

Miljøprojekt nr. 165

1991

Luftforurening fra individuel og kollektiv trafik



Vejdirektoratet Vejdatalaboratoriet

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Miljøprojekt

- Nr. 62 : Luftforurening med kvælstofoxider i Danmark
- Nr. 63 : Anvendelse af analyseresultater ved vandkontrol
- Nr. 64 : Kosmetik – bivirkninger
- Nr. 65 : Miljøfremmede stoffer i kommunalt spildevand
- Nr. 66 : Undersøgelser af blødt aggressivt vand
- Nr. 67 : Kilder til grundvandsforurening
- Nr. 68 : Overflade aktiveret iltning af ferrojern i vand fra Hvidmosen
- Nr. 69 : Forbrug og forurening med chlorphenoler
- Nr. 70 : Organiske opløsningsmidler
- Nr. 71 : Kviksølv i havneslam
- Nr. 72 : Organic solvents
- Nr. 73 : Arealanvendelse og geologi – nitrat i grundvand
- Nr. 74 : Kviksølv i danske ferskvandsøkosystemer
- Nr. 75 : Forureningstilstanden i danske svømmebade
- Nr. 76 : Nitrat og pH i drikkevand
- Nr. 77 : Kviksølv i jord
- Nr. 78 : Drænvandskvalitet fra pyritholdige arealer
- Nr. 79 : Leptospira-bakterier i rotter ved dambrug og landbrug
- Nr. 80 : Svømmebade og sygdomsrisici
- Nr. 81 : Lokale forureninger og helbredseffekter
- Nr. 82 : QSAR og toksikologi – en ny strategi i kemikalievurdering
- Nr. 83 : Forurening fra gamle affaldsdepoter uden kemikalieaffald
- Nr. 84 : Alternativ lossepladsteknologi – en litteraturgennemgang
- Nr. 85 : Tilførsel af næringsstoffer til vandløb
- Nr. 86 : Genanvendelse af tekstilaffald
- Nr. 87 : Substitution af PVC-plast med andre plastmaterialer
- Nr. 88 : Emballage til mælk og juice
- Nr. 89 : Vandressourcerne og klimasvingninger
- Nr. 90 : Nikkelafgivelse fra metallegeringer
- Nr. 91 : Algetoksicitetstest
- Nr. 92 : CFC- forbrugsmønster i Danmark
- Nr. 93 : Mikrobiel nedbrydning af miljøfremmede stoffer i grundvand
- Nr. 94 : Genanvendelse af madaffald fra storkøkkener i København
- Nr. 95 : Bundfaunaundersøgelser som redskab til overvågning
- Nr. 96 : Svovlbrintedannelse og -kontrol i trykledninger
- Nr. 97 : Renere teknologi i fiskeindustrien
- Nr. 98 : Renere teknologi i træ- og møbelbranchen
- Nr. 99 : Kompostering af haveaffald i Frederiksborg amt
- Nr. 100 : Hazard Assessment of 1,1,1-Trichloroethane
- Nr. 101 : Organiske opløsningsmidler i husholdningsprodukter
- Nr. 102 : Fuglefaunaen på konventionelle og økologiske landbrug
- Nr. 103 : Sprøjtefri randzoner i kornmarker
- Nr. 104 : Miljøforbedring ved hovedseparation i rejepilleindustrien
- Nr. 105 : Forbrug af og forurening med bly i Danmark
- Nr. 106 : Haloner – forbrugsmønster i Danmark
- Nr. 107 : Galvanisk overfladebelægning uden affald og spildevand
- Nr. 108 : Madaffald fra storkøkkener – organisation af indsamling og oparbejdning
- Nr. 109 : Erstatningsstoffer for fosfat – spredning og effekter i miljøet
- Nr. 110 : Olie/kemikalieaffald – en spørgeskemaundersøgelse
- Nr. 111 : Undersøgelser af vejledende pyritgrænseværdier
- Nr. 112 : Kvantitative og kvalitative kriterier for risikoaccept
- Nr. 113 : Storskrald og haveaffald
- Nr. 114 : Papirindsamling via specialcontainere og genbrugsstation
- Nr. 115 : Vandmiljøplanens overvågningsprogram

Fortsættes på omslagets side 3.

Miljøprojekt nr. 165

1991

Luftforurening fra individuel og kollektiv trafik

Undersøgelse af 4 københavnske bygader

udarbejdet af

COWIconsult og
Laboratoriet for Energiteknik, Danmarks Tekniske Højskole
for Miljøstyrelsen og Vejdatalaboratoriet

Miljøstyrelsen vil, når lejlighed gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

	<u>Indholdsfortegnelse</u>	<u>Side</u>
1.	<u>Sammenfatning</u>	5
2.	<u>Indledning</u>	9
3.	<u>Dataindsamling</u>	13
3.1	Udvælgelse af gader	13
3.2	Registrering af trafikken	23
3.3	Trafikmængder	32
4.	<u>Emissionsmodel</u>	37
4.1	Emissionsnormer og køremønstre	37
4.2	Beregninger for personbiler	39
4.3	Beregninger for tunge køretøjer	40
4.4	Korrektion af emissionsfaktorer	41
5.	<u>Luftforurening i de 4 gader</u>	45
5.1	Emissionsfaktorer	45
5.2	De samlede emissioner	52
5.3	Sammenligning af individuel og kollektiv trafik	53
5.4	Luftkvaliteten i de 4 gader	60
6.	<u>Trafikafvikling og emission</u>	69
6.1	Busbaner	76
6.2	Busprioritering	80
6.3	Grønne bølger for biltrafikken	83
6.4	Trafiksanering	87
6.5	Overflytning mellem individuel og kollektiv trafik	88
7.	<u>Støjbelastning</u>	93
7.1	Resultater af støjmålingerne	94
7.2	Vurdering af resultaterne	96
8.	<u>Konklusion</u>	99
9.	<u>Summary in English</u>	103
10.	<u>Referenceliste</u>	109
	Bilag	111

1. Sammenfatning

Formål

Formålet med projektet er dels at sammenligne emissioner i g/km af CO, HC og NO_x og partikler fra individuel og kollektiv trafik og dels at vurdere, hvor meget luftforureningsemissionen kan påvirkes af forskellige trafikplantiltag som grønne bølger, fartdæmpet trafikvej, busbaner og busprioritering.

Metode

Køremønstret i 4 københavnske gader, Jagtvej, Sølvgade, Bredgade og Strandvejen er målt og analyseret både i myldretiden og udenfor myldretiden.

Derefter er de samlede emissioner beregnet ved hjælp af en emissionsmodel, der er udarbejdet som en del af projektet. Modellen beregner emissioner i g/km ved forskellige køremåder defineret ved hastighed og graden af acceleration/deceleration.

Emissionerne i g/km er beregnet for tilsammen 253 køremønstre for benzinpersonbiler, dieselpersonbiler, varebiler (2-3,5 t), lastbiler og busser. Beregningerne er foretaget både med de nuværende emissionsforhold og i en fremtidig situation med reducerede emissioner for alle køretøjstyper. Den fremtidige køretøjspark består af benzinpersonbiler med katalysatorer og dieselskøretøjer med de laveste emissionsniveauer, der diskuteres i dag. Partikelemissionen fra dieselskøretøjer svarer til det niveau, man kan opnå med partikelfilter på nuværende dieselskøretøjer.

Emission i og uden for myldretid

Forskellen mellem emissioner i g/km i de 4 gader varierer meget i myldretiden og udenfor myldretiden.

I Sølvgade, hvor forskellen er størst, er emissionen i g/km fra benzinpersonbiler uden katalysatorer i myldretiderne 65-70% større for CO og HC end udenfor myldretiden. For NO_x er emissionen i g/km 35-40% større i myldretiden.

Dette skyldes, at rejsehastigheden på Sølvgade er 19 km/t i myldretiden og 40 km/t udenfor myldretiden.

Tilsvarende beregninger for katalysatorbiler viser en større procentvis forskel mellem emissionen i g/km i myldretiden og udenfor myldretiden. For CO og HC er den 80-120% og for NO_x 50% højere i myldretiden end udenfor myldretiden. På grund af de meget lavere emissionsniveau for katalysatorbiler er de absolutte forskelle ret små.

På Strandvejen er der ingen forskel på emissionerne i g/km i og udenfor myldretiden, hvilket skyldes, at rejsehastigheden er 34 km/t i begge perioder.

I alle 4 gader er forskellene mellem bussernes emissioner i g/km i myldretiden og udenfor myldretiden meget lille.

Sammenligning,
individuel og
kollektiv
trafik

Sammenligningen af emissioner pr. personkm fra individuel og kollektiv trafik er foretaget i 3 perioder: myldretiden, uden for myldretiden (kl. 10-14) og for et helt hverdagsdøgn. Antal passagerer pr. bus kendes fra HT's tællinger. Antallet varierer mellem gader og tidspunkter.

Emissioner i g/personkm af CO og HC er i alle situationer mange gange højere fra den individuelle trafik. Dette gælder både med de nuværende og de fremtidige emissionsforhold.

Med de nuværende emissionsforhold er emissionerne i g/personkm af NO_x højere for den individuelle trafik i gaderne i den indre by, hvor passagerantallet i busserne er højt og der er køproblemer i gaderne. På Strandvejen er NO_x emissionen pr. personkm ca. dobbelt så høj fra busserne på grund af lav passagerbelægning og relativ jævn kørsel.

Med de fremtidige emissioner i g/km er NO_x-emissionerne pr. personkm i modsætning til den nuværende situation, højere fra den kollektive end fra den individuelle trafik i de indre bygader. NO_x-emissionerne pr. personkm er op

til 3 gange højere fra den kollektive trafik på Strandvejen end fra den individuelle trafik.

Partikel-emissionen er både med de nuværende og fremtidige emissionsforhold højest fra den kollektive trafik. I gaderne i den indre by er bussernes partikel-emission pr. personkm 0-100% højere end personbilernes, mens den på Strandvejen er op til 5 gange højere.

Rejsehastigheden og emissionsfaktoren

Projektet viser, at rejsehastigheden (rejse-længde/rejsetid) kan anvendes som udtryk for køremønstret sådan at forstå, at de registrerede køremønstre har samme emissioner i g/km ved samme rejsehastighed. Der er således i de 4 gader ikke biler, der kører jævnt med 30 km/t og andre der kører meget ujævnt med en rejsehastighed på 30 km/t, idet disse køremønstre ville give anledning til forskellige emissioner.

Effekten af trafikplantiltag

Vurderingen af forskellige trafikplantiltags betydning for emissionerne i g/km er foretaget ved at udvalgte et antal køremønstre, der repræsenterer den ønskede køremåde, og beregne disse gennemsnitlige emissioner i g/km.

Etableringen af en busbane vil betyde, at busserne undgår køkørsel på grund af den øvrige trafik, men kun stopper ved lyskryds og busstoppesteder. Effekten af busbaner er 5-15% reduktion af bussernes NO_x og partikelemissioner. At effekten ikke er større skyldes formentlig, at bussens kørselsforhold relativt sjældent begrænses af den øvrige trafik, men oftest bestemmes af afstand mellem lyskryds og stoppesteder. Etablering af busbaner kan betyde, større kapacitetsproblemer for den øvrige trafik og deraf øgede emissioner.

Etablering af busprioritering i forbindelse med busbaner betyder, at busserne ikke som nu standser ved lyssignalerne. Effekten heraf er en reduktion af bussernes emissioner af NO_x og partikler på 15-30%.

Etablering af jævn trafikafvikling for personbiler, således at kapaciteten i krydsene passer til trafikmængden, vil reducere personbilernes

emission af CO og HC med 25-35% i forhold til situationen i myldretiden og med ca. 20% i forhold til et hverdagsdøgn. NO_x-emissionen reduceres fra 0-10% i et hverdagsdøgn og 10-25% i forhold til situationen i myldretiden.

Luftkvaliteten i gaderne

På baggrund af trafiktællinger og de beregnede emissioner i g/km er de samlede emissioner i de 4 gader beregnet.

Ved hjælp af en spredningsmodel er gadeluftens koncentrationer af CO og NO_x beregnet for Bredgade og sammenlignet med målinger af disse to stoffer. Sammenligningen viser, at forskellen mellem målinger og beregninger er mindre end 30%, hvilket vurderes at være en god overensstemmelse med de usikkerheder, der ligger i beregninger og målinger.

De reducerede emissionskrav til køretøjerne i den fremtidige situation betyder at de samlede emissioner reduceres. Dette vil medføre en tilsvarende reduktion af NO_x- og CO-koncentrationerne i gaderne.

