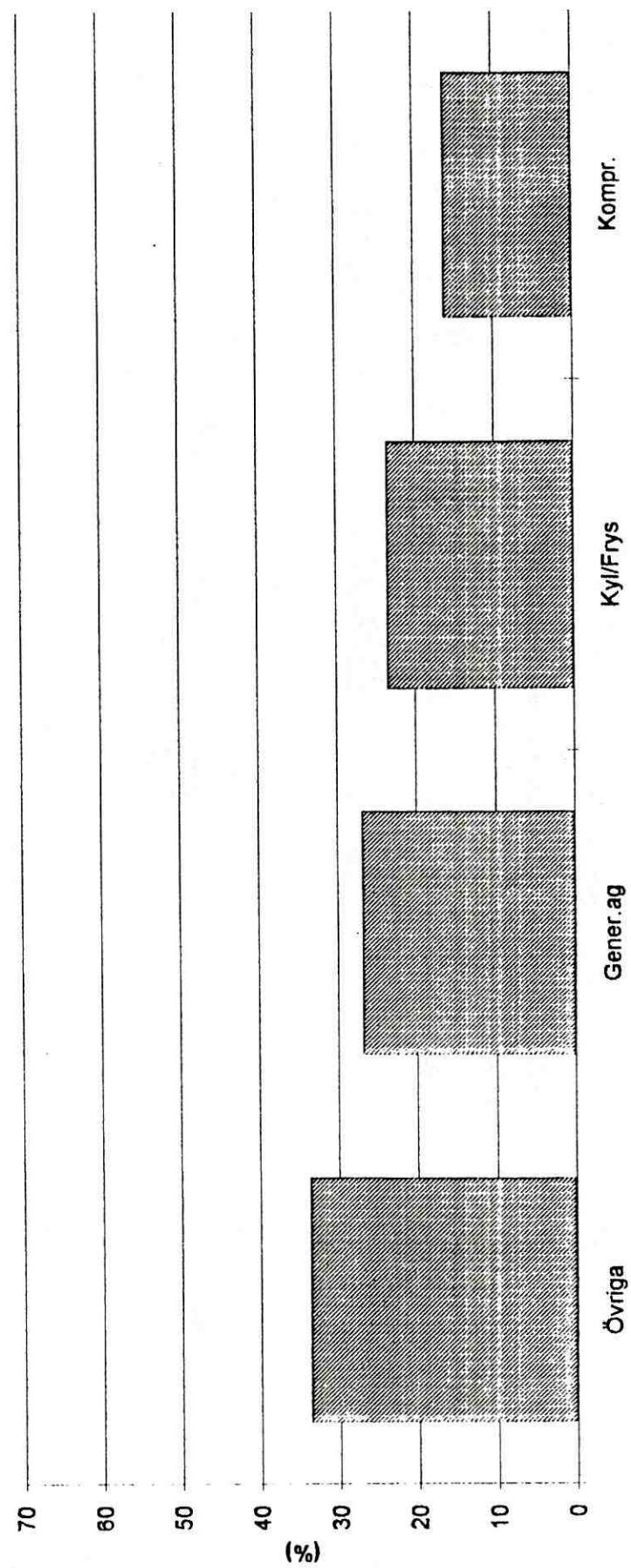
**PARTIKULAT-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLIKA ARBETSRÄDSKAP**



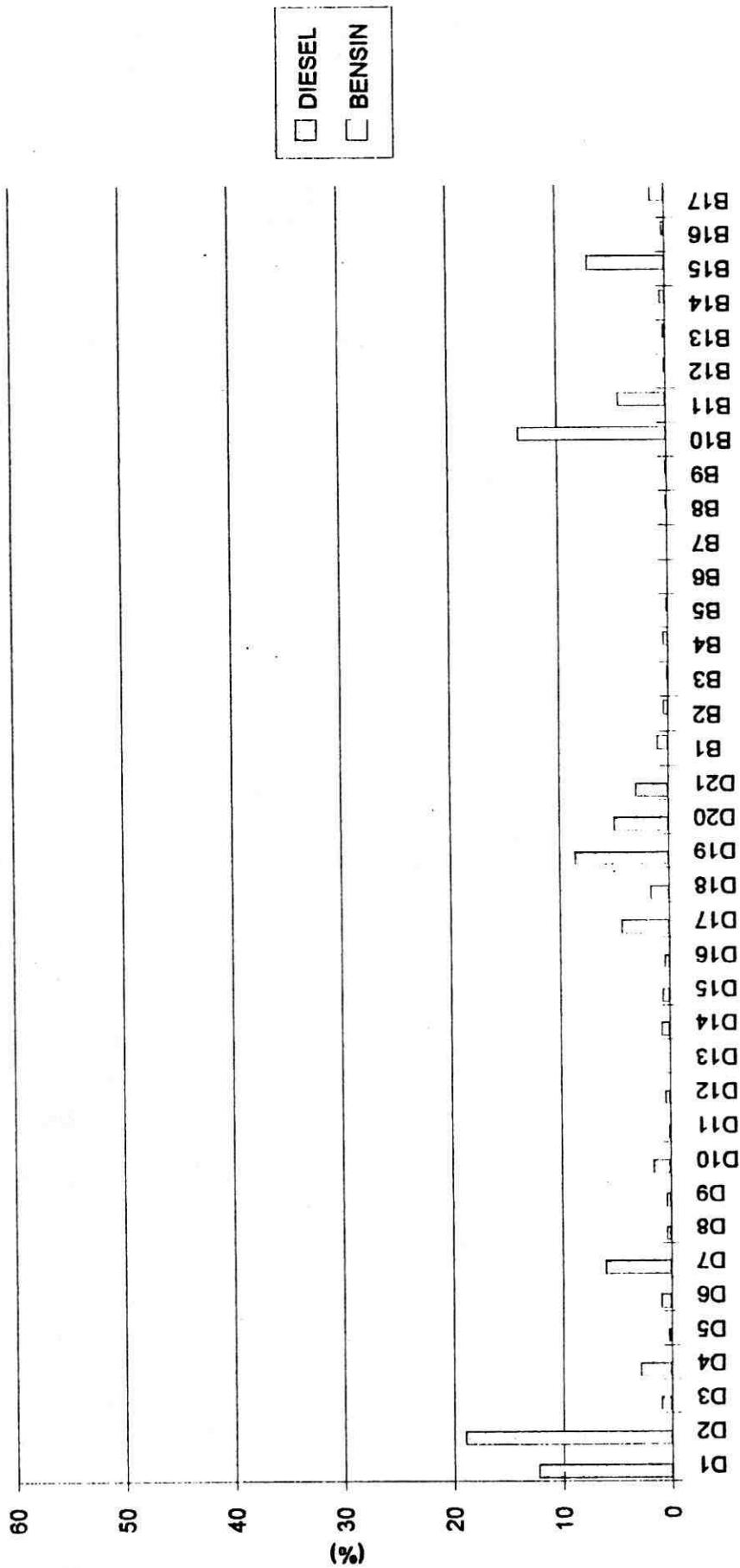
SO₂-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLika ARBETSREDSKAP



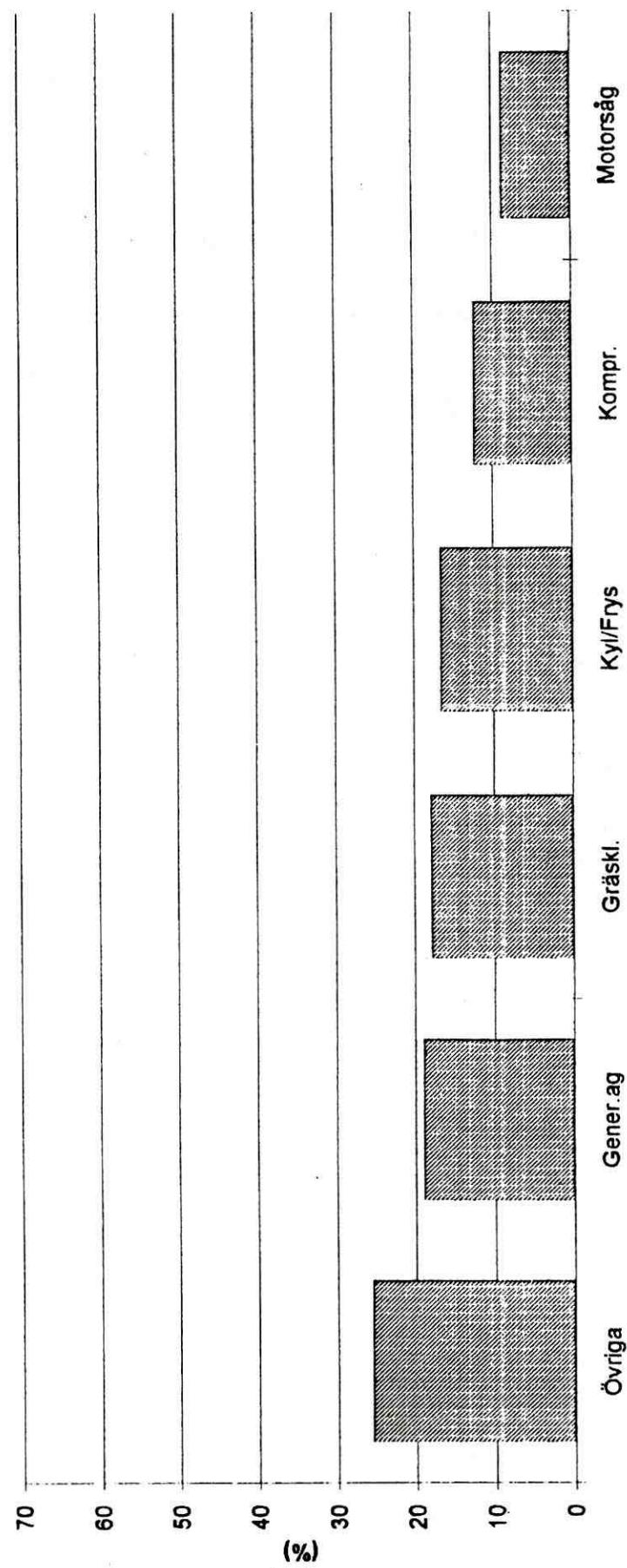
SO₂ - EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLIKA ARBETSREDSKAP



**CO₂-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLika MOTORER**



**CO₂ - EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLIKA ARBETSREDSKAP**

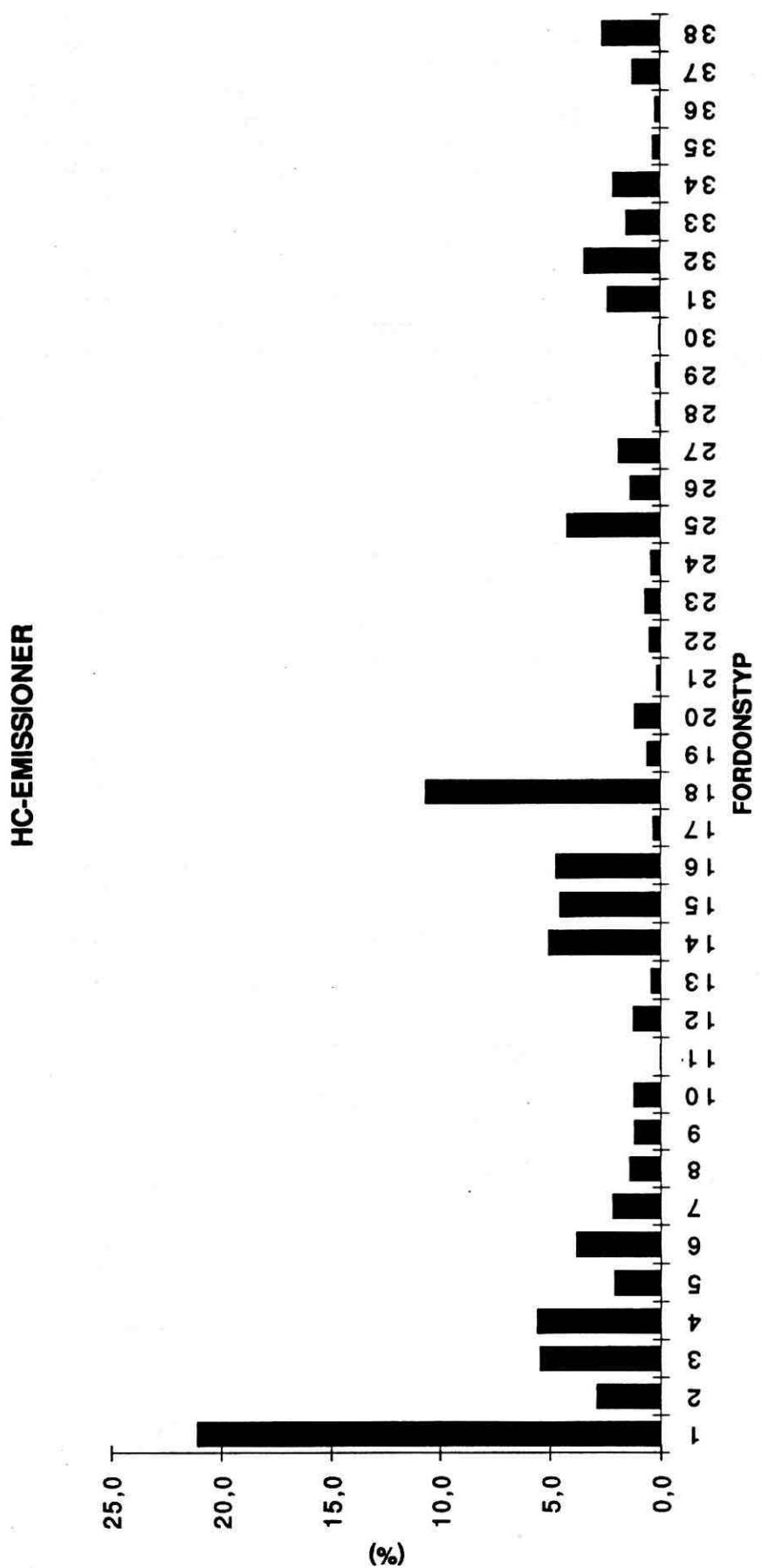


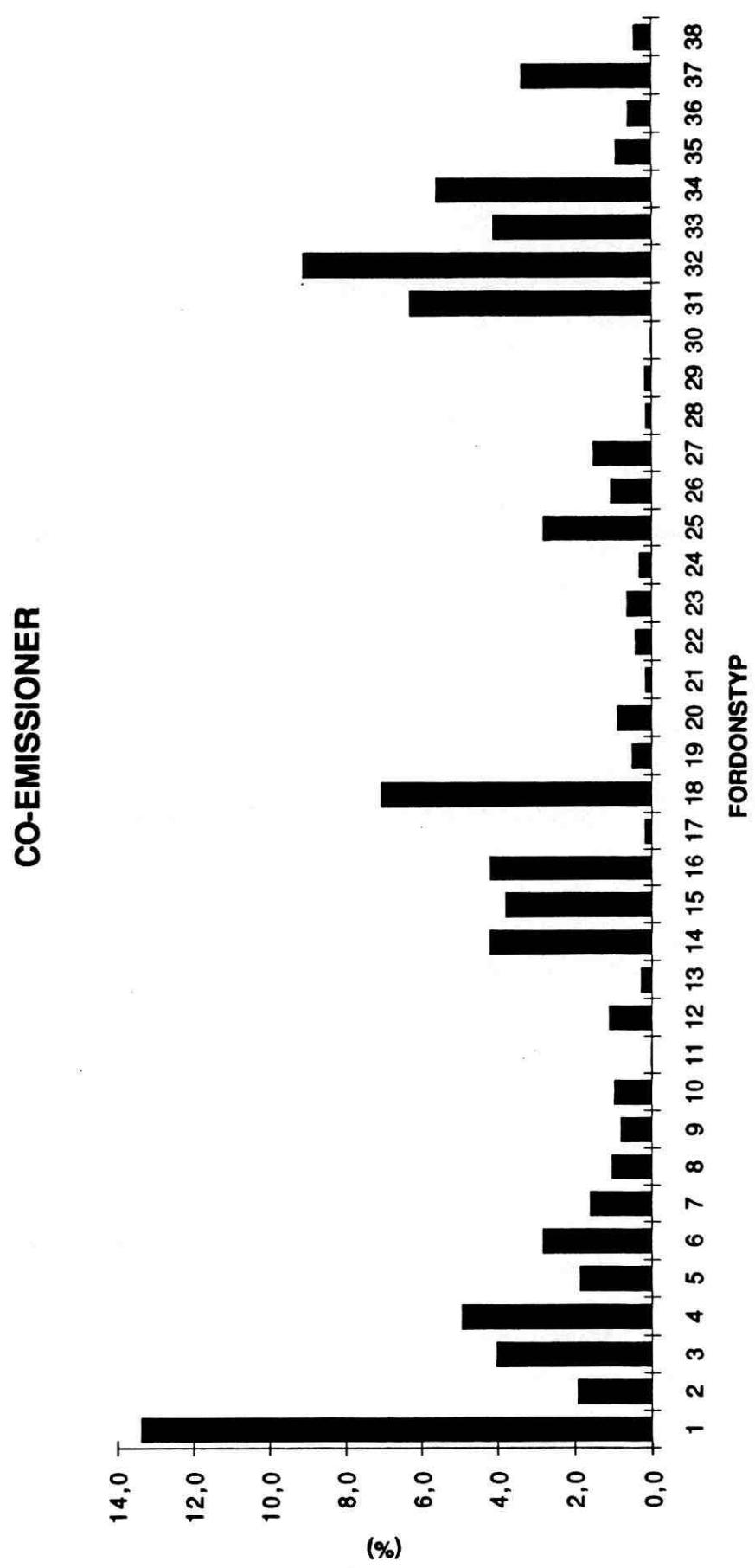
BILAGA 4

FÖRDELNING AV EMISSIONER FRÅN ARBETSFORDON ENLIGT NATURVÅRDSVERKETS RAPPORT

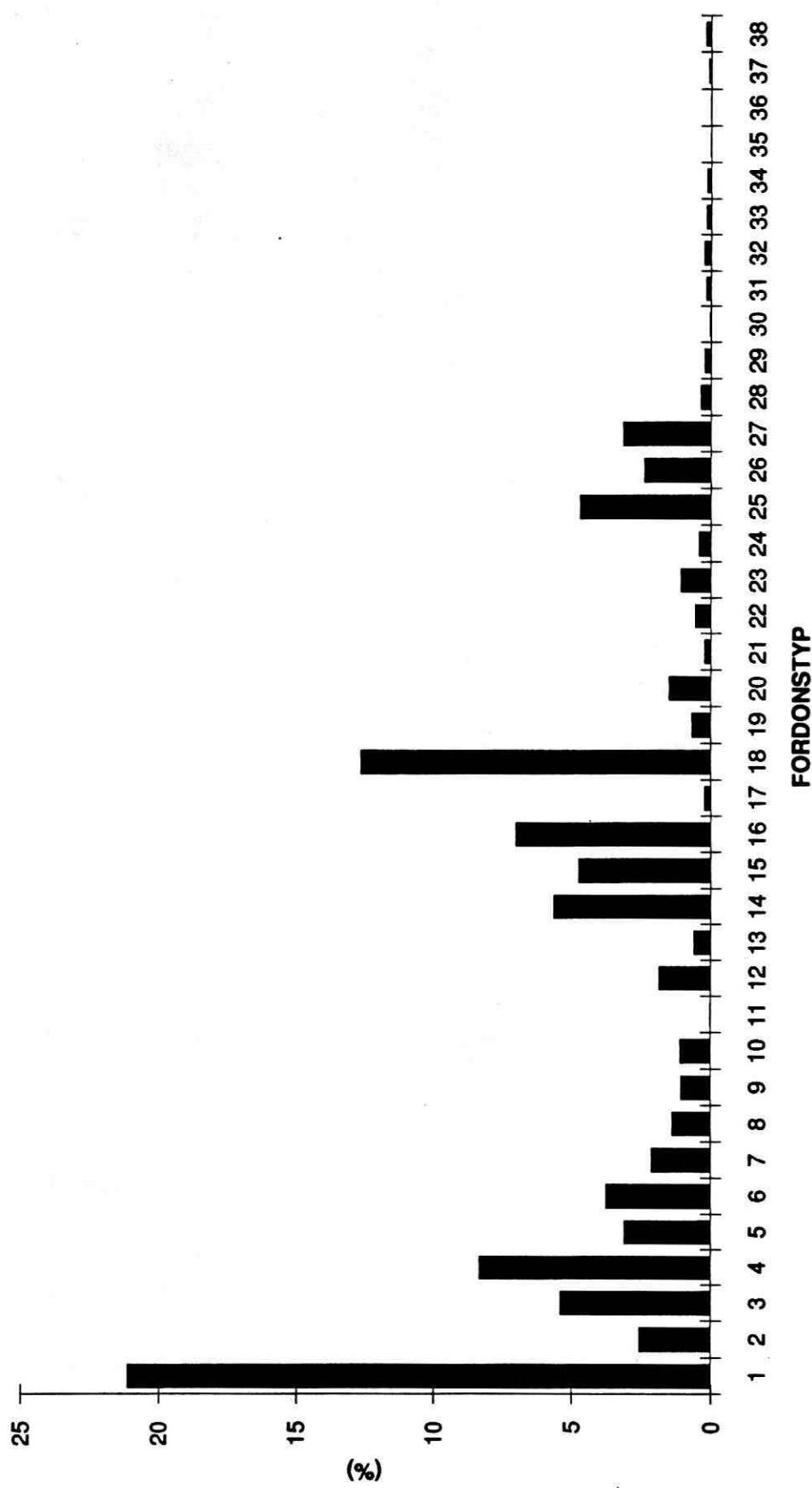
Emissionsförd

DIESELDREVNA ARBETSFORDON		HC (%)	CO (%)	NOx (%)	PARTIKLAR (%)	SO2 (%)	CO2 (%)
TRAKTORER							
Jordbruk							
1. traktor	21,1	13,4	21,1	25,5	21,2	20,8	
2. skördetröskor	2,9	1,9	2,6	3,4	2,6	2,6	
Skogsbruk							
3. traktor	5,5	4,0	5,4	6,3	5,5	5,4	
4. skördare	5,6	5,0	8,3	6,5	8,5	8,0	
5. skotare	2,1	1,9	3,1	2,4	3,2	3,0	
Övriga							
6. ind. o verkst.	3,8	2,8	3,8	4,4	3,9	3,8	
7. samh.service	2,2	1,6	2,2	1,7	2,2	2,2	
8. åkeri	1,4	1,0	1,4	1,1	1,4	1,4	
9. övrigt	1,2	0,8	1,1	1,3	1,1	1,1	
10. hushållsägda	1,2	1,0	1,1	1,3	1,1	1,2	
11. minitaktor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
ENTREPRENAD							
12. Dumper	1,3	1,1	1,9	1,4	1,9	1,7	
13. Tipptruck	0,4	0,3	0,6	0,5	0,7	0,6	
14. Grävmaskin, band	5,1	4,2	5,7	5,7	5,7	5,2	
15. Grävmaskin, hjul	4,6	3,8	4,7	5,1	5,2	4,7	
16. Grävlastare	4,7	4,2	7,0	5,5	7,2	7,3	
17. Kompaktlastare	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	
18. Hjullastare	10,7	7,1	12,7	9,2	12,1	12,3	
19. Bandlast/schakt	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	
20. Väghyvel	1,2	0,9	1,5	1,5	1,5	1,5	
21. Asfaltläggare	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	
22. Vält	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	
23. Mobilkran	0,7	0,7	1,1	0,9	1,1	1,1	
LASTHANTERING							
Gaffeltruck							
24. liten	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	
25. mellan	4,2	2,8	4,7	4,4	4,8	4,9	
26. stor	1,4	1,1	2,4	1,9	2,4	2,4	
27. container	1,9	1,5	3,2	2,6	3,4	3,4	
Övrig lastahantering							
28. tung	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4	
29. medeltung	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	
TERRÄNGFORDON							
30. Bandvagn	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	
BENSINDREVNA ARBETSFORDON							
TRAKTORER							
31. Jordbruk	2,4	6,3	0,2	0,1	0,0	0,4	
32. Övriga	3,4	9,1	0,3	0,2	0,0	0,6	
33. Minitaktor	1,6	4,1	0,2	0,1	0,0	0,4	
34. Gaffeltruck	2,1	5,6	0,2	0,1	0,0	0,3	
35. Flygpltsutr	0,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,1	
TERRÄNGFORDON							
36. Bandvagn	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,1	
37. Terrängmotorfordo	1,3	3,4	0,1	0,1	0,0	0,2	
38. Terrängtraktor	2,6	0,5	0,2	0,1	0,0	0,4	