Der er foretaget en kvalitativ vurdering af NO₂-koncentration i gaderummet med de fremtidige emissionsforhold. Det kan ikke forventes, at NO₂-koncentrationen reduceres lige så meget som NO_x-emissionerne. Dette forhold afhænger af Ozon-koncentrationen i gaden.

Støjmålinger

I forbindelse med projektet er foretaget støjmålinger ved de 4 gader for at belyse støjforholdene ved lave hastigheder og varierende køremønstre. Resultatet af støjmålingerne er, at der ikke kan siges noget entydigt om køremønsterets påvirkning af støjbelastningen, mens reduktion af hastigheden i intervallet 30-50 km/t gav en reduktion på 1,2 dB(A) pr. hastighedsreduktion på 10 km/t. Endelig viste støjmålingerne, at støjbelastningen ved et kryds var ca. 1 dB(A) højere end på en tilsvarende strækning uden kryds.

2. Indledning

Baggrund

Emissionen af sundhedsskadelige stoffer fra motorkøretøjer er den væsentligste kilde til luftforurening i byer. Målinger viser, at vejledende grænseværdier for luftforurening i dag overskrides i stærkt trafikerede bygader.

Luftforureningen fra trafikken kan begrænses ved indgreb overfor bilerne f.eks. indførelse af katalysatorer, ved trafiktekniske foranstaltninger, ved begrænsning af transportarbejdet og ved omfordeling af transportarbejdet mellem individuel og kollektiv trafik.

Den endelige effekt af disse indgrebsmåder afhænger meget af trafikafviklingen i bygaderne. Imidlertid mangler der detaljeret viden om sammenhængen mellem køremønstret og luftforurening, samt viden om sammenhængen mellem trafikafvikling og luftforurening fra individuel og kollektiv trafik. Derfor besluttede Miljøstyrelsen og Vejdatalaboratoriet i fællesskab at iværksætte dette projekt, der på baggrund af detaljerede registreringer af køremønstret og trafiksammensætningen skal belyse disse sammenhænge.

Nogle formål

Et af hovedmålene med undersøgelsen har været at sammenligne luftforureningen fra kollektiv og individuel trafik både i dagens situation og under fremtidige emissionsforhold med væsentligt strengere emissionskrav. Et andet mål med arbejdet har været at vurdere luftforureningskonsekvenserne af at gennemføre trafiktekniske tiltag, der ændrer køremønstret i bygader.

Afgrænsning

Rapporten omhandler alene luftforurening og støjbelastning fra trafikken på overordnede gader i København. Projektet behandler således ikke trafikken på andre gadetyper eller andre aspekter i trafikplanlægningen, som trafikuheld, fremkommelighed og andre miljøbelastninger.

I behandlingen af luftforureningen er alene vurderet kulmonoxid (CO), kulbrinter (HC),

kvælstofoxider (NO_x) og partikler. Partiklerne bliver i projektet behandlet som et stof, selv om partikler fra benzin og dieselmotorer har forskellig sammensætning og dermed kan have forskellige sundhedsmæssige effekter.

I projektet beregnes luftforureningsbelastningen i forhold til trafiksituationen i 1988 på 4 udvalgte gader. Luftforureningsudslippene i gaderne beregnes med to forskellige emissionsforhold, hvor det ene belyser situationen i 1988 og det andet belyser en fremtidig situation, hvor der er forudsat reducerede emissioner for alle køretøjstyper. Det forudsættes, at alle benzinpersonbiler har katalysatorer, og at de tunge køretøjer opfylder de amerikanske 1994-krav. I begge emissionssituationer beregnes de samlede emissioner ud fra trafiksituationen i 1988.

Gennemførelsen

Projektet omhandler følgende elementer:

Registrering af trafikken. Trafikken er talt og dens hastighedsprofil registreret ved at følge et antal køretøjer og registrere hastigheden hvert sekund.

Emissionsmodel. Der er opstillet en emissionsmodel for hver køretøjsskategorie. Modellen beregner emissioner i g/km for flere køremåder, defineret ved graden af acceleration eller deceleration ved forskellige hastigheder.

Emission. Ud fra de registrerede hastighedsprofiler og opstillede emissionsmodeller beregnes et køretøjs emissioner ved gennemkørsel af en strækning. Hastighedsprofilet på strækningen opdeles i ensartede køremåder, der multipliceres med den tilhørende emissioner i g/km.

Individuel og kollektiv trafik. Ud fra beregning af køretøjsemissioner i g/km og data om køretøjstyper og antal beregnes den samlede emission i gaderne, og der foretages en sammenligning mellem individuel og kollektiv trafik.

Trafikafvikling. Ud fra emissionsmodellen vurderes de samlede emissioner ved forskellige typer trafikafvikling, og den emissionsmæssige effekt af forskellige trafikale tiltag beskrives.

Støjbelastning og luftforureningskoncentrationer. Som en del af projektet er der målt støj i gaderne for at vurdere køremåders indvirkning på støjniveauet. Endvidere er der ud fra emissionerne beregnet luftforureningskoncentrationer i gaderne og foretaget sammenligning med målinger af luftkvaliteten.

Organisering af arbejdet

Arbejdet er udført af Poul Holst Petersen og Spencer Sorenson fra Laboratoriet for Energiteknik, Danmarks Tekniske Højskole og Susanne Krawack, Ole Bach og Vagn Otto fra COWiconsult, Rådgivende Ingeniører AS.

Projektet er løbende blevet fulgt af en gruppe bestående af:

- Hans Bendtsen, Vejdatalaboratoriet
- Erik Iversen, Miljøstyrelsen
- Henrik Gudmundsson, Planstyrelsen
- Ruwim Berkowicz, Danmarks Miljøundersøgelser (DMU)
- Bue Lund, Hovedstadsområdets Trafikselskab (HT)
- Fin Terp, Københavns Kommunes Miljøkontrol
- Spencer Sorenson, Lab. for Energiteknik
- Susanne Krawack, COWiconsult
- Ole Bach, COWiconsult.

Københavns Kommunes Vejkontor har gennemført stopinterviewanalyser. Københavns Kommunes Miljøkontrol har foretaget målinger af luftkvaliteten i Bredgade.

Hans Bendtsen og Torben Jacobsen fra Vejdatalaboratoriet har udført støjmålingerne i de 4 gader. Ole Hertel og Ruwim Berkowicz fra DMU har foretaget spredningsberegninger og sammenlignet disse med luftkvalitetsmålinger.

Registreringerne af køremønstret blev foretaget af Tom Christensen fra Statens Vejlaboratorium.

3. Dataindsamlingen

3.1 Udvalgelse af gader

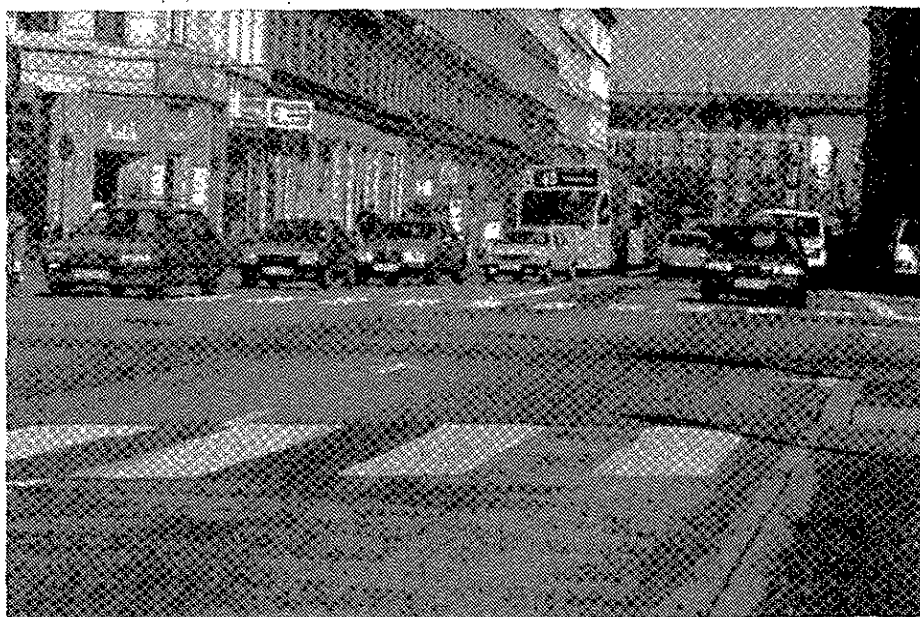
Ved valg af gadestrækninger ønskedes at få belyst køremønsteret i følgende situationer:

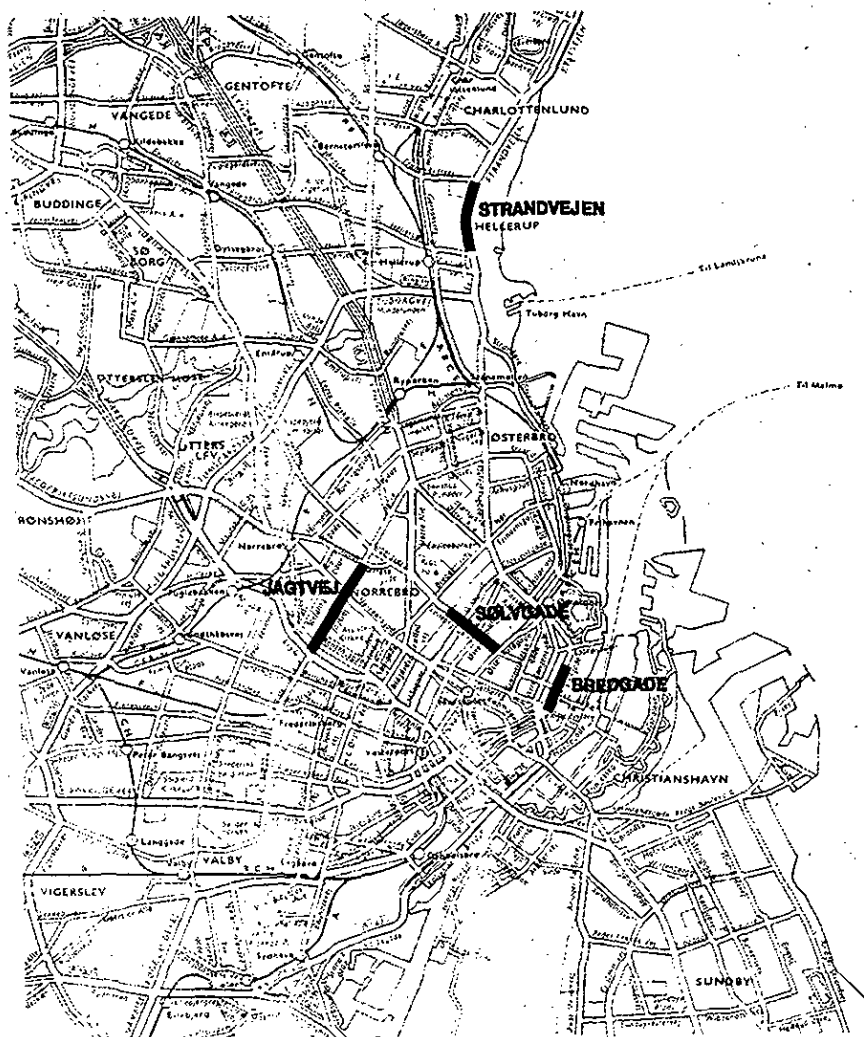
- HT-bus sammen med den øvrige trafik, hvor der er køproblemer
- HT-bus i busbane
- Person-, vare- og lastbiler i gader med køproblemer
- Person-, vare- og lastbiler i gader, hvor trafikken flyder jævnt
- Både busser og individuel trafik i gader trafiksaneret ved indsnævring og forsætning af kørebanen.

Det har endvidere været ønsket, at der i mindst én af gaderne foretages målinger af luftkvaliteten.

Der blev valgt følgende 4 gadestrækninger:

- Jagtvej (Ågade-Arresøgade)
- Bredgade (Kgs. Nytorv-Frederiksgade)
- Fredensbro-Sølvgade (Sortedams Dosseringen -Øster Voldgade)
- Strandvejen (Hellerupvej-Tranegårdsvej).





Figur 3.1

De udvalgte gaders placering i København.

Jagtvej repræsenterer bygader med blandet trafik og med køproblemer, især i myldretiden. I Bredgade er trafikafviklingen jævn og her er målt kulmonoxid, kvælstofoxider og sod siden 1. juli 1989.

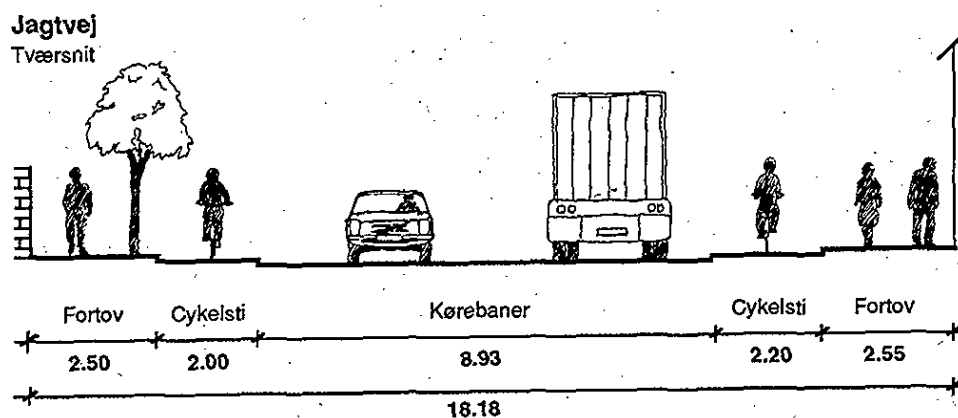
Fredensbro-Sølvgade er valgt, fordi der er køproblemer i myldretiden og busbane på hele strækningen, og Strandvejen, fordi der er foretaget trafiksanering med indsnævring af kørebanelen.

Situationen med glidende trafik repræsenteres af målinger uden for myldretiden i alle gader.

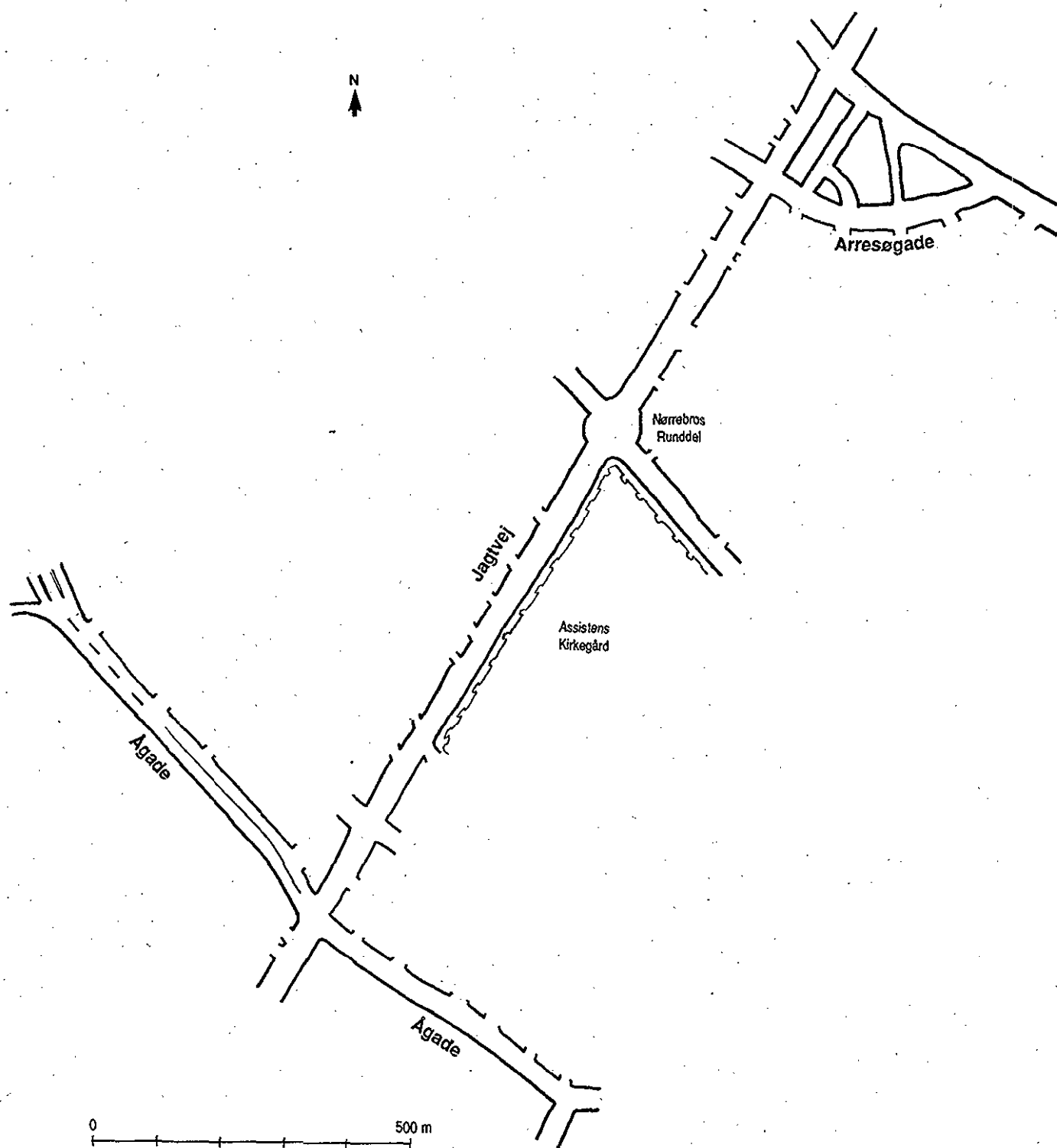
De fire gader kan kort karakteriseres således:



Jagtvej er en ringvej igennem københavns brokvarterer med en trafikmængde på 25.000 køretøjer på et hverdagsdøgn. Spidstimetrafikken udgør ca. 6% af døgnetrafikken og der er køproblemer i mange perioder i dagtimerne.



Figur 3.2
Tværsnit af Jagtvej.

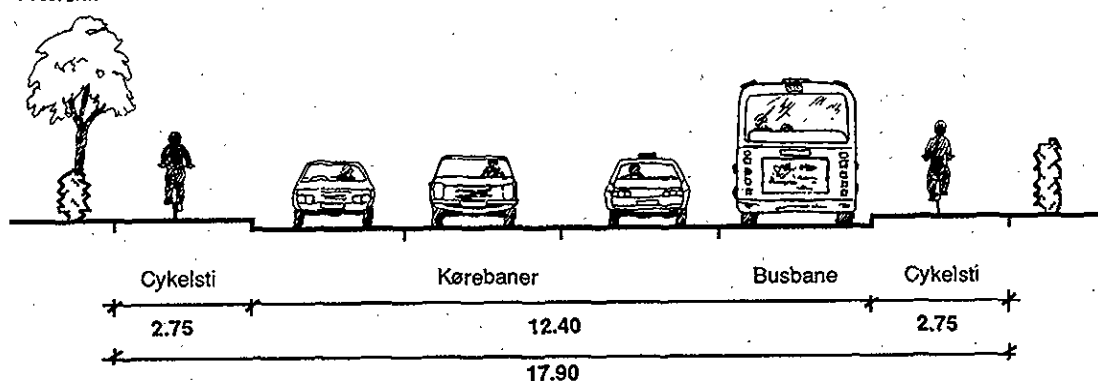


Figur 3.3
 Skematisk kort over Jagtvej fra Ågade til Arresøgade.

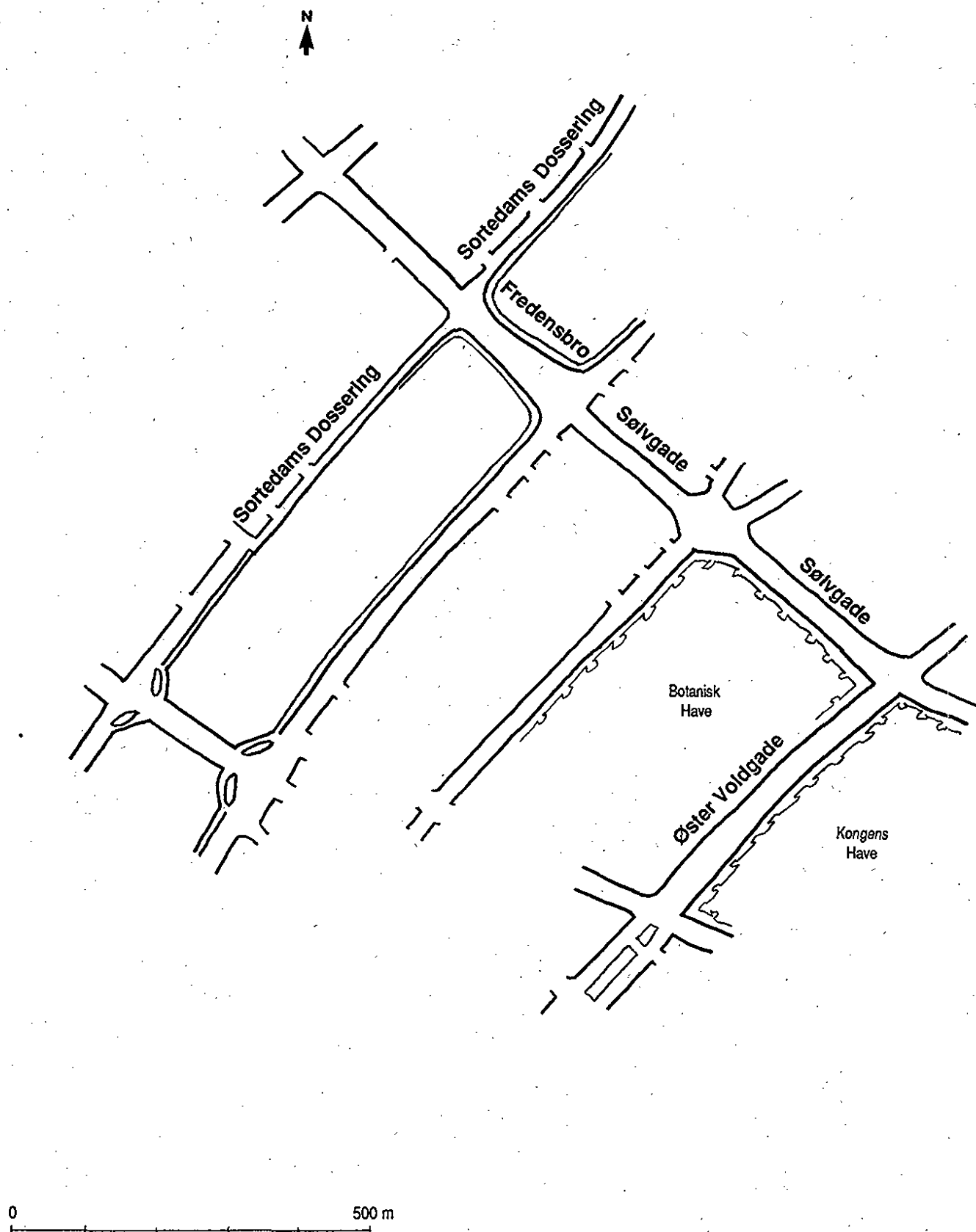


Sølvgade er en del af en nordlig indfaldsvej til København. Der kører ca. 30.000 køretøjer i et hverdagsdøgn. Trafikken i spidstimen udgør godt 10% af døgnetrafikken. En del af strækningen er ensrettet.