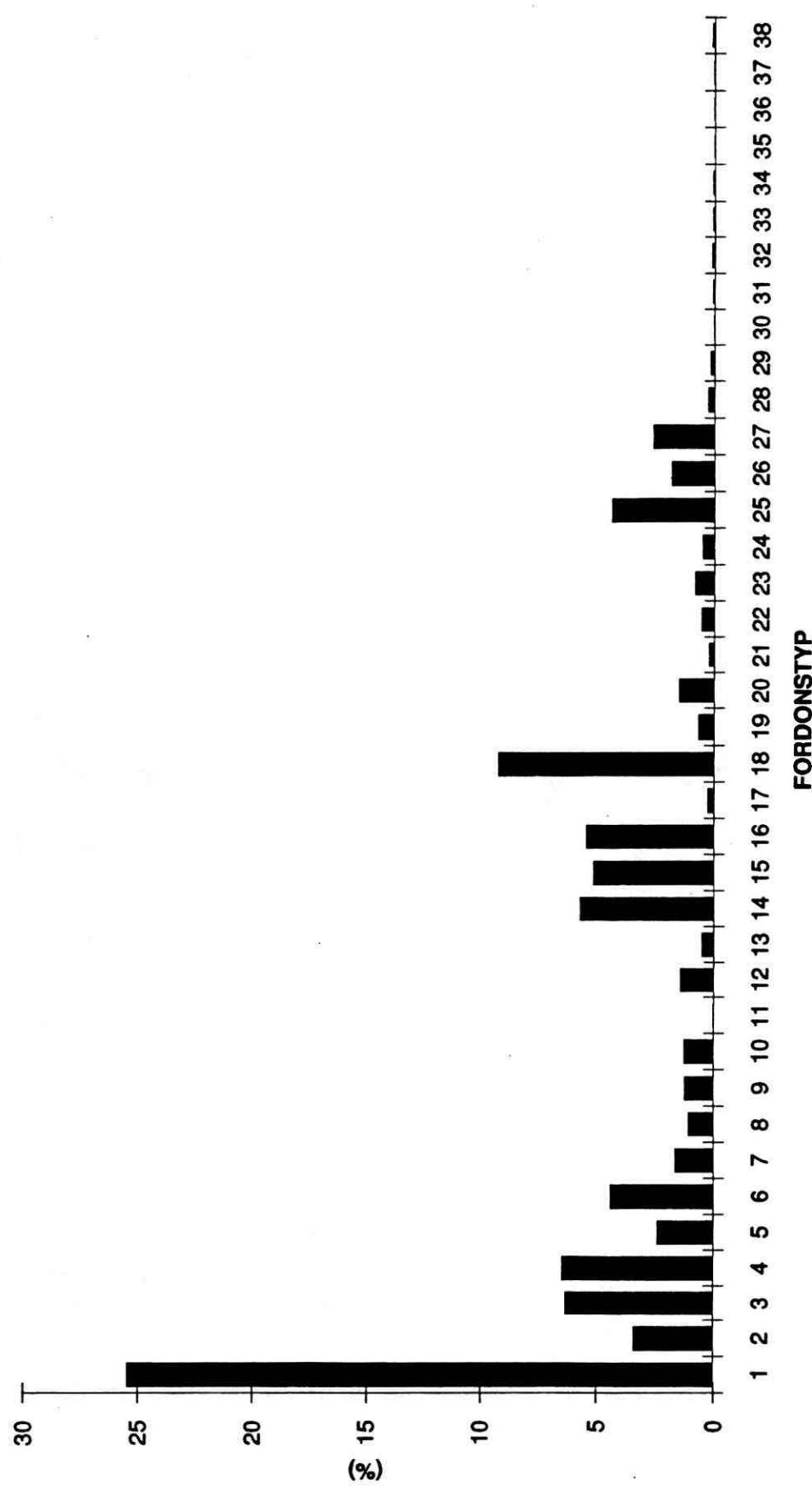




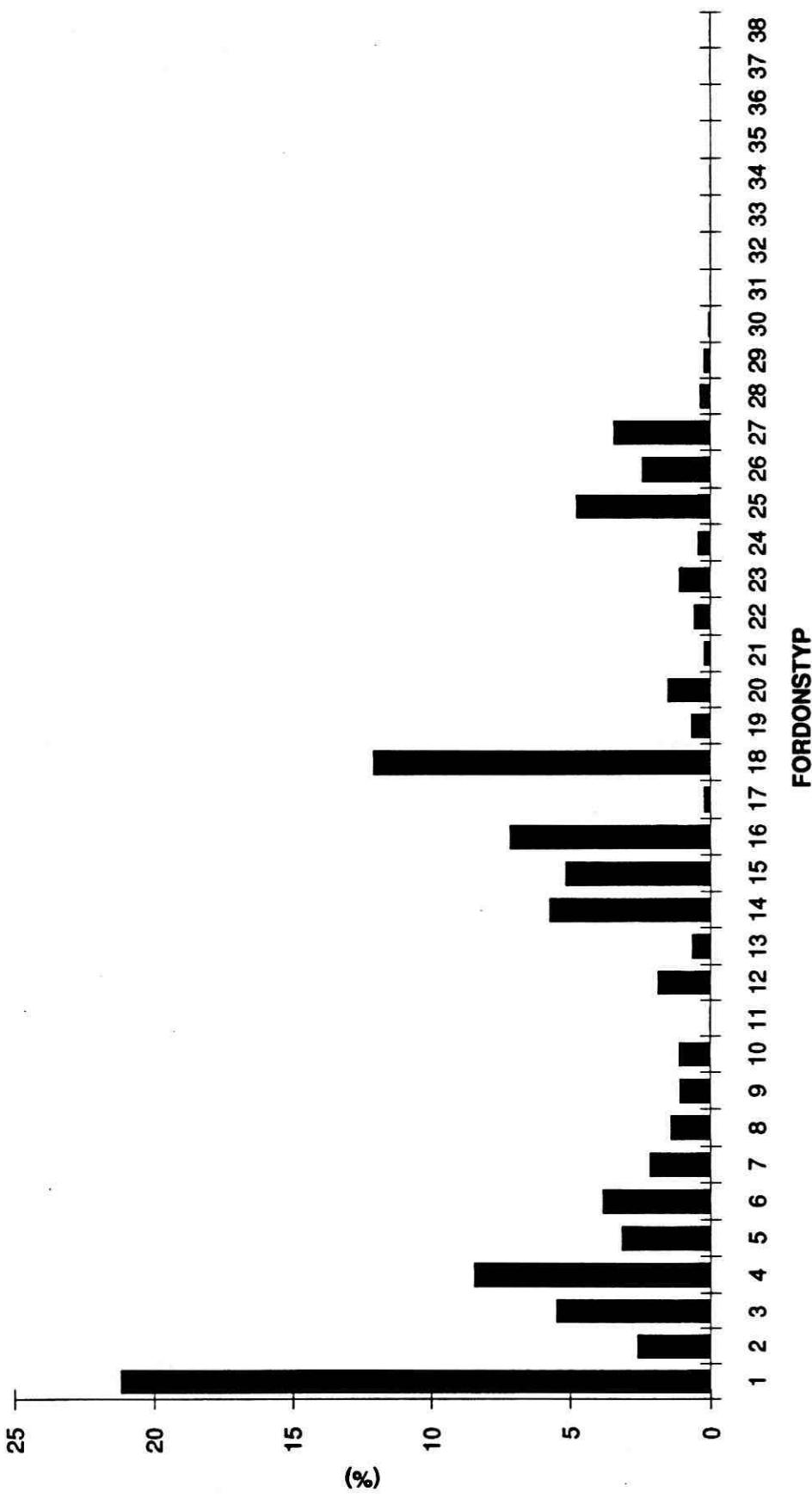
NOx-EMISSIONER

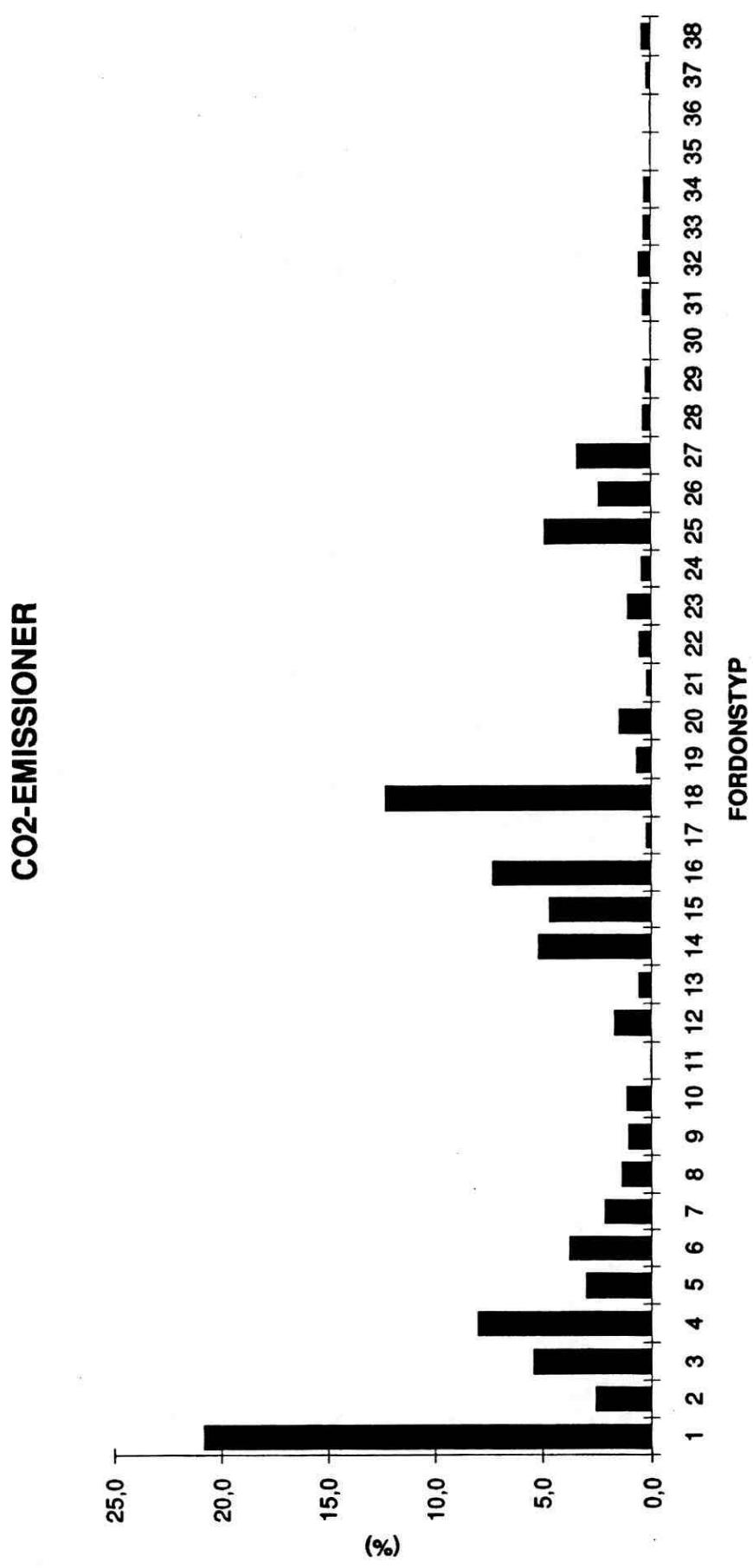


PARTIKLAR



SO₂-EMISSIONER





BILAGA 5

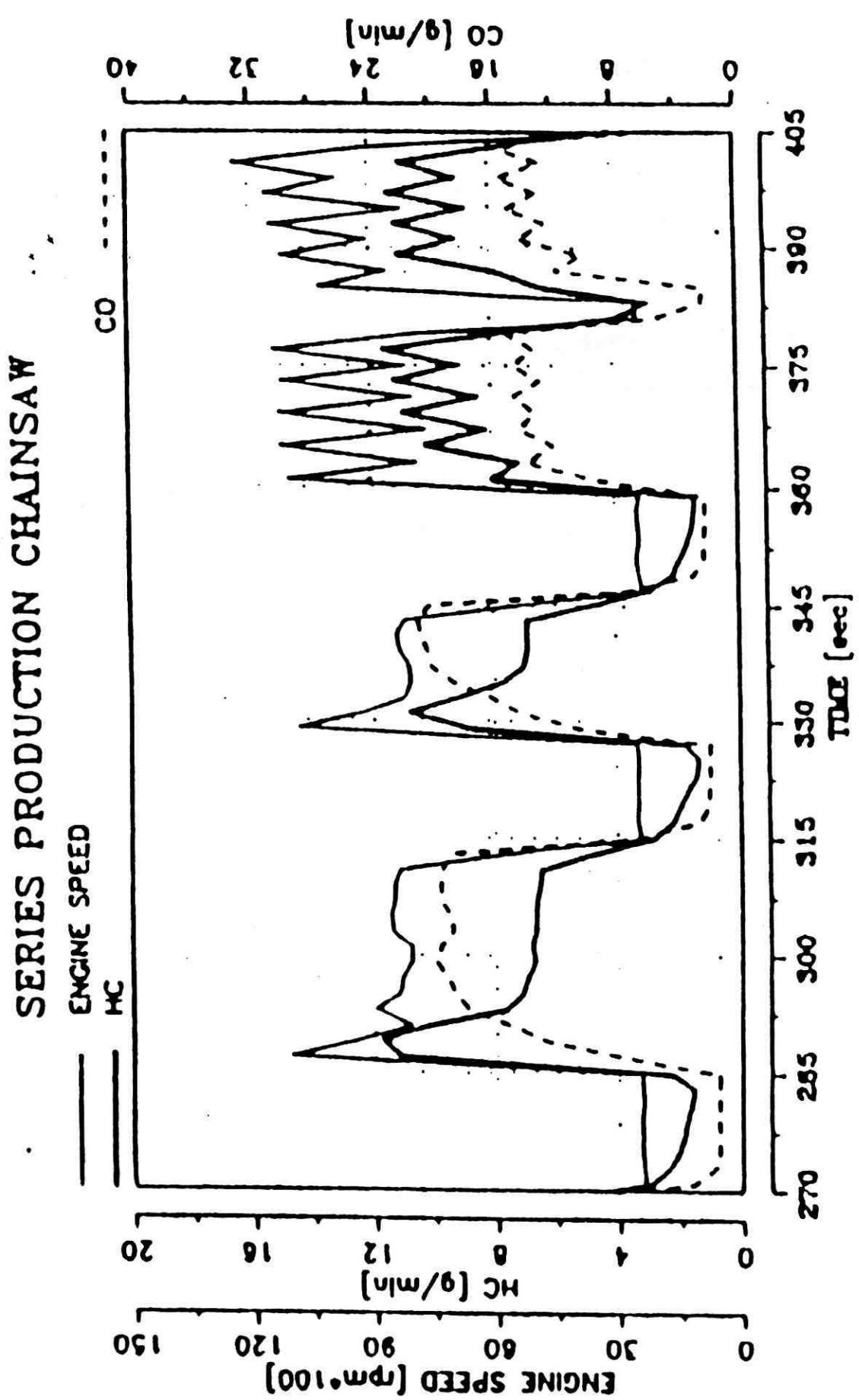


Fig.093 G.U.T.- Cycle: HC- and CO- Emission versus
Engine Speed

BILAGA 6

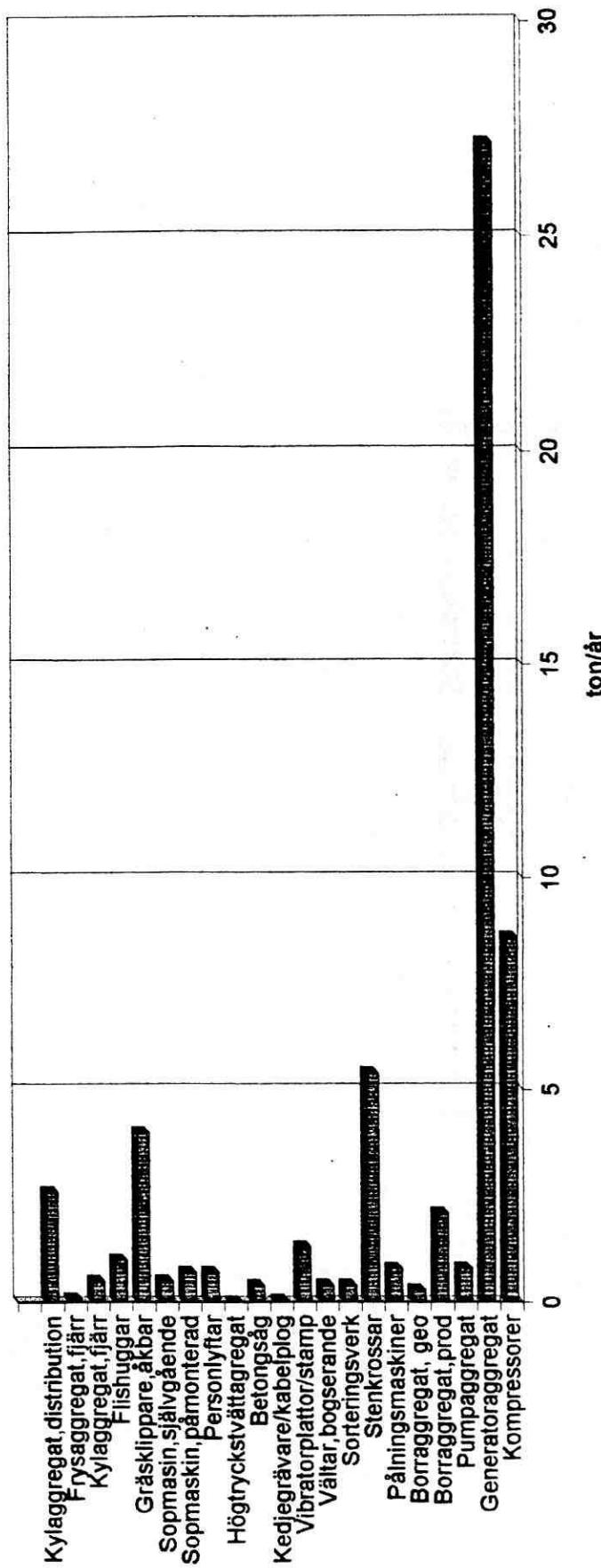
FÖRDELNING AV EMISSIONER FRÅN ARBETSREDSKAP I GÖTEBORGSREGIONEN

DIESELDRIVNA ARBETSMASKINER										BENSINDRIVNA ARBETSMASKINER													
ANTAL	DRIFTTID, hår	HC, g/h	CO, g/h	NOx, g/h	Pm, g/h	CO2, g/h	HC, Vår	CO, Vår	NOx, Vår	Pm, Vår	CO2, Vår	ANTAL	DRIFTTID, hår	HC, g/h	CO, g/h	NOx, g/h	Pm, g/h	CO2, g/h	HC, Vår	CO, Vår	NOx, Vår	Pm, Vår	CO2, Vår
Kompressori	235	800	42	120	380	36	28920	8,6	24,5	73,4	7,3	5287,7											
Generatörregel	850	1000	32	80	240	20	18000	27,2	68	204	17	13600											
Pumpregel	850	200	4,5	12,5	35	3,8	2400	0,8	2,1	6	0,8	408											
Borreg Regel, prod	23	1000	84	240	720	60	48000	2,1	6	18	1,5	1200											
Borreg Regel, geo	5	1000	51,6	144	432	36	28800	0,3	0,7	2,2	0,2	144											
Påringmaskiner	10	1000	84	240	840	60	48000	0,8	2,4	8,4	0,8	480											
Stenkrosser	20	1200	224	640	2240	160	128000	5,4	15,4	63,8	3,8	3072											
Sorteringssverk	40	400	27	76	225	18	128800	0,4	1,2	3,8	0,3	207,4											
Väller, bogserande	40	200	50,4	112	336	33,6	22400	0,4	0,9	2,7	0,27	179,2											
Vibratorplattor/stamp	425	300	10,08	28	84	8,4	5376	1,3	3,8	10,7	1,1	885,4											
Kedjegrävare/kabelplog	20	200	18,2	45	135	13,5	8640	0,06	0,2	0,5	0,05	34,8											
Belongsäg	70	500	10,6	30	90	9	5760	0,4	1	3,1	0,3	201,8											
Höghyckavältagregat	10	300	5,4	15	45	4,5	2888	0,02	0,04	0,1	0,01	8,1											
Personhytter	130	300	18	40	140	12	8860	0,7	1,6	5,5	0,5	349,4											
Sopmaskin, påmonterad	23	800	36	80	280	24	17280	0,7	1,6	5,6	0,5	346,3											
Sopmaskin, självständig	50	500	21,6	60	168	14,4	10762	0,5	1,5	4,2	0,4	268,8											
Gritsklippare, åtkvar	2000	250	8	20	70	6	4480	4	10	35	3	2240											
Flyshuggar	10	800	128	380	1350	90	72000	1	2,9	10,8	0,7	570											
Kylegrävare, jär	400	100	12,6	36	90	9	7200	0,5	1,4	3,6	0,36	283											
Flysgregel, jär	100	100	14,7	42	105	10,5	8400	0,1	0,4	1	0,1	84											
Kylegrävare, distribution	150	1500	11,76	33,6	84	8,4	6720	2,6	7,6	16,9	1,9	1512											
Summa:										57,88	153,04	471,1	40,15	31171,8									
BENSINDRIVNA ARBETSMEDSKAP																							
Generatorregel	4250	75	18	180	6	0,6	1339	5,7	67,4	1,9	0,2	426,3											
Pumpregel	1275	50	36	360	12	1,2	2676	2,3	23	0,8	0,08	170,7											
Handborreg Regel	425	25	360	1,8	9	9	2780	3,8	3,8	0,02	0,09	28,8											
Vibratorplattor/stamp	425	200	27	270	9	0,9	2120	2,3	2,3	0,8	0,08	180,2											
Kedjegrävare/kabelplog	40	200	90	300	3	0,7	7068	0,7	7,2	0,2	0,02	56,5											
Motorkap	85	250	150	200	2	5	1550	3,2	4,2	0,04	0,11	32,9											
Höghyckavältaggregat	20	50	18	180	6	0,6	1414	0,02	0,18	0,006	0,006	1,4											
Mindumper	85	300	18	180	6	0,6	1414	0,5	4,6	0,1	0,015	38											
Sopmaskin, självständig	100	200	30	300	10	1	2170	0,6	6	0,2	0,02	43,4											
Gritsklippare, åtkvar	13000	150	30	1200	16	0,25	3797	58,5	2340	31,2	0,5	7404,1											
Gritsklippare, handledd	67000	10	50	575	1,8	0,8	1562	33,5	385,2	1,2	0,04	1046,3											
Häcksav/irrmers	10000	4	46	60	0,3	1,5	465	1,8	2,4	0,01	0,08	18,6											
Jordfräs	4000	10	22,5	225	7,5	0,75	1767	0,9	9	0,3	0,03	70,7											
Söndlunga	5000	10	22,5	225	7,5	0,75	1860	1,1	11,2	0,4	0,04	93,3											
Motorreg, yttre/mässig	1250	1500	250	475	2	7,5	2232	488,8	880,1	3,8	14,1	4185											
Motorsäg, infint	25000	4	98	147	0,5	2,25	697	9,8	14,7	0,05	0,2	69,7											
Röjsäg	1900	500	112,5	180	1,5	3,75	116	106,9	142,5	1,4	3,6	110,2											
Summa:										700,42	3824,48	42,426	19,8456	13975,8									
Tot:D:B:										758,3	4077,52	513,526	6,0,2	45147,4									

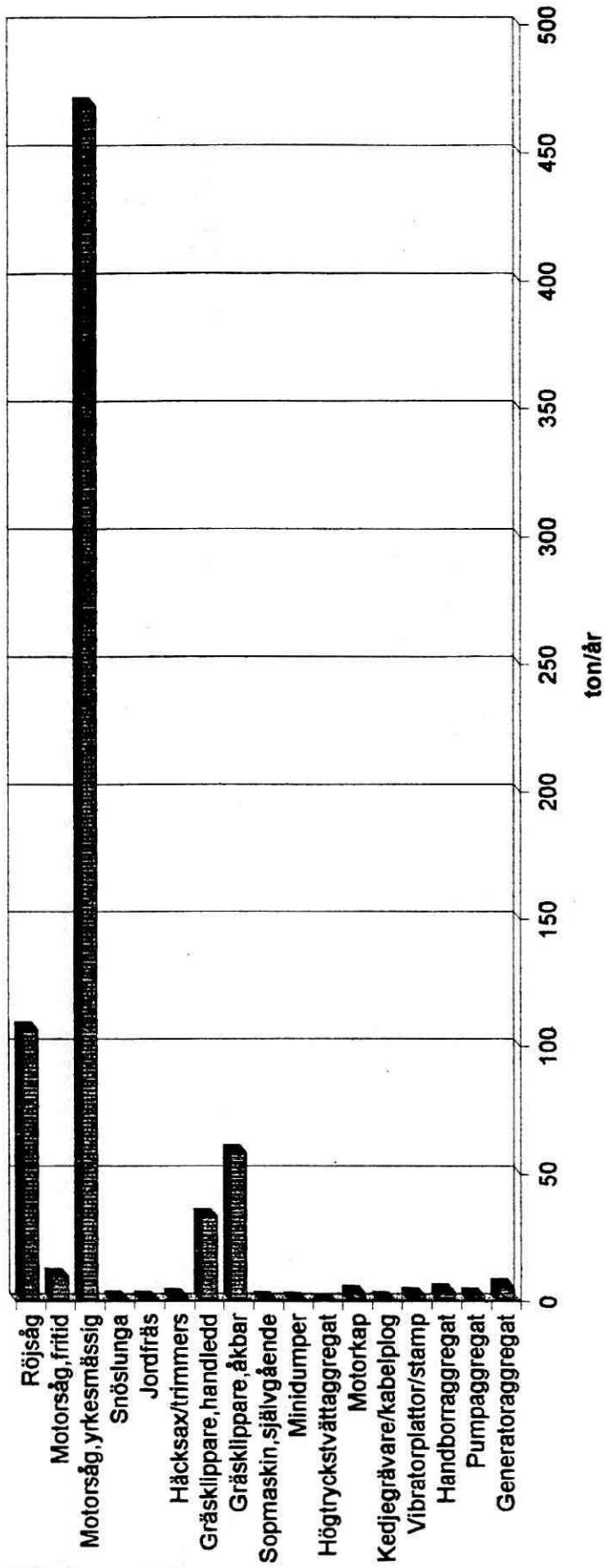
Blad2

	HC (ton/år)	CO (ton/år)	NOx (ton/år)	Pm (ton/år)	CO2 (ton/år)
Dieseldrivna arbetsmaskiner	57,88	153,04	471,1	153,05	31171,8
Bensindrivna arbetsredskap	700,42	3924,48	42,43	19,65	13975,6
Summa Diesel + Bensin	758,3	4077,52	513,53	172,69	45147,4

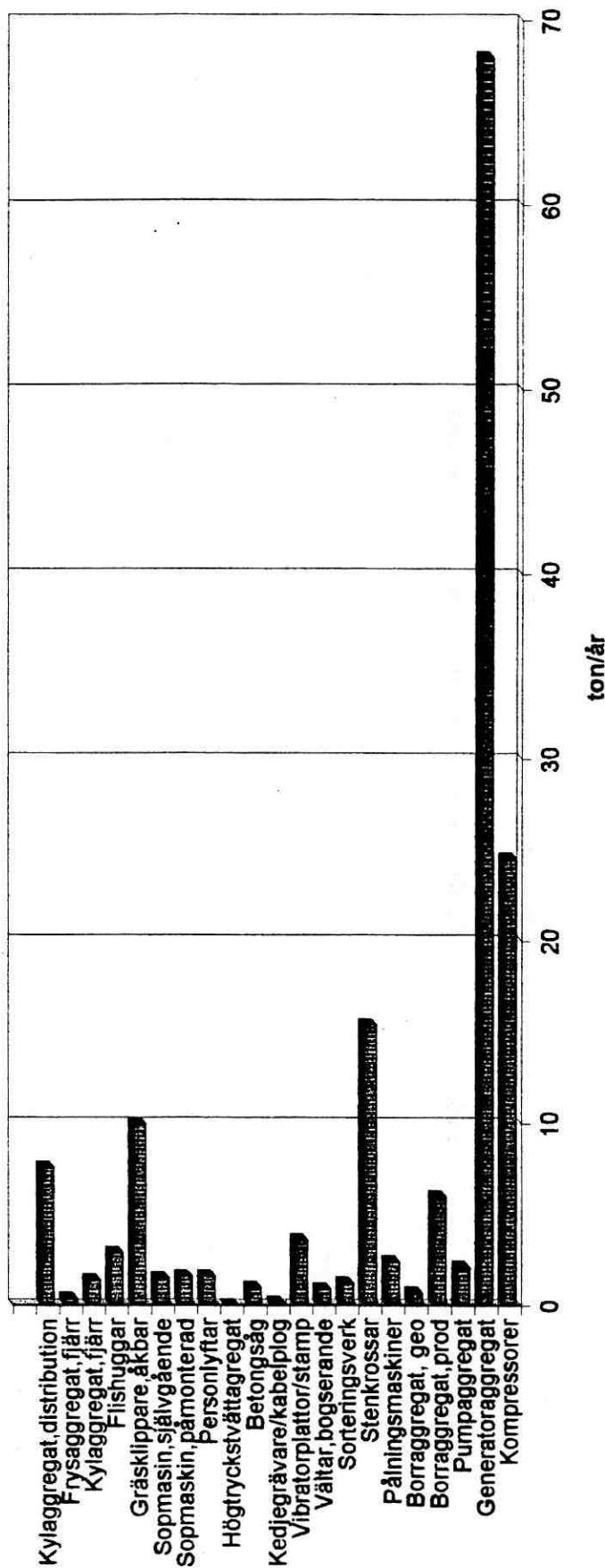
Arligt utsläpp av HC från dieseldrivna arbetsmaskiner i Göteborgsregionen



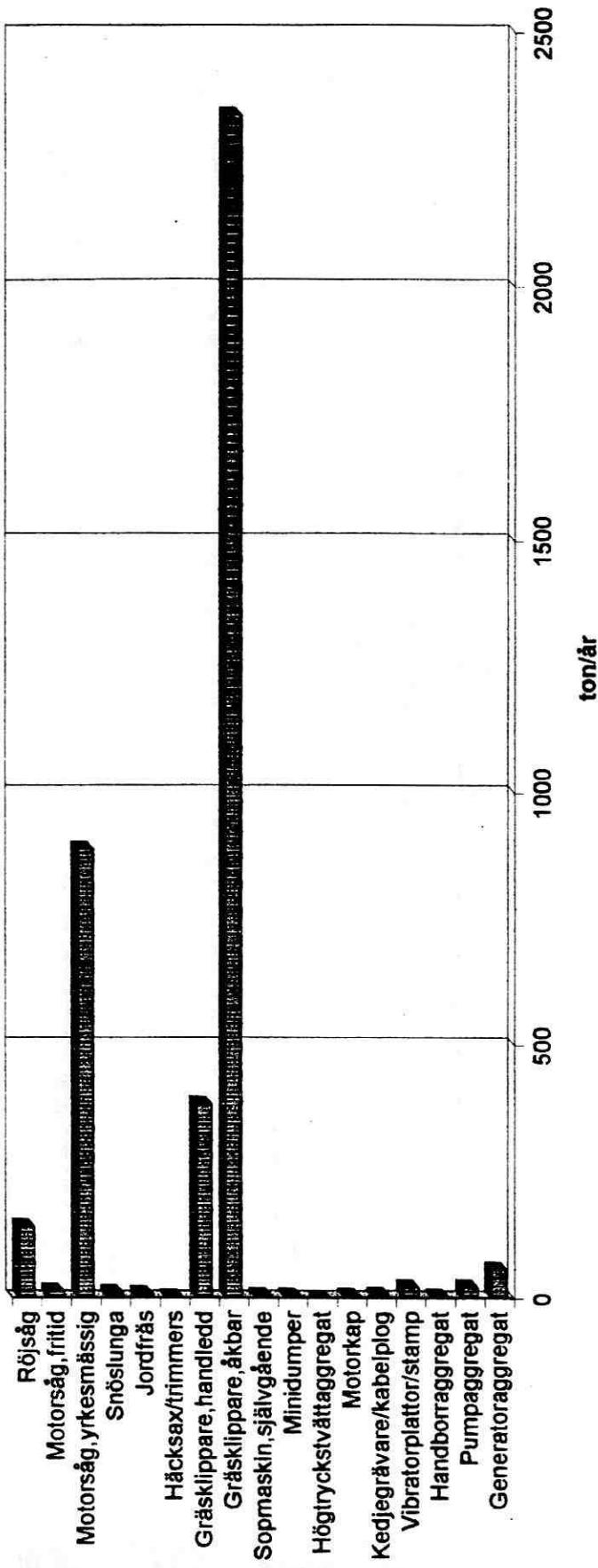
**Arligt utsläpp av HC från bensindrivna arbetsredskap
i Göteborgsregionen**



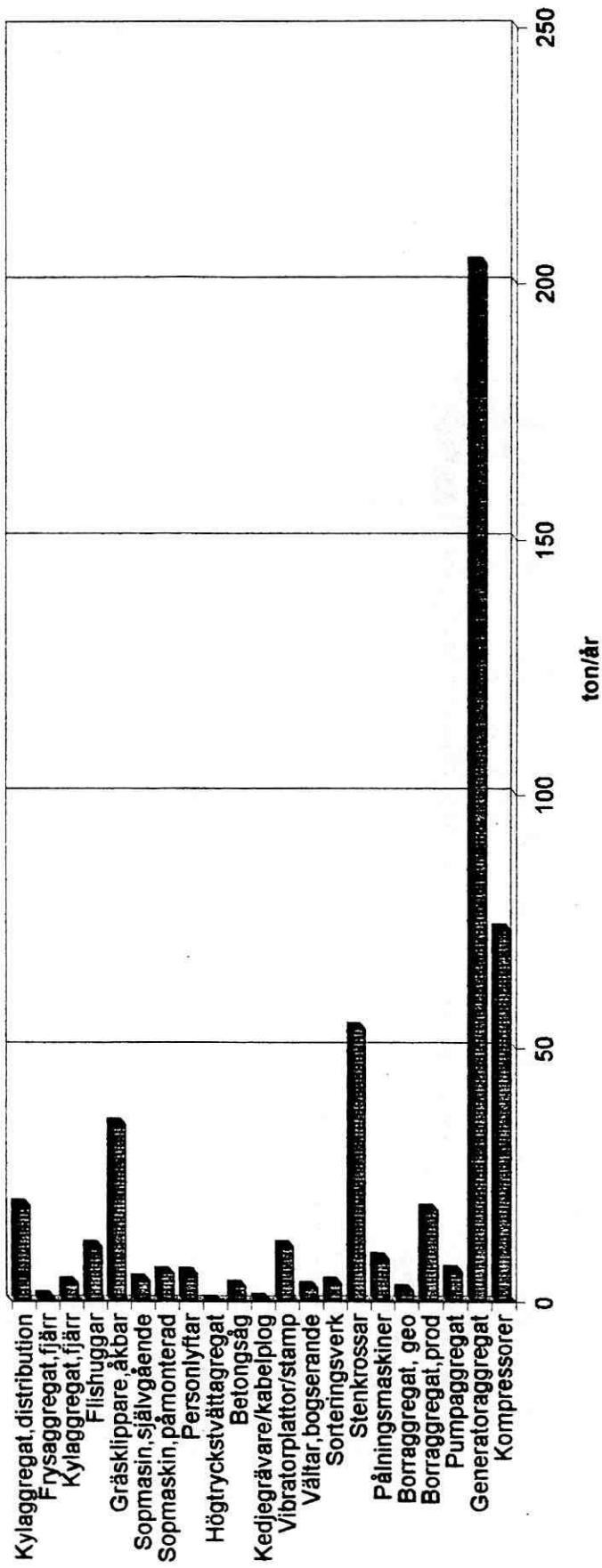
**Arligt utsläpp av CO från dieseldrivna arbetsmaskiner
i Göteborgsregionen**



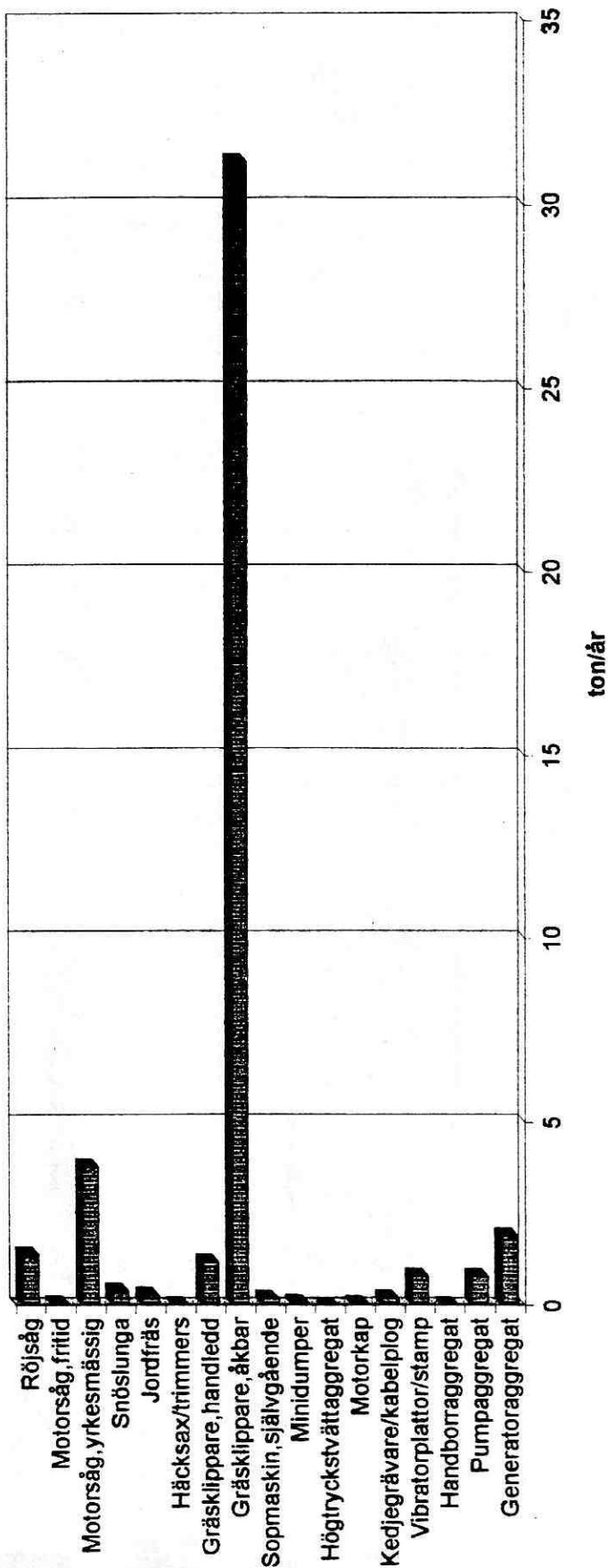
**Arligt utsläpp av CO från bensindrivna arbetsredskap
i Göteborgsregionen**



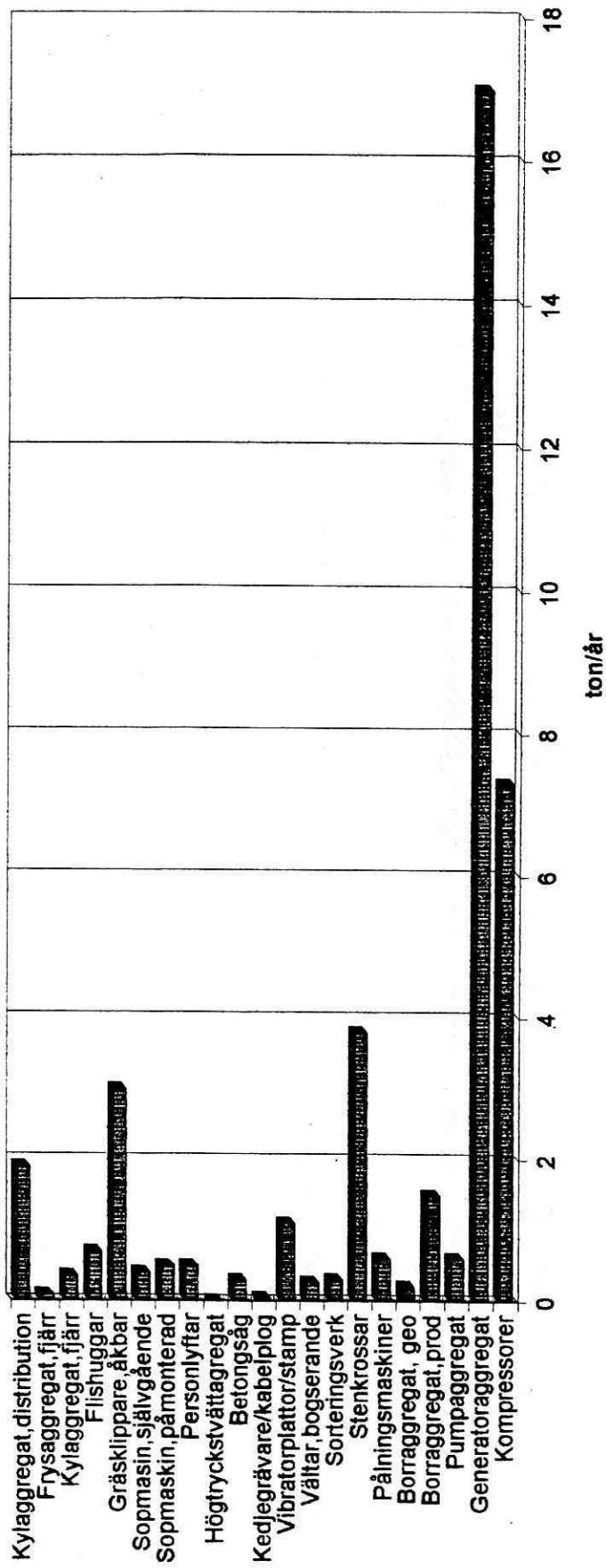
Arligt utsläpp av NOx från dieseldrivna arbetsmaskiner i Göteborgsregionen



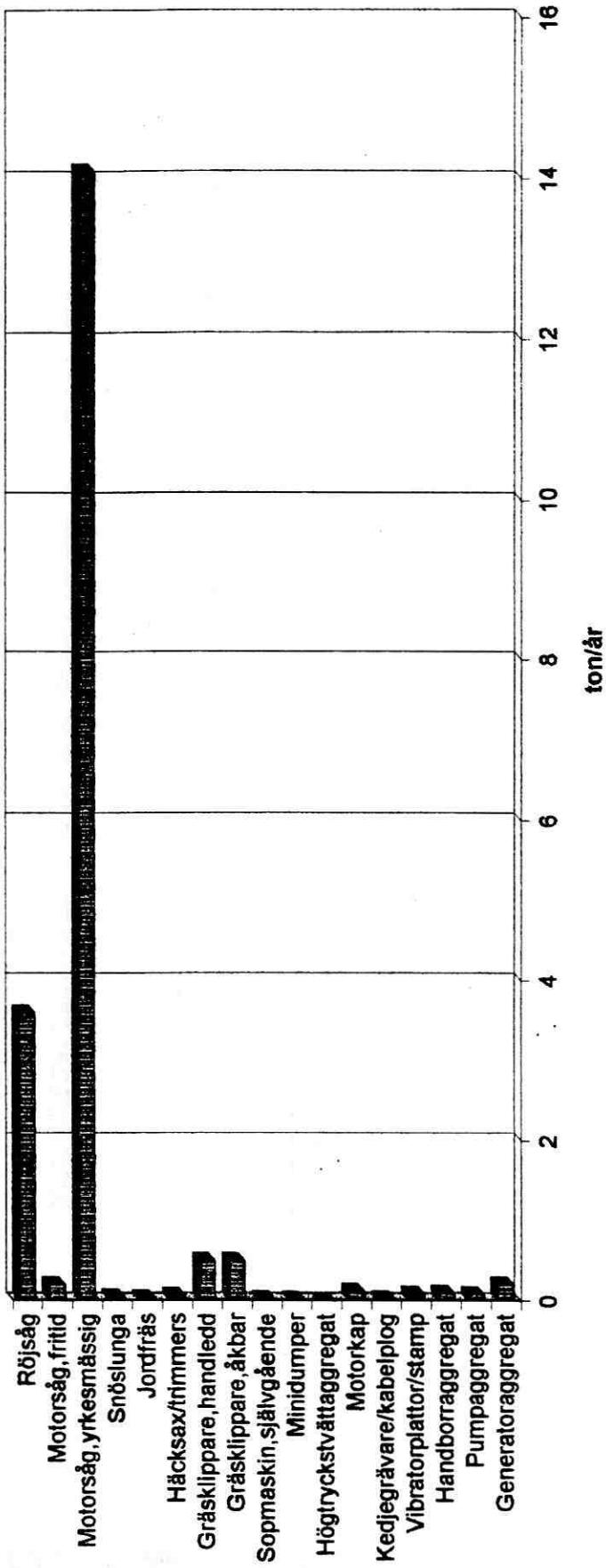
**Arligt utsläpp av NOx från bensindrivna arbetsredskap
i Göteborgsregionen**



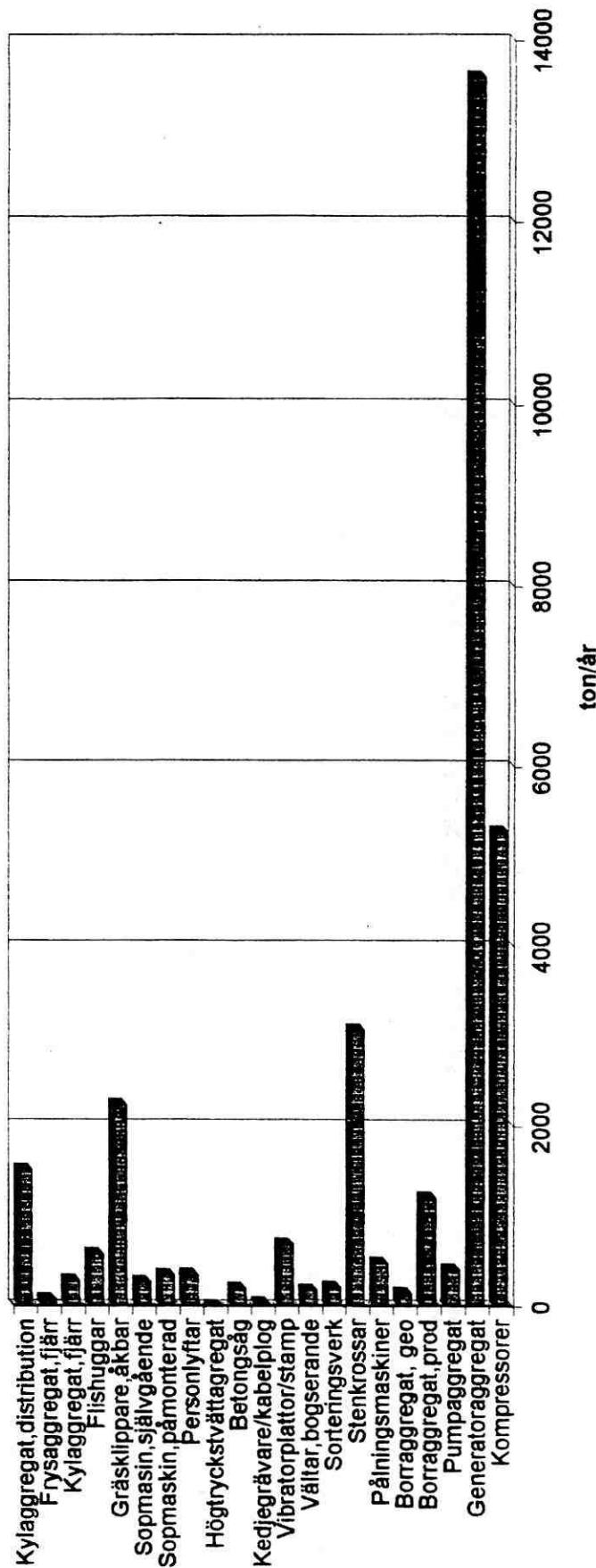
Arligt utsläpp av Pm från dieseldrivna arbetsmaskiner i Göteborgsregionen



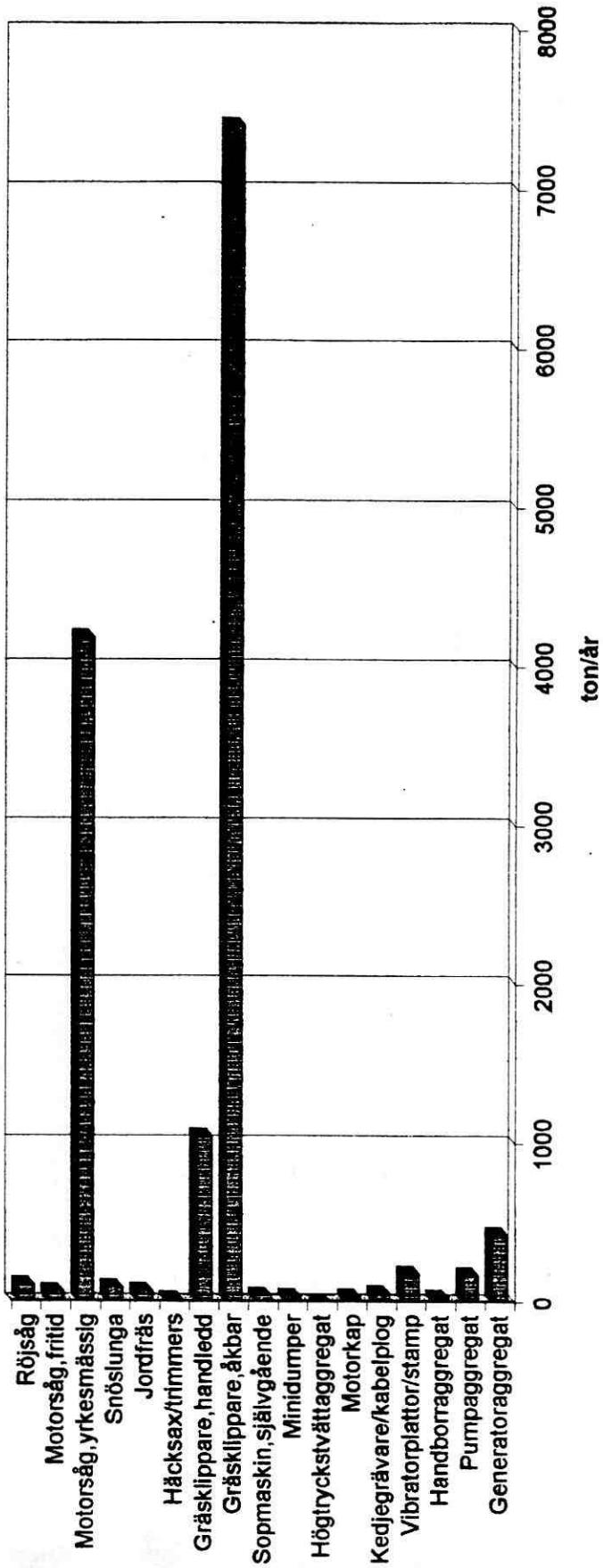
Arligt utsläpp av Pm från bensindrivna arbetsredskap i Göteborgsregionen