Sølvgade
Tværsnit

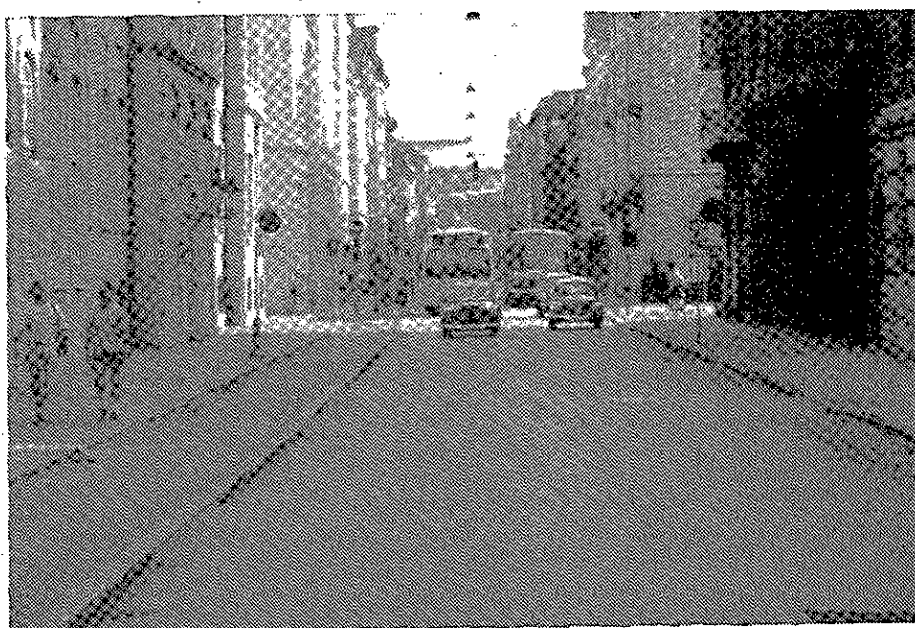


Figur 3.4
Tværsnit af sølvgade

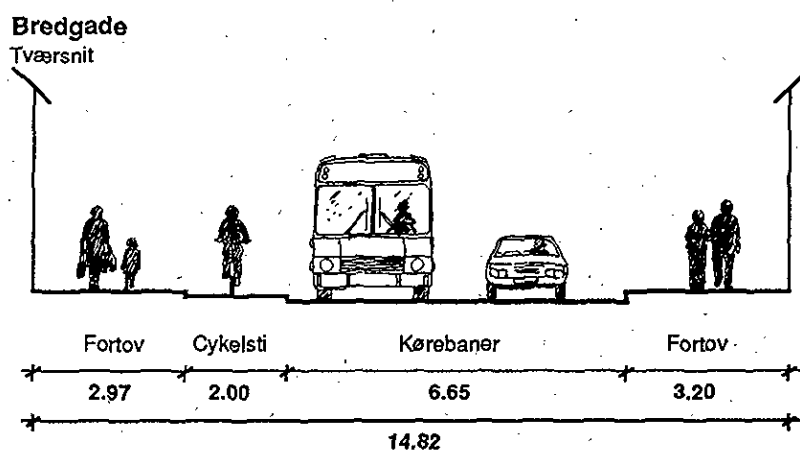


Figur 3.5

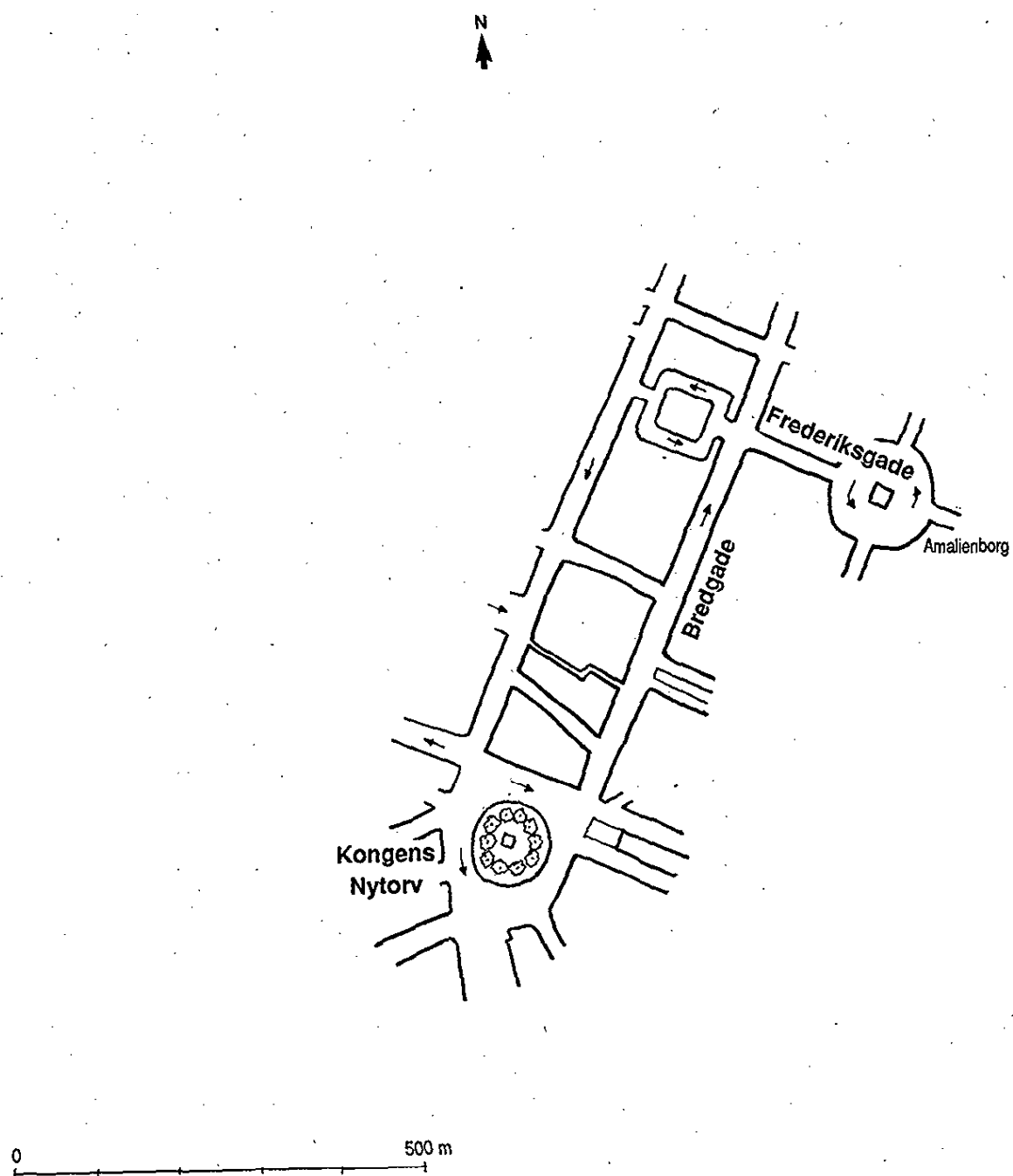
Skematisk kort over Sølvgade og Fredensbro fra Sortedamssøseringen til Øster Voldgade.



Bredgade er ensrettet og går fra centrum mod nord ud ad byen. Trafikken er på ca. 19.000 køretøjer i et hverdagsdøgn. Spidstimetrafikken udgør 8% af døgnetrafikken.

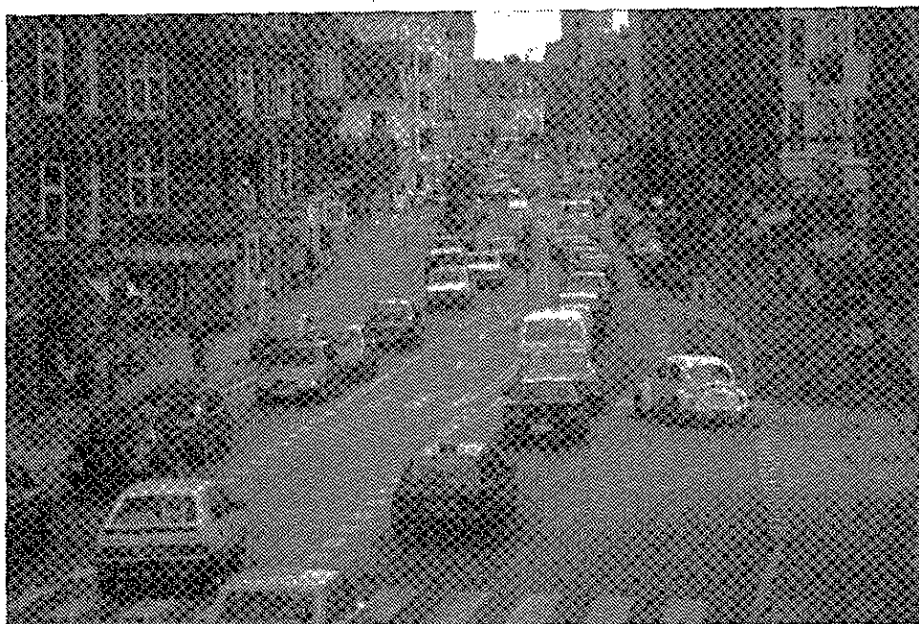


Figur 3.6
Tværsnit af Bredgade.

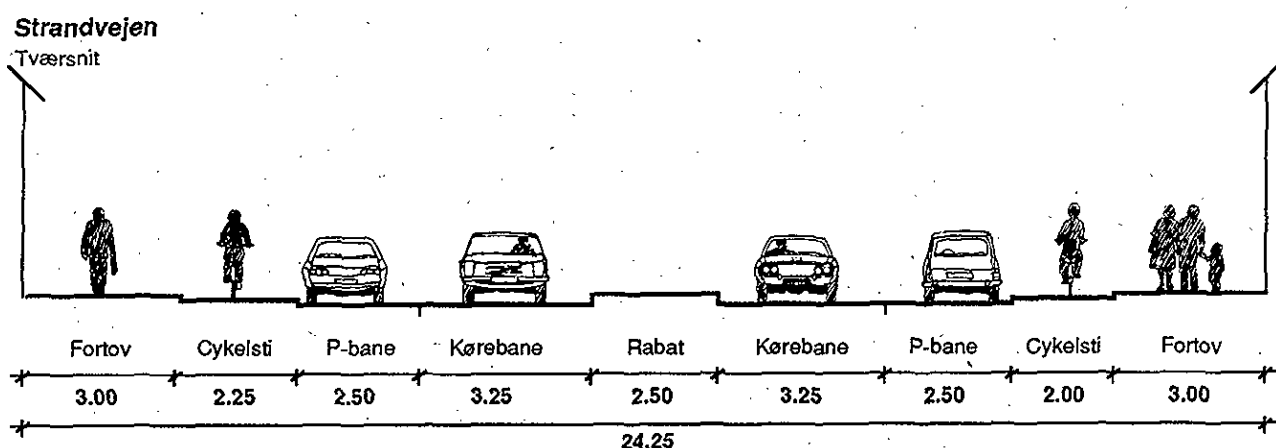


Figur 3.7

Skematisk kort over Bredgade fra Kongens Nytorv til Frederiksgade.

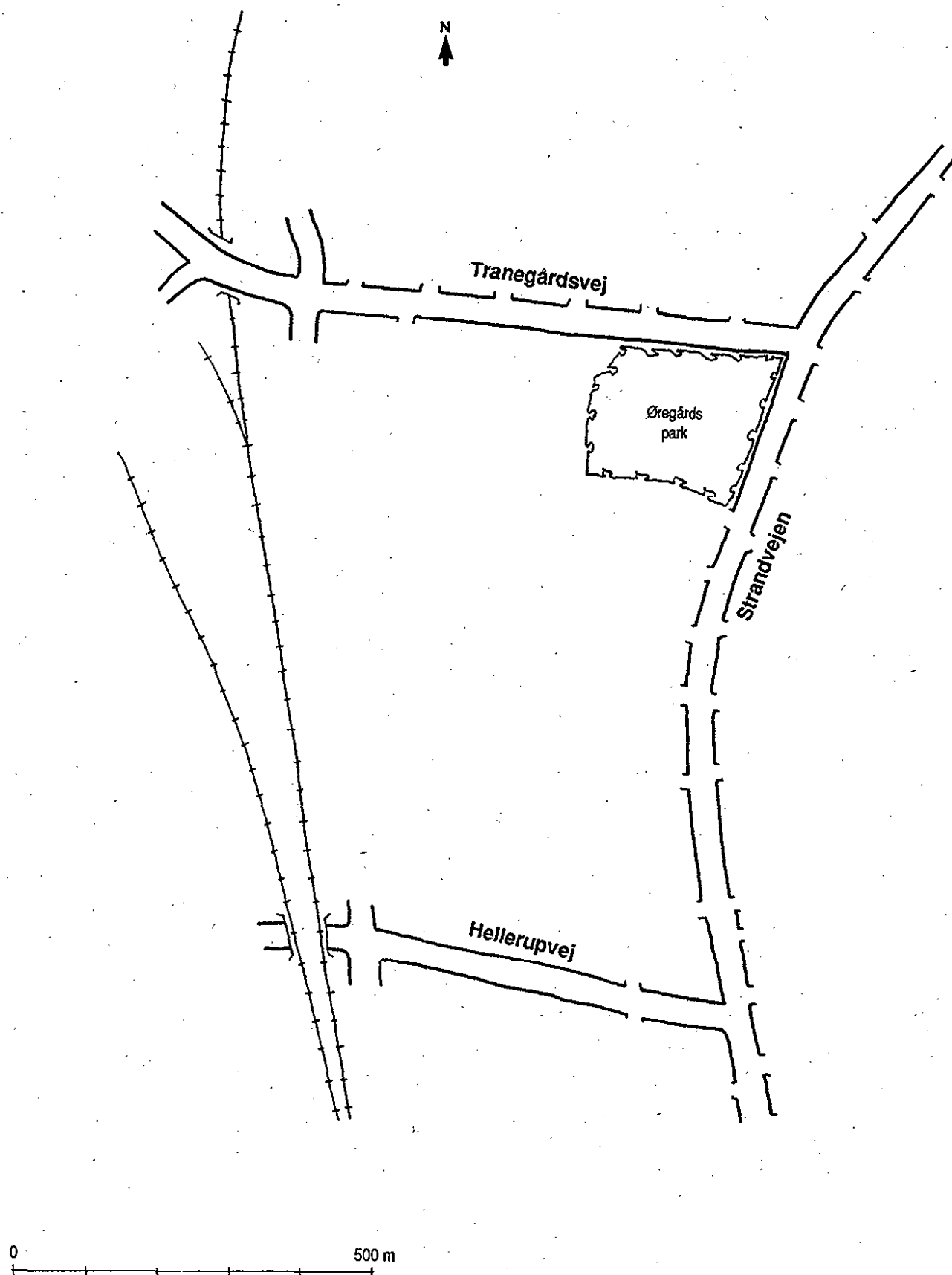


Strandvejen ligger ca. 5 km nord for københavns centrum og er en ind- og udfaldsvej fra København. Der er foretaget trafiksanering, så der kun er én kørebane i hver retning. Trafikmængden i et hverdagsdøgn er ca. 19.000 køretøjer. Spidstimetrafikken udgør godt 10% af døgntrafikken.