Arligt utsläpp av CO₂ från dieseldrivna arbetsmaskiner i Göteborgsregionen



**Arligt utsläpp av CO₂ från bensindrivna arbetsredskap
i Göteborgsregionen**



BILAGA 7

FÖRDELNING AV EMISSIONER FRÅN ARBETSFORDON I GÖTEBORGSREGIONEN

Emissionsberäkningsöversikt Göteborgsregionen

Emissionsberäkningsöversikt Göteborgsregionen

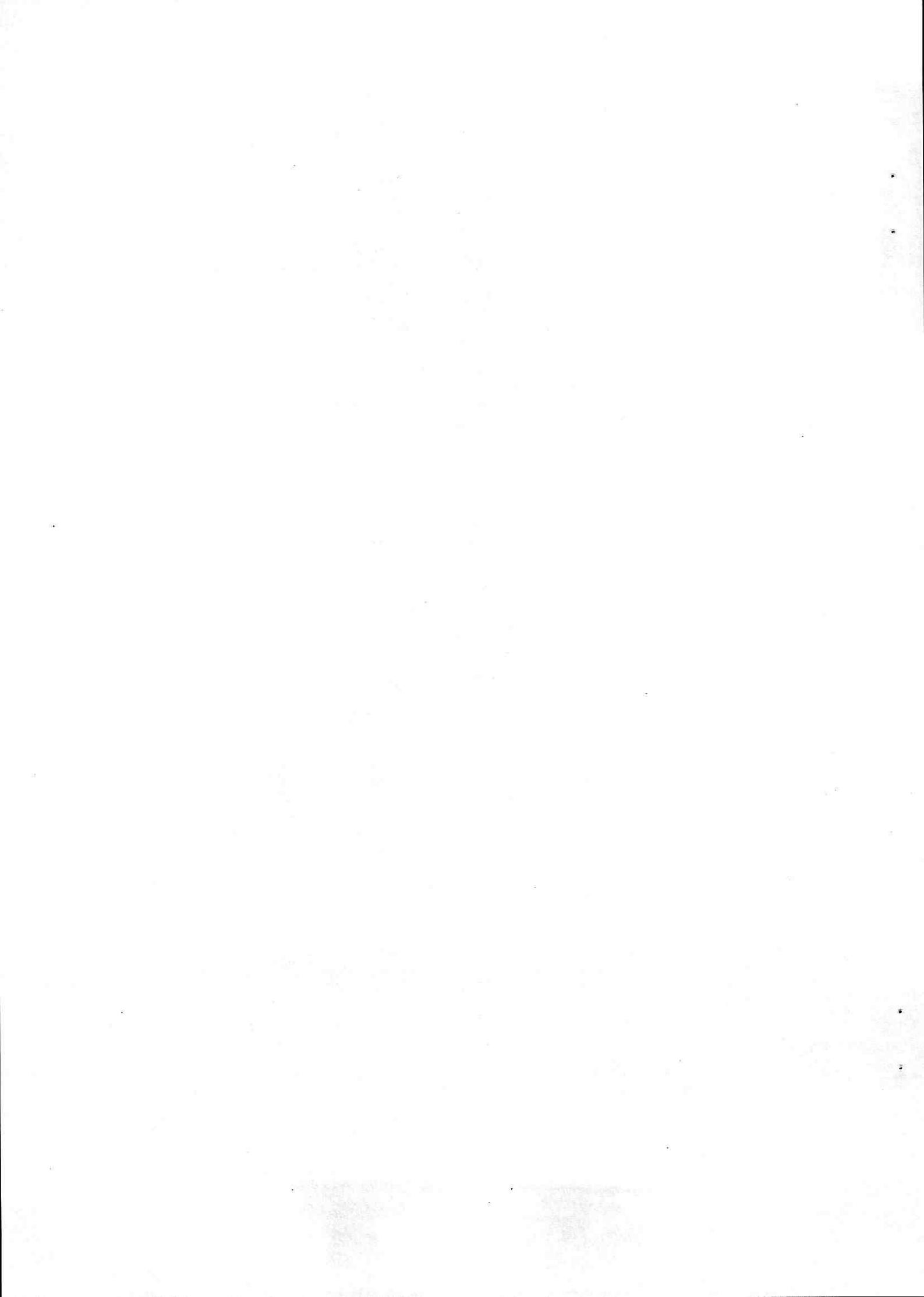
Antal												TOTALT ANTA
Göteborg	Härryda	Kungälv	Mölndal	Partille	Stenungsund	Tjörn	Öckerö	Lerum	Ale	Kungsbacka		
120	35	225	40	4	105	70		175	75	450	1299	
140	40	260	50	5	110	80		200	85	510	1480	
35	10	63	11	1	23	20		50	25	150	388	
35	10	62	11	1	22	20		50	25	150	386	
20	6	40	7	1	17	12		30	13	75	221	
0,5	1	0,5	0,5		0,5	0,5		2	2	2	10	
1,5	3	1,5	1,5		1,5	1,5		6	6	6	29	
65	15	30	15	5	20	20	2	15	20	50	257	
100	25	45	25	10	25	20	5	25	40	90	410	
25	17	5	5	3	7	7	1	5	70	20	165	
40	15	10	10	7	10	10	4	5	10	25	146	
900	290	550	290	57	324	338	20	200	400	600	3969	
30	5	10	8	2	10	5	2	5	10	40	127	
30	5	10	10	2	5	4	1	5	4	10	86	
5	1	1	2	1	1	1		1	1	2	16	
160	20	35	50	10	30	15	5	20	10	65	420	
70	20	15	15	10	5	15	5	10	30	35	230	
80	15	45	20	10	30	15	5	30	20	60	330	
45	10	10	15	3	17	6	1	10	6	15	138	
450	75	105	160	30	75	60	15	75	60	170	1275	
20	3	4	6	1	3	2	1	3	2	7	52	
25	4	7	10	2	5	3	1	5	3	10	75	
15	2	3	4	1	2	4		2	2	4	39	
65	10	15	20	4	10	8	2	10	8	24	176	
40	7	10	13	3	6	4		6	4	14	107	
120	5	7	15	5	6	2	1	3	5	7	176	
570	20	30	70	20	30	6	6	15	20	30	817	
120	5	7	15	5	6	2	1	3	5	7	176	
100	3	5	10	3	5	1	1	2	3	5	138	
7			1								8	
15	1	1	2	1	1						21	
65	3	3	8	2	3	1	1	2	2	4	94	
139	49	84	40	10	50	46	3	15	60	80	576	
125	20	52	40	10	56	50	2	40	60	140	595	
30	10	55	10	1	25	20		40	20	105	316	

Emissionsberäkningsöversikt Göteborgsregionen

	Beräknade emissioner, ton/år					
	HC	CO	NOx	PARTIKLAR	SO2	CO2
DIESELDRIVNA ARBETSFORDON						
TRAKTORER						
Jordbruk						
1. traktor yngre än 1980	50,01	112,53	400,09	32,51	8,79	15198,30
2. traktor äldre än 1980	22,38	45,58	149,18	12,43	4,00	6926,40
3. skördetröskor	0,81	2,04	6,52	0,61	0,12	211,85
	4,73	11,82	37,83	3,55	0,65	1129,05
Skogsbruk						
4. traktor	13,61	29,70	102,10	8,66	2,39	4137,12
5. skördare	2,74	9,12	34,20	2,28	0,43	741,00
6. skotare	3,20	10,66	39,97	2,66	0,51	881,79
Övriga						
7. ind. o verkst.	8,83	24,52	83,36	6,37	1,55	2672,80
8. samh.service	15,28	42,44	144,28	11,03	2,46	4264,00
9. åkeri	10,63	29,51	100,35	7,67	1,86	3217,50
10. övrigt	1,81	5,04	17,13	1,31	0,44	759,20
11. hushållsägda	6,10	19,05	64,77	4,95	2,09	3611,79
12. minitraktor	0,22	0,69	2,33	0,18	0,08	132,08
ENTREPENRAD						
13. Dumper	5,29	15,44	79,41	4,41	1,51	2616,12
14. Tipptruck	3,17	5,76	44,64	2,88	0,88	1530,88
15. Grävmaskin, band	27,03	62,37	353,43	20,79	8,21	14196,00
16. Grävmaskin, hjul	17,76	40,99	232,25	13,66	5,39	9328,80
17. Grävlastare	21,38	53,46	302,94	17,82	7,74	13384,80
18. Kompaktlastare	2,43	6,76	22,99	1,76	0,58	1004,84
19. Hjullastare	98,46	227,21	1287,50	75,74	24,91	43095,00
20. Bandlast/schakt	5,01	11,56	65,50	3,85	1,06	1825,20
21. Väghyvel	10,48	19,06	152,46	9,53	2,11	3646,50
22. Asfaltutläggare	2,18	3,97	31,75	1,98	0,52	892,32
23. Vält	6,97	19,36	65,82	5,03	1,16	2013,44
24. Mobilkran	5,78	14,45	81,86	4,82	1,33	2295,15
LASTHANTERING						
Gaffeltruck						
25. liten	2,57	7,13	24,24	2,14	1,43	2471,04
26. mellan	22,06	61,28	208,34	18,38	11,05	19117,80
27. stor	7,04	14,08	98,56	7,04	3,17	5491,20
28. container	12,83	25,67	179,68	12,83	5,72	9902,88
Övrig lasthantering						
29. tung	2,80	5,60	39,20	2,80	1,26	2184,00
30. medeltung	1,68	3,15	15,75	1,26	0,47	819,00
BENSINDRIVNA ARBETSFORDON						
TRAKTORER						
31. Jordbruk	2,13	54,04	2,84	0,03	0,04	398,16
32. Övriga	3,24	82,08	4,32	0,04	0,05	518,40
33. Minitraktor	2,41	48,20	2,57	0,03	0,04	428,40
34. Gaffeltruck	6,47	192,00	4,96	0,07	0,13	1342,32
35. Flygpltsutr	3,44	102,13	2,64	0,04	0,02	183,60
	412,96	1418,40	4485,76	301,17	104,15	182569

Emissionsfördelning i Göteborgsregionen

	Emissionsfördelning, %					
	HC	CO	NOx	PARTIKLAR	SO2	CO2
DIESELDRIVNA ARBETSFORDON						
TRAKTORER						
Jordbruk						
1. traktor yngre än 1980	12,11	7,93	8,92	10,79	8,44	8,32
2. traktor äldre än 1980	5,42	3,21	3,33	4,13	3,84	3,79
3. skördetröskor	0,20	0,14	0,15	0,20	0,12	0,12
	1,15	0,83	0,84	1,18	0,63	0,62
Skogsbruk						
4. traktor	3,30	2,09	2,28	2,88	2,30	2,27
5. skördare	0,66	0,64	0,76	0,76	0,41	0,41
6. skotare	0,77	0,75	0,89	0,88	0,49	0,48
Övriga						
7. ind. o verkst.	2,14	1,73	1,86	2,12	1,48	1,46
8. samh.service	3,70	2,99	3,22	3,66	2,37	2,34
9. åkeri	2,57	2,08	2,24	2,55	1,79	1,76
10. övrigt	0,44	0,36	0,38	0,43	0,42	0,42
11. hushållsägda	1,48	1,34	1,44	1,64	2,00	1,98
12. minitрактор	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07
ENTREPENRAD						
13. Dumper	1,28	1,09	1,77	1,46	1,45	1,43
14. Tipptruck	0,77	0,41	1,00	0,96	0,85	0,84
15. Grävmaskin, band	6,54	4,40	7,88	6,90	7,88	7,78
16. Grävmaskin, hjul	4,30	2,89	5,18	4,54	5,18	5,11
17. Grävlastare	5,18	3,77	6,75	5,92	7,43	7,33
18. Kompaktlastare	0,59	0,48	0,51	0,58	0,56	0,55
19. Hjullastare	23,84	16,02	28,70	25,15	23,92	23,60
20. Bandlast/schakt	1,21	0,81	1,46	1,28	1,01	1,00
21. Väghyvel	2,54	1,34	3,40	3,16	2,02	2,00
22. Asfaltutläggare	0,53	0,28	0,71	0,66	0,50	0,49
23. Vält	1,69	1,36	1,47	1,67	1,12	1,10
24. Mobilkran	1,40	1,02	1,82	1,60	1,27	1,26
LASTHANTERING						
Gaffeltruck						
25. liten	0,62	0,50	0,54	0,71	1,37	1,35
26. mellan	5,34	4,32	4,64	6,10	10,61	10,47
27. stor	1,70	0,99	2,20	2,34	3,05	3,01
28. container	3,11	1,81	4,01	4,26	5,50	5,42
Övrig lasthantering						
29. tung	0,68	0,39	0,87	0,93	1,21	1,20
30. medeltung	0,41	0,22	0,35	0,42	0,45	0,45
BENSINDRIVNA ARBETSFORDON						
TRAKTORER						
31. Jordbruk	0,52	3,81	0,06	0,01	0,04	0,22
32. Övriga	0,78	5,79	0,10	0,01	0,05	0,28
33. Minitraktor	0,58	3,40	0,06	0,01	0,04	0,23
34. Gaffeltruck	1,57	13,54	0,11	0,02	0,12	0,74
35. Flygpltsutr	0,83	7,20	0,06	0,01	0,02	0,10
	100	100	100	100	100	100



BILAGA 8

RAPPORT: EMISSIONER FRÅN ARBETSREDSAKP I GÖTEBORGSREGIONEN

AVGASEMISSIONER FRÅN ARBETSREDSKAP I GÖTEBORGSREGIONEN

TEXT

AVGASEMISSIONER FRÅN ARBETSREDSKAP I GÖTEBORGSREGIONEN

SAMMANFATTNING

1) UTVÄRDERING AV BEFINTLIGT MATERIAL

1:1) Allmänt

1:2) Bedömning av emissionsvärdet från SNVs rapport om utsläpp från arbetsredskap.

1:3) Övriga referenser

2) STUDIUM AV MOTORER SOM STÅR FÖR DE STÖRSTA UTSLÄPPEN

2:1) Motorsågar

2:1:1) Allmän beskrivning

2:1:2) Faktorer som påverkar avgasemissionerna

2:1:3) Fastställande av generell emissionsnivå

2:2) Gräsklippare

2:2:1) Allmän beskrivning

2:2:2) Faktorer som påverkar avgasemissionerna

2:2:3) Fastställande av generell emissionsnivå.

2:3) Generatoraggregat, Kyl/Frysaggregat, Kompressorer

2:3:1) Allmän beskrivning

2:3:2) Faktorer som påverkar avgasemissionerna

2:3:3) Fastställande av generell emissionsnivå

3) FÖREKOMSTEN AV DE OLIKA MOTORTYPERNA I REGIONEN

4) BERÄKNING AV DET TOTALA EMISSIONSUTSLÄPPET FRÅN ARBETSREDSKAP

AVGASEMISSIONER FRÅN ARBETSREDSKAP I GÖTEBORGSREGIONEN

SAMMANFATTNING

Studium har gjorts för att bedömma hur stora mängder av avgasemissioner som släpps ut från arbetsredskap i Göteborgsregionen.

Arbetet har haft två delområden. Det ena har varit att bestämma olika motorers massemissioner i g/h. Det andra har varit att kartlägga förekomsten av de olika arbetsredskapen i regionen och fastställa deras årliga driftstid. Med uppgifter från dessa delområden kan sedan massemissionerna i ton/år bestämmas.

Naturvårdsverkets rapporter för projekt 124-560-89 användes som utgångspunkt för de fortsatta studierna. I detta projekt gjordes liknande beräkningar fast för hela Sverige.

Resultaten från Naturvårdsverkets arbete visade att utav 38 olika arbetsredskap som låg till grund för bedömningen, stod en handfull motortyper för majoriteten av avgasutsläppen. För att få ut mest möjliga säkerhet i bedömningen av Göteborgsregionens utsläpp koncentrerades därför studierna på dessa motorer. De var:

- A) Motorsågar
- B) Gräsklippare
- C) Generatoraggregat
- D) Kyl/Frysaggregat
- E) Kompressorer

De avgasemissioner som kartlagts för ovanstående motorgrupper är: Kolväten HC, Koloxid CO, Kväveoxid NOx, Koldioxid CO₂ och partiklar.

För att få fram generella emissionsvärdet i g/h har ett omfattande material studerats. En stor del av underlaget har erhållits från "tekniska papers", främst från SAE (Society of Automotive Engineers). Uppgifter har också erhållits från motortillverkare, motorlaboratorier och via diskussioner med personer som har erfarenhet från provningsverksamhet på dessa typer av motorer.

Motorsågar :

Motorsågens verkliga avgasemissioner är svåra att bedömma pga av varvtal och belastning ofta varierar kraftigt under användandet. De konstantlastvärdet som finns att tillgå kan därför bli missvisande. På Graz universitet i Österrike har man dock kommit långt med emissionsmätningar på motorsågar under cykelförlopp (varierande varvtal och belastning). Dessa resultat har vägt tungt vid bedömningen.

Slutresultaten för motorsågens massemissioner i g/h har blivit:

	HC	CO	NOx	Pm	CO2
Motorsåg, Proffs	250	475	2	7,5	2232
Motorsåg, Fritid	98	147	0,5	2,2	698

Gräsklippare :

Bedömningen av gräsklipparmotorer har försvarats främst av en stor spridning av emissionsnivå mellan olika källor.Detta gäller främst kolväten HC.Detta kan till viss del bero på att det i realiteten skiljer en del mellan olika motorindivider.Dess skick och injustering har också stor betydelse.Det skiljer också en hel del mellan sk sidventils- och toppventils-motorer.Då förekomsten av toppventilsmotorer ännu är begränsad har bedömningen gjorts på resultat från sidoventilsmotorer.

Slutresultaten för gräsklipparmotoremas massemisioner i g/h har blivit:

	HC	CO	NOx	Pm	CO2
Gräsklippare, Handledd	50	575	1,8	0,8	1400
Gräsklippare, Åkbar	30	1200	16	0,25	3800

Generatoraggregat, Kyl/Frysaggregat, Kompressorer:

Aggregatmotorer enl. ovan är betydligt enklare att bedömma pga av att varvtal och i viss mån belastning har liten variation.Detta faktum gör det troligt att arbetet med att ta fram underlag för emissionerna är mycket likartat det som Naturvårdsverkets rapport bygger på.

För att säkerställa tillförlitligheten i deras underlag besöktes Börje Stenström på Ångpanneföreningen som är författare till rapporten.Stora delar av hans underlag för denna motorgrupp fick då disponeras.Genomgång av detta samt vidare diskussion med Stenström, gör att hans värden med gott samvete kan användas för framtagande av massemisioner i g/h:

	HC	CO	NOx	Pm	CO2
Generatoraggregat	32	80	240	20	16000
Kyl/Frysaggregat	15	42	105	10,5	8400
Kompressorer	42	120	360	36	25920

Jämförelse med SNVs rapport

Bilaga 49 visar de emissionsvärden som framtagits av BNM i jämförelse med de som Naturvårdsverket redovisar i sin rapport enl. ref 1.

Förekomst och driftstid för arbetsredskap i regionen

Se rapportdel från Ecotraffic.

Beräkning av det årliga totalutsläppet

Med ledning av de beräknade massemissionerna samt studierna av förekomst och drifttid kan arbetsredskapens årliga emissionsutsläpp bestämmas enl.:

Årligt utsläpp = Massemissioner X Antal X Drifttid

g/år (ton/år) = g/h X st X h/år st

Summerar man samtliga diesel och bensindrivna arbetsmaskiners årliga utsläpp i ton/år i Göteborgsregionen blir resultatet enligt nedan:

	Dieseldrivna	Bensindrivna	Diesel + Bensin
Kolväten HC	58	700	758
Koloxid CO	153	3924	4077
Kväveoxider NOx	471	42	513
Koldioxid CO2	31172	13976	45148

BNM Research

Bengt Norberg

1) UTVÄRDERING AV BEFINTLIGT MATERIAL

1:1) ALLMÄNT

För att bedömma utsälppen av avgasemissioner från arbetsredskap i Göteborgsregionen har en rad data om de olika motorerna insamlats.

Dessa har erhållits genom sökning i SAE (Society of Automotive Engineers)rapporter, rapporter från myndigheter och universitet samt uppgifter från motortillverkare. Omfattningen av underlaget framgår av 1:3.

En av de mer grundläggande informationerna har erhållits från Statens Naturvårdsverks rapport : Kartläggning av förorenande utsläpp från motordrivna arbetsredskap (projekt nr: 124-560-89) från 1990.

Rapporten beskriver i princip den bedömning som är förestående för Göteborgsregionen fast för hela landet.

Helt klart är att den lista på förekommande arbetsredskap är omfattande och lämpar sig väl som utgångspunkt för studierna av Göteborgsregionen.

Frågan är dock hur väl underbyggda värdena för de olika motorernas emissionsvärden är.

Arbetet inleddes därför med en bedömning av emissionsvärdena från denna rapport.

1:2) STUDIER AV EMISSIONSVÄRDEN FRÅN SNVs RAPPORT OM UTSLÄPP FRÅN ARBETSREDSKAP.

Studierna av SNVs rapport har främst haft två huvudsyften:

- 1) Urskilja fördelningen av utsläpp mellan de olika motorgrupperna
- 2) Bedömma säkerheten i de olika emissionsvärdena.

För att urskilja fördelningen av utsläpp mellan de olika motorema beräknades procentandelen för de olika utsläppen.

Dessa beräknades på summan av utsläppen från dieseldrivna och bensindrivna arbetsredskap.

Bilaga 1 visar resultatet från dessa beräkningar.

Kolväten HC::

Om vi först tittar på kolväteemissionerna HC så ger bilaga 2 en översikt på hur dessa fördelar sig.

Här syns att B15, Motorsågar i yrkesmässigt användande står för över hälften av det totala HC utsläppet. Även B10, åkbar gräsklippare och B17, Röjsågar står för stora bidrag.

Bilaga 3 visar hur mycket motorsågar och gräsklippare bidrar med i jämförelse med övriga (Motorsågar=Yrkes B15, Fritid B16 och Röj B17 medan Gräsklippare= Åkbara B10 och Handledda B11).

Fördelningen på nationell nivå är:

Motorsågar: 63,8 %

Gräsklippare 20,1 %

<u>Övriga</u>	16,1 %
Summa	100 %

Motorsågar och gräsklippare står således för nästan 84 % av totala HC utsläppen. Resultaten visar att det är bäst att lägga ner största arbetet på att få god säkerhet på HC vär-

den från dessa två grupper och mindre betydelsefullt om de övriga innehåller en och annan motor med osäkert värde.

Kolmonoxid CO:

Bilaga 4 visar fördelningen mellan de olika motoreerna när det gäller kolmoxid CO. Här syns att B10, åkbar gräsklippare står för det särklastigt största bidraget med över 40%. Även B15, yrkesmässig motorsåg och B11, handledd gräsklippare står också för stora bidrag.

- Gör man samma sammanslagning av motorsågstyper och gräsklippare som enligt ovanter sig jämförelsen med övriga motorer enligt bilaga 5.

Fördelningen på nationell nivå är:

Gräsklippare	55,4 %
Motorsågar	27,0 %
Övriga	17,6 %
Summa	100 %

Även här utgör gräsklippare och motorsågar tillsammans en överväldigande majoritet av utsläppen.

Detta understryker vikten av att ha god säkerhet på emissionsvärden från dessa grupper.

Kväveoxider NOx:

Bilaga 6 visar hur de olika motoreerna bidrar med kväveoxider NOx. Här syns att det är dieselmotoreerna som står för de största bidragen. Detta förklaras främst av dieselförbränningens högre tryck och temperatur, vilket befriar NOx-bildningen.

Fördelningen är dock jämnare än vad som var fallet för HC och CO emissioner. Störst bidrag ger Generatoraggregat (D2) följt av Kompressorer (D1). Slår man ihop de olika motoreerna för kyl- och frysanläggningar (D19+D20+D21) är även detta en starkt bidragande grupp.

Bilaga 7 visar fördelningen mellan de största motorgrupperna.

Fördelningen på nationell nivå är:

Övriga	41,5 %
Generatoraggregat	25,2 %
Kyl/Frysaggregat	18,2 %
Kompressorer	15,1 %
Summa	100 %

Resultatet visar att det inte krävs god noggrannhet på NOx-värden för ett fåtal motorer för att göra en bra bedömning. Gruppen "Övriga" är alldeles för stor och det krävs här en god noggrannhet för ett tiotal motorer för att få ett trovärdigt slutresultat.

Partikulat Pm:

Partikulatermissionerna har flest bidragsgivare från dieselsidan. Pga stora antalet motorsågar och gräsklippare på bensinsidan har dessa också beräknats bidra ganska stort.

Bilaga 8 visar fördelningen mellan samtliga motorer, medan bilaga 9 visar de största bidragsgivarna.

Fördelningen på nationell nivå är:

Övriga	23,7 %
Motorsåg	18,3 %
Generatoraggregat	18,3 %
Kyl/Frysaggregat	16,0 %
Kompressorer	13,1 %
<u>Gräsklippare</u>	<u>6,3 %</u>
Summa	100 %

Resultatet visar på en ganska jämn fördelning på en handfull motorgrupper. Dessa har även förekommit bland de tidigare redovisade emissionerna.

Svaveldioxid SO2:

Bilaga 10 visar hur svaveldioxid emissionerna fördelar sig mellan de olika motorerna.

SO2 emissionerna har beräknats med hjälp av svavelinnehållet i bränslet. Av naturliga skäl är det då dieselmotorerna som står för majoriteten av utsläppen. De åkbara bensindrivna gräsklipparna ger ett bidrag på drygt 7 % medan tex motorsågar bidrar med försumbar SO2-halt. Detta motiveras med att yrkesmässiga motorsågar körs på svavelfritt specialbränsle. I dag har denna typ av bränsle också blivit vanligt för gräsklippare och liknande 4-takts motorer. I dag torde således dieseldriftens andel vara i det närmaste total.

Bilaga 11 visar nationellt sett de största bidragsgivarna. Dessa är:

Övriga	33,7 (30,8) %
Generatoraggregat	26,8 (28,0) %
Kyl/Frysaggregat	23,4 (24,5) %
<u>Kompressorer</u>	<u>16,1 (16,7) %</u>
Summa	100 (100) %

Värdet inom parentes gäller om man bortser från det tveksamma bensinmotortillskottet.

Resultatet visar på att ett fåtal motorgrupper är starkt bidragande, men att gruppen

Med kunskap om förekomsten av de olika motoreerna och hur många arbetstimmar de används kan sedan massemissionen per år beräknats.

Av avgörande betydelse är således hur representativ det specifika emissionsvärdet i g/kWh för motorns handhavande.

För motorer som går i stort sett på samma varvtal och inte har någon större belastningsvariation kan ett representativt emissionsvärde bestämmas med god noggrannhet.

Om varvtal och belastning varierar kraftigt blir bedömningen dock mer komplicerad. Man behöver då ha emissionsvärdet från någon form av transientförlöpp.

BNM har med utgångspunkt från hur motoreerna belastas försökt att bedömma om ett konstantvärde som representerar emissionerna vid en "medelvärdes belastning" kan anses säkert eller inte.

Bilaga 14 visar resultatet från denna bedömning.

Tittar man på de motorer som tidigare visat sig bidra med de största emissionsmängderna faller dessa inom följande bedömningsramar:

OSÄKER:

MOTORSÄGAR , yrkesmässig

OSÄKER>MEDEL:

MOTORSÄGAR ,Fritid
RÖJSÄGAR
GRÄSKLIPPARE , Åkbar
GRÄSKLIPPARE , Handledd

MEDEL>SÄKER:

KOMPRESSORER
GENERATORAGGREGAT

SÄKER:

KYLAGGREGAT , Fjärr
FRYSAGGREGAT , Fjärr
KYLAGGREGAT , Distr.

Av de motorer som procentuellt har ringa del av totalemmissionerna är fördelade på "säker" och "medel".

1.3) ÖVRIGA REFERENSER

De referenser som hänvisas till i denna rapport kommer i huvudsak från tre grupper.

A) SAE - sökning

SAE Mobility Engineering Technology har en av världens största urval av tekniska skrifter inom motorteknik. Från sökning på CD-ROM har över 400 titlar med sammanfattning erhållits.

B) Börje Stenströms underlag för SNVs rapport.

C) BNMs arkiv

De skrifter som hänvisas till i rapporten är:

- 1) Kartläggning av förorenande utsläpp från motordrivna arbetsredskap.**
Utredning utförd för Statens Naturvårdsverk, Projekt 124-560-89, Juni 1990
Börje Stenström ÅF-Industriteknik.
- 2) Small Loop-Scavenged Spark-Ignition Single-Cylinder Two-Stroke Engines**
SAE SP-847 February 1991
Franz J. Laimböck
- 3) BNMs 2-takts arkiv**
- 4) BNMs 4-takts arkiv**
- 5) Toward the Environmentaly-Friendly Small Engine: Fuel, Lubricant, and Emission Measurement Issues**
SAE 911222
Charles T Hare & Jeff White, SwRI
- 6) Reactivity of exhaustmemissions from a small two-stroke engine and a small four-stroke engine operating on gasoline and LPG.**
SAE 931540
C.T. Hare, J.N. Carroll, SwRI
- 7) Provresultat från prov av TUV**
- 8) Small Engine Emissions**
Broschyr från SwRI (1991)
- 9) Emission Factors for Small Utility Engines**
SAE 910560
Jeff J. White,James N. Carroll, Charles T. Hare SwRI. Jacline G Lourenco CARB.
(Även ref. av Sv. Attacheer)
- 10) Emissioner från handledda motorgräsklippare**
Lund 921013. Rapport från Lunds Tekniska Högskola
- 11) Provresultat från prov av SP**
SP (Statens Provningsanstalt)
- 12) A Study of Visible Smoke Reduction from Small Two-Stroke Engine Using Various Engine Lubricants**
SAE 770623
Suigura,K.,Kagaya,M. Nippon Oil Co.

2) STUDIUM AV MOTORER SOM STÅR FÖR DE STÖRSTA UTSLÄPPEN

2:1) MOTORSÅGAR

2:1:1) Allmän beskrivning

Låg kostnad, låg vikt, effektuttag vid högt varvtal är styrande faktorer för val av motor till motorsågar.

Detta har gjort att tvåtaktsmotorn i sin enklare form blivit helt dominerande bland motorsågar.

Bilaga 15 visar en motorsåg (HVA 50) i genomskärning.

Tvåtaktsprincipen hos dagens motorsåg har följande föllopp:

Inloppsfas	: Luft/bränsleblandning tillförs motorns vevhus via kovstyrd inloppsport (1). Bränsleanrikningen sker med membranförgasare (2) som kan justeras till önskat blandningsförhållande med reglerbart munstycke.
Spolning	: Luft/bränsleblandningen i vevhuset komprimeras när kolven rör sig nedåt i cylindern. På sin väg frilägger kolven avgasporten (3) och avgaser från tidigare förbränning börjar evakueras. Strax därefter frilägges spolportarna (4) och vevhusets luft/bränsleblandning strömmar via spolkanaler (5) in i cylindern. Under den sk spolningen pressas största delen av avgaserna ut via avgasporten av den inkommande färskgasen.
Kompression	: På sin väg uppåt i cylindern stänger kolven spol- och avgasportar. Den inslutna gasblandningen komprimeras nu.
Förbränning	: Strax innan kolven nått sitt översta läge antänds gasblandningen i förbränningssummet (6) av ett tändstift. Det förhöjda trycket pressar ner kolven och ett nytt varv har tagit sin början.

En påtaglig nackdel med tvåtaktsprincipen enligt ovan är att spolportar och avgasport är öppna samtidigt. Detta ger upphov till förluster som begränsar verkningsgraden på motorn. Normalt är vekningsgraden på 15-20 %. Under gynnsamma fall kan den ligga på 20-25%.

Kombinationen av högt varvtal och ett arbetsslag per varv gör den dock prestandamässigt intressantare än fyrtaktsmotorn för sågkonceptet.

Bland yrkeshuggare används sågar av storleken 40 - 70 cm³. Effektuttaget för detta storleksintervall är 2-4 kW. För normal skog är de mindre sågarna mest förekommande. Vid kvistningen är deras låga vikt en stor fördel. De har dessutom ett högre maxvarvtal vilket gör kvistningsarbetet effektivare. Maxeffekten ligger ofta kring 10000 rpm men vid kvistning är 15000 rpm och över inte ovanligt.

Bilaga 16 visar hur effekt och vridmoment varierar över varvtalet uppmätt på en HVA 242, en av de mest förekommande proffssågarna.

De sk hobbysågarna förekommer oftast i segmentet 30 - 45 cm³. Effektuttaget ligger kring 1-2 kW.

Förutom det lägre effektuttaget kännetecknas hobbysågarna av lägre tekniknivå och billigare detaljlösningar. Ofta har de sämre kylkapacitet än proffssågarna.

2:1:2) Faktorer som påverkar avgasemissionerna

Kolväten HC:

Motorsågens kolväteemissioner orsakas främst av de spolförluster som uppkommer under gasväxlingsfasen när avgas och färskgasportar är öppna samtidigt.

En viss HChalt kan häröras från en ofullständig förbränning. Dessa halter är dock försämliga jämfört med spolförlusternas bidrag.

Bilaga 17 ger en uppfattning om gasflödet genom motorsågen.

För varje motorvarv sugs en färskgasmängd (grön) in i motorns vevhus. Denna mängd är drygt hälften av cylinderns volym (röd). När färskgasen introduceras i cylinern försätts ca 25 % ut genom avgasporten. Den återstående (75 %) räcker att fylla cylindern till 40 %. Återståenden är avgaser från föregående varv.

Spolförlusterna varierar med varvtalet på motorn (högre varvtal ger kortare tid för färskgasen att försätta ut i avgasporten). Vid kvistning då varvtalat är högt kan spolförlusten sjunka till 15 % av levererad färskgasmängd. Vid fällning av ett grovt träd då varvtalat är lägre kan spolförlusterna stiga mot 40 % av levererad färskgasmängd.

Totalkolvätehalten påverkas således inte nämnvärt av bränslets sammansättning då detta inte påverkar ovanstående förflopp. Däremot påverkas sammansättningen (typen av kolväten) av spolförlusterna.

Koloxid CO :

Avgasernas koncentration av koloxid CO är direkt proportionellt mot luft/bränsle förhållandet på den färskgasmängd som levereras till motorn.

Bil. 18 visar hur CO koncentrationen varierar för olika luft/bränsleförhållanden, A/F.

På motorsågen regleras bränslemängden med två förgasarmunstycken. Ett "lägmunstycke" för tomgång och ett "högmunstycke" för belastad motor.

Det är således användaren själv som bestämmer vilket A/F som motorn körs med. I förlängningen är det då också användaren som starkt bidrar med hur mycket CO som motorn kommer att avge.

Den professionelle huggaren har tendens att magra ut förgasaren ganska kraftigt för att få ut maximal effekt ur motorn. Då blir A/F ganska högt med "låg" COhalt till följd.

Med mager förgasarinställning går motorn med högre godstermperaturer, vilket kan leda till motorhaveri i form av kolvsökning. Detta faktum begränsar möjligheten att komma ner till riktigt låga COhalter.

Kväveoxider NOx :

Avgasernas kväveoxidkoncentration styrs mycket av tryck och temperatur samt tillgången av syre vid förbränningen.

Som tidigare beskrivits har motorsågen en låg fyllnadsgång. Dvs det är relativt sett ett litet energiinnehåll i den blandning som skall förbränna (stor restgas mängd). Detta gör att det maximala förbränningstrycket ofta är ganska lågt. Även maxtemperaturen blir då också förhållandevis låg. Den höga restgasmängden håller även tillgängligheten av syre på låg nivå.

Samtliga dessa faktorer gör att NOx koncentrationen ofta är mycket låg från motorsågen.

Under extrema fall med utmagrad förgasare och höga varvtal kan motorn komma in i en knackande förbränning. Förbränningens maxtryck och tryckstegring kan då öka kraftigt.

Vid dessa förhållanden kan även NOx nivån bli påtaglig.

Koldioxid CO₂ :

Koldioxiden skiljer sig från de övriga iom att det inte är något gift som direkt påverkar användaren och närmiljön.Det är istället av intresse för den globala uppvärmningen.

Det är här fråga om att hålla nere det totala användandet av fossila bränslen.Eftersvärvärt är då energisnåla motorer med låg förbrukning i förhållande till effektuttaget.

Sett ur den synvinkeln ligger motorsågen dåligt till med sin låga verkningsgrad.Nu beror den låga verkningsgraden till stor del på spolförluster.Ca 20 % försvinner ut i avgaserna utan att delta i förbränningen.Denna mängd kan naturligt då inte bidraga till CO₂ bildning.2-taktaren får anses likvärdig 4-taktaren på att producera CO₂ av det bränsle som deltar i förbränningen.

2:1:3) Fastställande av generell emissionsnivå

Målet under denna rubrik är att fastställa en generell nivå för de olika avgasemissionerna i g/h.Det vill säga ett massflöde som sedan kan multipliceras med antalet användartimmar under ett år.

De emissionsvärden som förekommer i litteraturen, artiklar och redovisningar från motortillverkare är oftast av två slag:

- 1) Koncentration mätt i % eller ppm av avgasmängden.
- 2) Specifika emissioner mätt i g/kWh.

För att få fram emissionsvärden i g/h från koncentrationsvärden i % eller ppm krävs beräkningar där uppgifter om effekt, bränsleförbrukning och koncentration av andra emissionskomponenter ingår.Det finns olika beräkningssätt, men ett av de mest etablerade är de amerikanska formlema enligt J 1088.Dessa framgår av bilaga 19.

Utgår man från värden i g/kWh gäller det att kunna bestämma ett verklighetsnära effektuttag för att få fram emissionerna i g/h.

Motorsågens stora arbetsområde gör att både "medelemissioner" och "medeleffekt" är vansktigt att fastställa.

Bilaga 20 visar sambandet mellan motorns effektuttag (kW), specifika emissioner (g/kWh) och massemissioner (g/h).

Här syns bl.a att om man har ett väl underbyggt värde på de specifika emissionerna kan massemissionerna i g/h avvika en hel del om man missbedömmar motorns medeleffektuttag.Vidare kan man se att nödvändigheten av att ha ett säkert värde på de specifika emissionerna ökar med ökat effektuttag.

Transientförflopp

Av ovanstående resonemang förstår man att kombinationen av specifika emissioner från mätningar med konstant belastning och en uppskattning av ett medeleffektuttag kan ge en osäker bedömning när det gäller motorsågar som har många accelerationsförflopp och stora belastningsvariationer.

Den säkraste bedömningen erhålls därför från emissionsmätningar som görs under transientförflopp med förflopp liknande det verkliga användandet.Detta är ganska vanligt inom bilindustrin.Pga en del tekniska svårigheter och en dyrbart utrustning är det ganska ovanligt på småmotorer.

Tekniska universitetet i Graz har dock en hel del erfarenhet på området.I ref 2 redovisar man ett transientförflopp med motorsåg där avgasemissionerna registreras med ett sk CVS arrangemang.

Bil. 21 visar testcykelns förflopp.Fällning, kapning och kvistning simuleras under kontrollerade former i lab-miljö.

Bil. 22 visar resultatet från emissionsmätningen under cykeln.Här syns hur varvtal, HC och CO varierat sfa tid.

Kolväten HC :

De HC emissioner som erhållits vid litteraturstudiet kan belysas med följande jämförelse:

- 1) Resultat vid konstant belastning enligt ref 1, rapport från SNV
- 2) Resultat vid konstant belastning, maxeffekt varvtal .Övriga ref
- 3) Resultat vid konstant belastning, lågt varvtal.Övriga ref.
- 4) Resultat vid transientförflopp enligt ref.2, Graz-cykeln.

1) I SNVs rapport har man använt specifika HC-emissioner på 125 g/kWh för yrkessågar. Medeleffektuttaget har uppskattats till 1,5 kW. Det senare basserat på 60 % effektuttag av en "normaleffekt" på 2,5 kW. Med dessa värden blir massemisionerna 187,5 g/h.

Motorsåg för fritidsbruk har uppskattats ge 150 g/kWh. Med en medeleffekt på 0,45 kW (30 % av 1,5 kW), ger detta en massemission av HC på 67,5 g/h.