Figur 3.8
Tværsnit af Strandvej.

Den skilte hastighed er i alle 4 gader 50 km/t.



Figur 3.9
Skematisk kort over Strandvejene fra Hellerupvej til Tranegårdsvej.

3.2 Registrering af trafikken

For at indsamle de nødvendige data til beregning af luftforureningen fra trafikken i de udvalgte bygader er følgende registreringer af trafikken gennemført:

- Registrering af køremønster
- Koldstartsandel, køretøjsfordeling og brændstoftype ved stopinterview
- Trafiktællinger
- Måling af snithastigheden i forbindelse med støjmålinger.

Registrering af køremønster

Registreringen af køremønsteret er foretaget ved, at udvalgte biler i trafikken følges med en målebil. Hvert sekund registreres den tilbagelagte afstand pr. sekund. Herudfra kan hastighedsprofilerne beregnes, både som hastighed/sted-diagrammer og hastighed/tid-diagrammer.

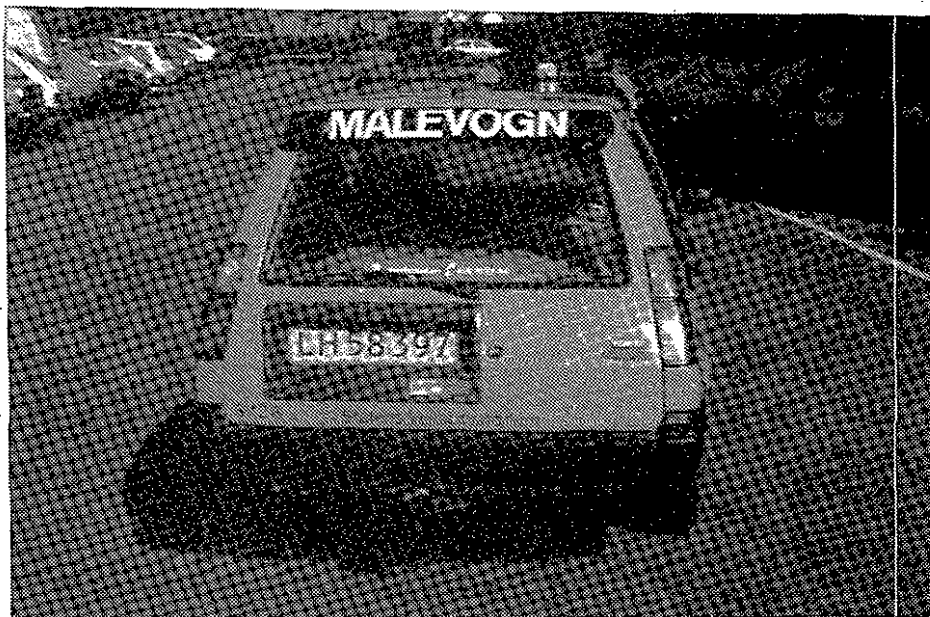
Følgende køretøjstypers køremønster blev registreret:

- Personbiler
- Taxa
- Varebiler (2-6 t)
- Lastbiler (>6 t)
- HT-busser.

Ved kraftig opbremsning eller stop registreres årsagen. Følgende mulige årsager til standsning benyttedes:

- Signalanlæg
- Parkeret bil i 2. position
- Svingende bil
- Bus ud fra stoppested
- Busstop
- Årsag defineres på stedet
- Årsag ukendt

Ved starten af hver registrering indtastes registreringsnummer, strækningens navn (retning), klokkeslet og køretøjstype (evt. bilmærke).



Statens Vejlaboratorium stillede målebil til rådighed, foretog registreringerne og overførte data til Laboratoriet for Energiteknik på disketter.

Organisering af data

Data for gennemkørslerne er organiseret på 4 databaser, én for hver gade. Hver hastighedsprofil indeholder et datasæt, der udover hastigheds- og stedregistreringerne indeholder følgende:

Køretøjstype, gade, tidspunkt, rejsehastighed, andel køretid med acceleration, andel køretid med deceleration, andel konstant kørsel, andel tomgang, andel køretid med kraftig acceleration, andel køretid med kraftige decelerationer.

Registreringerne blev foretaget på hverdage i maj/juni 1989 uden for skolernes sommerferie. Der blev registreret 253 hastighedsprofiler i de 4 udvalgte gader. De fordelte sig på gaderne og køretøjstyper, som vist i tabel 3.1.



På Jagtvej blev registreringerne foretaget i retning fra Ågade mod Arresøgade og i Sølvgade fra Sortedams Dosseringen mod Øster Voldgade. På disse strækninger er den stærkeste trafikbelastning om morgenen, og myldretiden defineres som tidsrummet kl. 8-9.

I Bredgade og på Strandvejen registreres i retningen fra byen. På Strandvejen og i Bredgade defineres myldretiden som tidsrummet kl. 16-17.

Reelt er myldretiden lidt længere, men da disse data senere skal sammenholdes med de kommunale trafiktællinger, der er foretaget i timeintervaller, er det valgt at anvende disse myldretidsdefinitioner.

Det var i perioder vanskeligt at følge enkelte biler. Det blev derfor besluttet at foretage registreringer ved at følge trafikstrømmen i stedet for at følge den enkelte bil. Disse registreringer betegnes "følge-trafikken".

Der blev foretaget registreringer af taxa, fordi det forventedes, at deres køremønster ville indeholde mange flere accelerationer og decellerationer end de øvrige personbiler. Der blev imidlertid registreret meget få køremønstre for taxa og da disse hastighedsprofiler ikke afviger væsentligt fra de øvrige personbiler, bliver taxa slået sammen med de øvrige personbiler i dieselpersonbilgruppen.

Der var store vanskeligheder med at kunne registrere køremønsteret for lastbiler, da der er relativt få lastbiler i bygaderne, og det var vanskeligt for målevognen at komme til at køre lige bag lastbiler. Det blev derfor valgt at foretage gennemkørsler med en testlastbil, der fulgte trafikken.

	Jagtvej i/udenfor myldretid	Sølvgade i/udenfor myldretid	Bredgade i/udenfor myldretid	Strandvejen i/udenfor myldretid	I alt
Person- biler	3 9	3 17	3 14	3 11	63
Taxa	- 2	- 1	3 2	- 2	10
Vare- biler (2-6 t)	2 6	- 6	2 6	- 2	24
Last- biler	3 7	- 1	2 6	1 4	24
HT- busser	6 17	9 9	13 9	3 8	74
Følge- trafik	2 7	5 4	11 7	16 6	58
I alt	16 48	17 38	34 44	23 33	253

Tabel 3.1

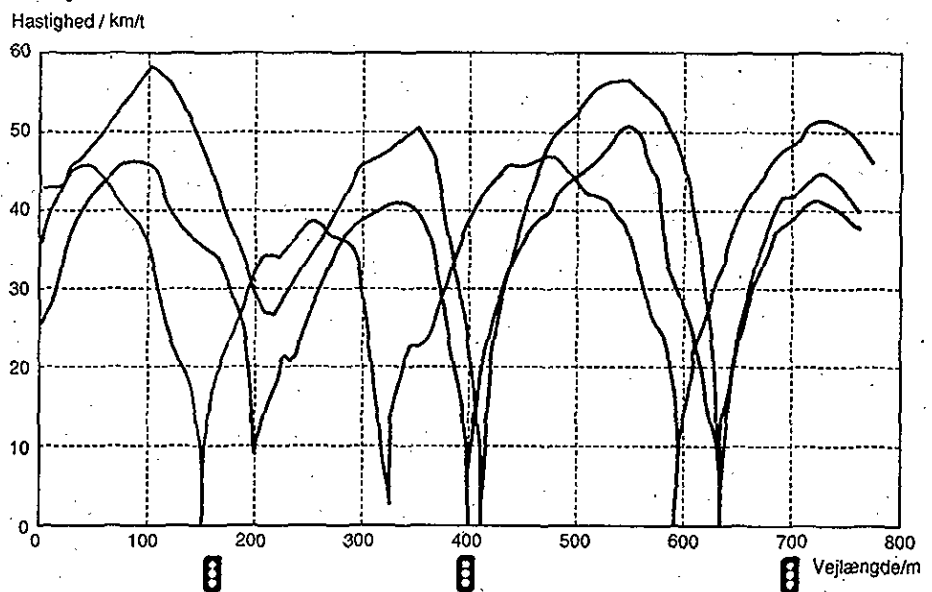
Antal registrerede hastighedsprofiler i de 4 udvalgte gader fordelt på køretøjstyper.

Af tabel 3.1 ses, at der er stor variation i antal målinger af de forskellige køretøjstyper. Målingerne registrerer primært HT-busser og personbiler, der også er de køretøjstyper, som projektet primært behandler.

Resultater

I den videre behandling af resultaterne er målingerne "følge-trafikken" lagt til alle kategorier undtagen HT-busserne, da HT's-bussernes køremønster afviger meget fra den øvrige trafik på grund af stoppestederne.

Nedenfor er vist eksempler på målte hastighedsprofiler fra Sølvgade for henholdsvis personbiler i myldretiden (figur 3.10), personbiler uden for myldretid (figur 3.11) og HT-busser (figur 3.12). HT-bussernes kørselsmønstre synes ikke at variere meget i og uden for myldretiden, og der er derfor kun vist en figur for HT-busserne.

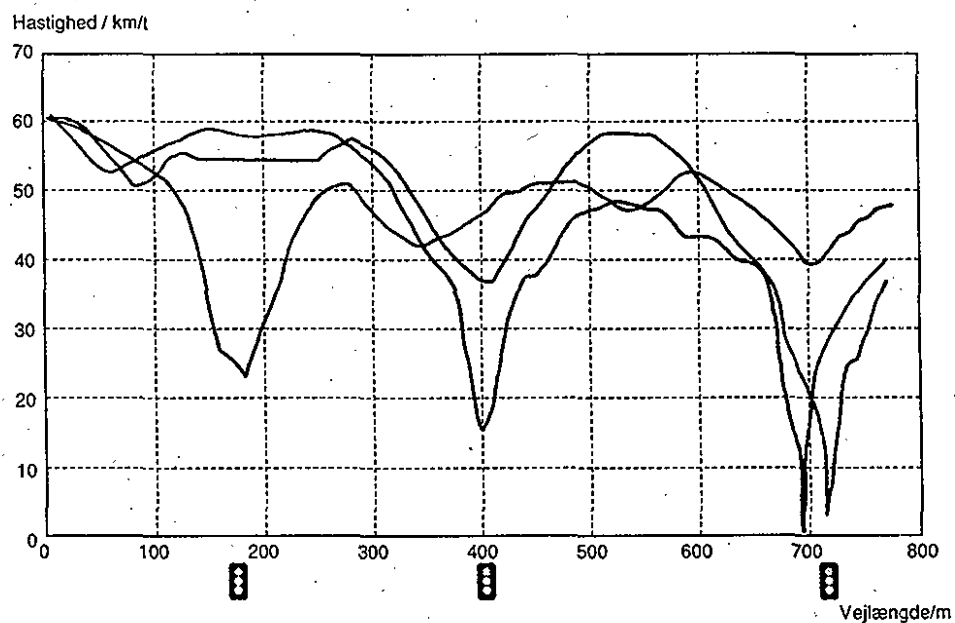


Figur 3.10

Eksempler på kørselsmønstre for 3 personbiler i myldretiden på Sølvgade.

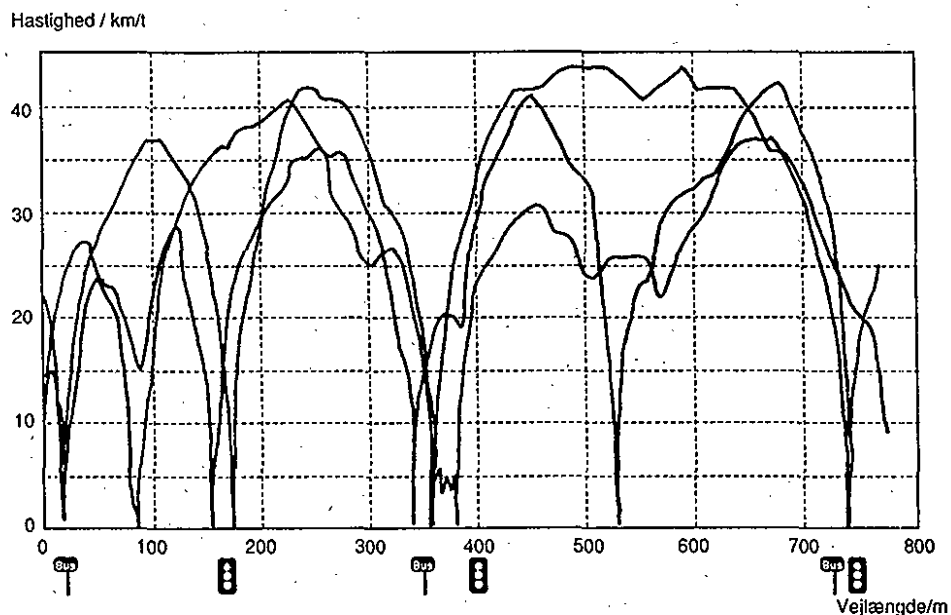
Det ses på figur 3.10, at personbilerne næsten stopper ved alle lyskryds og enkelte gange

herudover. Årsagen til at bilerne standser op til 100 m før lyskrydset er at der er kø ved lyskrydsene.



Figur 3.11

Eksempler på kørselsmønstre for 3 personbiler uden for myldretiden i Sølvgade.



Figur 3.12

Eksempel på kørselsmønstre for 3 HT-busser i Sølvgade.

På hastighedsprofilerne ses placeringer af lyssignalerne tydeligt ved km 0,2, 0,4 og 0,7. Der er stoppesteder i forbindelse med de 2 sidste kryds samt ved km 0,05.

Det ses, at hastighedsprofilerne er mest ujævne med accelerationer og decelerationer for personbiler i myldretiderne og HT-busser, mens udsvingene er mindre og hastighederne højere for personbiler uden for myldretiden.

Koldstart- og brændstofundersøgelsen

Københavns Kommunes Vejkontor gennemførte i forbindelse med projektet en postkortanalyse for at klarlægge andelen af benzinbiler med kold motor.

Der blev uddelt 3.990 postkort til bilister i de 4 gader. På postkortet var spørgsmål om køretøjstype, brændstof, hvor længe bilen havde kørt og hvor længe den havde holdt stille inden turen. 50% besvarede spørgsmålene og returnerede kortet.

På baggrund af svarene er andelen af biler med kolde motorer og fordelingen på benzin- og dieselskøretøjer beregnet i de 4 gader.


Stadsingeniøren
Vejkontoret
Islands Brygge 37
2300 København S

HJÆLP OS MED AT FORBEDRE
TRAFIKMILJØET - OG VÆR SAM-
TIDIG MED I LODTRÆKNINGEN OM
10 GAVEKORT.

Besvar venligst nedenstående 4 spørgs-
mål og læg snarest muligt dette postkort
ufrankeret i en postkasse.

Lodtrækning
den 17. sep. 1989
i Ben. Tid. og Politiken

Hvilket køretøj førte De? (sæt O omkring tal)	1: Personbil	2: Motorcykel	3: Taxi	4: Varevogn
	5: Lastbil op til 3500 kg		6: Lastbil over 3500 kg	
	7: Bus til mere end 8 pass.		8: Andet	
Hvilket brændstof anvender køretøjet?	1: Benzin, blyholdig.	3: Diesellole	5: El	
	2: Benzin, blyfri	4: Gas		
Hvor længe havde De kørt inden De modtog dette postkort?	1: Mindre end 6 minutter.			
	2: 6 - 15 minutter.			
	3: Mere end 15 minutter.			
Hvor længe havde køretøjet stået ubenyttet inden De startede denne tur?	1: Kortere end ½ time.			
	2: ½ - 2 timer.			
	3: Mere end 2 timer.			
Dato og klokkeslet for besvarelse: 29/6-89 kl. 9.10				

Figur 3.13

Det anvendte postkort.

I undersøgelsen blev bilisterne spurgt, om de havde kørt i mere end 6 minutter, og om de før start havde holdt stille i mere end 2 timer. Spørgsmålene blev formuleret således, fordi koldstart i den nordiske beregningsmetode for luftforurening i gaderum (ref. 14) definerer kolde biler som køretøjer, der har kørt i mindre end 6 min. og som før kørsel har holdt stille i mindst 2 timer. Ud fra denne definition på koldstart viste undersøgelsen, at koldstartandelen varierede fra 8% til 30%, og at gennemsnittet var 15%.

I tabel 3.2 ses koldstartsandelene i de 4 gader i og udenfor myldretiden.

			Koldstarter
Bredgade i myldretiden	(15.30-16.40)		16%
Bredgade uden for myldretiden	(14.00-14.45)		13%
Sølvgade i myldretiden	(15.30-16.00)	mod sydøst	18%
		mod nordvest	30%
Sølvgade uden for myldretiden	(14.00-14.30)	mod sydøst	10%
		mod nordvest	18%
Jagtvej i myldretiden	(8.00-8.40)	mod sydvest	8%
		mod nordøst	14%
Jagtvej uden for myldretiden	(9.30-10.10)	mod sydvest	18%
		mod nordøst	10%
Strandvejen i myldretiden	(8.00-9.35)	mod syd	17%
		mod nord	10%
Strandvejene uden for myldretiden	(9.55-10.30)	mod syd	12%
		mod nord	14%
Alle fire gader			15%

Tabel 3.2

Andelen af kolde motorer i de 4 gader i og uden for myldretiden.

Køretøjsfordelingen og brændstofanvendelsen varierede ikke i de 4 gader, det samlede og resultat for de 4 gader ses af tabel 3.3.

	Person- bil	Taxa	Vare- bil	Lastbil >3.500 t	Bus	I alt
Blyholdig benzin	887	7	65	1	-	960
Blyfri benzin	583	7	45	-	-	635
Diesel	52	91	148	30	18	339
Gas	6	-	2	1	-	9
I alt	1.528	105	260	32	18	1943

Tabel 3.3

Brændstofanvendelsen i de interviewede køretøjer.

Nyere målinger viser, at koldstarttiden kun er 2,4 min. (ref 15) og i emissionsberegningerne anvendes derfor 40% af koldstartsandelen fra besvarelsene på postkortanalysen.

I bilag 1 er nærmere redegjort for koldstart- og brændstofundersøgelsens resultater.

Trafiktællinger

Kommunale tællinger

Københavns Kommunes Vejkontor udfører trafik-
tællinger på kommunens overordnede gader, her-
under Bredgade, Sølvgade og Jagtvej. Tællinger-
ne foretages én hverdag fra kl. 6-18 hvert år,
og trafikmængderne er opdelt på køretøjstyper
og timeintervaller. Københavns amtskommune
udfører trafiktællinger på Strandvejen. På
Jagtvej og Strandvejen udføres maskinelle tæl-
linger, så køretøjstyperne alene defineres ved
køretøjernes længde. I Sølvgade og Bredgade
udføres manuelle tællinger, hvor køretøjstyper-
ne opdeles i følgende grupper:

- Personbiler
- Varebiler, (2-3,5 t)
- Lastbiler, (2, 3 og 4 aksler)
- Busser i fast rute
- Andre busser
- Motorcykler
- Cykler/knallerter.

Koldstart-undersøgelsen

I forbindelse med koldstartundersøgelsen fås en fordeling af de adspurgte trafikanter fordelt på:

- Personbiler
- Varebiler
- Lastbiler > 3,5 t
- Busser.

Supplerende tællinger

Endelig blev der i forbindelse med dette projekt gennemført en kort trafiktælling for at sikre, at trafikken i måleperioden ikke afveg fra de kommunale tællinger. Det viste sig, at der er en afvigelse mellem de kommunale tællinger og kontroltællingen på under 15% for personbiler. For tunge køretøjer er afvigelsen procentvis større, da antallet af lastbiler er lavt. Det vurderes, at afvigelserne er så små, at de kommunale og amtskommunale tællinger anvendes som grundlag for beregningerne.

3.3 Trafikmængder

For at beregne de samlede emissioner i gaderne opdeles trafikken på følgende kategorier:

- benzinpersonbiler
- dieselpersonbiler
- varebiler 2-3,5 t
- lastbiler >3,5 t
- HT-busser.

Små varebiler under 2 t regnes som personbiler, idet de i trafiktællingerne er inkluderet i personbilantallet.

På baggrund af trafiktællinger og stopinterviewanalyser er trafiktal opgjort for de 4 udvalgte gader opdelt på de køretøjstyper, der er relevante for emissionsberegningerne.

Trafikmængderne er opdelt på myldretid (1 time), perioden kl. 10-14 (1 time), samt et helt hverdagsdøgn og ses i tabel 3.5.

Dieselpersonbiler Andelen af dieselpersonbiler fås fra koldstartundersøgelsen. Der er små variationer i diesel-andelen og da materialet er spinkelt, vurderes der ikke at være grundlag for at variere dieselandelen på de forskellige gader samt i og udenfor myldretiden. Der anvendes derfor et gennemsnit for dieselandelen på 8,7% af alle personbiler.

Varebiler Fra koldstartundersøgelsen kendes endvidere andelen af varebiler og lastbiler under 3,5 t, der kører på benzin og diesel. Resultatet fra stopinterviewundersøgelsen er, at 42% af varebilerne kører på benzin, 57% på diesel og 1% på gas. Tilsvarende data for alle varebiler fra 0-6 t er på landsplan, 38% benzin, 2% gas og 60% diesel.

Trafiktællingerne definerer imidlertid varebiler som gruppen 2-3,5 t, og fordelingen på landsplan af denne gruppe på benzin og diesel er 31% benzin, 3% gas og 66% diesel. Da der er overensstemmelse mellem varebilbestanden opdelt på drivmiddel for hele landet og fra stopinterviewundersøgelsen, er det rimeligt at anvende landsgennemsnittet for fordelingen på benzin/gas/diesel, da man ikke ud fra stopinterviewanalysen kan finde gruppen 2-3,5 t. Der er i øvrigt ingen væsentlig forskel på drivmiddelfordelingen, om man ser på gruppen 2-3,5 t eller 2-6 t, da der er meget få køretøjer i intervallet 3,5-6 t.

I bilag 2 findes tabeller over varebiler fordelt efter drivmiddel.

Lastbiler og varebiler

For at beregne køretøjsfordelingen for lastbiler og varebiler på Jagtvej og Strandvejen er anvendt køretøjsfordelingen i Bredgade og Sølvgade. Dette vurderes at være en rimelig fremgangsmåde, da køretøjsfordelingen i de 2 gader ikke afviger væsentligt fra hinanden i de betragtede perioder.