2) I det övriga litteraturstudiet har en uppdelning mellan högt och lågt varvtal gjorts. Vid maxeffektvarvtal har de specifika HC emissionerna varierat mellan 70 - 120 g/kWh. Medianvärdet har hamnat kring 100 g/kWh. Med 1,5 kW effektuttag enl. ovan blir massemisionen 150 g/h.

Då det här är frågan maxeffektvärden kan det vara på sin plats att titta på en något högre effekt. För 2 kW blir massemisionen 200 g/h.

3) Vid lägre varvtal ligger de specifika emissionerna på en högre nivå. Värden från 90 till 180 g/kWh har noterats. Medianvärdet har fastställts till 135 g/kWh.

För de tre effektuttagen som varit aktuella under 1 och 2 blir massemisionerna:

Fritidsbruk	0,45 kW	61 g/h
Yrkessåg 1	1,5 kW	202 g/h
Yrkessåg 2	2,0 kW	270 g/h

4) Den transientcykel som körs på universitetet Graz har gett högre HC värden än de enl. ovan. Beroende på förgasarjustering har värdena varierat med 33 - 53 gHC/test. Varje cykel på 135 sek körs 4 ggr vilket ger 540 sek.

Från detta kan massemisionerna beräknas till 222 - 354 g/h.

Tab. 1 visar en översikt av HC värdena:

	SPEC.HC (g/kWh)	E= 0,45 kW MASS.HC (g/h)	E= 1,5 kW MASS.HC (g/h)	E = 2,0 kW MASS.HC (g/h)	E = Okänd MASS.HC (g/h)
1A: Ref. 1 Yrkessåg	125	56	188	250	
1B: Ref. 1 Fritidssåg	150	68			
2 :Ref. Övriga, Högvarv	100	45	150	200	
3 :Ref. Övriga, Lågvarv	135	61	202	270	
4A :Ref.2 GUTcyc.Mager					222
4B :Ref.2 GUTcyc.Rik					354

Tittar man på yrkessåg och effektuttag från 1,5 till 2,0 kW varierar massemissionerna från 150 till 270 g/h vid konstant belastning.

Den högre effekten är troligast för högvarv (2) medan den lägre för lågvav (3). Detta talar för ett massemissionsvärdet kring 200 g/h.

Tittar man på transientproven från Graz är dessa på en högre nivå. Intressant är att skillnaden är så stor mellan mager och rikt justerad förgasare. Vid konstant belastning har förgasarinställningen ganska liten betydelse för HC-emissionerna. Detta tyder på att dessa värden är lägre än i verkliga livet. Framförallt beror det på att man missar HC-anrikningen vid acceleration och retardation.

Méd tanke på att den svenska huggaren oftast magrar ur förgasaren kraftigt är det rimligt att lägga medelnivån närmare 222 än 354 g/h. Även effektnivån på sågarna i regionen talar för detta.

Med ovanstående resonemang väljs yrkessågens massemissioner av HC till 250 g/h.

Medeleffektuttaget på 0,45 kW gav fritidssågen massemissioner från 45 till 68 g/h för de olika referensernas specifika värden från 100 till 150 g/kWh. Det är rimligt att de högre värdena är mest realistiska. Detta pga fritidssågens ofta lägre energiutnyttjandegrad samt en ofta rikare förgasarjustering.

Om man sedan antar att transientförlloppet ligger procentuellt samma nivå högre än konstantlast värdena som yrkessågen, dvs 11-77% (44% i medeltal), kan sluttvärdet beräknas enl.:

$$1,44 \times 68 \text{ g/h} = 98 \text{ g/h}$$

Ovanstående resonemang har givit följande HC värden att användas för det fortsatta arbetet:

Motorsåg, yrkesmässig 250 g/h

Motorsåg, fritid 98 g/h

Koloxid CO :

Underlaget för CO emissionerna kan indelas i 3 huvudgrupper enl. nedan:

- 1) Resultat vid konstant belastning enligt ref. 1, rapport från SNV
- 2) Resultat vid konstant belastning enligt "övriga ref".
- 3) Resultat vid transientförlopp enligt ref. 2, SAE SP-847 från GUT

1) Specifika CO emissionerna har i SNVs rapport uppskattats till 200 g/kWh oberoende av sågtyp. Med en medeleffektnivå på 0,45 kW för fritidssåg och 1,5 kW för yrkesmässig såg hamnar massemissionerna av CO på:

Fritidsbruk 90 g/h

Yrkesbruk 300 g/h

2) En genomgång av det övriga referensmaterialet visar på att de specifika CO emissionerna har mycket stor spridning för motorsågsmotorer. Detta beror främst på att förgasarjusteringen har en avgörande betydelse för CO-koncentrationen. Kylkapaciteten varierar också mellan

olika sågmodeller vilket gör att de behöver olika förgasarjusteringar för att gå bra.Olika förgasarkaraktäristik bidrar också till variationer över varvtalet.

Resultatet visar på en spridning mellan 150 - 500 g/kWh.De låga värdena representerar magert justerad förgasare och stort effektuttag,medan de höga värdena står för rik inställning och måttliga effektuttag.

I ett försök att urskilja nivån för "normaljusterad" förgasare vid effektuttag som mestadels förekommer vid fällning, kvistning och kapning hamnar man kring 250 g/kWh.

Med de tidigare använda effektnivåerna skulle då massemissionerna av CO bli:

Fritidsbruk	0,45 kW	113 g/h
Yrkesbruk 1	1,5 kW	376 g/h
Yrkesbruk 2	2,0 kW	501 g/h

3) Resultaten från transientcykelproven vid universitetet i Graz (GUT-cykeln) visar på högre nivåer än för konstantlastsresultaten enligt 1 och 2 ovan. En test gav 69 - 100 gCO beroende på förgasarjustering.Detta ger massemissioner enl:

Mager förgasarjustering	462 g/h
Rik förgasarjustering	666 g/h

Det tycks således som accelerations- och retardationsfaserna bidrar med en hel del ogynnsamma A/F-förhållanden.Dessa bidrar med förhöjd CO koncentration som ligger i nivå med konstantlastresultaten endast vid mycket rik förgasarjustering.

Tab 2 visar en översikt av CO värdena:

		E= 0,45 kW	E= 1,5 kW	E = 2,0 kW	E = Okänd
	SPEC.CO (g/kWh)	MASS.CO (g/h)	MASS.CO (g/h)	MASS.CO (g/h)	MASS.CO (g/h)
1A: Ref.1 Yrkessåg	200	90	300	400	
1B: Ref.1 Fritidssåg	200	90	300	400	
2 :Ref. Övriga,	177-427	80-192	266-640	354-854	
3A :Ref.2 GUTcyc.Mager					462
3B :Ref.2 GUTcyc.Rik					666

Det står klart att transientresultaten ligger klart över konstantlast-resultaten för "normaljusterad" förgasare och 1,5 kW medeffektsuttag.Höjer man medeffektsuttaget till 2 kW blir resultaten mer likvärdiga.

Vid den slugtliga bedömningen har transientresultaten vägt tungt.Samtidigt vet vi att den svenska huggaren ofta kör magert varför detta också bör vägas in.

Med detta resonemang som grund har nivån för den yrkesmässiga mtorsågen fastställts

till 475 g/h. Detta är 1,3 ggr högre än 376g/h som konstantlastvärdet var vid 1,5 kW medel-effektsuttag.Om samma faktor användes för fritidssågens värde vid 0,45 kW medeleffektsuttag skulle nivån hamna vid:

$$1,3 \times 113 = 147 \text{ g/h}$$

Den slutliga bestämningen av CO nivån skulle då bli:

Motorsåg yrkesmässig	475 g/h
Motorsåg fritid	147 g/h

Kväveoxider NOx:

Det material som legat till grund för NOx bedömningen kan delas in i följande :

- 1)Resultat vid konstant belastning enl. ref 1, rapport från SNV
- 2)Resultat vid konstant belastning,Övriga ref.
- 3)Resultat vid transientförflopp enl. ref. 2, SAE SP-847 från GUT

1) I SNVs rapport (ref.1) uppskattas de specifika NOx-emissionerna till 2 g/kWh både för fritids- och yrkesmässig motorsåg.Med ett medeleffektuttag på 0,45 kW resp. 1,5 kW blir de beräknade masseemissionerna av NOx:

Fritidsbruk	0,9 g/h
Yrkesbruk	3,0 g/h

2) Underlaget för NOx i "övriga ref." har inte varit så omfattande som för de tidigare emissionerna HC och CO.Motorsågens låga NOx nivå gör att denna komponent är mindre intressant att studera.Spridningen i resultat är dessbättre liten på det material som genomgåtts.

Till övervägande delen ligger koncentrationen av NOx på 100-300 ppm vid normalt användande.Vid hårdare belastning är 300-400 ppm ett bra riktvärde.Om förgasaren magras kraftigt kan motorn komma in i "knackande förbränning". Detta sker företrädesvis vid höga varvtal under kvistningsförfarande.Under dessa extremförhållanden kan NOx koncentrationen variera i ett tredje intervall på 400-700ppm.

De specifika NOx emissionerna för de tre belastningsfallen hamnar då kring 1-3 g/kWh för moderat belastning, 3-4 g/kWh för hårdare belastning ,samt 4-7 g/kWh för extremfall med knackande förbränning.

Om tidigare medeleffektnivåer antas gälla blir de beräknade masseemissionerna av NOx:

Fritidsbruk	0,45 kW	"normal"	0,45-1,35 g/h
Yrkesbruk	1,5 kW	"normal"	1,5 - 4,5 g/h
Yrkesbruk	1,5 kW	"hård"	4,5 - 6,0 g/h
Yrkesbruk	1,5 kW	"extrem"	6,0 -10,5 g/h

3) Resultaten från transientcykeltesterna hos GUT har påtagligt lägre NOx nivå än konstantlast mätningarna. För en GUT-cykel varierar NOx mängden mellan 0,02 till 0,08 g/test.

Omvandlat i g/h blir detta:

Rik förgasarjustering 0,1 g/h

Mager förgasarjustering 0,5 g/h

Tab 3 visar översikt av NOx-värden

	SPEC.NOx (g/kWh)	E= 0,45 kW MASS.NOx (g/h)	E= 1,5 kW MASS.NOx (g/h)	E = 2,0 kW MASS.NOx (g/h)	E = Okänd MASS.NOx (g/h)
		E= 0,45 kW	E= 1,5 kW	E = 2,0 kW	E = Okänd
1A:ref1, SNV Yrkessåg	2			3	
1B:ref1, SNV Fritidssåg	2	0,9			
2A:ref Övr. Normal	2	0,9	3	4	
2B:ref Övr. Hård	3,5	1,6	5,2	7	
2C:ref Övr. Extrem	5	2,2	7,5	10	
3A:ref2, GUT Rik					0,1
3B:ref2, GUT Mager					0,5

Det mest påtagliga i resultatunderlaget är att NOx nivån vid GUT-cykelnas transientförförlopp ligger betydligt lägre än vid konstantbelastning.

En förklaring är att inslagen med fulleffekt är så få och så korta i en GUT-cykel att NOx bildningen enligt konstantlast proven aldrig hinner komma igång.

Om inslagen av "hård" och "extrem" konstantlast körning (2B och 2C enl. tab. 3) har ringa bidrag i verkligt användande, skulle yrkessågen kunna variera mellan 0,5 - 3 g/h

Vart man hamnar i detta intervall är främst beroende på hur magert förgasaren justeras och hur tjocka träd som fälls. I GUT-cykeln tar det 25 sek för den fas som skall motsvara fällningsskäret. Har göteborgsregionen tjockare träd än så?

Ovanstående resonemang har resulterat i följande emissionsnivå för NOx

Motorsåg yrkesmässig 2,0 g/h

Motorsåg fritid 0,5 g/h

Partikulat Pm:

Som nämnts tidigare är underlaget med partikulatmätningar fn tunnt när det gäller små 2-takts motorer. Tillgängligt material kommer säkerligen att öka de närmsta åren. Det finns därför anledning att uppdatera just detta område efter hand.

Det material som legat till grund för denna raports bedömning är:

- 1) Resultat vid konstant belastning enl. ref.1, rapport från SNV
- 2) Resultat från 6-mode prov på mopedmotor enl. ref. 5 ,SAE911222 (SwRI)
- 3) Resultat från 2-mode prov på liten motorsåg enl. ref. 6, SAE931540 (SwRI)

1) I SNVs rapport uppskattas de specifika partikulat emissionerna till 5 g/kWh för både fritids och yrkesmässig motorsåg. För medeleffektuttag på 0,45 kW resp. 1,5 kW hamnar de beräknade massemissionerna i g/h enl.:

Fritidsbruk	2,2 g/h
Yrkesbruk	7,5 g/h

2) I SAE911222 redovisar C.T.Hare (SwRI) resultat från partikulatmätningar på en 2-takts mopedmotor. Mätningarna är gjorda under en 6-mode konstantlast-cykel enl. J1088. Bilaga 26 visar hur specifika partikulat emissionerna varierar för olika oljeinblandningar. Vid 2 % oljeinblandning (vanligt för motorsågar) är partikulatnivån ca 8 g/kWh

Samma motor kördes också i en 2-mode-cykel enl. J1088. Här utgör maxeffektbelastning 90 % av bedömningen. Partikulatemissionerna låg här kring hela 20 g/kWh.

3) C.T.Hare har också gjort partikulatmätningar på en liten motorsågsmotor. Dessa resultat har erhållits från 2-mode konstantlast-cykeln enl. J1088. De specifika partikulatemissionerna blev 4,33 g/kWh

SNVs specifika partikulatnivå på 5 g/kWh ligger väl till i jämförelse med SwRIs provresultat från 2-mode konstantlast test som gav 4,33 g/kWh.

Mopedmotorns nivå på 20 g/kWh för samma test manar dock till eftertanke.

BMs mätningar av visuell rök från motorsågens avgaser har visat att accelerationsfasen har flera gånger högre nivå än vad konstant belastning har.

Eftersom det finns ett dokumenterat samband mellan visuell rök och partiklar i avgaserna (se ref.12) är det troligt att partikelnivån vid normalt användande (fyllning, kapning och kvistning) ligger högre än vad konstantlast proven enligt ovan givit vid dagen.

Så fort som partikulatmätning på motorsågsmotor med transientförlöpp blir tillgängligt bör partikulatens emissionsnivå uppdateras.

Tills vidare får existerande underlag styra bedömningen. Partikulatutsläpp från motorsåg får då anses ligga enl.:

Motorsåg yrkesmässig	7,5 g/h
Motorsåg fritid	2,2 g/h

Koldioxid CO2:

Underlaget för koldioxid tyvärr ganska litet.Detta beror främst på att denna komponent inte ingår med någon begränsning i föreslagna lagförslag.CO2 har ju inte anstis som någon förorening före debatten om global uppvärming och det har därför inte varit av stort intresse för mätningar.

SNVs underlag enl. ref. 1 får dock anses som gott.Här har de specifika CO2 emissionerna uppskattats till 1550 g/kWh för fritidssåg och 1488 g/kWh för den yrkesmässiga sågen. Beräknar massemissionerna av CO2 med medeleffektuttag på 0,45kW resp. 1,5 kW blir de:

Motorsåg yrkesmässig	2232 g/h
-----------------------------	-----------------

Motorsåg fritid	698 g/h
------------------------	----------------

2.2) GRÄSKLIPPARE

2.2.1) Allmän beskrivning

Det finns ett stort antal olika fabrikat av gräsklippare. Det gäller speciellt de handledda men även de åkbara har många tillverkare.

De har dock till största delen samma typ av motor. Briggs&Stratton har sedan många år varit den i särklass största leverantören av motorer för både handledda och åkbara gräsklippare. Tecumseh, och på senare år Honda och Kawasaki är några av de motormärken som förekommer.

Den övervägande delen av Briggs&Strattons gräsklipparmotorer är 4-taktare med sidoventiler. Prestandamässigt är detta en föråldrad konstruktion men är i gengäld enkel i sin uppbyggnad och blir därför billig att tillverka.

- * Bilaga 27 visar några typiska Briggs&Stratton motorer.

Vanliga effektuttag på motorer för de handledda gräsklipparna är 3,5 - 5 hk. Cylindervolymen ligger då oftast i intervallet 150-200 cm³.

De åkbara gräsklipparna är oftast försedda med motorer i effektintervallet 8 - 12 hk. Det är då fråga om motorer med cylindervolym på 300-500 cm³.

Bilaga 28 visar hur effekt, moment och bränsleförbrukning varierar för en Briggs&Stratton motor av typ QXM 35,5A.

2.2.2) Faktorer som påverkar avgasemissionerna

Kolväten HC:

Gräsklippare med 4-takts motorer emiterar inte lika mycket HC som de tidigare beskrivna motorsågarna med tvåtaktsmotorer.

Ett separat varv för gasväxlingsfasen via ventiler gör att risken för färskgasutsläpp i avgaserna minimeras.

Detta gör att HC emissionerna blir betydligt lägre än för de små konventionella 2-takta.

HC-emissionerna härrör sig främst från en ofullständig förbränning. Den föråldrade konstruktionen med sidoventiler bidrar till detta. Framförallt är det förbränningsrumsmformen tillsammans med en jämförelsevis låg kompression som medför att kolväten kan överleva förbränningen och bidraga med förhöjd HC-koncentration i avgaserna.

Motoreerna är också försedda med en varvtalsreglering som bidrar till en försämrad förbränning. Strax före motorns märkvarvtal dras gasspjället automatiskt tillbaka vilket gör att effekten sjunker och maxvarvtalet begränsas.

Under drift är det inte ovanligt att motorns driftsläge varierar fram och åter mellan reglerat och icke reglerat varvtal. Detta gör att bränsle/luft förhållandet till motorn blir ogynsamt med dålig förbränning som följd.

Koloxid CO :

Koloxidnivån bestäms till stora delar av vilket luft/bränsleförhållande (A/F) som motorn har. I och med att många gräsklipparmotorer har förgasare med justerbara munstycken finns alltid risken för höga CO koncentrationer vid feljustering (lägt A/F).

Koloxidnivån får dock anses hög även med rätt justerad förgasare. Detta beror på att motorn behöver ett lägt A/F för att fungera tillfredsställande när det gäller jämn gång och att klara sig ifrån kritiska temperaturer.

Jämför man CO koncentrationen i avgaserna för gräsklipparmotorer med de tidigare beskrivna motorsågarna (2-takts motorer) ligger de ofta i samma intervall (3-7 %).

CO emissionerna i g/h kan dock bli betydligt högre för de största gräsklipparmotoreerna jämfört med små motorsågar. Det kan då röra sig om 10 gånger större cylindervolym som då naturligt ger ett större avgasflöde.

Kväveoxider NOx :

Även gräsklipparmotorens NOx nivå bestäms av tryck och temperatur samt syretillgången under förbränningen.

Konceptet med sidoventiler håller nere fyllnadsgraden på motorn. Detta faktum tillsammans med att luft/bränsleförhållandena (A/F) oftast är låga gör att förbränningstryck och temperaturer är måttliga. NOx koncentrationen blir därför heller aldrig riktigt påtaglig.

Effektuttaget i förhållande till cylindervolymen får anses mycket lågt. Detta gör att NOx nivån kan hållas nere. Trenden mot högre effektuttag bidrar dock till högre NOx.

Partikulat Pm:

Partikulathalten från 4-takts gräsklipparmotorer är betydligt lägre än från de 2-taktsmotorer som används i de tidigare behandlade motorsågarna. Detta beror främst på avsaknaden av oljeinblandning i 4-taktsmotorerna.

Den partikelbildning som dock sker härrör sig från en ofullständig förbränning styrd av bla låg kompression, ogynnsam förbränningsrumssform samt otillfredsställande luft/bränsle förhållande. Dvs ungefär samma faktorer som styr HC bildningen enl. ovan.

Trots en ogynnsam förbränning kan partikulathalten sänkas kraftigt med ett renare bränsle. Alkylatbränsle som blir allt vanligare även för gräsklippare kan mer än halvera partikulathalten.

De värden som redovisas under 2:2:3 avser dock "normalt" handelsbränsle.

Koldioxid CO2 :

Som nämts tidigare (2:1:2 CO2) står bidragsnivån av CO2 i direkt samband med energiutnyttjande graden hos motorn. Dvs ju fullständigare förbränning desto högre CO2 bildning.

En god förbränning leder dock till lägre specifik bränsleförbrukning. En lägre bränslemängd behöver således utnyttjas för ett visst effektbehov. Detta är i sig en viktigare begränsande faktor för CO2-tillförseln till atmosfären från förbränningsmotorn.

Gräsklipparmotorens specifika förbrukning får anses hög. Mätningar på en B&S - motor av typ Quantum 50 gav värden på 400 - 600 g/kW vid full belastning. När varvtalsgränsningen går in ökar den specifika förbrukningen kraftigt (fordubbling).

Den låga energiutnyttjande graden beror främst på de orsaker som berörts under HC-emissioner.

2:2:3) Fastställande av generell emissionsnivå

För att få fram generella emissionsvärdena i g/h har ett omfattande material studerats. Det har här varit fråga om tekniska dokument, uppgifter från motortillverkare, resultat från olika motorlaboratorier samt diskussion med personer med erfarenheter från provningsverksamhet på denna typ av motorer.

Under utredningsperioden har emissionsmätningar på gräsklipparmotor gjorts i BNMs motorlab (annat projekt). Dessa värden har också kunnat tjäna som referensmaterial.

Det material som legat till grund för uppskattning av masseemissionerna har främst varit:

Tab.

- a) Emissionsvärden från prov med B&S 5hk Quantum (BNMs arkiv. ref 4.)
- b) Emissionsvärden från prov med B&S 5hk Quantum (Prov utförda av BNM, ref 4)
- c) Emissionsvärden från prov med B&S 4hk Quantum (Prov utförda av TUV, ref 7)
- d) Emissionsvärden från prov med B&S 4hk Quantum (BNMs arkiv. ref 4.)
- e) Emissionsnivå för "4-stroke Lawnmower" (SwRI ref 8)

- f) Emissionsnivå för SV Motorgräsklippare 4 hk (Sv Attacheer / SwRI, ref 9)
- g) Emissionsnivå för SV Motorgräsklippare 12 hk (Sv Tek. Attacheer/SwRI, ref 9)
- h) Emissionsnivå för "Gräsklippare" (SAAB ref 10.)
- i) Emissionsnivå för "Handledda gräsklippare" (SNV, ref 1.)
- j) Emissionsnivå för "Åkbara gräsklippare" (SNV, ref 1.)
- k) Emissionsnivå för SV Motorgräsklippare 3,5 hk (SP ref 11).
- l) Emissionsnivå för SV Motorgräsklippare 12 hk (SP ref 11).

De emissionsnivåer som kommit fram har haft påtagligt stor spridning. Detta gäller särskilt kolvätena, HC. Vid sökning efter orsaker till spridningarna kan följande faktorer nämnas.

- A) Motorns storlek
- B) Motorns årsmodell
- C) Motorns drifttid vid bedömningen
- D) Förgasarens justering
- E) Mätmetod vid avgasanalysen.

En stor motor av gammal årgång, med ett stort antal driftstimmar bakom sig och som har en felaktigt justerad förgasare, samt körs vid en belastning som växlar mellan varvtalsreglerat och fast trottelläge kan ge HC-värden som vida överstiger vad som kan anses som "normalt" för en gräsklipparmotor.

Kolväten HC:

Bil. 29 visar hur de beräknade massemissionerna av HC har varierat vid olika varvtal för a - d enl. tab. ovan. Det är här fråga om sidventils Briggs&Stratton motorer av storleksordningen 4 - 5 kW. Både effekt, bränsleförbrukning och emissioner är uppmätta vid provtillfällena så värdena i g/h är de faktiskt uppmätta och inte baserade på någon uppskattning av effektuttag som annars är vanligt förekommande.

I och med att motoremas hela varvtalsområde finns representerat finns här också belastningsförhållanden där varvtalsregleringen är aktiv. Detta borgar för att de flesta av motorns belastningsfall som kan uppkomma vid olika klippningsförfaranden finns med.

Resultaten har varierat mellan 16 - 32 g/h av HC. Ett representativt värde för HC från dessa köringar är 25 g/h.

Motsvarande värde för "Handledda gräsklippare" i SNVs rapport (j enl. tab. 4) är 18 g/h. Ett värde som verkar vara väl lågt, men på intet sätt orimligt.

Jämför man samtliga värden från referenserna enl. tab. 4, blir bilden dock mer oklar.

Bil.30 visar HC-värden i g/h i direkt jämförelse. Här har indelningen "Handledda", "Åkbara" och "Generella". Det senare är värden som angetts representera gräsklippare generellt utan att specificera storleken av motor.

För framtagandet av värdena i g/h bör några förtydliganden göras:

- a-d : Medelvärdet av faktiska mätningar där HC i g/h är beräknat på motoreffekt, HC koncentration och bränslemätning.

- e : Generellt gräsklipparvärde direkt i g/h.
- f-g : HC-värden i g/h har beräknats från CARB cykel värden i g/bhph.50 % belastningspunkten har använts.
- h : Generellt gräsklipparvärde beräknat från värde i g/s.
- i-j : HC-värden i g/h har beräknats från värden i g/kWh.Effektuttag har varit 0,4x 3 kW för handledda och 0,5 x 7 kW för åkbara.
- k-l : HC-värden i g/h vid 50 % belastning.

Resultaten påvisar den stora spridning som påtalats tidigare.För att försöka strukturera intrycken kan följande noteras:

▀ Det mest påtagliga i resultaten är att SNVs (ref 1) värden i och j visar på att små handledda motorer emiterar betydligt mindre HC i g/h än de större åkbara.SwRIs resultat f och g samt SPs resultat k och l tyder dock på att förhållandet är omvänt.

I SNVs fall har man utgått att de specifika HC emissionerna skulle ligga på 15 g/kWh för både de hanledda och åkbara gräsklipparna.Skillnaderna i effektuttag ger då högre HC nivå i g/h för de åkbara.

Resultaten från proven hos SwRI och SP tyder dock på att de specifika emissionerna av HC är betydligt högre för de små motoreerna än för de stora.De små motoremas lägre effektuttag håller dock nere ett värde i g/h men slutresultatet blir dock att de små motoreerna emiterar mest HC.

Diagram 32 visar en emissionstest enl. J1088 (se bil.19) från SwRI .Resultat från SP har också lagts in där jämförande belastningsfall har funnits att tillgå.Resultaten visar på de små motoremas högre specifika HC-nivå.

Diagram 31 visar på samma tester med resultat i g/h.

▀ Det kan alltid diskuteras hur väl resultat i labmiljö stämmer överens med verkligheten.De mesta av jämförelsematerialet har varit i regionerna kring 1/2 belastade motorer.Bilaga 31 visar slutresultatet från en test enl. J1088 ligger mycket nära delresultatet för 50 % belastning enl. mode 5.

Detta är betryggande eftersom samtliga belastningsfall i en test enl. J1088 är viktade för att ge ett så verklighetsnära sluresultat som möjligt.

▀ Den goda överensstämmelsen mellan SwRIs och SPs resultat borde ge en god vägledning vid bestämmande av rätt HC nivå .Resultaten a-d enl ref 4 och 7 ,manar dock till viss försiktighet.Dessa resultat kommer alla från små motorer och ingen har kommit upp till SwRIS eller SPs nivåer.

▀ Med ovanstående i beaktande väljs följande HC-nivåer för beräkningsunderlaget:

Handledda gräsklippare	50 g/h
Åkbara gräsklippare	30 g/h

Koloxid CO :

Bil.33 visar hur de beräknade massemissionerna av CO variera över varvtalet för de handledda gräsklipparmotorena enl. a-d enl. tab 4 ovan.Som synes varierar utsläppet en hel del beroende på belastningen.Det är således svårt att ta fram ett representativt värde för var och en.Med prioritering för för del-belastning skulle CO värdena bli:

a : 600 g/h

b : 700 g/h

c : 400 g/h

d : 500 g/h

Jämför man ovanstående värden med de övriga referensernas beräknade massemisioner av CO, ter det sig enl. bilaga 34.

Här syns att att variationen i g/h är stor men den procentuella differansen får anses måttlig när det gäller de handledda värdena. Tar man medelvärdet av samtliga handledda värden hamnar man på 519 g/h. Detta gör att SNVs värde på 180 g/h får anses för lågt.

Om SNVs värde utelämnas hamnar medelvärdet på 575 g/h. Detta är mycket nära SwRIs värde för en utvägd cykeltest enl. J1088 (572g/h).

SwRIs och SPs värden (g resp. l) för de större "Åkbara" motoreerna tyder på att dessa har betydligt större massemissioner av CO.

Bilaga 35 visar att detta gäller för de flesta belastningsfall. Bilaga 36 visar dock att de specifika CO emissionerna i g/kh är högre för de små motoreerna.

SNVs emissioner i g/h verkar vara allt för lågt både för små och stora motorer. Förhållandet dem emellan stämmer dock ganska bra med övriga provresultat.

■ Ovanstående resultat har inneburit följande CO nivåer:

Handledda	575 g/h
Åkbara	1200 g/h

Kväveoxid NOx:

Bil. 37 visar hur massemisionerna av NOx varierar över varvtalet för några handledda gräsklipparmotorer (b och d enl. tab).

Här syns hur de högsta utsläppen förekommer när motorn belastas mest och varvtalet är lågt. Toppnivån kring 11 g/h vid max moment sjunker dock snabbt för att vid ca 1/2 last ligga på 4,2 g/h för b och 1 g/h för d.

Bilaga 38 visar massemisionerna av NOx för samtliga referenser enl tab vid ca 1/2 last. Medelvärdet för de handledda gräsklipparna ligger på 2,7g/h. Utelämnas SNVs (i) teoretiskt beräknade värde hamnar medelvärdet på 1,87g/h. Detta kan jämföras med det utvägda värdet från en J1088 test från SwRI enl. bilaga 39 som ligger på 1,4g/h. Se även specifika emissioner enl. bilaga 40 .

De större motorerna från de åkbara gräsklipparna har en markant högre NOx nivå. Värden mellan 11 och 18 g/h för halvlast (g, j, l). Utvägda värdet från J1088 testet ligger på 20 g/h. Detta förklaras av 100 och 75 % belastningens höga nivå (se bilaga 39 - 40).

Ovanstående resultat har lett till följande nivå för NOx:

Handledda	1,8 g/h
Åkbara	16,0 g/h

Partikulat Pm:

Beräkningen av partikulatemissioner har försvarats främst av att det har gjorts mycket få mätningar på småmotorer. Mätmetoden är komplicerad och kräver utrustning som få motorlaboratorier har hunnit anpassa till småmotorer. SwRI i USA har dock stor erfarenhet på detta område. Bilaga 42 och 43 visar massemisioner av partikulat vid test enl. J1088.

Här syns hur den mindre motorn (handledda) emiterar betydligt högre halt av partikulat än den större (Åkbara). Cykelns utvägda värde för den mindre är 1 g/h medan den större slutar på 0,24 g/h.

SNVs beräkningar (i och j) av partikulat för gräsklipparmotorer baserar sig på att den specifika nivån ligger på 0,5 g/kWh oberoende av motorstorlek.

För ca 1/2 last blir då de beräknade massemisionerna 0,6 g/h för handledda och 1,75 g/h för åkbara gräsklippare. Dvs omvänta förhållande till de uppmätta resultaten från SwRI.

Bilaga 41 visar en jämförelse mellan det tillgängliga underlaget.

SwRIs resultat har här fått väga tyngst vid fastställandet av nivå för Pm:

Handledda	0,8 g/h
Åkbara	0,25 g/h

Koldioxid CO2:

Bilaga 44 visar hur massemisionerna av CO2 har varierat vid ca 1/2 last enl SwRI (f och g), SNV (i och j) samt SP (k och l). Här syns att de tre referenserna har likartade resultat. De handledda gräsklipparna har påtagligt lägre nivå jämfört med de åkbara.

Medelvärdet för de handledda hamnar på 1430 g/h. Detta kan jämföras det utvägda värdet från en J1088 test enl. bilaga 45 som ligger på 1280 g/h.

De åkbara har ett medelvärde på 3739 g/h medan det motsvarande J1088 värdet hamnar på 3911 g/h.

Bilaga 46 visar att de specifika CO2 emissionerna i g/hph är likartade eller t o m något högre för de handledda i jämförelse med de åkbara.

Det är således det större effektuttaget för de åkbara som ger dem det större massflödet i g/h.

Ovanstående resultat har lett till följande bestämning av CO2 nivån:

Handledda	1400 g/h
Åkbara	3800 g/h

2:3) GENERATORAGGREGAT, KYL/FRYSAGGREGAT, KOMPRESSORER

2:3:1 Allmän beskrivning

I denna grupp är det till huvudsak fråga om 4-takts dieselmotorer. Små bensindrivna generatoragggregat förekommer, men bedömningen är här gjord enbart på de dieseldrivna.

Börje Stenström som har skrivit SNVs rapport enl. ref har gjort en mycket grundlig inventering av motorutbudet på detta område. BNM har besökt och diskuterat underlag och resultat med honom. Efter att ha fått disponera underlaget för just denna motorgrupp är jag övertygad om att det väl fungerar som bas för GRs inventering.

Det material som ligger till grund för denna motorggrupp täcker in följande storlekar av motorer:

Generatoraggreat	10 - 200 kW
Kyl/Frysaggreat	10 - 25 kW
Kompressorer	20 - 280 kW

De flesta motorer är av typen direktinsprutade, men förkammardieslar förekommer till viss del också.

För de större motoreerna med stort effektuttag förekommer ofta överladdning med turboaggreat. De mindre motoreerna är över lag sugmotorer.

2:3:2) Faktorer som påverkar avgasemissionerna

Kolväten HC:

Dieselmotorns HC-emissioner påverkas starkt av insprutningssystemet. Insprutaren har ofta en "säckvolym" under sitt nälmunstycke. Efter insprutningsfasen blir det kvar en liten bränslemängd i "säckvolymen", som sedan försvinner oförbränd ut i avgaserna under gasväxlingsfasen. För att förhindra detta blir det nu mer allt vanligare med sk "säcklösa" spridare.

En viss mängd HC kan även överleva själva förbränningen. Det sker företrädesvis vid låg belastning då tryck och temperaturer är förhållandevis låga. Förbränningsrum med stora kylande ytor i kombination med jämförelsevis låg kompression löper större risk att emitera högre HC halter.

Koloxid CO:

Koloxid alstras vid förbränning under otillräcklig syretillgång. Eftersom dieselmotorn oftast arbetar med stora luftflöden är COhalten inget större problem. Detta gäller speciellt de överladdade motoreerna som arbetar med stora luftöverskott.

Kväveoxider NOx:

Kväveoxider bildas vid förbränning med höga tryck och temperaturer i kombination med god lufttillgång. Detta är faktorer som väl stämmer in på dieselmotorns förbränningsprocess. Kväveoxiderna är därför ett av dieselmotorns största emissionsproblem.

Det stora luftöverskottet gör att kväveoxiderna inte kan tas om hand av katalysator som på en bensinmotor. Åtgärder för att sänka NOx-nivån går främst ut på att sänka förbränningens maxtryck. Detta leder tyvärr samtidigt till försämrad verkningsgrad.

Partikulat Pm:

Trots att dieselmotorn ofta arbetar med stora luftöverskott förekommer det att viss del av den insprutade bränslemängden har svårt att blanda sig med luften under förbränningensförloppet. Dessa bränslemängder ingår i den process som under höga temperatur befrämjar rökbildningen i dieselmotorns avgaser. I röken ingår också en viss mängd partiklar.

Dieselavgasernas partiklar består av en kåma med sot. På sotkärnan följer också en del tyngre kolväten som härrör sig från både smörjolja och dieselbränsle.

Dieselbränslets kvalitet har stor inverkan på partikelbildningen. Det är främst svavel och aromatinnehållet som befrämjar partikelbildningen.

Koldioxid CO₂:

Dieselmotorn har betydligt bättre verkningsgrad än bensinmotorn. Detta medför att en mindre mängd bränsle behöver förbrännas för ett visst effektuttag. När det gäller problematiken med de globala uppvärmningen är dieselmotorn därför att föredra framför bensinmotorn.

2:3:3) Fastställande av generell emissionsnivå.

Karakteristiskt för denna motorgrupp är att de arbetar inom ett klart begränsat varvtals- och belastningsområde utan några drastiska transientförlöpp. Detta gör det betydligt enklare att bestämma motorns emissionsnivå. Man kan använda motorfabrikantens konstanlastvärden med betydligt större säkerhet.

Efter att fått ta del av Börje Stenströms underlag för SNV-rapporten (ref.) samt diskuterat bedömningsresultatet stod det klart att om man gjorde om samma arbete skulle detta leda till likartat resultat.

Därför bestämdes att massemissionerna från denna grupp skulle beräknas från det medeleffektuttag och de specifika emissioner som redovisas i SNVs rapport enl.:

$$\text{Massemisioner} = \text{Specifika emissioner} \times \text{Medeleffektuttag}$$

$$\text{g/h} = \text{g/kWh} \times \text{kW}$$

Koväten HC:

Beräkningen av massemisioner av HC gav följande resultat:

	Spec.em g/kWh	Medeleffekt kW	Massemisioner g/h
Generatoraggregat	1,6	20	32
Kyl/Frysaggregat	1,4	10,5	14,7
Kompressorer	1,4	30	42

Koloxid CO:

Beräkning av massemissioner av CO gav följande resultat:

	Spec.em g/kWh	Medeleffekt kW	Massemissioner g/h
Generatoraggregat	4	20	80
Kyl/Frysaggregat	4	10,5	42
Kompressorer	4	30	120

Kväveoxider NOx:

Beräkning av massemissionerna av NOx gav följande resultat:

	Spec.em g/kWh	Medeleffekt kW	Massemissioner g/h
Generatoraggregat	12	20	240
Kyl/Frysaggregat	10	10,5	105
Kompressorer	12	30	360

Partikulat Pm:

Beräkning av massemissioner av partikulat gav följande resultat:

	Spec.em g/kWh	Medeleffekt kW	Massemissioner g/h
Generatoraggregat	1,0	20	20
Kyl/Frysaggregat	1,0	10,5	10,5
Kompressorer	1,2	30	36

Koldioxid CO2:

Beräkningen av masseemissioner av CO2 gav följande resultat:

	Spec.em g/kWh	Medeleffekt kW	Masseemissioner g/h
Generatoraggregat	800	20	16000
Kyl/Frysaggregat	800	10,5	8400
Kompressorer	864	30	25920

3) FÖREKOMSTEN AV DE OLIKA MOTORTYPERNA I REGIONEN

Se rapportdel från Ecotraffic.

4) BERÄKNING AV DET TOTALA EMISSIONSUTSLÄPPET FRÅN ARBETSREDSKAP

Med ledning av de beräknade massemissionerna samt studierna av förekomst och drifttid kan arbetsredskapens årliga emissionsutsläpp bestämmas enl.:

$$\text{Årligt utsläpp} = \text{Massemisioner} \times \text{Antal} \times \text{Drifttid}$$

$$\text{g/år (ton/år)} = \text{g/h} \quad \times \text{st} \quad \times \text{h/år st}$$

Summerar man samtliga diesel och bensindrivna arbetsmaskiners årliga utsläpp i ton/år i Göteborgsregionen blir resultatet enligt nedan:

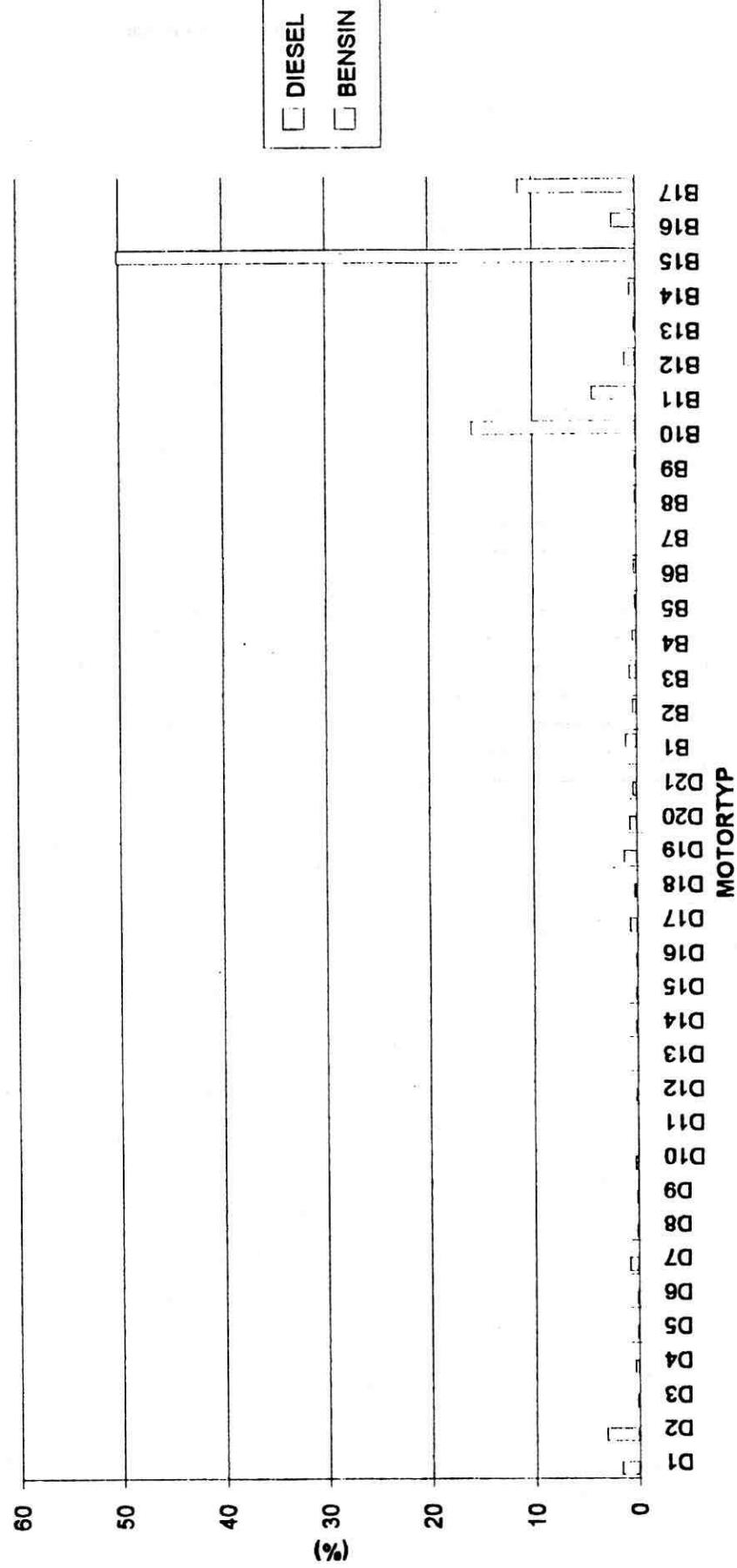
	Dieseldrivna	Bensindrivna	Diesel + Bensin
Kolväten HC	58	700	758
Koloxid CO	153	3924	4077
Kväveoxider NOx	471	42	513
Koldioxid CO2	31172	13976	45148

**AVGASEMISSIONER FRÅN ARBETSREDSKAP
I GÖTEBORGSREGIONEN**

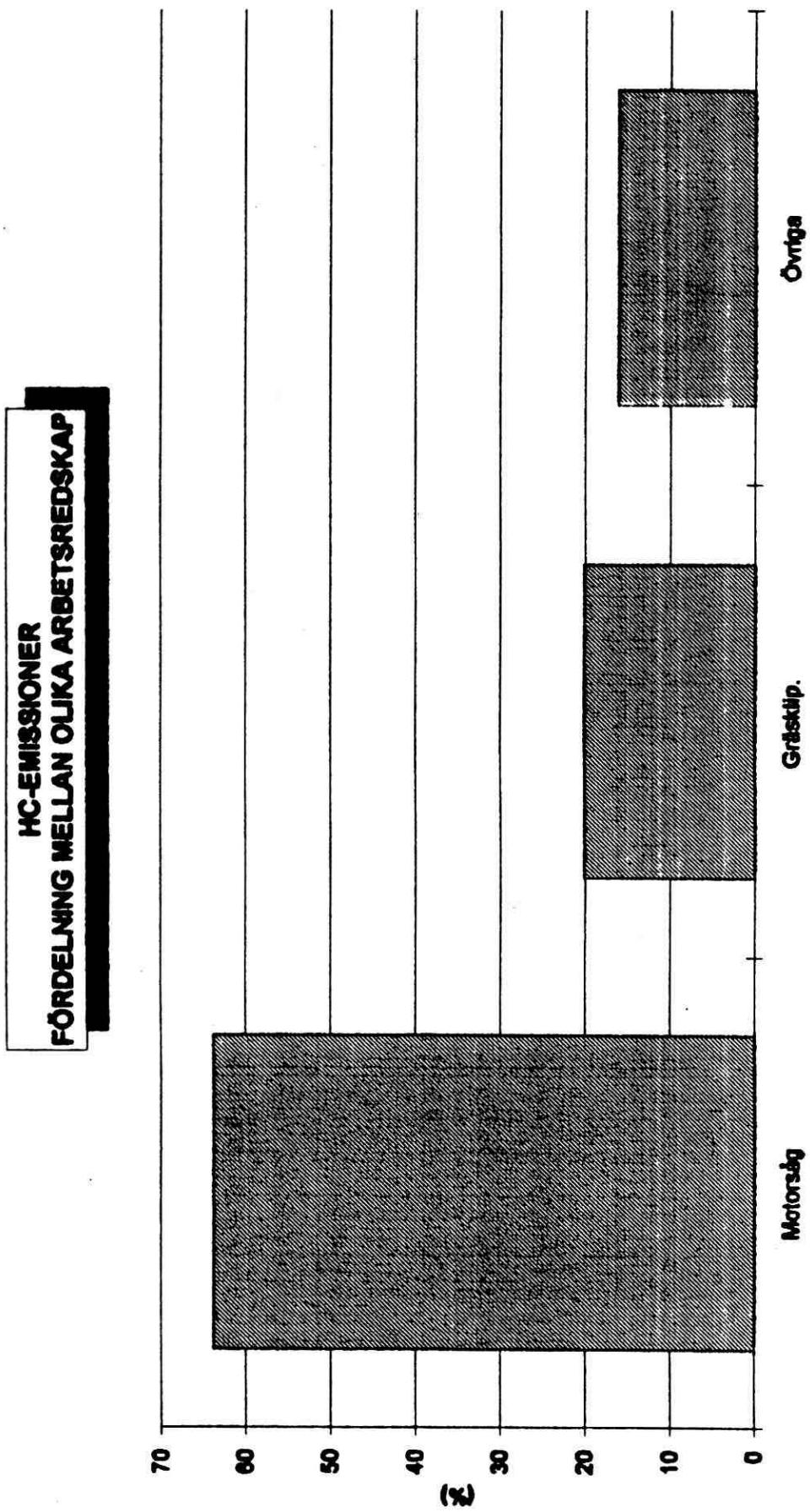
BILAGOR

DIESELDRIVNA ARBETSMASKINER	HC (%)	CO (%)	NOx (%)	Pm (%)
Kompressorer	1,7	1,3	15,1	13,1
Generatoraggregat	3,2	2,2	25,2	18,3
Pumpaggregat	0,2	0,1	1,2	1,2
Borraggregat, produktion	0,4	0,3	3,6	2,7
Borraggregat, geotekn.	0,1	0	0,4	0,3
Plåningsmaskiner	0,1	0,1	1,5	0,9
Stenkrossar	0,9	0,7	9,4	5,8
Sorteringsverk	0,1	0	0,6	0,5
Vältar, bogserade	0,1	0	0,6	0,5
Vibratorplattor/Stamp	0,3	0,2	2,2	2
Kedjegrävare/kabelplog	0	0	0,1	0,2
Betongsåg	0,1	0,1	0,6	0,6
Högtryckstvättaggregat	0	0	0	0
Personhytter	0,1	0,1	1,1	0,8
Sopmaskin, påmonterad	0,1	0,1	1	0,8
Sopmaskin, självgående	0,1	0,1	0,7	0,6
Gräsklippare, åkbar	0,7	0,5	6,1	4,6
Filshugger	0,3	0,2	2,8	1,7
Kyleggredet, fjärr	1,3	1	9,4	8,2
Frysaggregat, fjärr	0,7	0,6	5,5	4,9
Kyleggredet, dist	0,4	0,4	3,3	2,9
Generatoraggregat	1,1	3,1	0,4	0,3
Pumpaggregat	0,4	1,2	0,2	0,2
Handborraggregat	0,7	0,2	0	0,2
Vibratorplattor/Stamp	0,4	1,2	0,2	0,2
Kedjegrävare/kabelplog	0,2	0,4	0,1	0
Motorcup	0,3	0,1	0	0,2
Högtryckstvättaggregat	0	0	0	0
Minidumper	0,1	0,2	0	0
Sopmaskin, självgående	0,1	0,3	0	0
Gräsklippare, åkbar	15,8	43,6	5,5	4,9
Gräsklippare, handledd	4,3	11,8	1,5	1,4
Häcksax/trimmers	1,1	0,4	0	0,3
Jordfräs	0,2	0,6	0,1	0
Snöslunga	0,6	1,6	0,2	0,2
Motorsåg, yrkesmässig	50,2	22,1	0,8	18,3
Motorsåg, fritid	2,3	0,8	0	0,8
Rörsåg	11,3	4,1	0,2	3,5

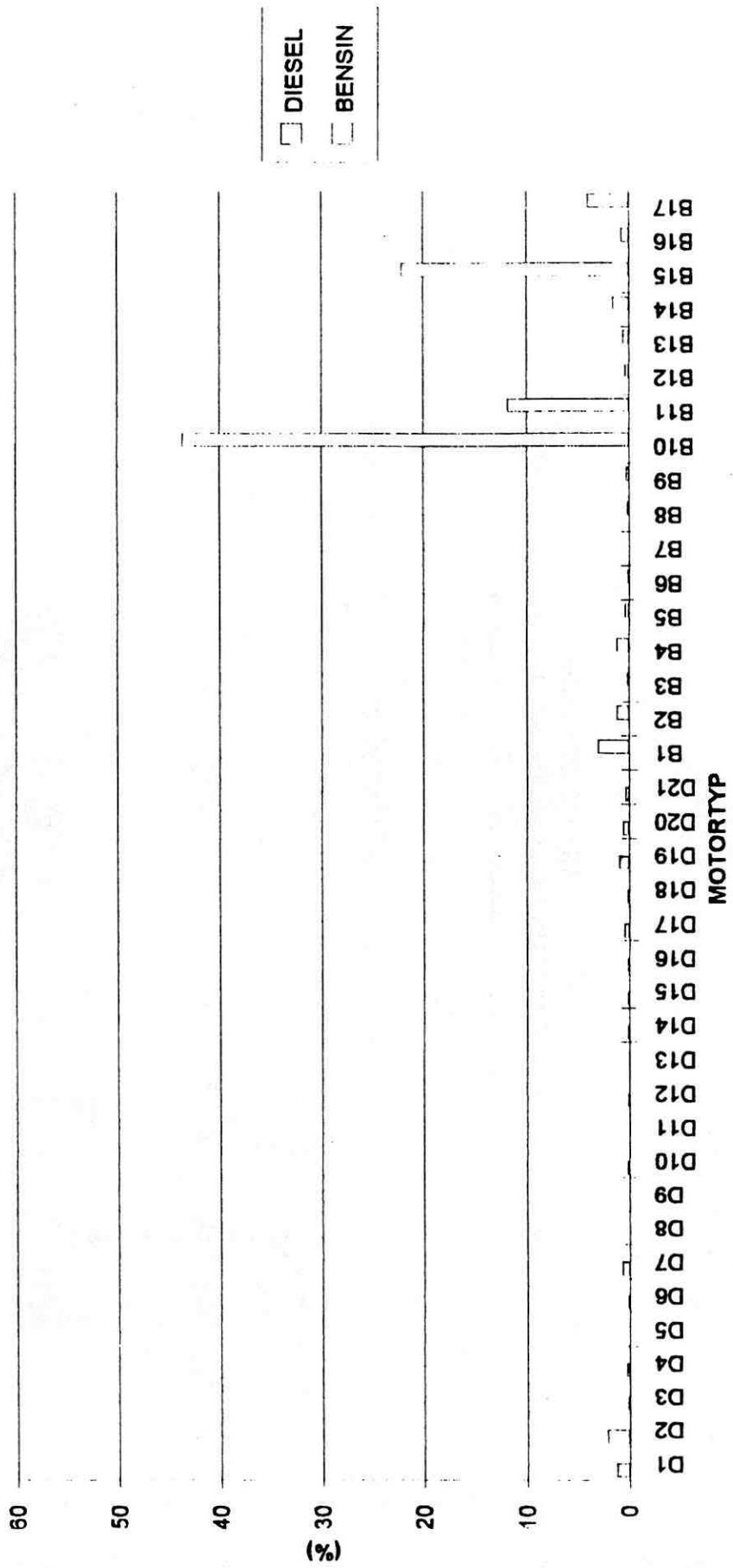
**HC-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLIKA ARBETSREDSKAP**



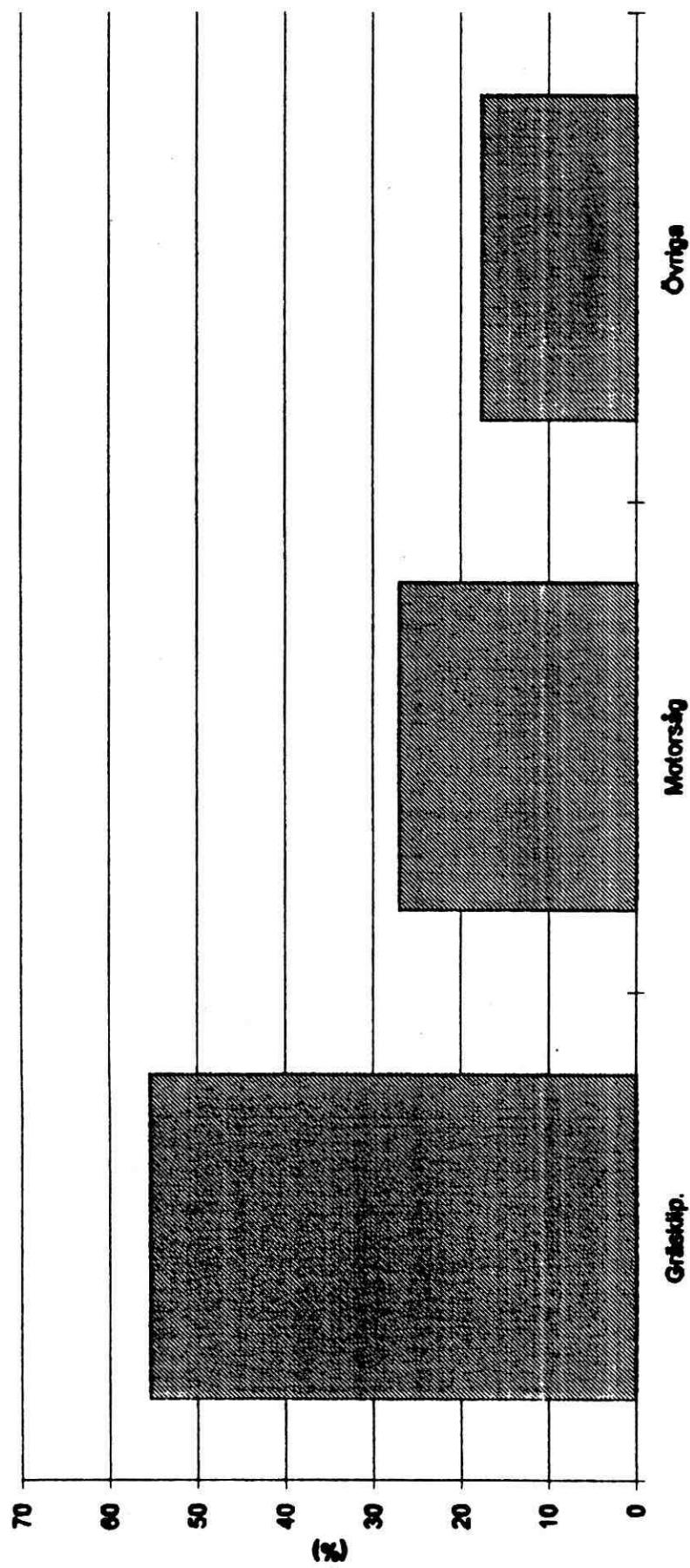
Diagram



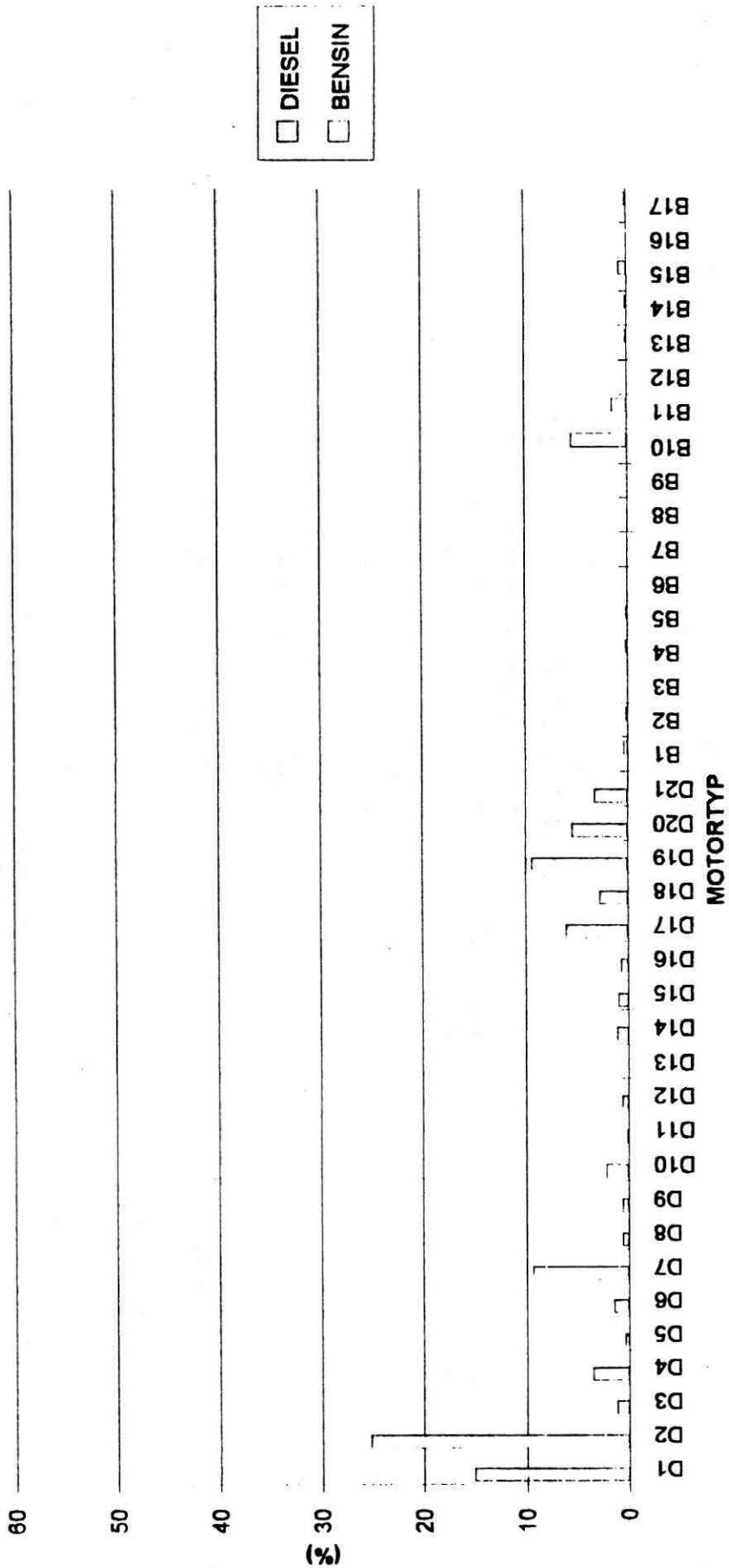
**CO-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLika ARBETSRÄDSKAP**



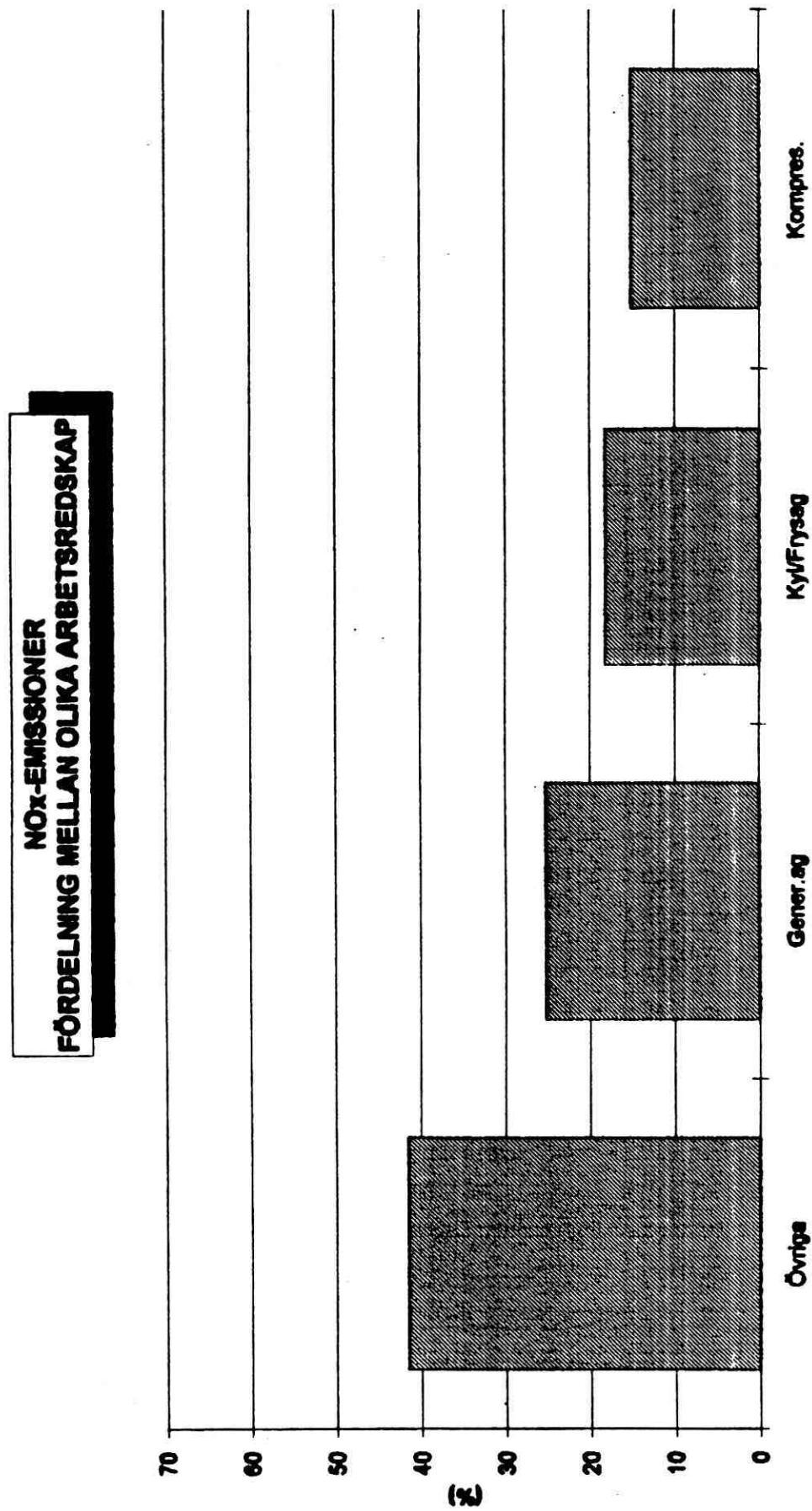
**CO-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLIKA ARBETSRÄDSKAP**



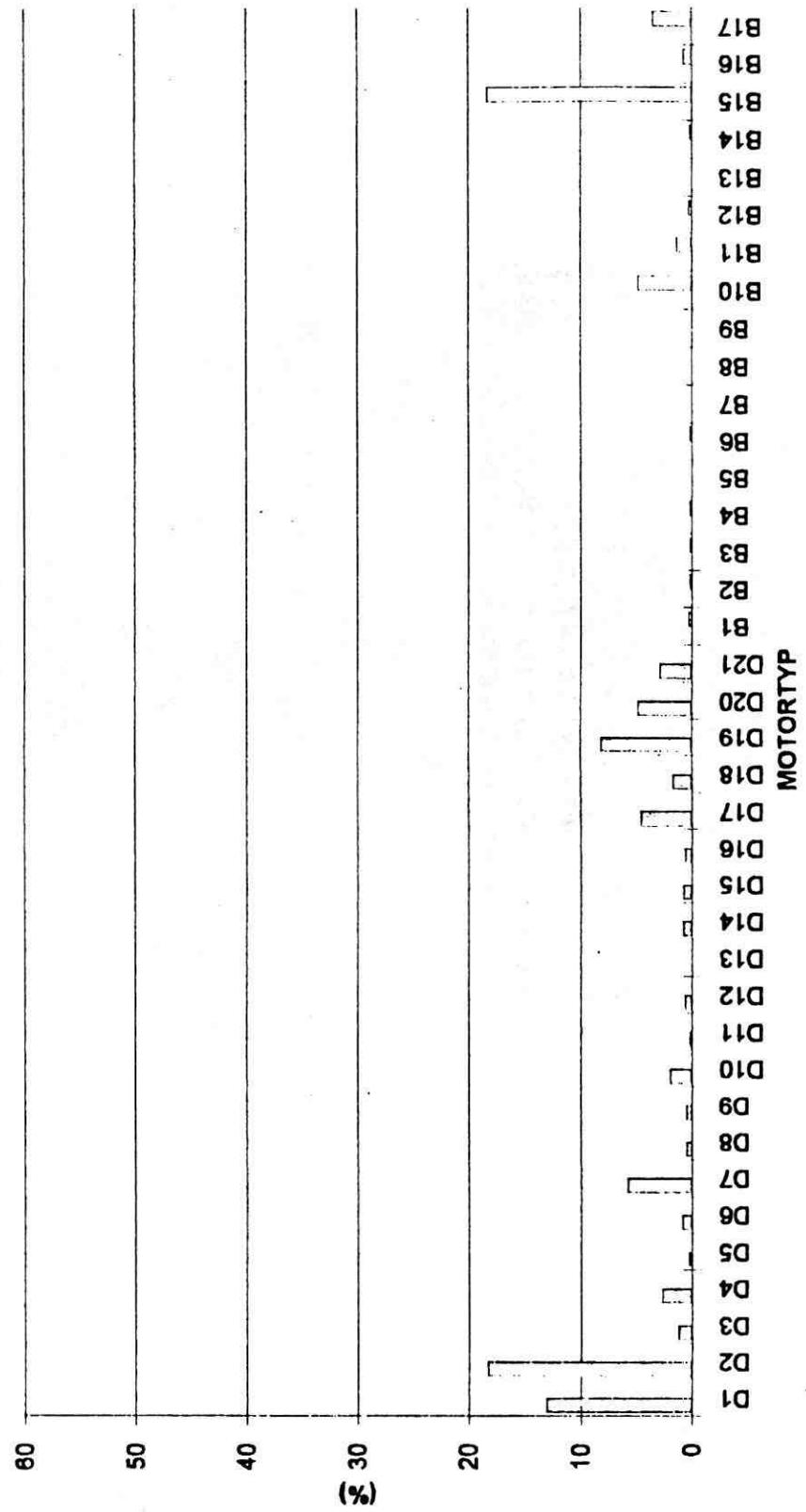
**NOx-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLJAKA ARBETSREDSKAP**



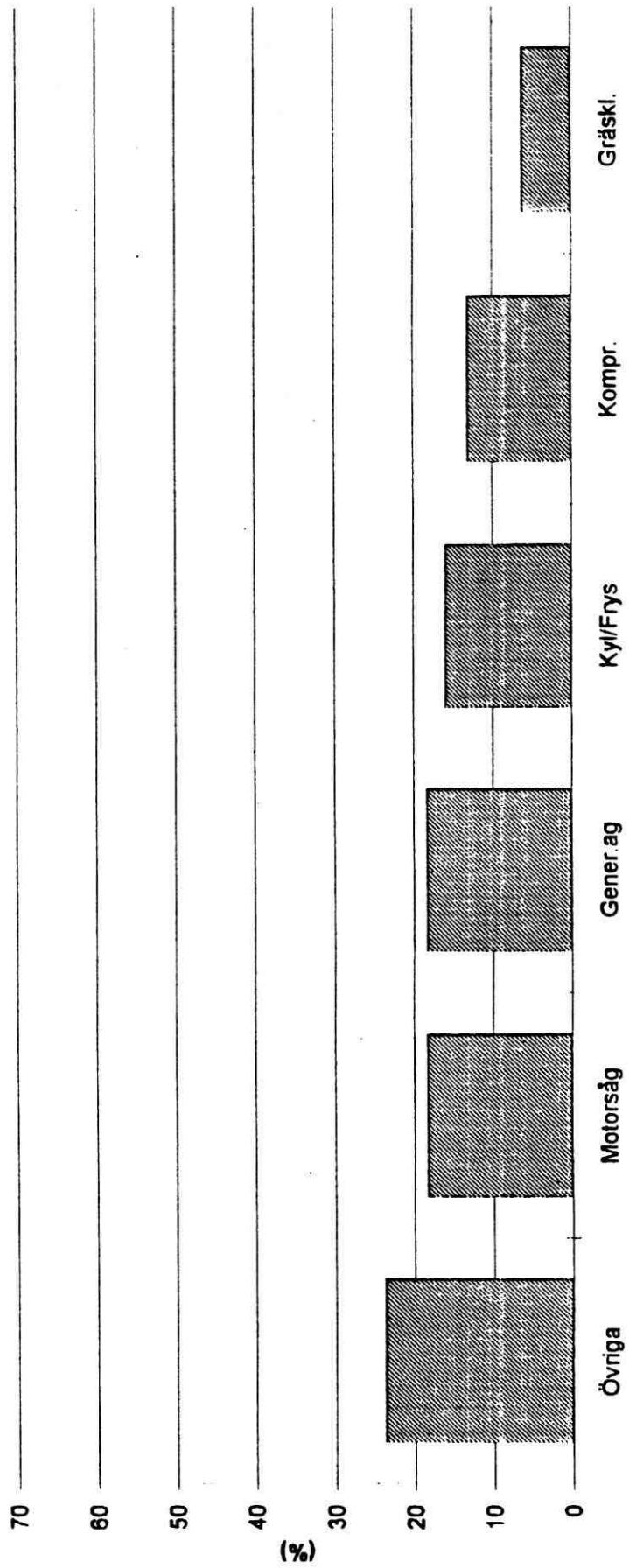
Diagram



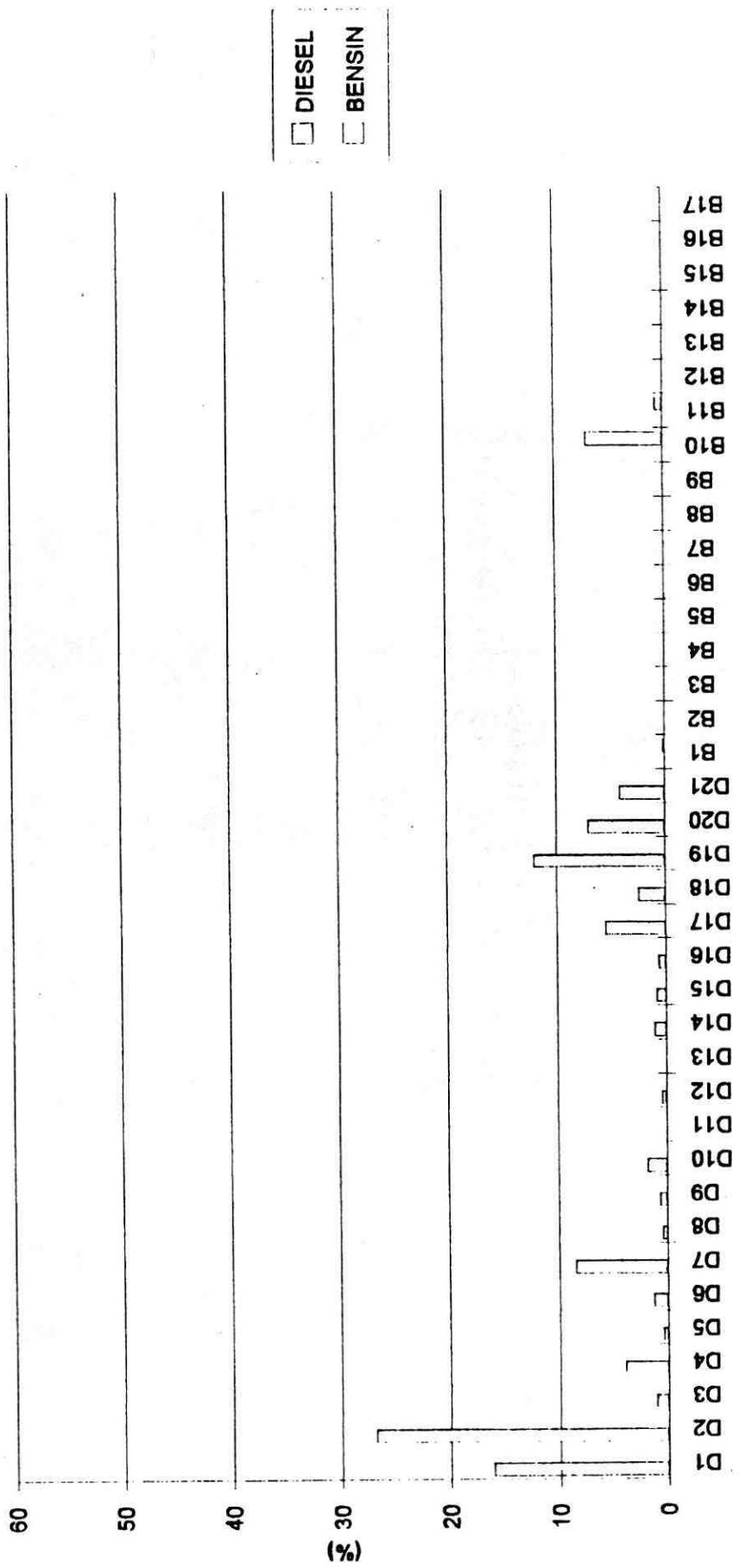
PARTIKULAT-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLICA ARBETSREDSKAP



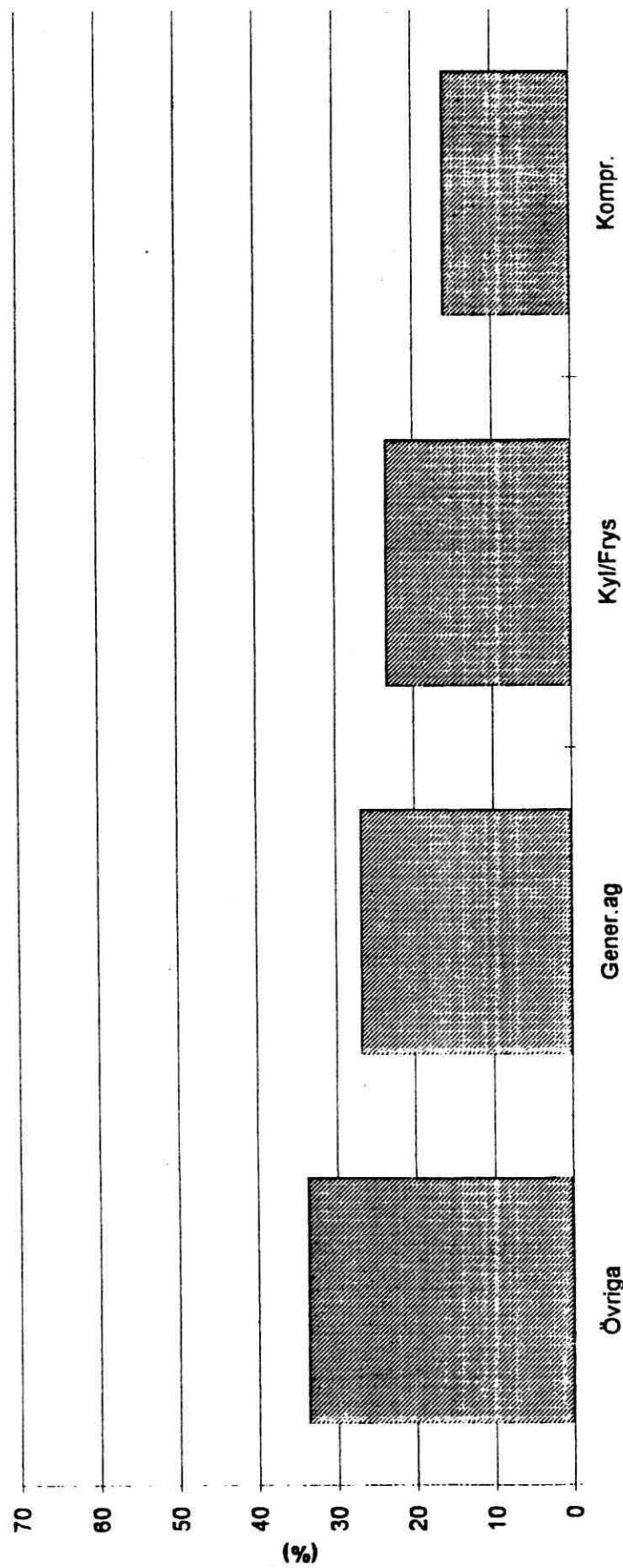
**PARTIKULAT-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLika ARBETSRÄDSKAP**