Der anvendes følgende fordeling i % af det samlede antal køretøjer i perioden:

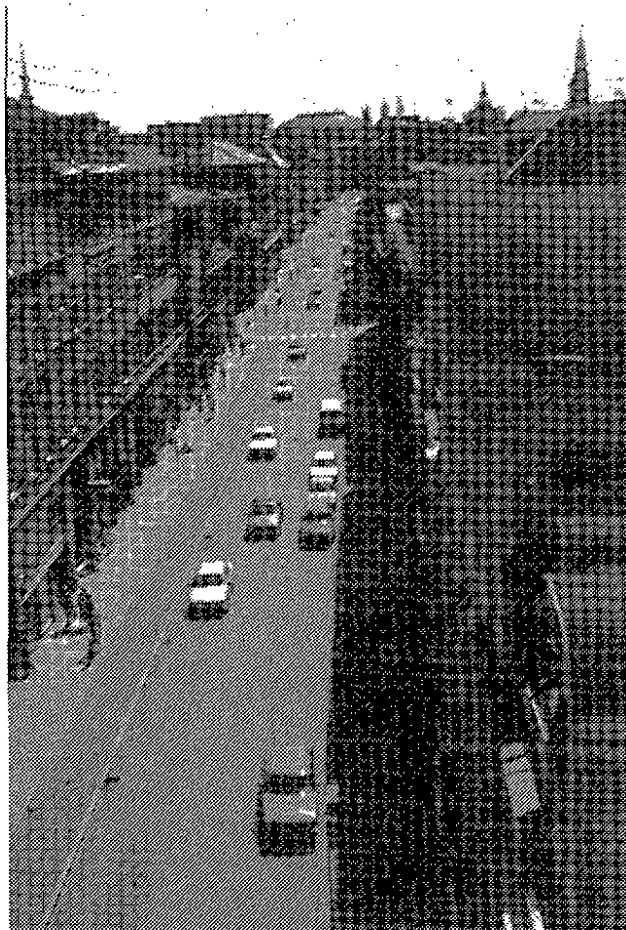
	Hverdags- døgn, %	Kl. 10-14, %	Myldre- time, %
Varebiler	7,5	12,0	4,0
Lastbiler	3,2	5,3	2,0

Tabel 3.4

Varebilers og lastbilers andel af den samlede trafik i forskellige tidsintervaller.

HT-busser

Antallet af HT-busser fås fra køreplanen.



	Benzin pers.- biler	Diesel pers.- biler	Vare- biler 2-3,5t 3)	Last- biler	HT- busser	I alt
JAGTVEJ:						
hverdagsdg.	10.420	990	985	420	233	13.048
kl. 10-14	574	54	92	41	10	771
(timegens.)						
myldretime						
(kl. 8-9)	688	65	33	17	22	825
SØLVGADE: 1)						
hverdagsdg.	13.548	1.291	1.197	528	393	16.959
kl. 10-14	721	69	115	50	21	976
(timegens.)						
myldretime						
(kl. 8-9)	1.967	187	97	54	33	2.338
BREDGADE: 2)						
hverdagsdg.	14.724	1.401	1.496	654	639	18.914
kl. 10-14	818	78	142	64	35	1.137
(timegens.)						
myldretime						
(kl. 16-17)	1.317	125	64	24	49	1.579
STRANDVEJEN:						
hverdagsdg.	7.276	693	683	291	166	9.109
kl. 10-14	409	39	66	29	9	552
(timegens.)						
myldretime						
(kl. 16-17)	793	75	37	19	9	933

1) Delvist ensrettet.

2) Ensrettet.

3) Beregnede tal (8,7% af personbilantallet)

Tabel 3.5

Trafikmængder i en retning i de udvalgte gader
fordelt efter køretøjstyper.

4. Emissionsmodel

I det følgende er foretaget en kortfattet gennemgang af de principper, som er anvendt i forbindelse med emissionsberegningerne. For nærmere detaljer henvises til bilagsrapport fra Danmarks Tekniske Højskole (ref. 15).

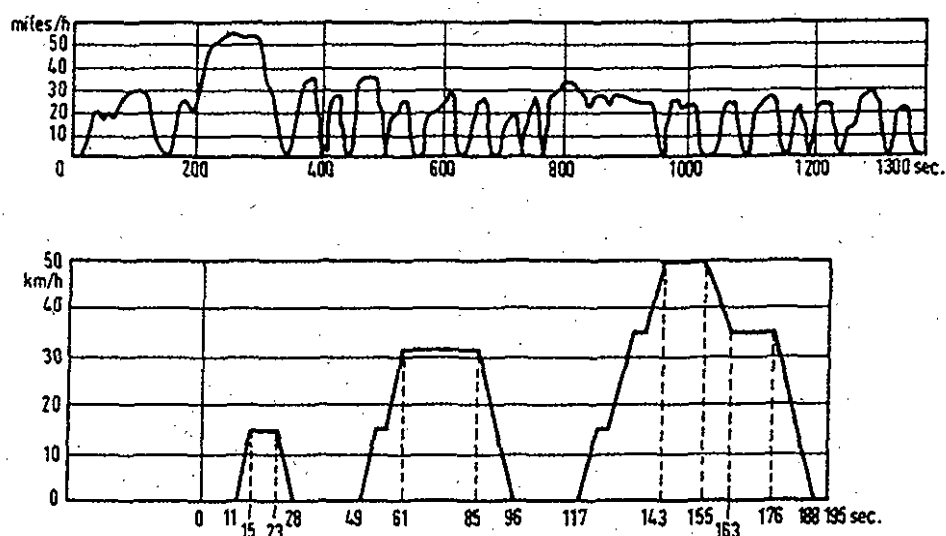
4.1 Emissionsnormer og køremønstre

Kørecykler

Emissioner fra biler er i meget væsentlig grad afhængig af kørselsbetingelserne. Ved angivelse af emissionsfaktorer er det derfor nødvendigt, at man samtidig oplyser under hvilke forhold, der er målt. I forbindelse med lovgivningen har man defineret forskellige sæt køremønstre eller kørecykler, som skal anvendes ved laboratiormålingerne, og det er typisk disse forudsætninger, som ligger til grund for de emissionsdata, som kan findes i litteraturen.

Personbiler

I figur 4.1 er vist henholdsvis den amerikanske FTP-kørecyklus og den europæiske ECE-bykørecyklus, som anvendes i forbindelse med godkendelse af personbiler.



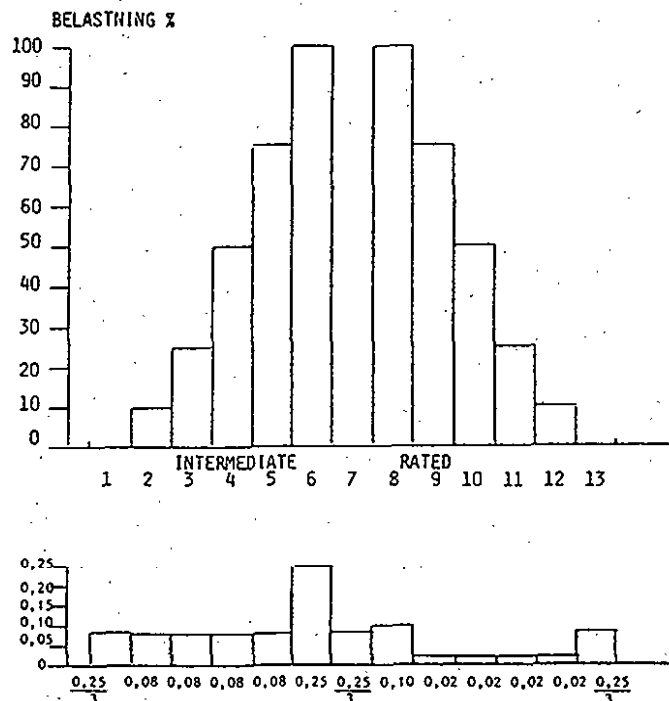
Figur 4.1.

Amerikansk FTP-kørecyklus (øverst) og europæisk ECE-bykørecyklus (nederst).

Det ses, at der er stor forskel på disse køremønstre og de aktuelle forhold, således som de f.eks. fremgår af figur 3.10. For at nå frem til de aktuelle emissionsfaktorer vil det derfor være nødvendigt at korrigere de emissionsfaktorer, som er bestemt under laboratorieforhold.

Lastbiler

Problemstillingen er lidt anderledes for lastbiler. Pladsmæssige problemer gør, at man kun i meget få laboratorier har mulighed for at måle emissioner fra store køretøjer. Hertil kommer, at lastbilmotorer i praksis vil have meget forskellige anvendelsesområder og være udsat for meget forskellige belastningssituationer. Disse forhold har bevirket, at emissionsnormer for lastbiler - i modsætning til personbiler - er sat i relation til den enkelte motor. I figur 4.2 er vist den europæiske "13-mode" test, hvor motoren udsættes for 13 forskellige belastningssituationer. Emissionerne i de forskellige situationer vægtes til et enkelt tal, der typisk angives i gram pr kilowatt-time (g/kWh).



Figur 4.2
Europæisk "13-mode"-test.

4.2 Beregninger for personbiler.

Da et væsentligt formål med dette projekt er at sammenligne forureninger ved forskellige køremønstre i bytrafik, er det nødvendig med en ret detaljeret beskrivelse af emissionerne som funktion af kørselsforholdene. Gennemsnitsmålinger over en traditionel kørecyklus er ikke tilstrækkelig. Sådanne målinger findes imidlertid kun i meget begrænset omfang og kun for personbiler.

Benzindrevne personbiler

For benzindrevne personbiler er som udgangspunkt for beregningerne anvendt en svensk database omfattende målinger af gasformige emissioner fra 10 biler med katalysatorer og 63 uden katalysator. I denne database, som omfatter et gennemsnit af svenske personbiler, er de traditionelle kørecykler opdelt i en række delelementer omfattende acceleration, deceleration, konstant kørsel og tomgang. For hvert delelement er angivet emissionen af de forskellige forurenende stoffer (CO , HC , NO_x) i gram pr sekund. Der indgår således emissioner for 15 forskellige kørselstilstande i ECE-kørecyklen og for 81 forskellige tilstande i FTP-kørecyklen.

For biler uden katalysatorer er der i dette projekt foretaget en mindre korrektion af databasen, idet den omfatter biler, der er godkendt efter svenske regler, og disse regler er især for NO_x lidt strengere end de tidligere danske regler. Endvidere er der korrigeret for, at den danske bilpark i gennemsnit består af mindre biler.

Partikelemission

For partikelemissionerne findes der kun nogle få målinger af middelværdier over nogle bestemte køremønstre. Desuden er partikelemissionen fra biler uden katalysator meget afhængig af blyindholdet i benzinen. Da blyindholdet i dansk benzin har været kraftigt reduceret i de seneste år, er det vanskeligt at bestemme af partikelemissionerne fra disse biler.

Ud fra litteraturen er der udvalgt partikelemissionsfaktorer, som er repræsentative for blyindholdet i den danske bilpark midt i 1990. For katalysatorbiler er der benyttet en gennemsnitlig værdi ud fra de i litteraturen fundne værdier. Da det ikke er muligt at korrigere disse målinger for diverse kørselsforhold, benyttes disse emissionsfaktorer som gennemsnitlige emissionsfaktorer for alle gader og kørselsforhold. Emissionsmodellen er således ikke i stand til at belyse sammenhængen mellem kørselsforhold og partikelemissioner fra benzindrevne køretøjer.

Dieseldrevne personbiler

For dieseldrevne personbiler findes ikke en tilsvarende detaljeret database. Her er anvendt data fra TÜV i Tyskland, hvor man har databaser med emissioner under 7 forskellige kørselsforhold.

Beregningsprocedure

Beregningerne er foretaget på den måde, at de aktuelt målte kørselsbetingelser inddeles i perioder på 1 sekund. Ud fra hastighed ved start og slutning af denne periode findes i databasen det element, som ligner mest, og emissionen beregnes. Ved at summere over de aktuelt målte kørselsbetingelser findes den samlede emission. Ved at dividere med den kørte strækning kan man herefter få den gennemsnitlige emissionsfaktor i gram pr. km.

Den opstillede emissionsmodel er kontrolleret ved at anvende henholdsvis ECE- og FTP-kørecyklerne som aktuelle kørselsbetingelser. De beregnede emissionsfaktorer, der herved er fundet afviger 5-15% fra målte emissionsfaktorer ved disse kørecykler.

4.3. Beregninger for tunge køretøjer.

Problemstillingen for lastbiler og busser er mere kompliceret. Der findes en detaljeret svensk database, men dataene omfatter kun motorer (4-12 liter), og målingerne er foretaget ved forskellige driftstilstande i "13-mode"-testen. For at kunne anvende samme beregnings-

systematik som ved personbiler, er disse data ved hjælp af en simuleringsmodel og forudsætninger om gearskiftestrategi omregnet til emissioner i gram pr sekund ved typiske kørselsforhold for tunge køretøjer.