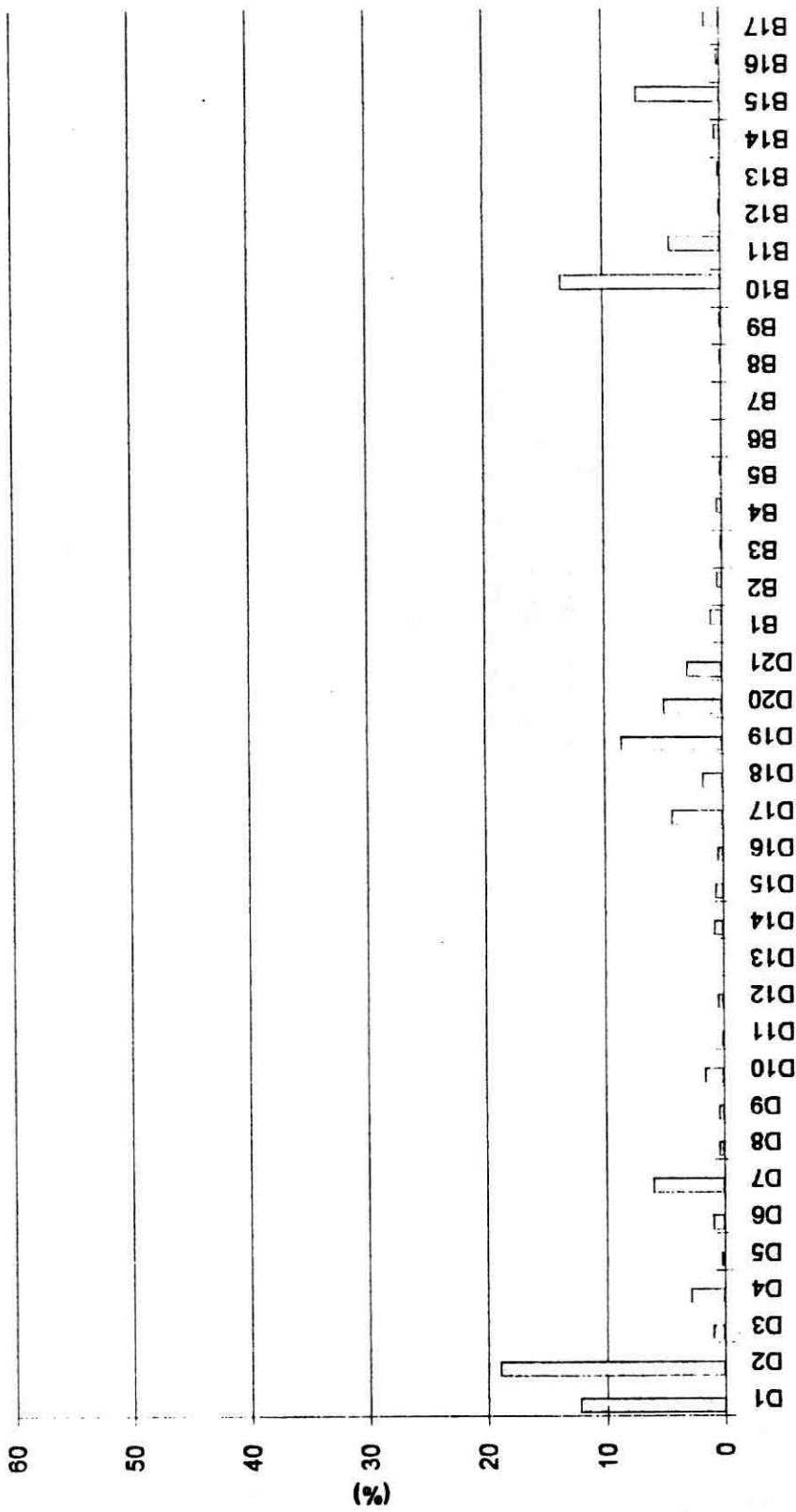
**SO₂-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLika ARBETSREDSKAP**



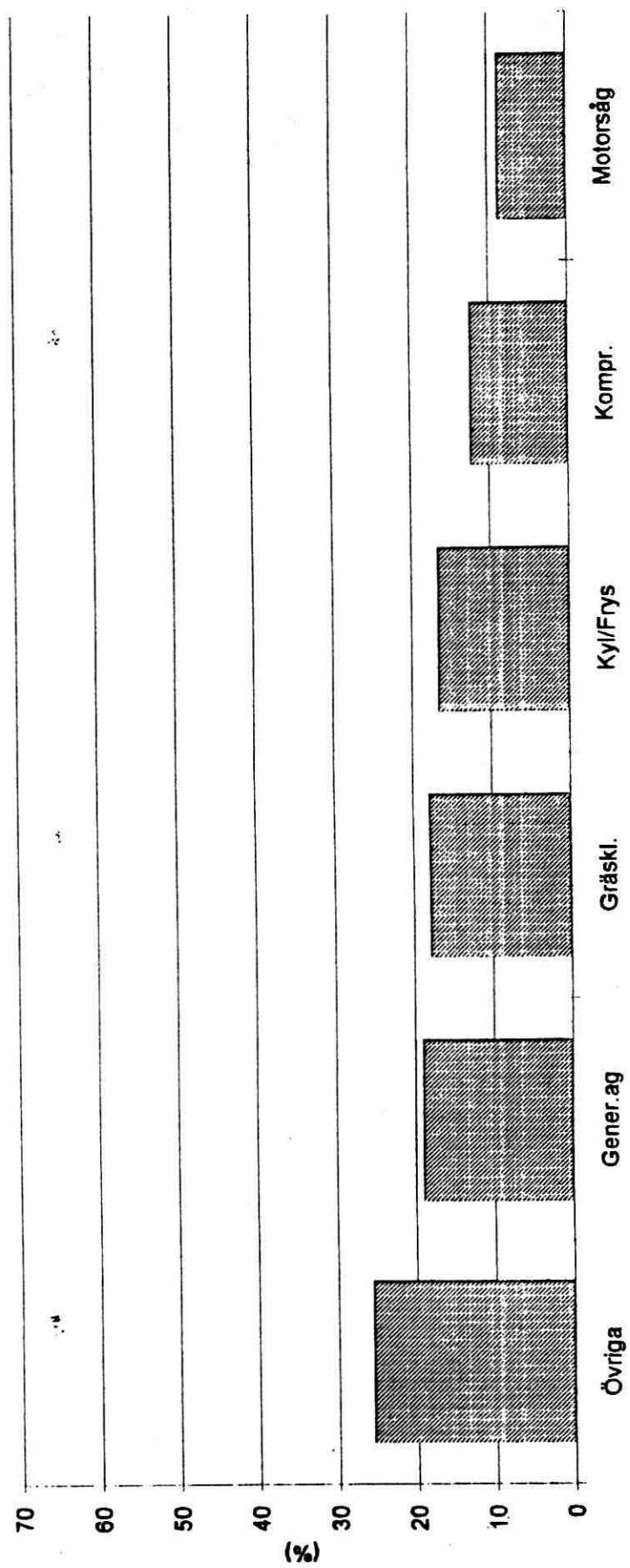
**SO₂ - EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLIKA ARBETSRÄDSKAP**



**CO₂-EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLika MOTORER**

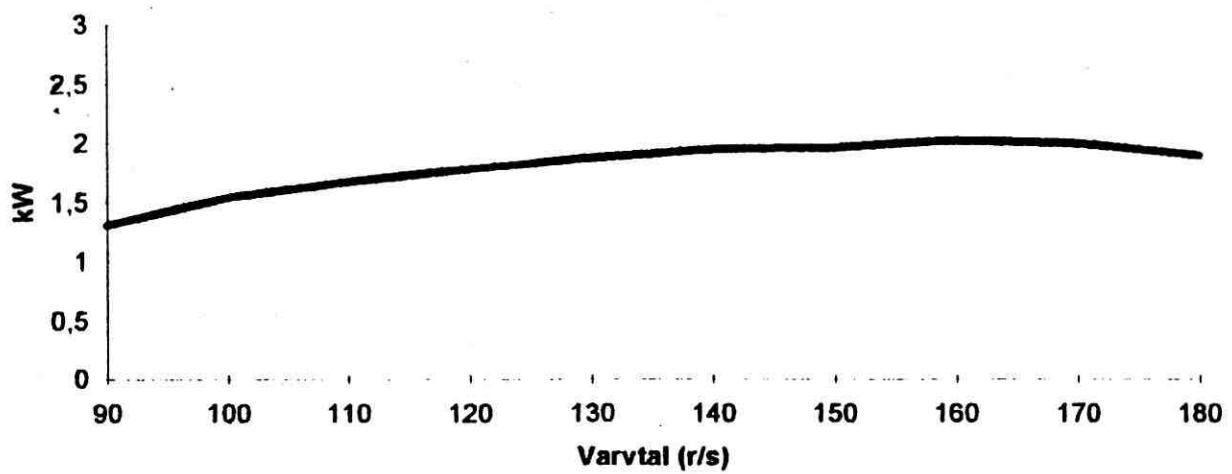
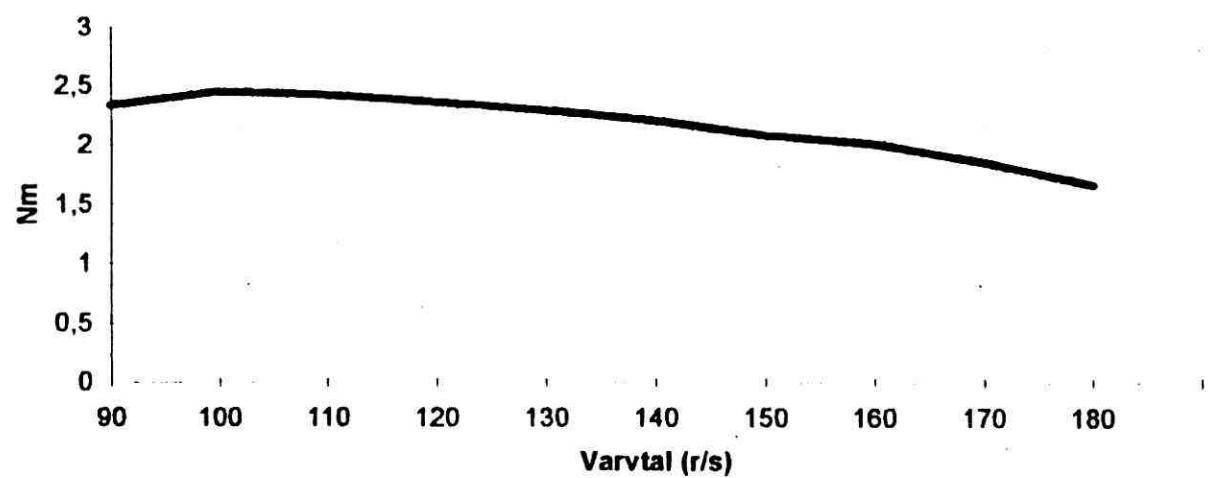


**CO₂ - EMISSIONER
FÖRDELNING MELLAN OLika ARBETSREDSKAP**



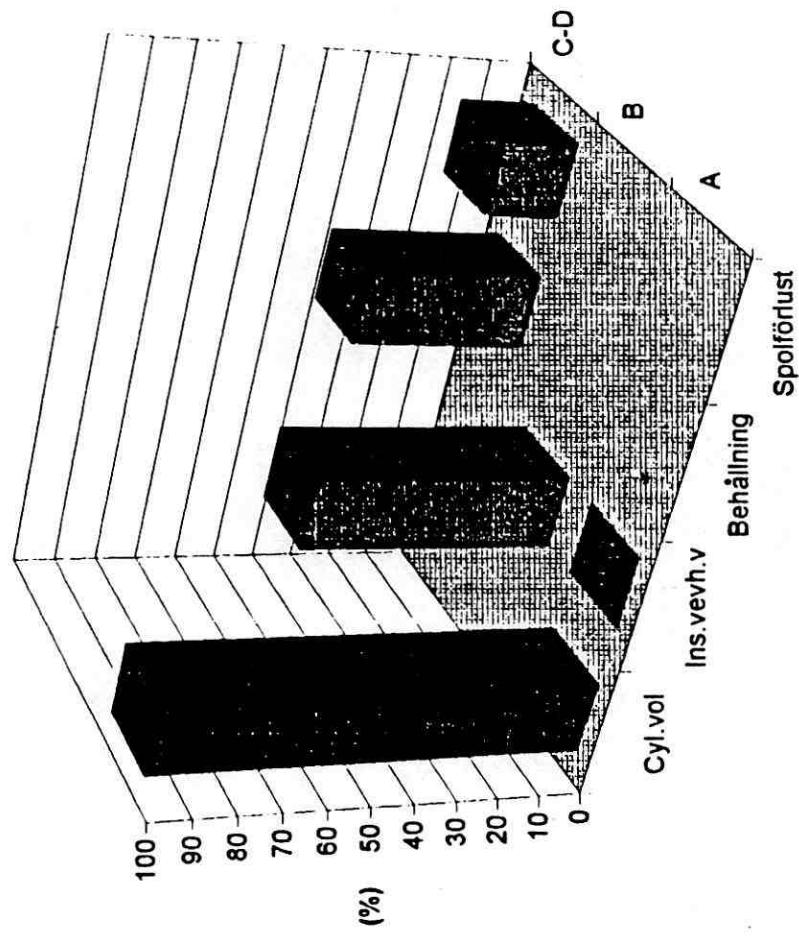
DIESELDREVNA ARBETSMASKINER	SÄKER	MEDEL	OSÄKER
Kompressorer	•	X	
Generatoraggregat	•	X	
Pumpaggregat		X	
Borrtappregel, produktion		X	
Borrtappregel, geotekn.			
Påläggmaskiner			
Stenkrossar			
Sorteringsverk			
Vibrator, bopasserade			
Vibratorplattor/stamp		X	
Kedjegrävare/kabelploug			
Betongsäg			
Höghöjningsväxellaggregat			
Personifytar		X	
Sopmaskin, påmonterad			
Sopmaskin, självgående			
Gräsklippare, åkbar			X
Fitschugger			
Kylegggregat, fjärr	•	X	
Frysaggregat, fjärr	•	X	
Kylaggregat, dist	•	X	

BENSINMOTORDRIVNA ARBETSREDSKAP	SÄKER	MEDEL	OSÄKER
Generatoraggregat	X		
Pumpaggregat	X		
Handborrtappregel	X		X
Vibratorplattor/Stamp	X		
Kedjegrävare/kabelploug			
Motorkap			X
Höghöjningsväxellaggregat			
Minidumper			
Sopmaskin, självgående			
Gräsklippare, åkbar	•		X
Gräsklippare, handledd	•		X
Häcksax/trimmers			
Jordfräs			X
Snöslunga			X
Motorsäg, yrkesmässig	•		
Motorsäg, fritid	•		X
Röjsäg	•		X

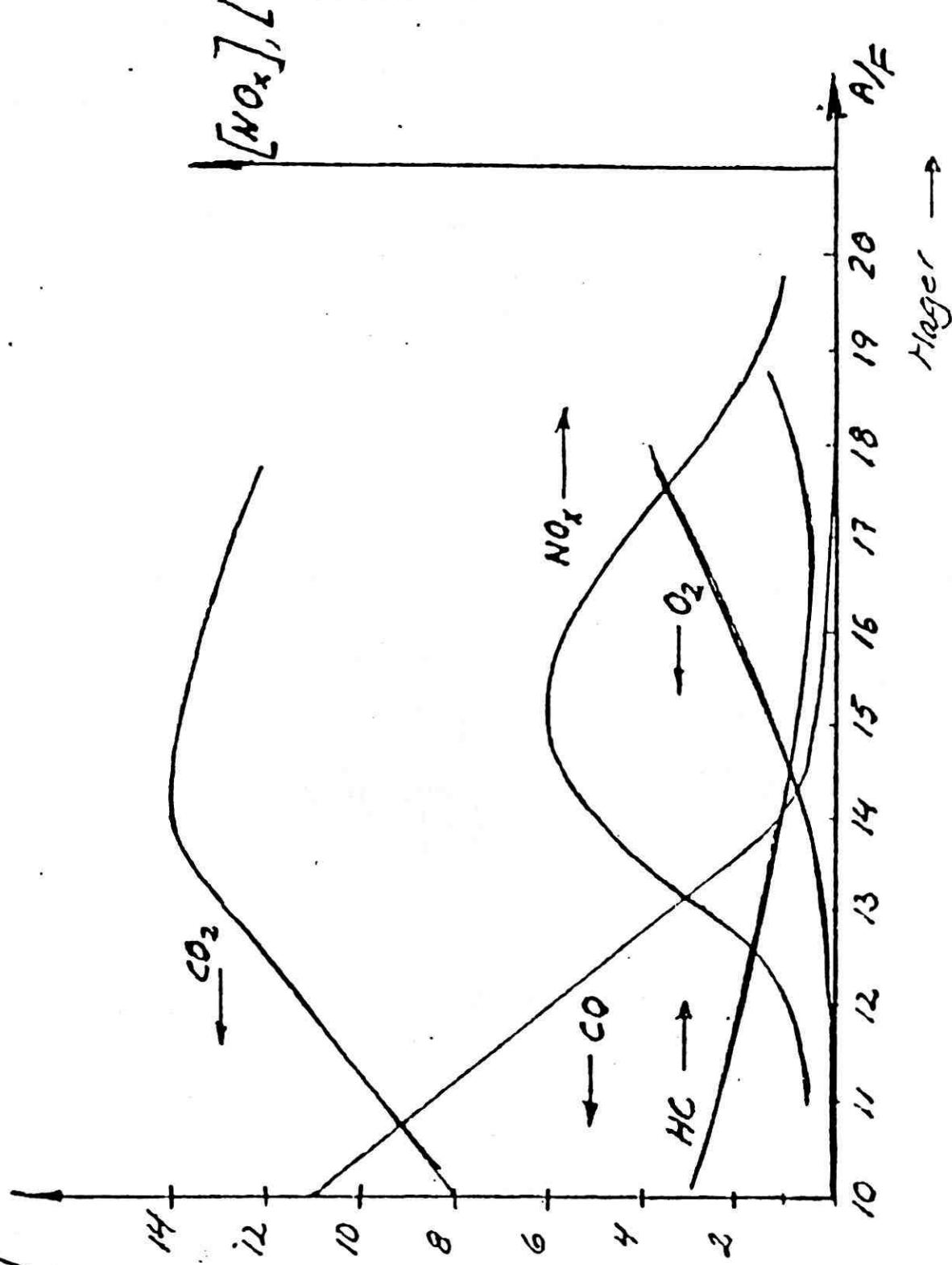
EFFEKT**MOMENT**

Diagr3

FYLLENDSGRAD FÖR MOTORSAG



$[CO_2], [CO], [CH_4]$
(wt. %)



Beräkningsformler för specifika avgasemissioner SAE-J 1088.Jun 83

7.2.2.2 Fuel Flow Method.

- Massflöden i g/h:

$$HC = MHCexh / MF * B / (TC) * 3 * HC \%$$

$$CO = MC0 / MF * B / (TC) * CO \% * K$$

$$NOX = MN0X / MF * B / (TC) * NOX \% * K$$

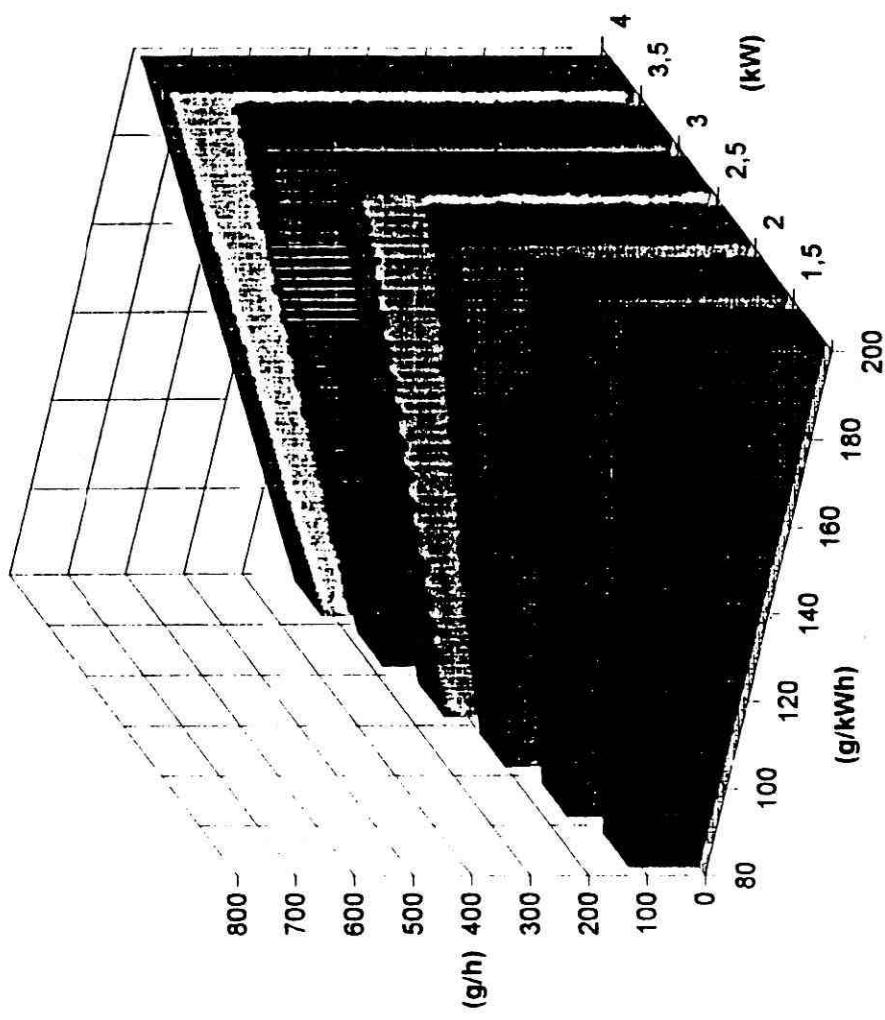
$$\begin{aligned} TC &= CO \% * K + CO2 \% * K + 3 * HC \% \\ MHCexh &= MF = 12.011 + 1.008 * y \quad (\text{Input } y, \text{ default } y=1.85) \\ MF &= \text{Molvikt Bränsle} \\ MC0 &= \text{Molvikt CO} = 28.01 \\ MN0X &= \text{Molvikt NOX} = 46.01 \\ B &= \text{Bränsleförbrukning g/h} \\ K &= 1 / (1 + 0.005 * y * (CO \% + CO2 \%)) \end{aligned}$$

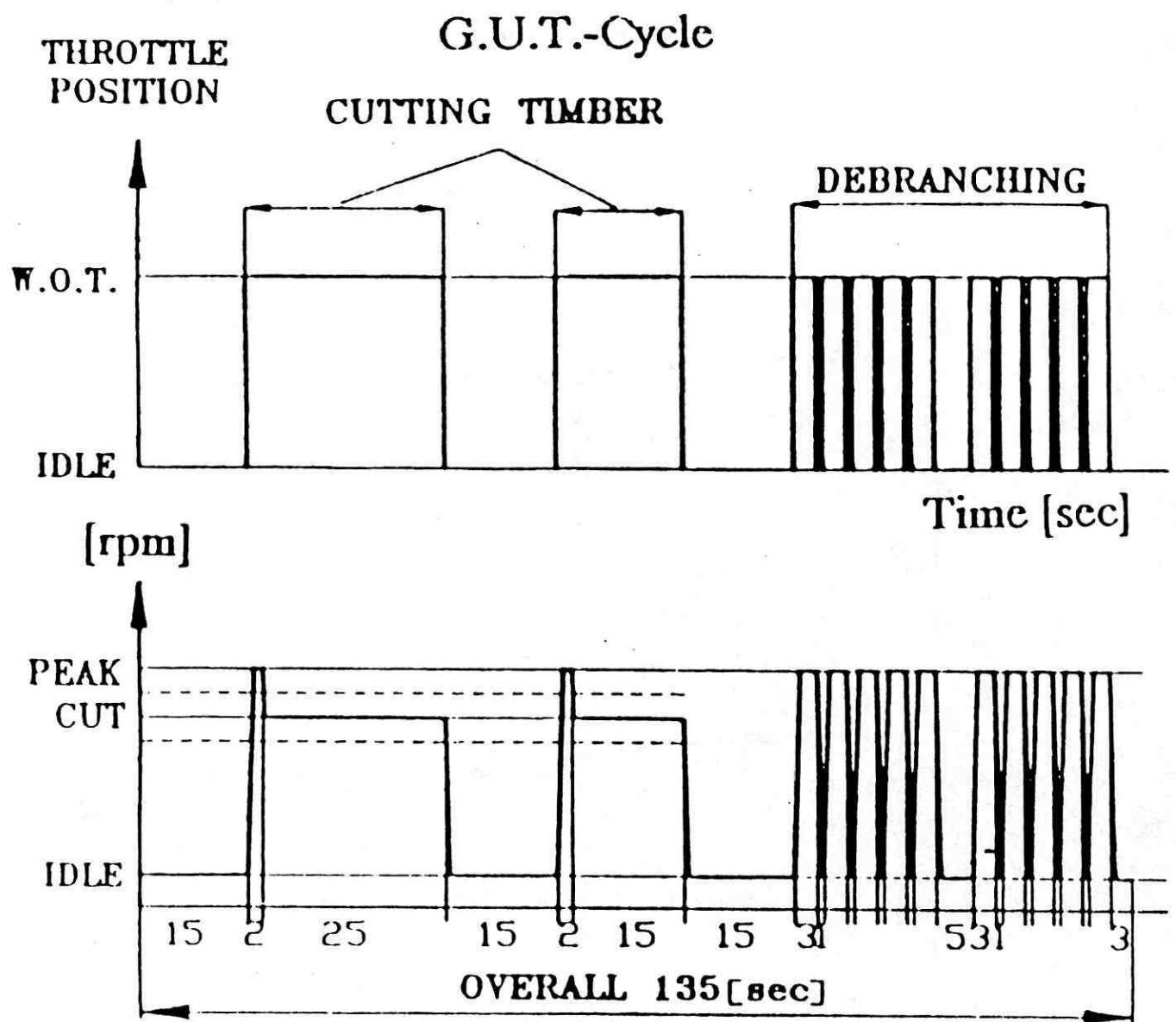
Table 3. Self-Weighted Time Schedules for J1088

J1088 Mode No. ^a	3	4	5	6	7	1	2	
Speed ^b	85%	85%	85%	85%	85%	Idle	Rated	
Load ^c	Full	75%	50%	25%	min.	0	Full	
J1088 wt. Factor %								
6-mode Test ^d	9	20	29	30	7	5	--	
2-mode Test ^d	--	--	--	--	--	10	90	
Test Version	Time In Mode by Test Version, sec							Total Time, sec
6-mode ^d	108	240	348	360	84	60	---	1200
2-mode ^d	---	---	---	---	---	60	540	600

^aListed in order as run during tests
^b85% is 85 percent of rated speed or governed speed, whichever is higher
^cLoad percentages are percentages of full load at the indicated speed
^d6-mode is for non-handheld, 2-mode is for handheld

MASSEMISSIONER FÖR OLika EFFEKTTUTTAG





PEAK: peak engine speed [rpm]

CUT: max. cutting performance (according to manufacturer) Tolerance: ± 1000 [rpm] ± 0.5 [s]

IDLE: idling

2 warm-up cycles, 4 measurement cycles

Fig.092 G.U.T.- Cycle

Chainsaw Pollutant Emission Measurement

66

SERIES PRODUCTION CHAINSAW

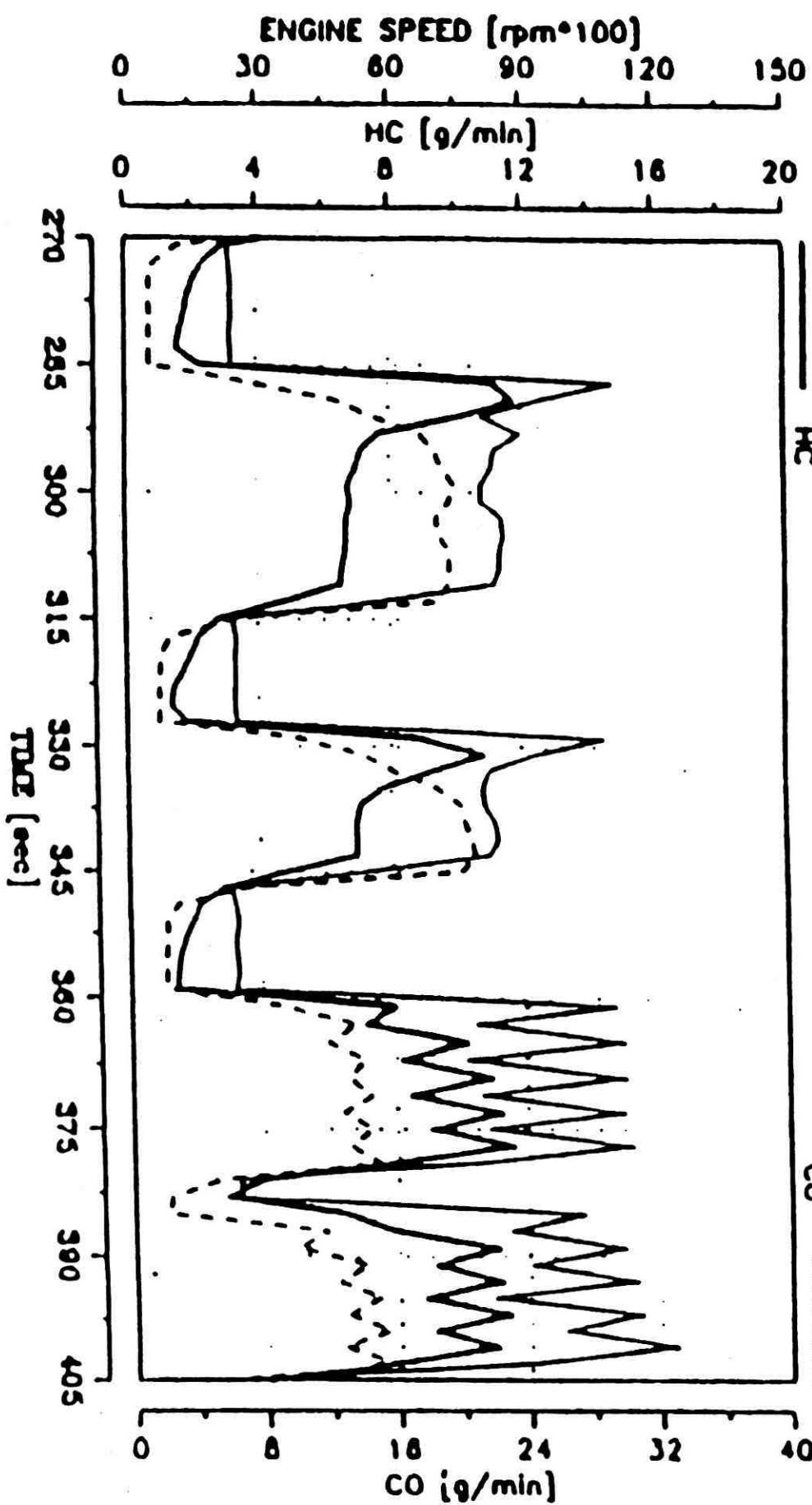


Fig.093 G.U.T.- Cycle: HC- and CO- Emission versus
Kontinuierliche Motorrotation

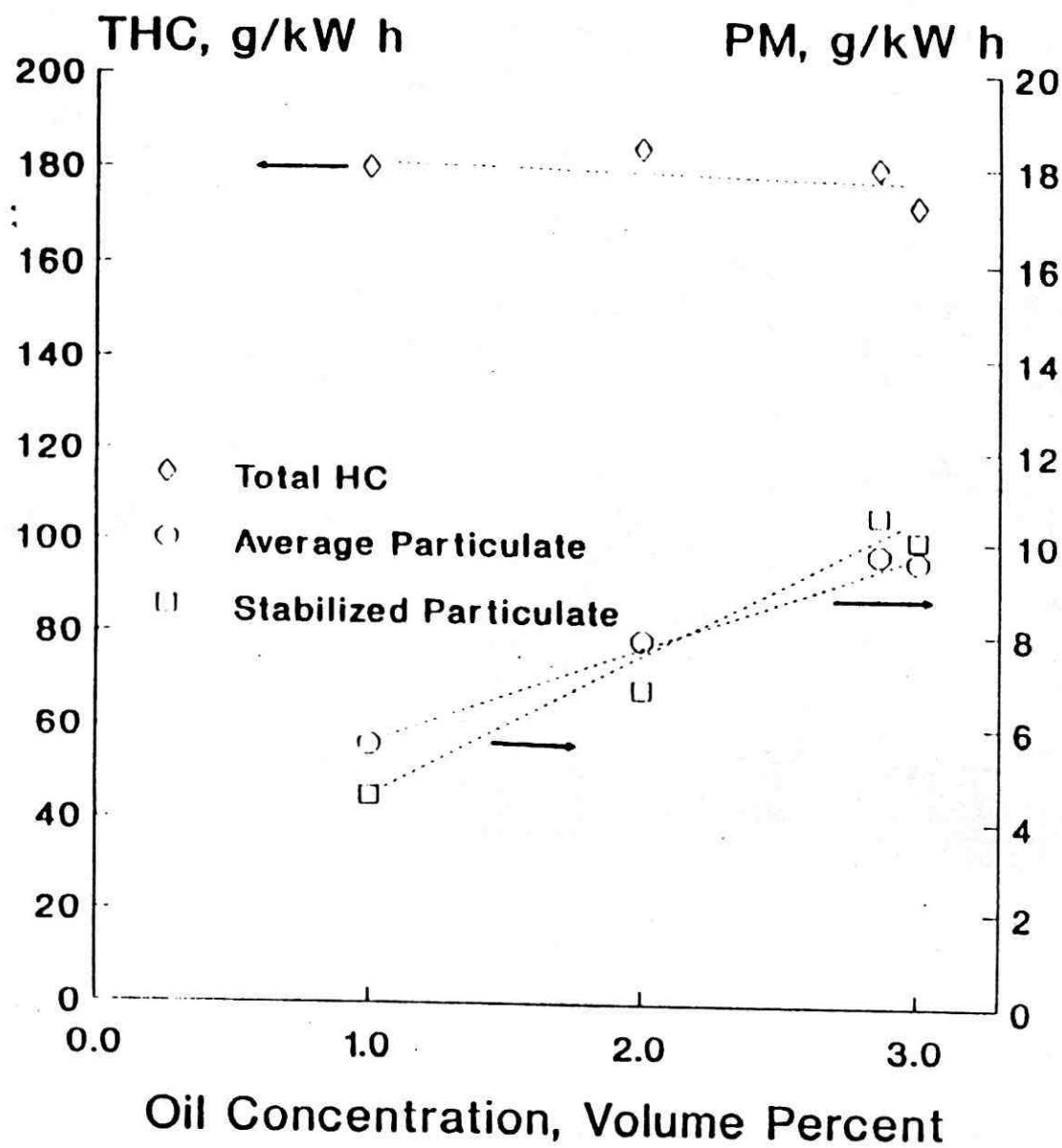


Figure 20 - Total HC and Particulate Matter vs Oil Concentration in Fuel, 2s Engine

BRIGGS & STRATTON

27



BOHRUNG UND HUB
72 x 70 mm
HUBRAUM
570 cm³
TANKINHALT
14 l
ÖLFÜLLMENGE
14 l
LEERGEWICHT
27 kg
ABMESSUNG A x B x C
427 x 402 x 320 mm
MODELL-NR. 1907
AUCH ERHÄLTLICH: 18HP MODELL-NR. 2947

18HP
VANGUARD



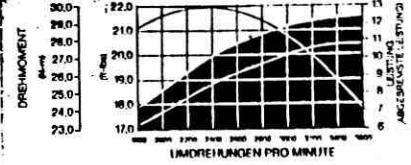
BOHRUNG UND HUB
65 x 64 mm
HUBRAUM
490 cm³
TANKINHALT
14 l
ÖLFÜLLMENGE
14 l
LEERGEWICHT
27 kg
ABMESSUNG A x B x C
427 x 402 x 318 mm
MODELL-NR. 1907
AUCH ERHÄLTLICH: 16HP MODELL-NR. 2947

16HP
VANGUARD



BOHRUNG UND HUB
67 x 73 mm
HUBRAUM
475 cm³
TANKINHALT
14 l
ÖLFÜLLMENGE
14 l
LEERGEWICHT
27 kg
ABMESSUNG A x B x C
427 x 412 x 318 mm
MODELL-NR. 1907
AUCH ERHÄLTLICH: 16HP MODELL-NR. 2947

12.5HP
VANGUARD



BOHRUNG UND HUB
81 x 79 mm
HUBRAUM
574 cm³
TANKINHALT
14 l
ÖLFÜLLMENGE
14 l
LEERGEWICHT
27 kg
ABMESSUNG A x B x C
461 x 451 x 345 mm
MODELL-NR. 427
AUCH ERHÄLTLICH: 18HP MODELL-NR. 407

18HP



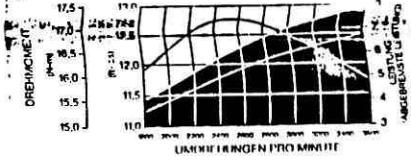
BOHRUNG UND HUB
67 x 77,7 mm
HUBRAUM
495 cm³
TANKINHALT
14 l
ÖLFÜLLMENGE
14 l
LEERGEWICHT
27 kg
ABMESSUNG A x B x C
394 x 141 x 313 mm
MODELL-NR. 2907

12.5HP



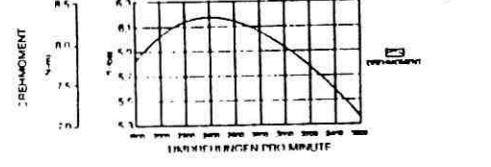
BOHRUNG UND HUB
70,5 x 69,0 mm
HUBRAUM
491 cm³
TANKINHALT
14 l
ÖLFÜLLMENGE
11 l
LEERGEWICHT
22 kg
ABMESSUNG A x B x C
394 x 79,1 x 313 mm
MODELL-NR. 407

8HP



BOHRUNG UND HUB
50 x 51,8 mm
HUBRAUM
301 cm³
TANKINHALT
11,5 l
ÖLFÜLLMENGE
0,6 l
LEERGEWICHT
11 kg
ABMESSUNG A x B x C
314 x 311 x 279 mm
MODELL-NR. 1907

4.5HP
QUANTUM. IVC

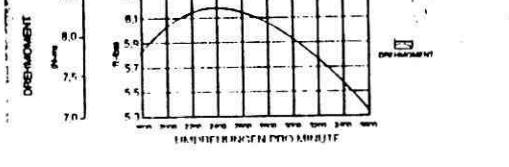


BOHRUNG UND HUB
50 x 51,8 mm
HUBRAUM
301 cm³
TANKINHALT
10 l
ÖLFÜLLMENGE
0,6 l
LEERGEWICHT
11 kg
ABMESSUNG A x B x C
312 x 306 x 279 mm
MODELL-NR. 907
MOTOR-TYP: Zweitakt
Modell-Nr. 1907/907



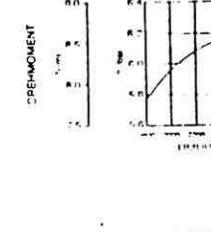
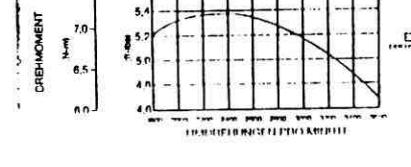
BOHRUNG UND HUB
60 x 51,8 mm
HUBRAUM
391 cm³
TANKINHALT
11,5 l
ÖLFÜLLMENGE
0,6 l
LEERGEWICHT
11 kg
ABMESSUNG A x B x C
314 x 311 x 279 mm
MODELL-NR. 1947

4HP
QUANTUM.

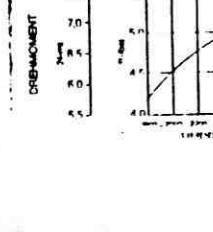


BOHRUNG UND HUB
50 x 51,8 mm
HUBRAUM
301 cm³
TANKINHALT
10 l
ÖLFÜLLMENGE
0,6 l
LEERGEWICHT
11 kg
ABMESSUNG A x B x C
314 x 306 x 279 mm
MODELL-NR. 907

3.5HP
QUANTUM.

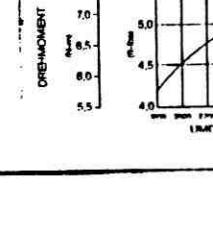
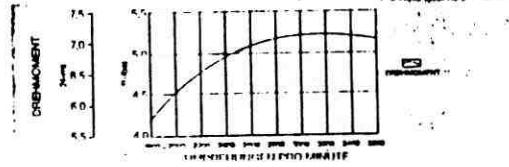


BOHRUNG UND HUB
50 x 51,8 mm
HUBRAUM
301 cm³
TANKINHALT
10 l
ÖLFÜLLMENGE
0,6 l
LEERGEWICHT
11 kg
ABMESSUNG A x B x C
312 x 306 x 279 mm
MODELL-NR. 907
MOTOR-TYP: Zweitakt
Modell-Nr. 1907/907



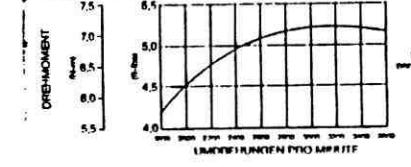
BOHRUNG UND HUB
50 x 51,8 mm
HUBRAUM
301 cm³
TANKINHALT
10 l
ÖLFÜLLMENGE
0,6 l
LEERGEWICHT
11 kg
ABMESSUNG A x B x C
314 x 306 x 279 mm
MODELL-NR. 907

3.5HP

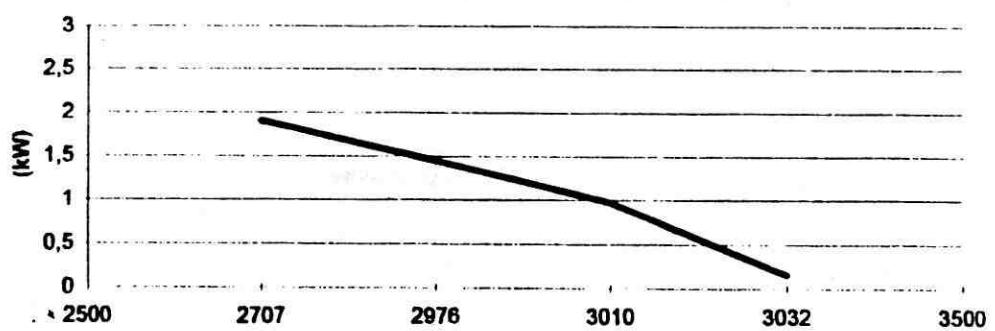


BOHRUNG UND HUB
50 x 51,8 mm
HUBRAUM
301 cm³
TANKINHALT
10 l
ÖLFÜLLMENGE
0,6 l
LEERGEWICHT
11 kg
ABMESSUNG A x B x C
314 x 306 x 279 mm
MODELL-NR. 907

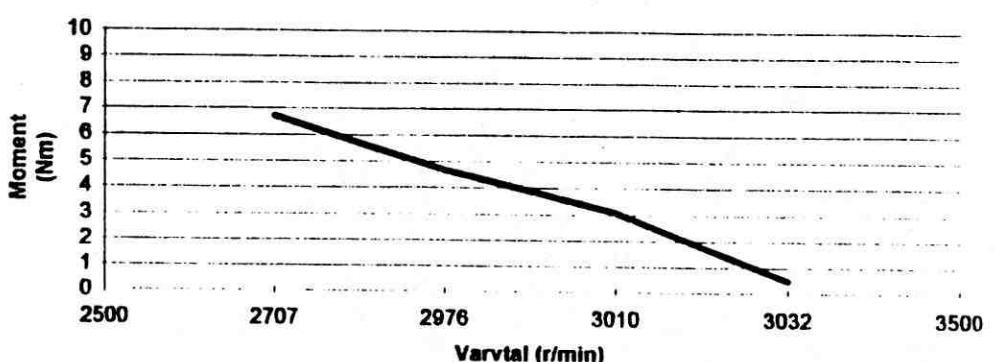
3.5HP



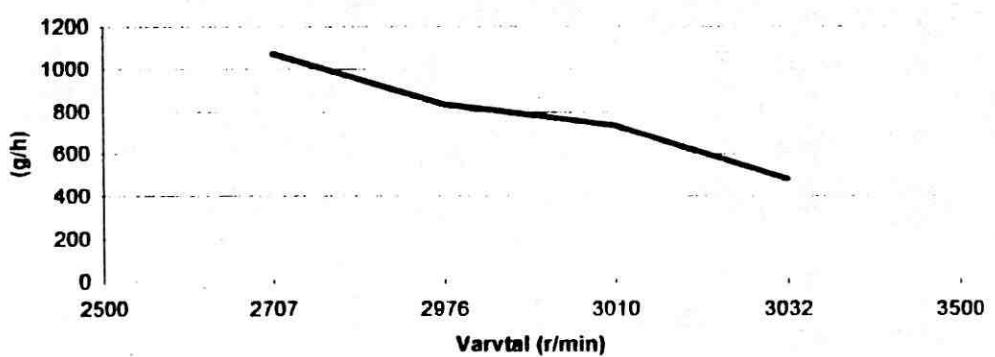
**EFFEKT
B&S QXM 35,5A**



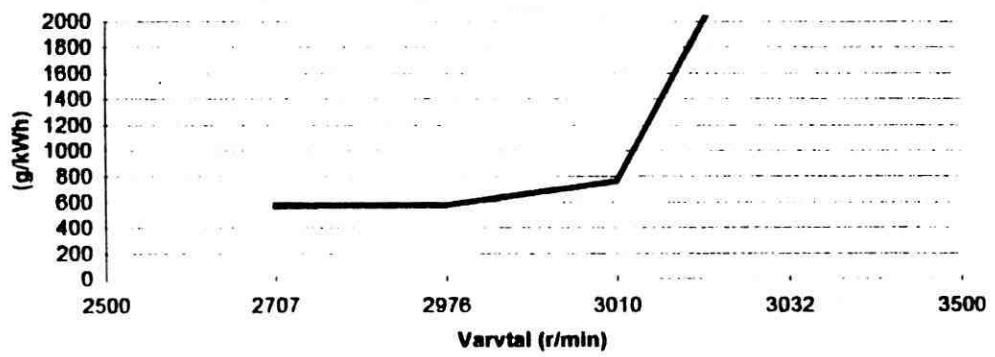
**MOMENT
B&S QXM 35,5A**



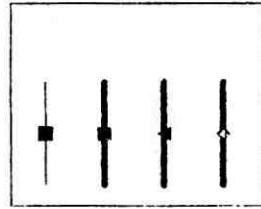
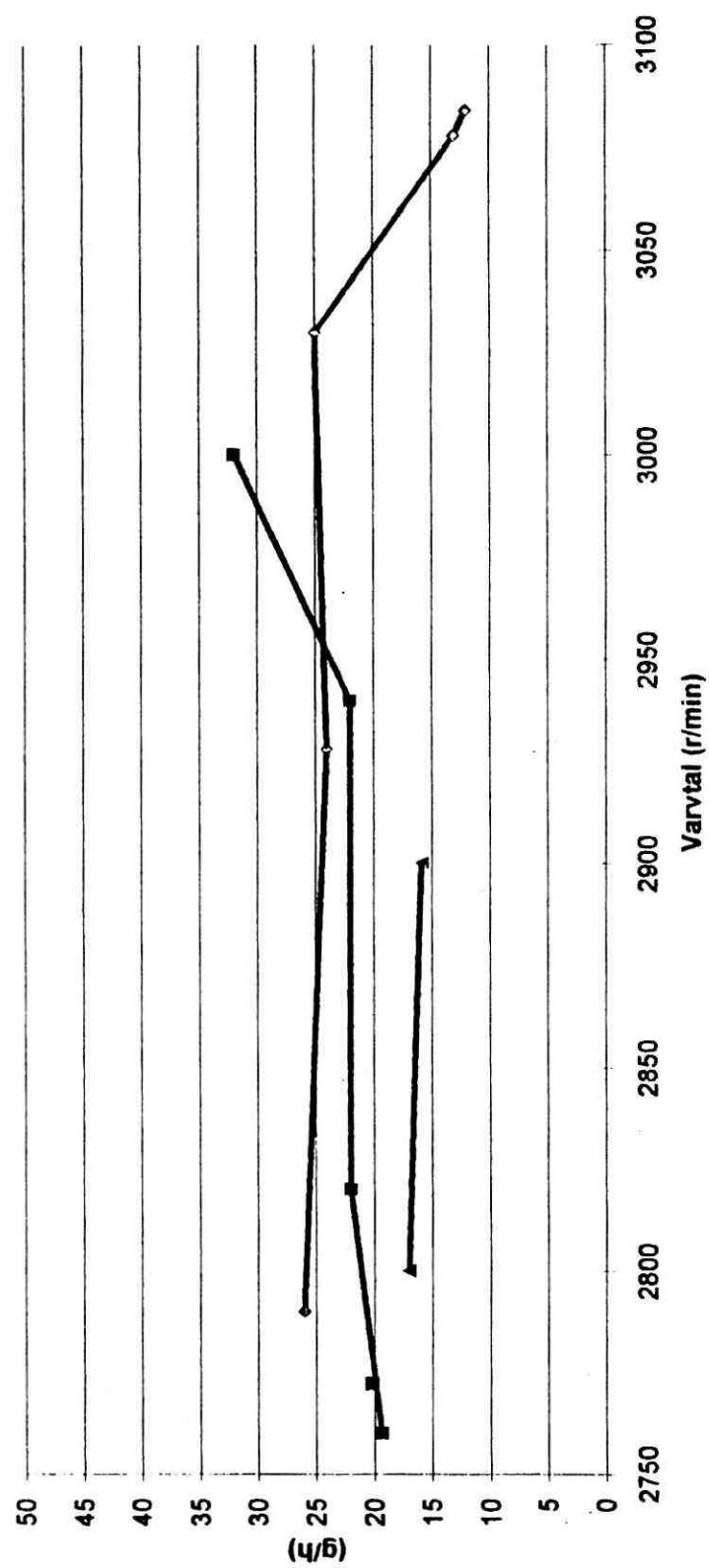
**BRÄNSLEFÖRBRUKNING
B&S QXM 35,5A**



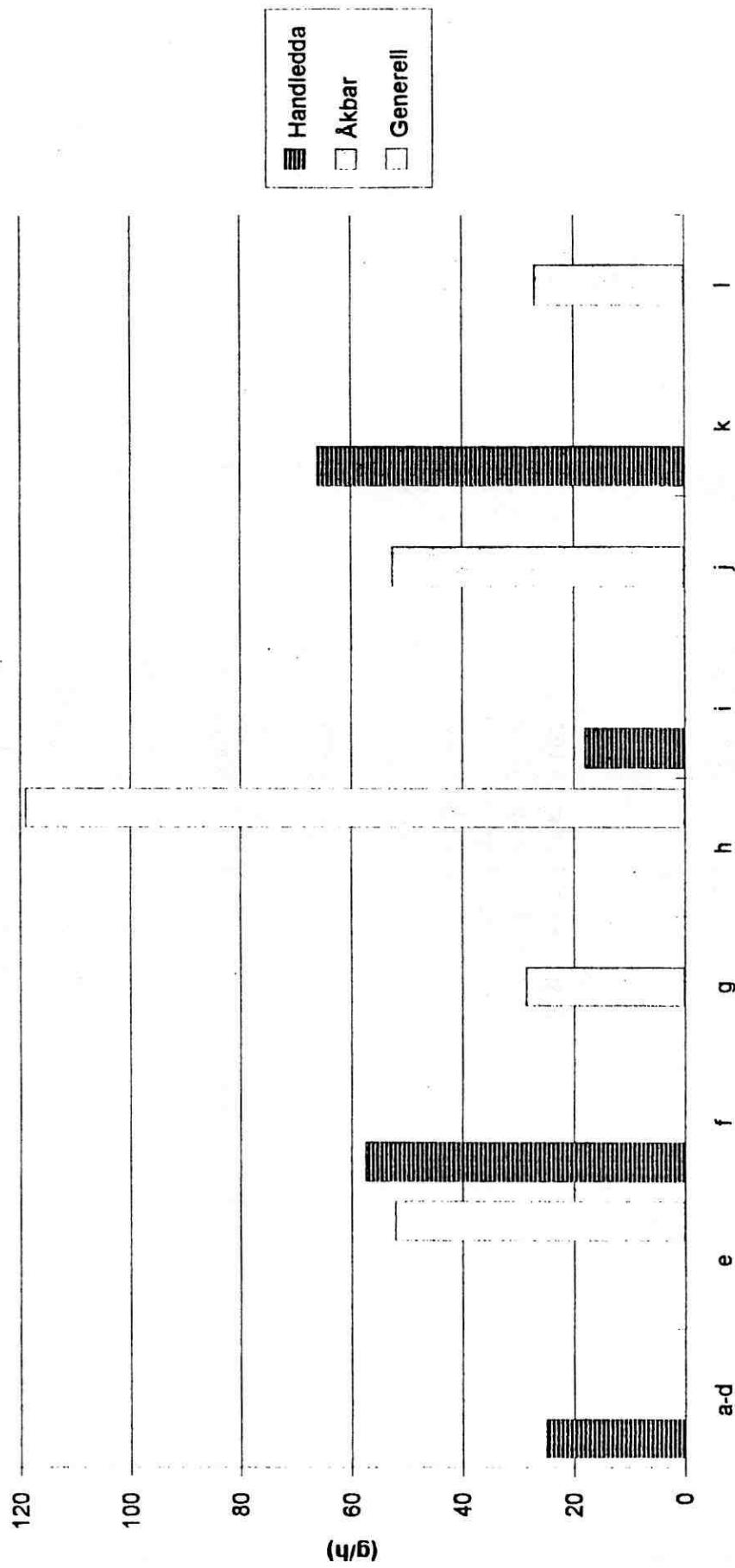
**SPECIFIK BRÄNSLEFÖRBRUKNING
B&S QXM 35,5A**



**Massemissoner av HC
för Gräsklippare**

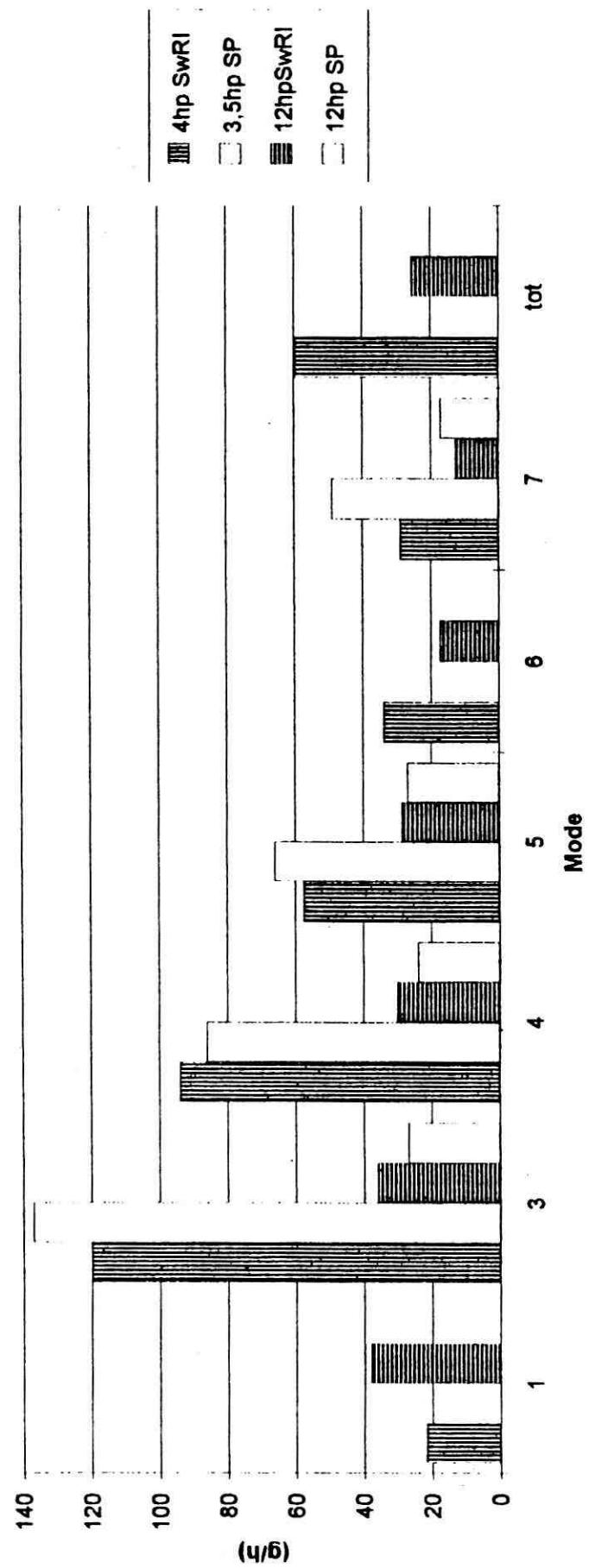


**Massemissioner av HC
för 4-t Gräsklippare**

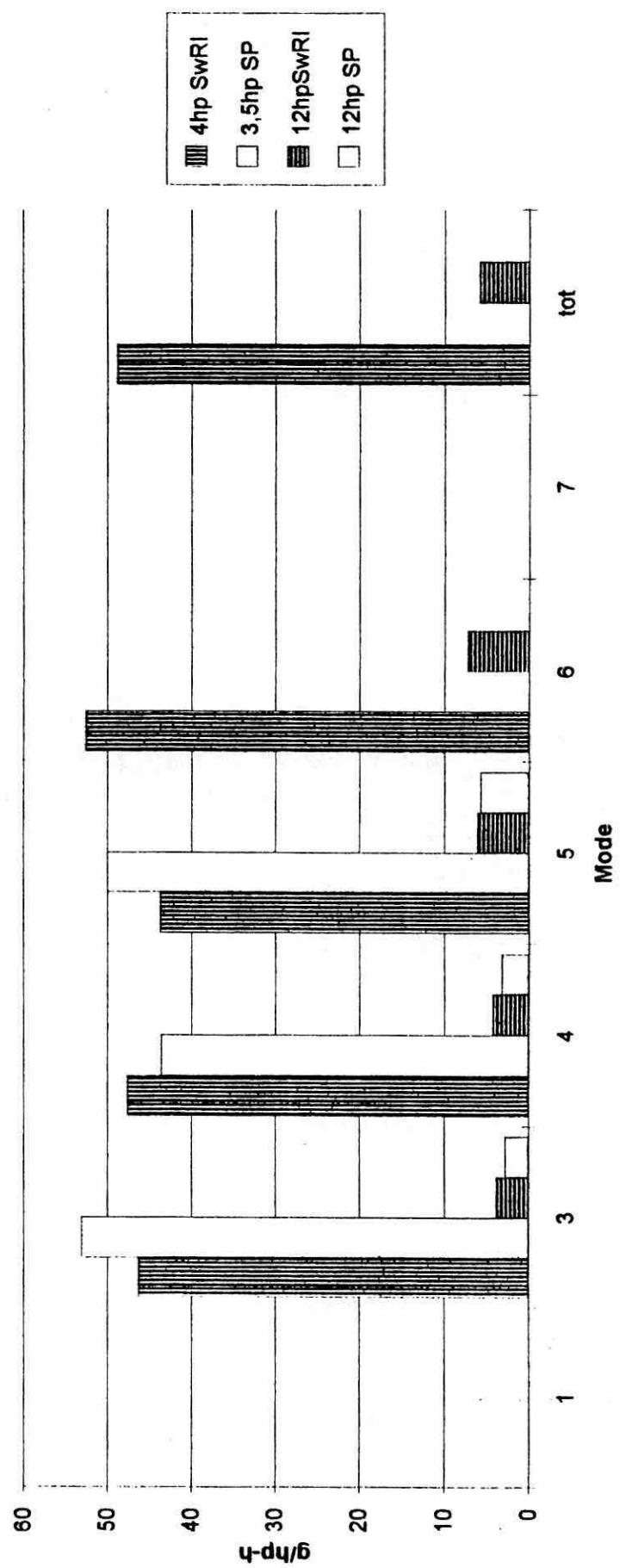


Diagr1

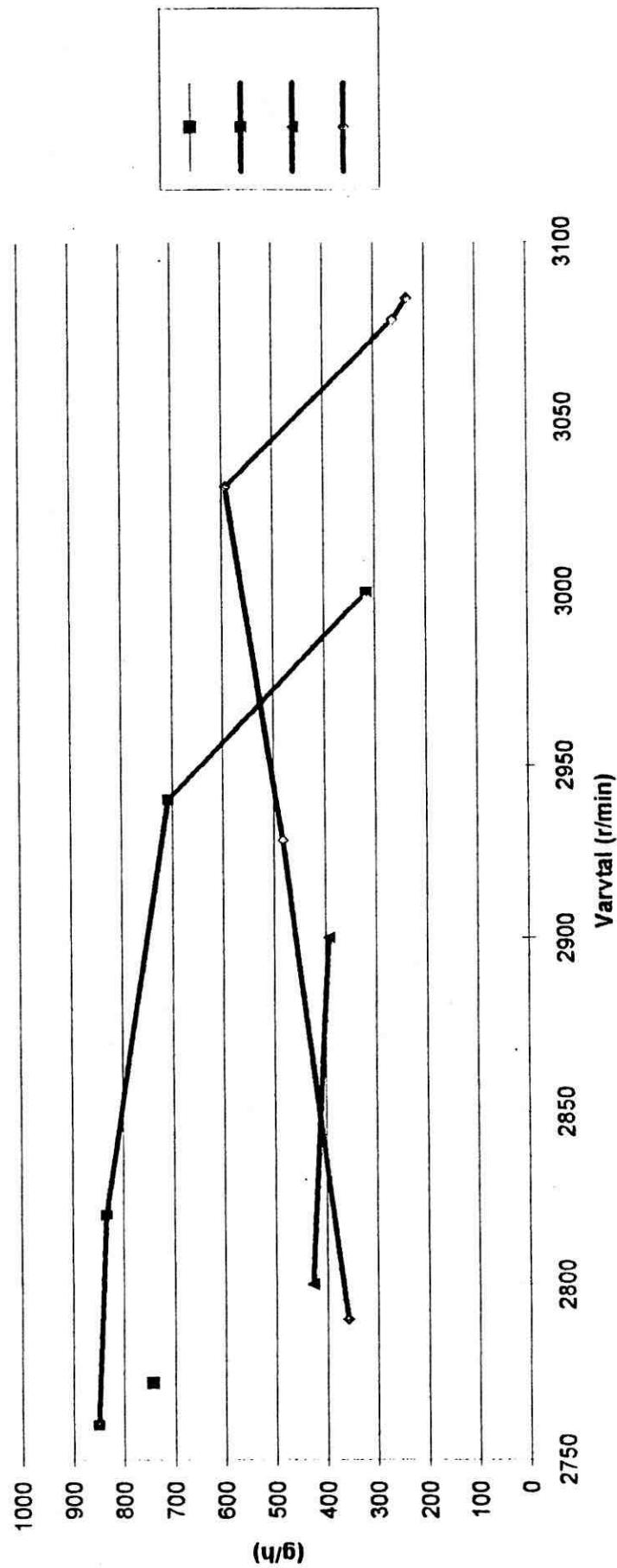
**Massemissioner av HC
för 4-takts gräsklipparmotorer
enl. J 1088**



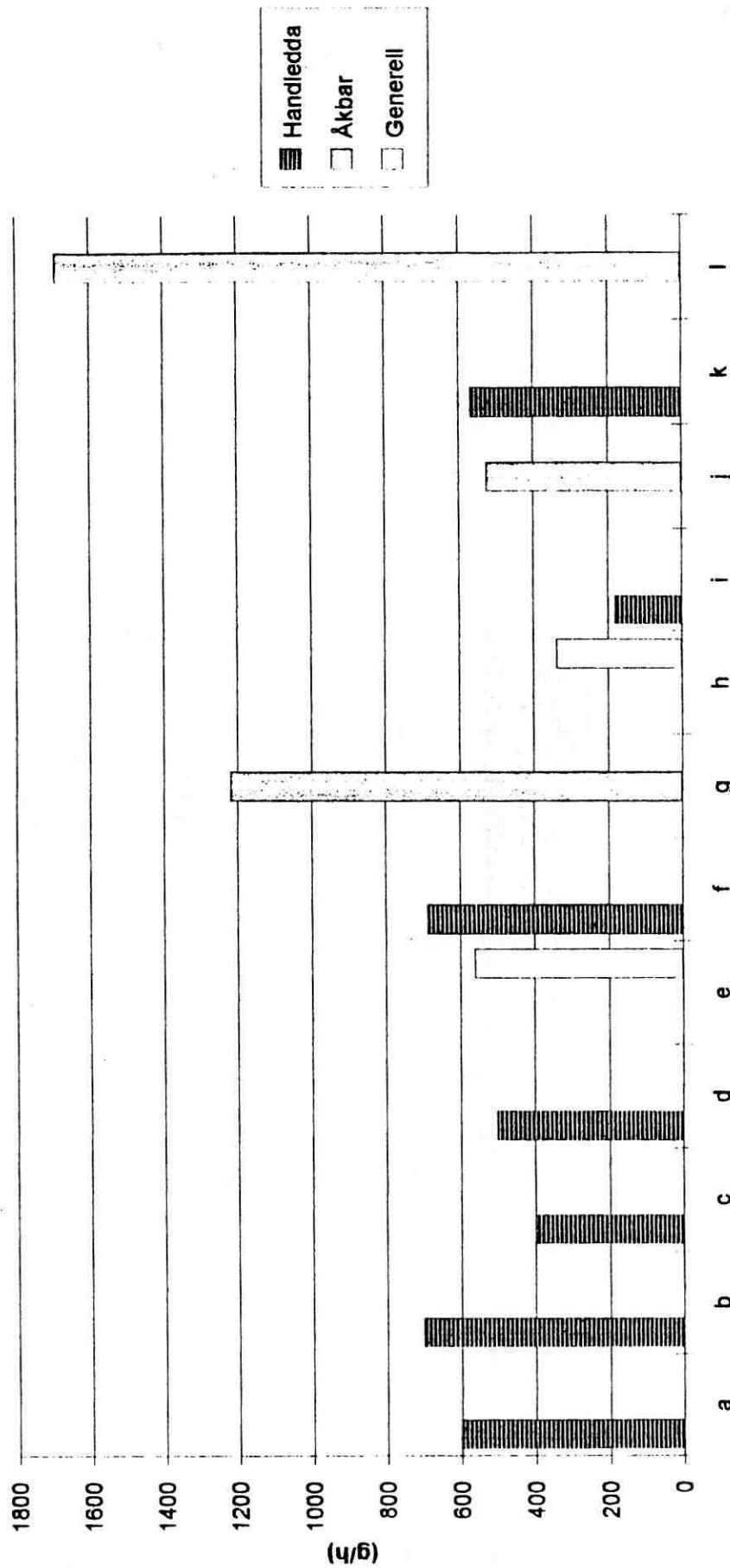
**Specifika HC emissioner
från 4-takts gräsklippmotorer**



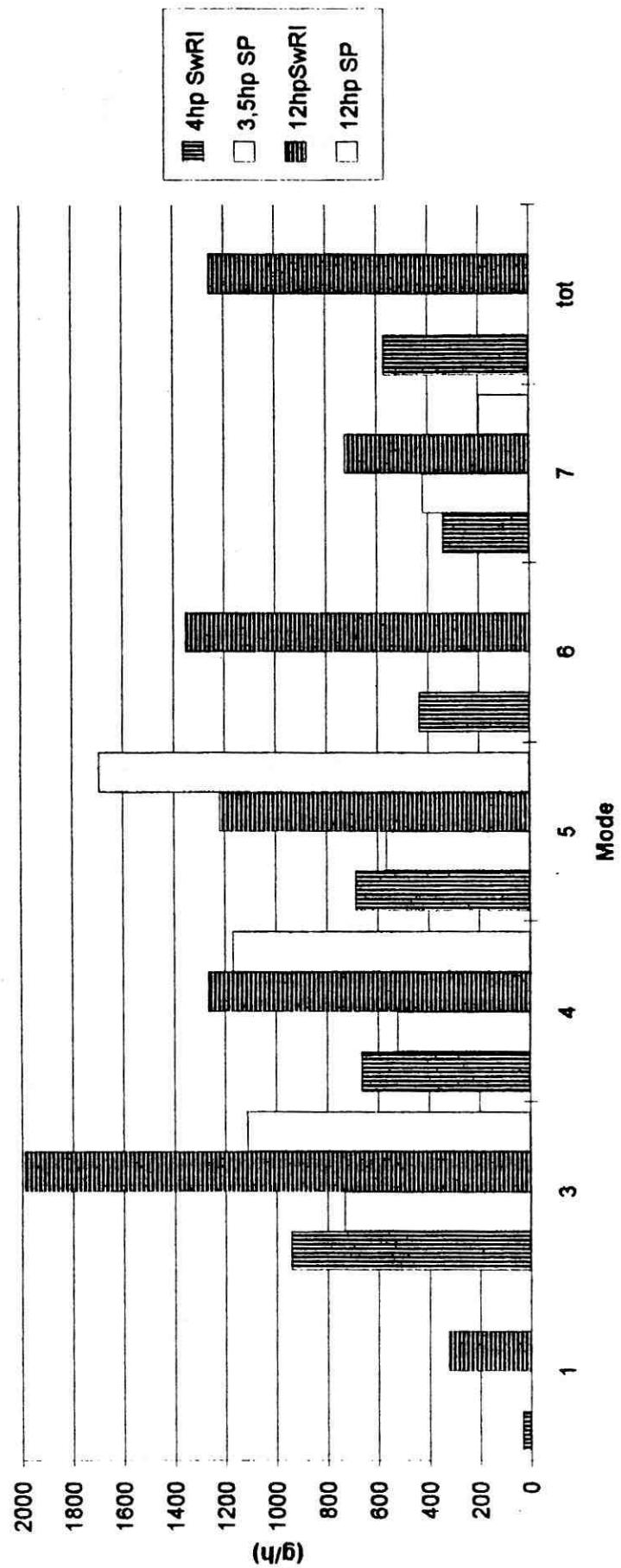
Massemissioner av CO
för Gräsklippare



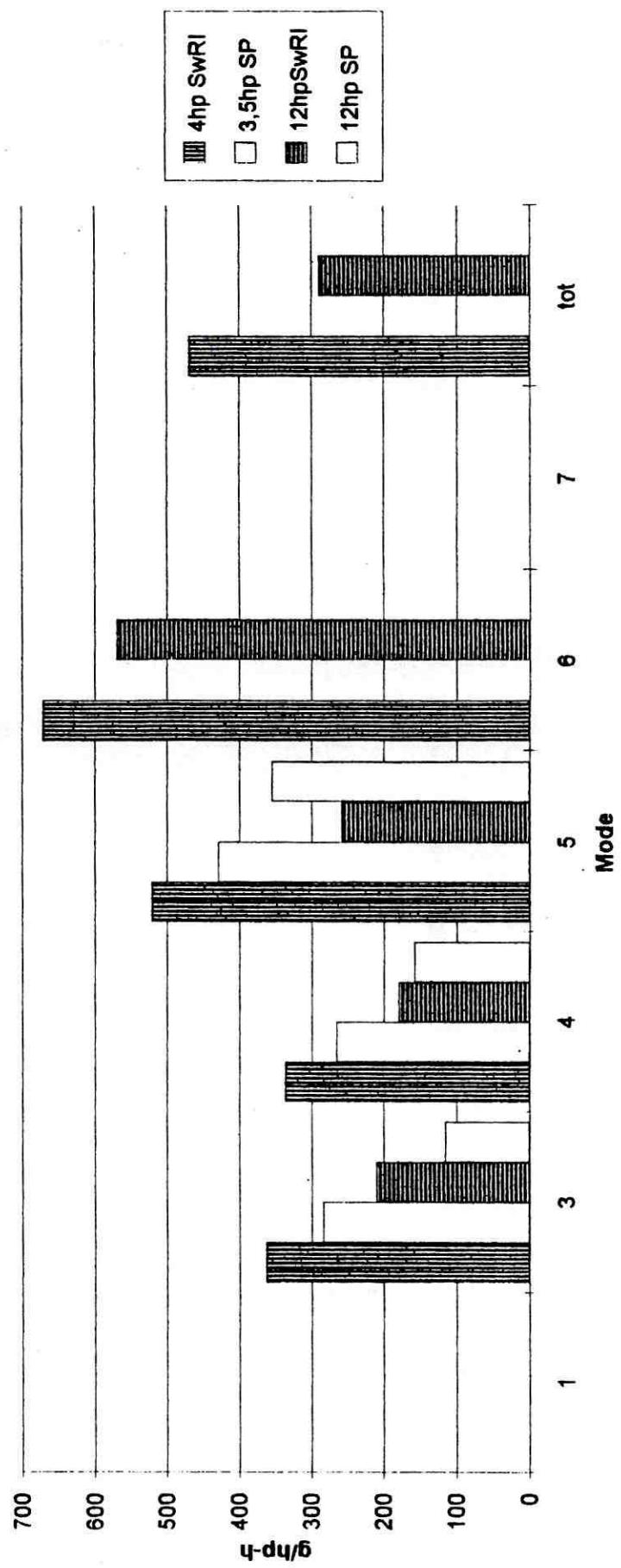
Massemissioner av CO
för 4-t Gräsklippare



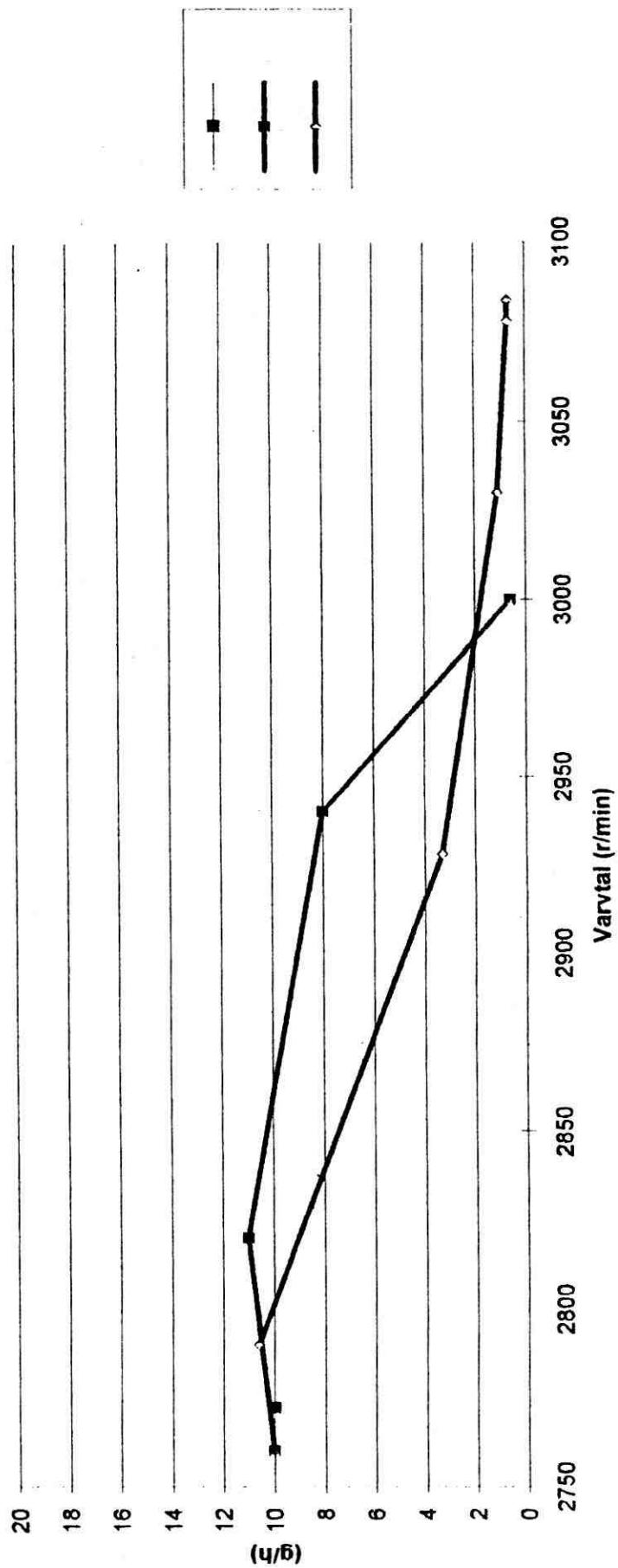
Massemissioner av CO
för 4-takts gräsklipparmotorer



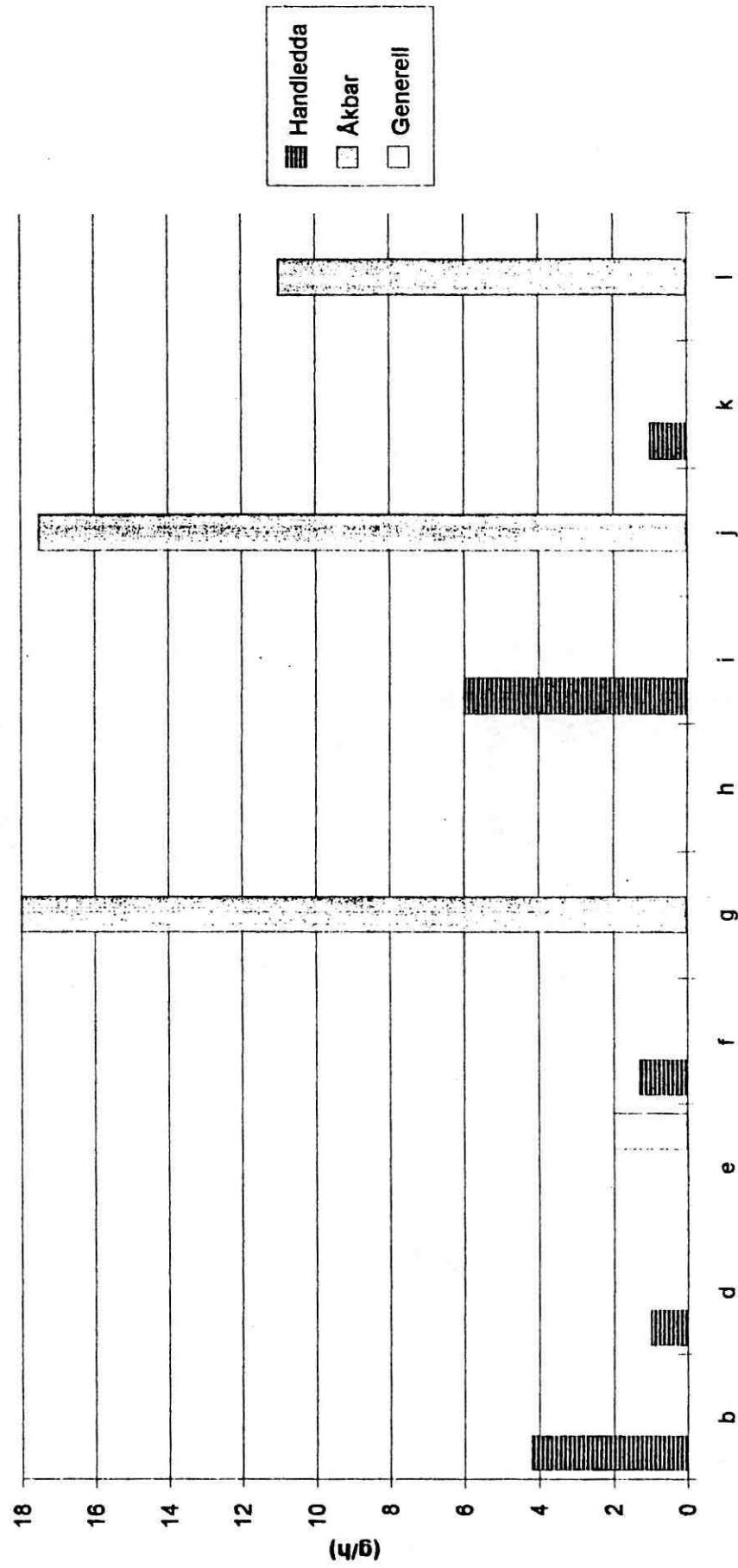
**Specifika CO emissioner
för 4-takts gräsklipparmotorer**



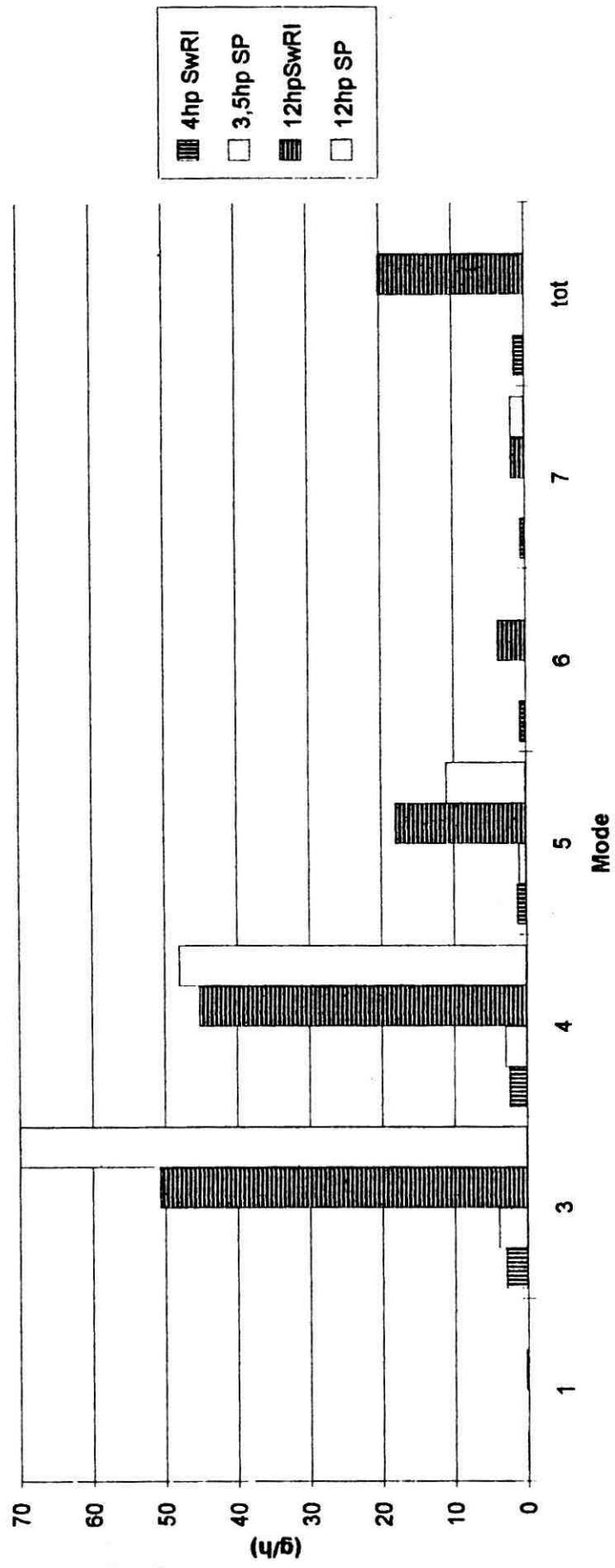
**Massemissioner av NOx
för Gräsklippare**



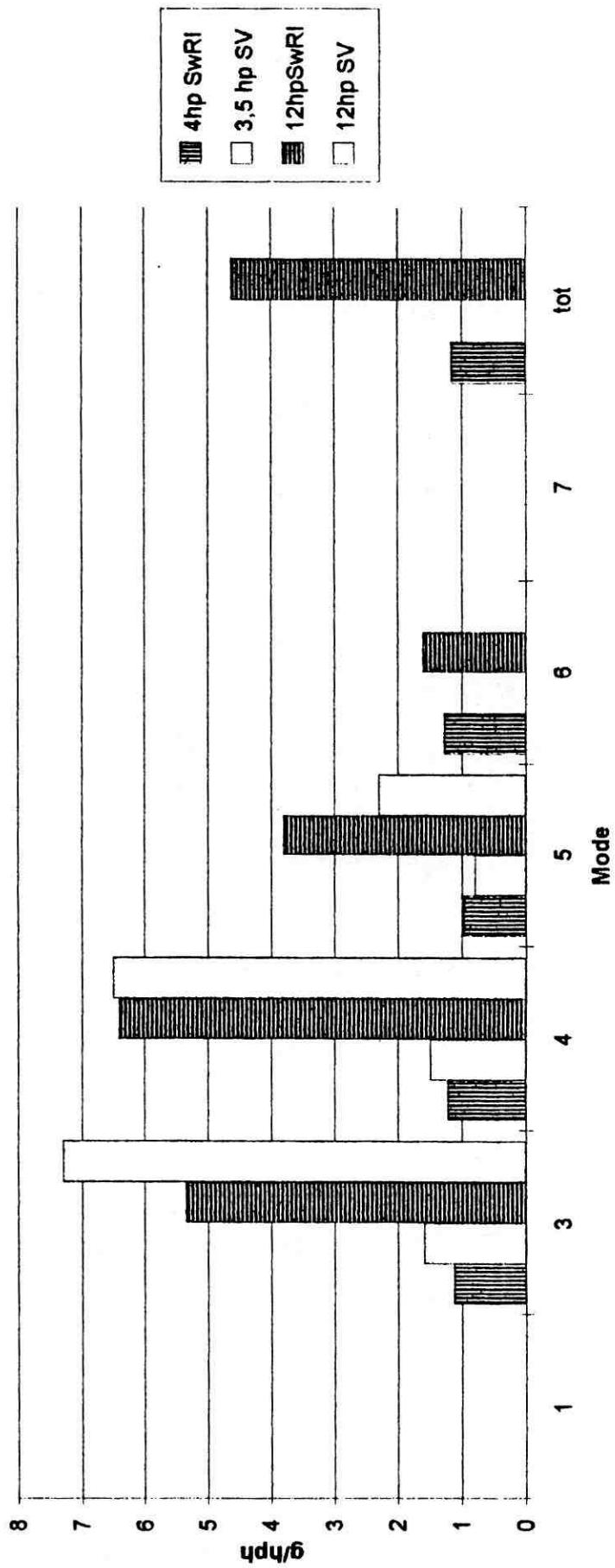
Massemissioner av NOx
för 4-t Gräsklippare



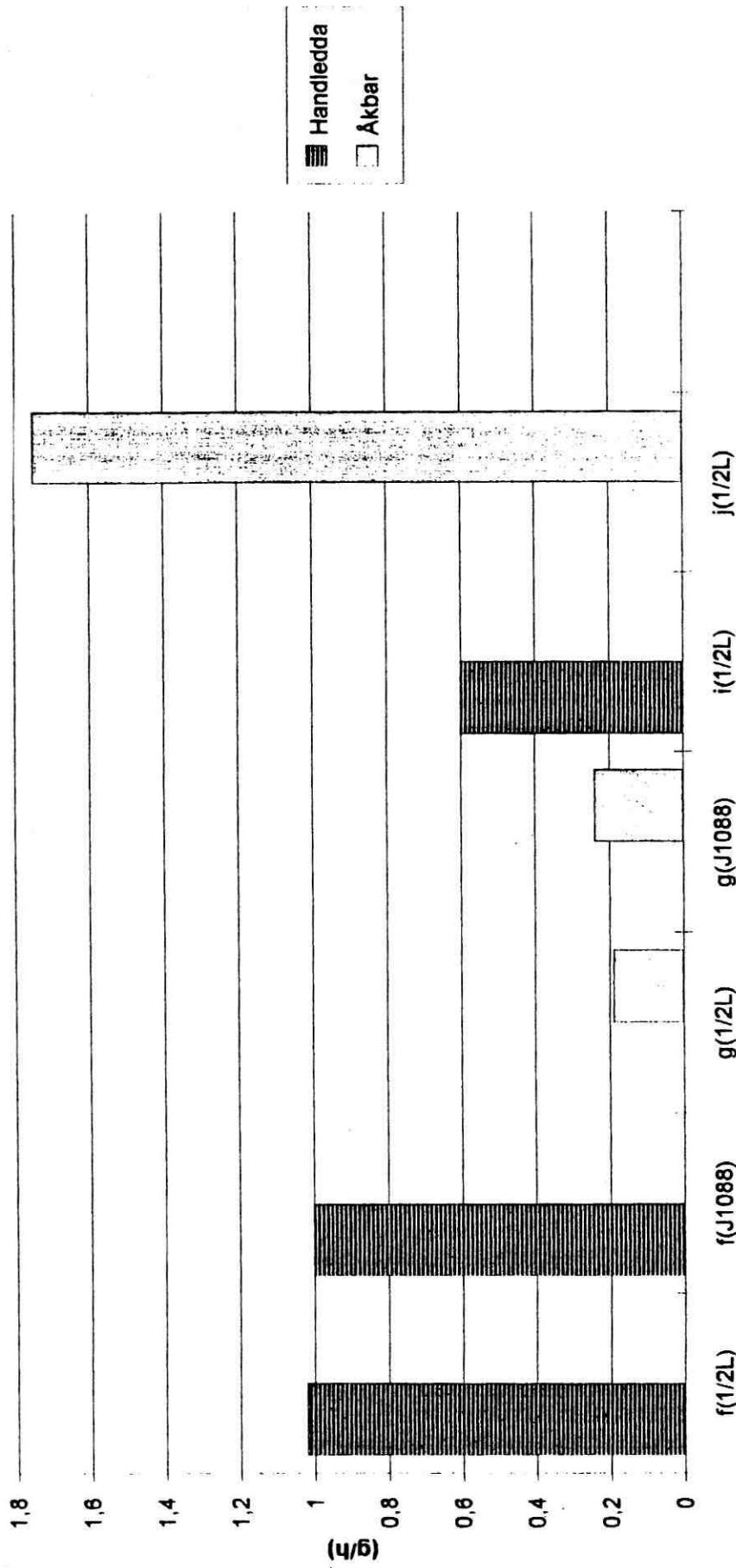
**Massemissioner av NOx
för 4-takts gräsklipparmotorer**



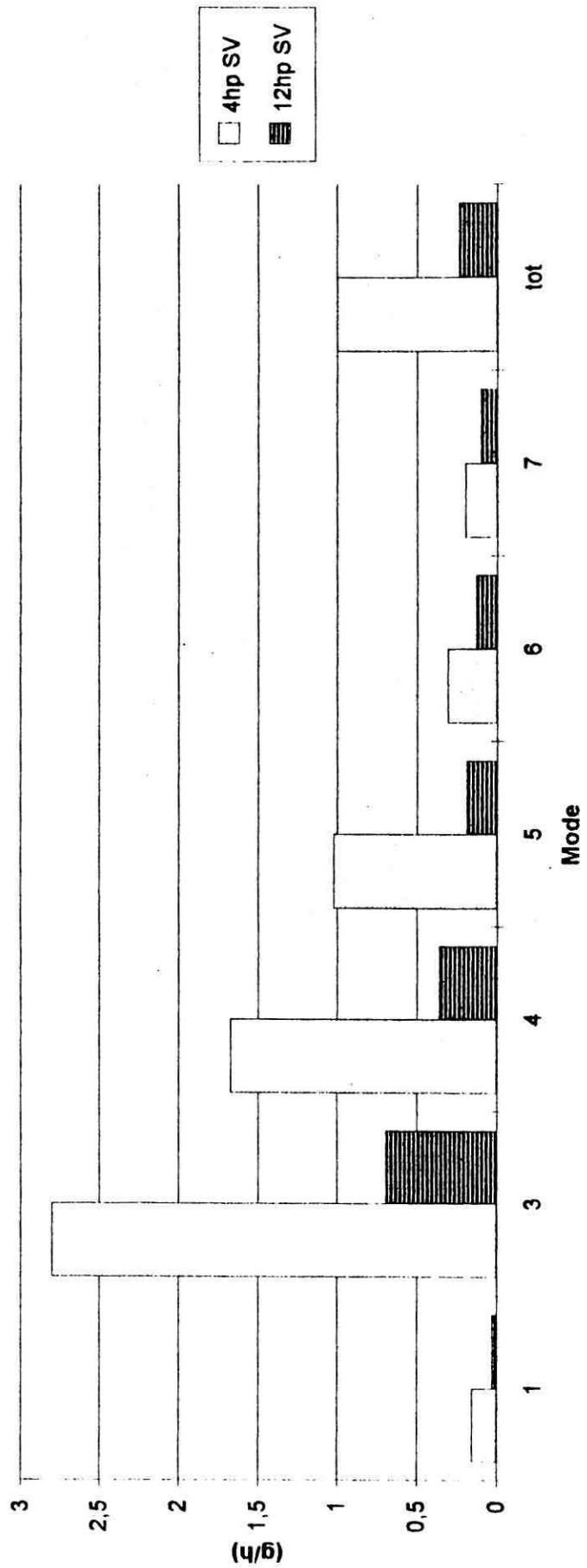
Specifika NO_x emissioner
från 4-takts gräsklippmotorer



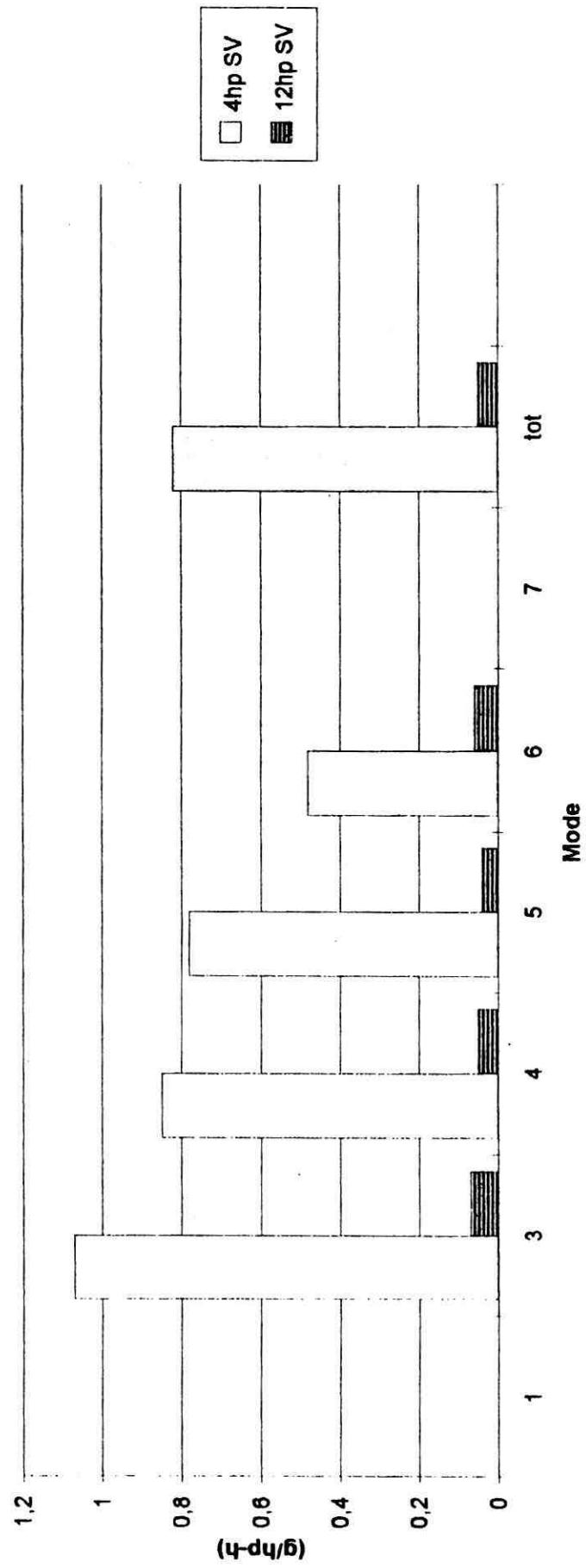
Massemissioner av Pm
för 4-t gräsklippare



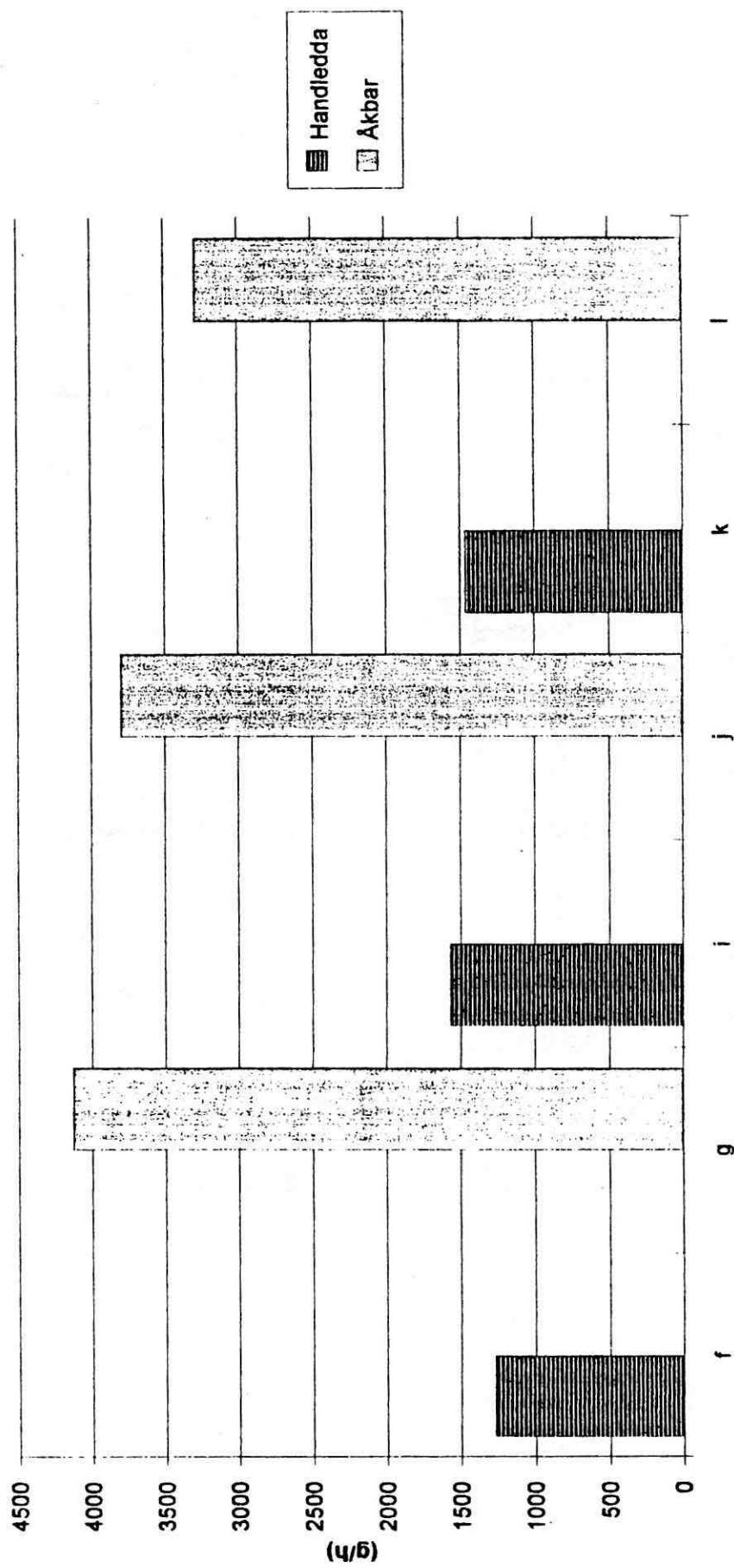
Massemissioner av Pm
för 4-takts gräsklipparmotorer
enl. J 1088



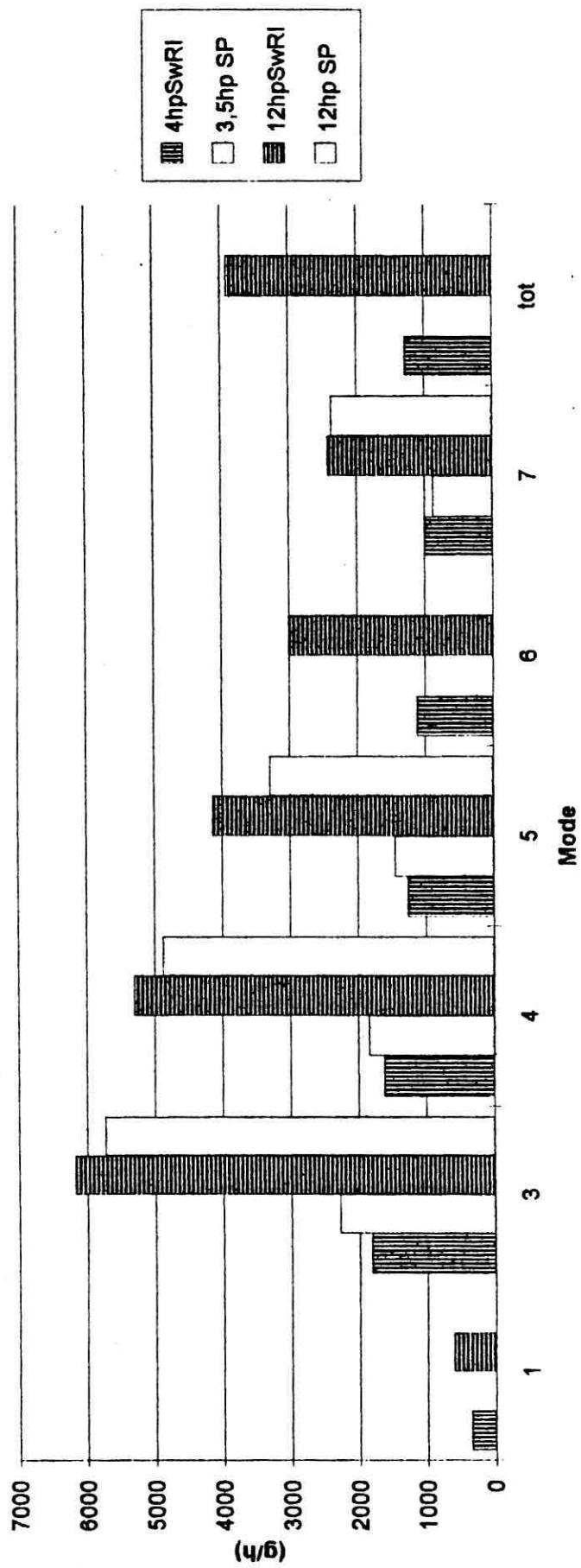
Specifika Pm emissioner
från 4-takts gräsklipparmotorer
enl. J 1088



Masseemissioner av CO₂
för 4-t gräsklippare

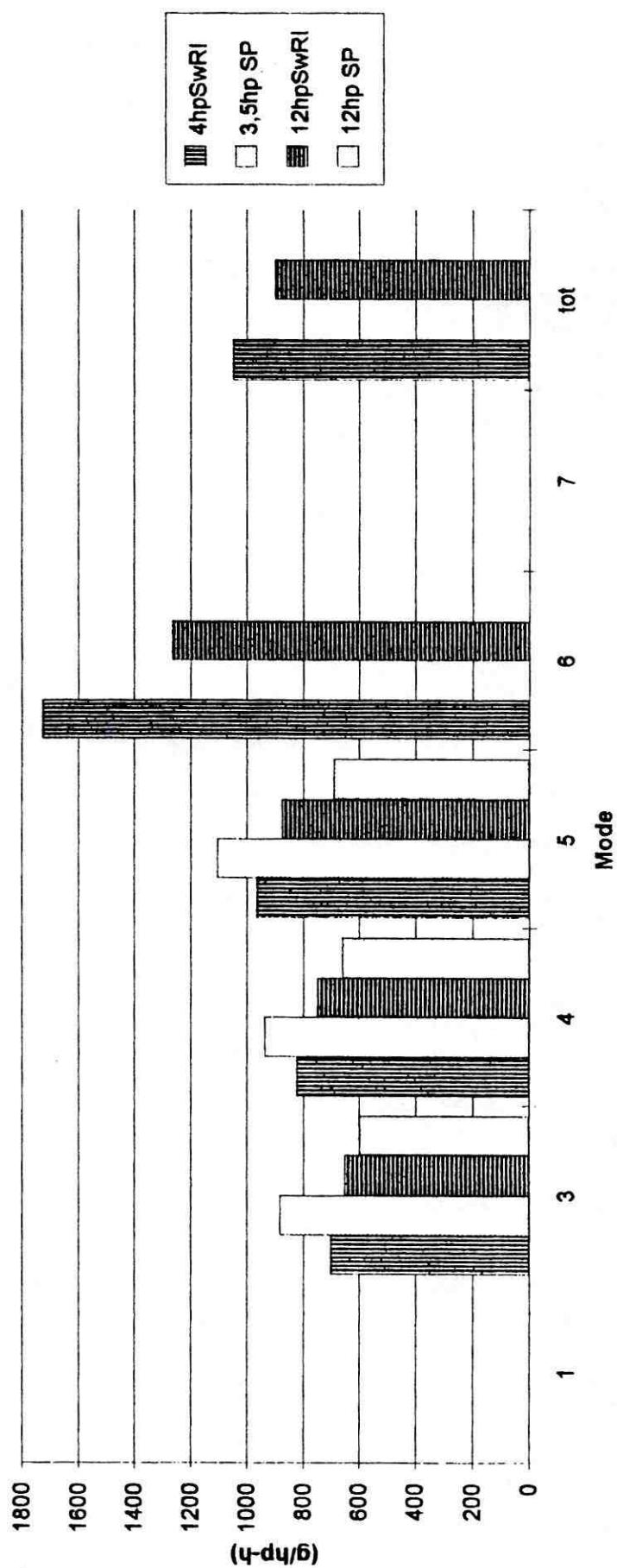


Massemissioner av CO₂
för 4-takts gräsklipparmotorer
enl. J1088



Diagr3

**Specifika CO₂ emissioner
från 4-takts gräsklipparmotorer**



**TABELL 3
ÖVERSIKT, DIESELMOTORDRIVNA ARBETSREDSKAP**

Maskinslag	Antal i landet	Signif. eff, kW	Belastn %	Medel drifttid h/år	Spec br. g/kWh	Bränsle förbr l/h	Bränsle förbr m3/år
Kompressorer	3000	50	0.6	800	270	9.8	23422
Generatoraggregat	6000	40	0.5	1000	250	6.0	36145
Pumpaggregat	10000	5	0.5	200	300	9	1807
Borragegrat, produktion	300	100	0.6	1000	250	18.1	5422
Borragegrat, geotekn	50	60	0.6	1000	250	10.8	542
Pålningsmaskiner	100	100	0.6	1000	250	18.1	1807
Stenkrossar	200	200	0.8	1200	250	48.2	11566
Sorteringsverk	400	30	0.5	400	270	4.9	781
Vältar, bogserade	500	40	0.7	200	250	8.4	843
Vibratorplattor/stamp	5000	8	0.7	300	300	2.0	3036
Kedjegrävare/kabelploug	200	15	0.6	200	300	3.3	130
Betongsåg	800	10	0.6	500	300	2.2	867
Högtryckstvätttaggregat	100	5	0.6	300	280	1.0	30
Personlyftar	1500	20	0.5	300	280	3.4	1518
Sopmaskin, påmonterad	250	40	0.5	800	270	6.5	1301
Sopmaskin, självgående	500	30	0.4	500	280	4.0	1012
Gräsklippare, åkbar	20000	10	0.5	250	280	1.7	8434
Flishuggar	150	150	0.6	800	250	27.1	3253
Kylegggregat, fjärr	4000	15	0.6	1500	250	2.7	16265
Frysaggregat, fjärr	1000	15	0.7	3000	250	3.2	9488
Kylegggregat, distr	1500	12	0.7	1500	250	2.5	5693
SUMMA	55550					133363	

**TABELL 4
ÖVERSIKT, BENZINMOTORDRIVNA ARBETSREDSKAP**

Maskinslag	Antal i landet	Signif. eff, kW	Belastn %	Medel drifttid h/år	Spec br. g/kWh	Bränsle förbr l/h	Bränsle förbr m3/år	2-takt motor
Generatoraggregat	50000	3	0.4	75	360	.6	2160	4-
Pumpaggregat	15000	4	0.6	50	360	1.2	864	4-
Handborragegrat("Cobra")	5000	3	0.6	25	500	1.2	150	2-
Vibratorplattor/stamp	5000	3	0.6	200	380	.9	912	4-/2-
Kedjegrävare/kabelploug	500	10	0.6	200	380	3.0	304	4-
Motorkap	1000	2.5	0.4	100	500	.7	67	2-
Högtryckstvätttaggregat	200	4	0.3	50	380	.6	6	4-
Minidumper	1000	4	0.3	300	380	.6	182	4-
Sopmaskin, självgående	1000	4	0.5	200	350	.9	187	4-
Gräsklippare, åkbar	120000	7	0.5	150	350	1.6	29400	4-
Gräsklippare, handledd	950000	3	0.4	15	420	.7	9576	4-
Häcksax/trimmers	150000	1	0.3	10	500	.2	300	2-
Jordfräs	60000	3	0.5	10	380	.8	456	4-
Snöslunga	150000	5	0.3	10	400	.8	1200	4-/2-
Motorsåg, yrkesmässig	20000	2.5	0.6	800	480	1.0	15360	2-
Motorsåg, fritid	200000	1.5	0.3	10	500	.3	600	2-
Röjsåg	30000	2.5	0.3	200	480	.5	2880	2-
SUMMA	1758700						64604	

**TABELL 5
EMISSIONSBERÄKNINGSÖVERSIKT, DIESELMOTORDRIVNA ARBETSREDSKAP**

Maskinslag	Specifik emissionsfaktor, g/kWh						Beräknad emission, ton/år					
	HC	CO	NOx	Part	SO2	CO2	HC	CO	NOx	Part	SO2	CO2
Kompressorer	1.4	4	12	1.2	1	864	101	288	864	86	72	62208
Generator aggregat	1.6	4	12	1.0	1	800	192	480	1440	120	120	36000
Pumpaggregat	1.8	5	14	1.5	1	960	9	25	70	8	5	4800
Borrägg, produktion	1.4	4	12	1.0	1	800	25	72	216	18	18	14400
Borrägg, geotekn	1.6	4	12	1.0	1	800	3	7	22	2	2	1440
Pålningsmaskiner	1.4	4	14	1.0	1	800	8	24	84	6	6	4800
Stenkrossar	1.4	4	14	1.0	1	800	54	154	538	38	38	30720
Sorteringsverk	1.8	5	15	1.2	1	864	4	12	36	3	2	2074
Vältar, bogserade	1.8	4	12	1.2	1	800	5	11	34	3	3	2240
Vibratorplattor/stamp	1.8	5	15	1.5	1	960	15	42 - 126	13	8	8064	
Kedjegrävare/kabelplog	1.8	5	15	1.5	1	960	1	2	5	1	0	346
Betongsåg	1.8	5	15	1.5	1	960	4	12	36	4	2	2304
Högtryckstvättaggregat	1.8	5	15	1.5	1	896	0	0	1	0	0	81
Personhytter	1.8	4	14	1.2	1	896	8	18	63	5	5	4032
Sopmaskin, påmonterad	1.8	4	14	1.2	1	864	7	16	56	5	4	3456
Sopmaskin, självgående	1.8	5	14	1.2	1	896	5	15	42	4	3	2688
Gräsklippare, åkbar	1.6	4	14	1.2	1	896	40	100	350	30	25	22400
Flishuggar	1.4	4	15	1.0	1	800	15	43	162	11	11	8640
Kylaggregat, fjärr	1.4	4	10	1.0	1	800	76	216	540	54	54	43200
Frysaggregat, fjärr	1.4	4	10	1.0	1	800	44	126	315	32	32	25200
Kylaggregat, distr	1.4	4	10	1.0	1	800	26	76	189	19	19	15120
SUMMA							644	1739	5189	460	429	354212

**TABELL 6
EMISSIONSBERÄKNINGSÖVERSIKT, BENZINMOTORDRIVNA ARBETSREDSKAP**

Maskinslag	Specifik emissionsfaktor, g/kWh						Beräknad emission, ton/år							
	HC	CO	NOx	Part	SO2	CO2	HC	CO	NOx	Part	SO2	CO2		
Generatoraggregat	15	150	5	.5	0.2	1116	68	675	23	2	1	5022		
Pumpaggregat	15	150	5	.5	0.2	1116	27	270	9	1	0	2009		
Handborragsgrat ("Cobra")	200	200	1	5.0	0.2	1550	45	45	0	1	0	349		
Vibratorplattor/stamp	15	150	5	.5	0.2	1178	27	270	9	1	0	2120		
Kedjegrävare/kabelplog	15	150	5	.5	0.2	1178	9	90	3	0	0	707		
Motorkap	150	200	2	5.0	0	1550	15	20	0	1	0	155		
Högtryckstvättaggregat	15	150	5	.5	0.2	1178	0	2	0	0	0	14		
Minidumper	15	150	5	.5	0.2	1178	5	54	2	0	0	424		
Sopmaskin, självgående	15	150	5	.5	0.2	1085	6	60	2	0	0	434		
Gräsklippare, åkbar 3.5	15	150	5	.5	0.2	1085	945	9450	315	32	13	68355		
Gräsklippare, handledd 1.2	15	150	5	.5	0.2	1302	257	2565	86	9	3	22264		
Häcksax/trimmers	150	200	1	5.0	0.2	1550	68	90	0	2	0	698		
Jordfräs	15	150	5	.5	0.2	1178	14	135	5	0	0	1060		
Snöslunga	15	150	5	.5	0.2	1240	34	338	11	1	0	2790		
Motorsåg, yrkesmässig 1.8	180	250	200	2	5.0	0	1488	3000	4800	48	120	0	35712	
Motorsåg, fritid 0.45	60	150	200	2	5.0	0.2	1550	135	180	2	5	0	1395	
Röjsåg 0.75 kW	120	150	150	200	2	5.0	0	1488	675	900	9	23	0	6696
SUMMA							5328	19943	523	197	19	150204		

	BNM	SNV	BNM	SNV	BNM	SNV	BNM	SNV	DIF	BNM	SNV	DIF
HC	HC (g/h)	DIF (%)	CO (g/h)	CO (%)	NOx (g/h)	NOx (%)	DIF. (%)	Pm (g/h)	Pm (%)	CO2 (g/h)	CO2 (%)	CO2 (g/h)
MOTORSAG Ytkes	250	188	33	475	300	58	2	3	-33	7.5	7.5	0
MOTORSAG Fritid	98	68	44	147	90	63	0.5	0.9	-44	2.2	2.2	0
GRÄSKLIPPARE Hand	50	18	178	575	180	219	1.8	5	-64	0.8	0.8	0
GRÄSKLIPPARE Akbar	30	52	-42	1200	525	128	16	17.5	-9	0.25	1.8	-88
GENERATORAGGREGAT	32	32	0	80	80	0	240	240	0	20	20	0
KYLFRYSAGGREGAT	15	15	0	42	42	0	105	105	0	10.5	10.5	0
KOMPRESSORER	42	42	0	120	120	0	360	360	0	36	36	0
										25920	25920	0