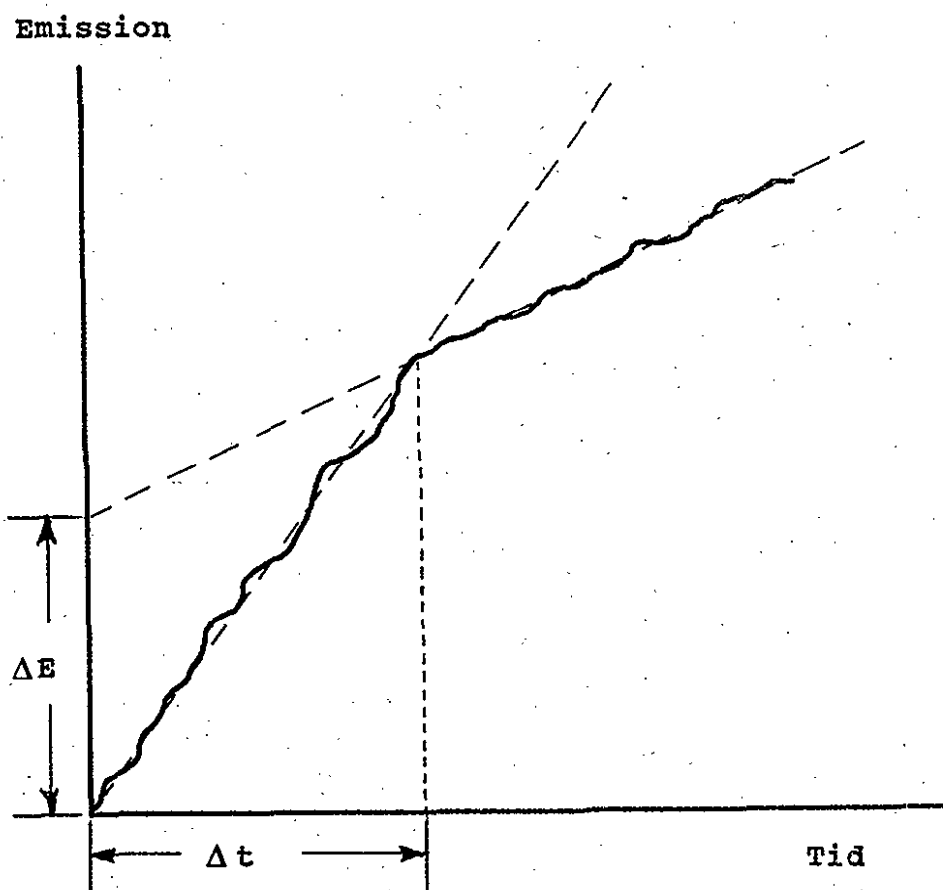
Der er herefter konstrueret databaser for en "typisk" lastbil og for busser bestående af elementer af samme karakter som angivet for personbiler. En kontrol af metoden er foretaget ved at anvende dels ECE-kørecyklen og dels en speciel buskørecyklus som aktuelle kørecykler. I forhold til aktuelle målinger er fundet afvigelser på under 10%.

4.4. Korrektion af emissionsfaktorer

Alle de emissionsfaktorer, som indgår i databasen omhandler kørsel med varm motor og alene nye biler. Det er derfor nødvendig at korrigere de beregnede værdier, således at der tages hensyn dels til den forhøjede emission, som forekommer i forbindelse med koldstart, dels til det forhold, at emissionen som følge af slitage ændres, når bilerne ældes. I begge tilfælde er det kun for benzindrevne personbiler og varebiler, at korrektion er nødvendig.

Koldstart

Efter start med kold motor vil man typisk få en forøget emission af CO og HC. Hvor stor forøgelsen bliver afhænger til en vis grad af ude-temperaturen. NO_x-emissionen påvirkes derimod kun i ubetydelig grad. Figur 4.3 giver et typisk billede af den summerede emission efter start med kold motor.



Figur 4.3

Skematisk præsentation af emissionsforholdene for CO og HC ved koldstart. Den fuldt optrykte linie viser den summerede emission som funktion af tiden, og hældningen af de stiplede linier viser gennemsnitlige emissionsfaktorer før og efter motoren er varm. ΔE er emissionstillægget for en koldstartet motor, som kører længere end opvarmningstiden, Δt .

Forholdene umiddelbart efter starttidspunktet er stort set ens for biler med og uden katalysator.

Ved de i denne undersøgelse udførte beregninger er koldstartskorrektioner udført efter følgende procedure:

På grundlag af litteraturundersøgelser er gjort antagelser om emissionsfaktorer i gram pr sekund umiddelbart efter koldstart og om opvarmningstiden som funktion af udendørstemperaturen. Ud fra disse forudsætninger er foretaget

en beregning af koldstartemissionen i gram. Det herved fundne tal er adderet til den emission, der er bestemt fra kørsel med varm motor, hvorefter der er sket en omregning til gram pr. kilometer. Der regnes ikke med, at dette koldstarttillæg ændres med bilens alder, heller ikke for katalysatorbiler.

De koldstarttillæg, der anvendes i beregningerne, ses i tabel 4.1. Der er anvendt den procentdel kolde biler, som blev fundet i stopinterviewanalysen omregnet til en køretid med kolde motorer til 2,4 min., som beskrevet i afsnit 3.

		Andel kolde biler i %	Uden kataly- satorer g/km		Med kataly- satorer g/km	
			CO	HC	CO	HC
Bredgade	myldretid	6,4	5,8	0,13	4,0	0,13
	uden for myldretid	5,2	4,7	0,10	3,3	0,10
Sølvgade	myldretid	7,2	6,5	0,14	4,5	0,14
	uden for myldretid	4,0	3,6	0,08	2,5	0,08
Jagtvej	myldretid	5,6	5,0	0,11	3,5	0,11
	uden for myldretid	4,0	3,6	0,08	2,5	0,08
Strandvejen	myldretid	6,8	6,1	0,13	4,3	0,13
	uden for myldretid	7,2	6,5	0,14	4,5	0,14

Tabel 4.1

Koldstarttillæg i de 4 gader i og uden for myldretiden for benzinpersonbiler med og uden katalysatorer.

Forværrelse

Korrektion for ændret emission som følge af slitage m.m. foretages i beregningerne både for biler med og uden katalysator. Problemstillingen er dog især vigtig for katalysatorbiler. For disse biler er de foretagne justeringer baseret på erfaringer med nyere europæiske biler. De anvendte forværrelsesfaktorer svarer til gennemsnittet for den danske bilpark. I praksis svarer det omtrent til emissionsfaktoren ved 107.000 km divideret med emissionsfaktoren fra en ny bil.

For benzindrevne personbiler med og uden katalysator er anvendt følgende forværrelsesfaktorer:

	<u>Uden katalysator</u>	<u>Med katalysator</u>
CO	1,4	4,9
HC	1,1	4,0
NO _x	0,92	2,5

At emissionsfaktoren for NO_x for biler uden katalysator bliver mindre, når bilen bliver ældre (forværrelsesfaktoren er mindre end 1), hænger sammen med, at ændringen i emissionsforholdene typisk skyldes en ændring af benzin-/luftblandingen mod en mere "fed" blanding.

Vægt af tunge køretøjer

Emissionerne beregnes fra en gennemsnitlig lastbil med totalvægt på 10 t og en bus med en totalvægt på 13 t.

HC-fordampning

Endelig skal nævnes, at der i de beregnede kulbrinte-emissionsfaktorer fra både personbiler, lastbiler og busser ikke er medtaget fordampningsbidraget.

5. Luftforurening i de 4 gader

På baggrund af de beregnede emissioner fra de registrerede køremønstre i de 4 gader og trafikmængderne beregnes de samlede emissioner i gaderne. I dette afsnit redegøres for de samlede emissioner samt fordelingen på individuel og kollektiv trafik. Endelig beregnes de resulterende koncentrationer af CO og NO_x og disse sammenlignes med målingerne.

5.1 Emissionsfaktorer

Registreringen af kørselsforløb, der er gennemført på de 4 gader, er foretaget i myldretiden, som defineres som kl. 8-9 på Jagtvej og Sølvgade og kl. 16-17 på Bredgade og Strandvejen. Kørselssituationen uden for myldretiden er registreret i perioden kl. 10-14.

Emissionsfaktorer For hver gade er der ved hjælp af emissionsmodellen, der er beskrevet i afsnit 4, beregnet emissionsfaktorer (gram emission pr. kørt kilometer) i myldretiden og uden for myldretiden for hver køretøjstype. Emissionsfaktorerne ses af tabel 5.1 for den nuværende køretøjspark.



	CO	HC	NO x	PART.	Rejse- hastig- hed
JAGTVEJ:					
PB-benzin i myldretid	42	3.0	2.3	0.02	20
uden for myldretid	33	2.3	2.1	0.02	30
PB-diesel i myldretid	2.2	0.2	1.0	0.37	20
uden for myldretid	1.7	0.2	0.8	0.28	30
Varebil* i myldretid	21	1.6	2.3	0.38	20
uden for myldretid	17	1.3	2.0	0.31	27
Lastbil i myldretid	3.8	0.8	21	0.85	21
uden for myldretid	2.9	0.6	16	0.62	32
Bus i myldretid	7.4	1.5	35	1.6	12
uden for myldretid	7.3	1.5	34	1.5	13
SØLVGADE:					
PB-benzin i myldretid	47	3.3	2.6	0.02	19
uden for myldretid	27	2.0	1.9	0.02	40
PB-diesel i myldretid	2.3	0.3	1.1	0.39	19
uden for myldretid	1.3	0.1	0.6	0.22	40
Varebil* i myldretid	23	1.8	2.4	0.41	19
uden for myldretid	13	1.0	1.6	0.22	41
Lastbil i myldretid	3.7	0.7	23	0.94	19
uden for myldretid	2.0	0.4	11	0.44	44
Bus i myldretid	6.6	1.3	37	1.5	15
uden for myldretid	6.4	1.3	33	1.4	15

(tabellen fortsættes på næste side)

*) 34% benzin og 66% diesel

Tabel 5.1

Emissionsfaktorer for den eksisterende køretøjspark i g/km henholdsvis i og uden for myldretid for hver køretøjskategori i de 4 gader. Rejsehastigheden er i km/t.

	CO	HC	NO x	PART.	Rejse- hastig- hed
BREDGADE:					
PB-benzin i myldretid	35	2.4	2.2	0.02	33
uden for myldretid	37	2.5	2.2	0.02	29
PB-diesel i myldretid	1.8	0.2	0.8	0.31	33
uden for myldretid	2.0	0.2	0.9	0.35	28
Varebil* i myldretid	18	1.4	2.0	0.32	31
uden for myldretid	19	1.6	2.2	0.38	27
Lastbil i myldretid	2.9	0.6	19.0	0.75	30
uden for myldretid	3.4	0.7	20.0	0.79	26
Bus i myldretid	6.3	1.3	29.2	1.31	15
uden for myldretid	5.9	1.2	28.0	1.23	18
STRANDVEJEN:					
PB-benzin i myldretid	33	2.2	2.1	0.02	34
uden for myldretid	34	1.4	1.8	0.02	34
PB-diesel i myldretid	1.7	0.2	0.8	0.29	34
uden for myldretid	1.6	0.2	0.8	0.28	34
Varebil* i myldretid	17	1.2	1.9	0.30	33
uden for myldretid	17	1.3	1.9	0.30	31
Lastbil i myldretid	2.7	0.5	16.3	0.64	33
uden for myldretid	2.7	0.5	15.9	0.63	31
Bus i myldretid	5.6	1.1	34	1.4	20
uden for myldretid	6.1	1.2	32	1.4	17

(side 2 af tabel 5.1)

*) 34% benzin og 66% diesel

Tabel 5.1

Emissionsfaktorer for den eksisterende køretøjspark i g/km henholdsvis i og uden for myldretid for hver køretøjskategori i de 4 gader. Rejsehastigheden er i km/t.

Tilsvarende emissionsfaktorer er beregnet for en fremtidig køretøjspark. Det er forudsat, at alle personbenzinbiler har katalysatorer, og at både lastbiler, busser og dieselpersonbiler har kraftigt reducerede emissioner. Det forudsættes, at de tunge køretøjer overholder de emissionskrav, der gælder i USA fra 1994, og som forventes indført i EF nogle år senere. De tunge køretøjers emissioner reduceres med følgende procenter:

CO, HC og NO _x	50%
partikler	70%

For dieselpersonbilerne forudsættes, at de overholder de krav, der gælder i Californien i dag, og det vil medføre følgende reduktioner:

CO og HC	0%
NO _x	30%
partikler	70%

Partikelemissioner fra dieselkøretøjer svarer til niveauet fra en motor med partikelfilter.

Der er ikke sat et årstal på denne fremtidige emissions situation, men det er forudsat, at alle køretøjer opfylder de skærpede de emissionskrav. Der er ikke er foretaget en fremskrivning af trafikmængden.



	CO	HC	NO x	PART.	Rejse- hastig- hed
JAGTVEJ:					
PB-benzin i myldretid	19	1.0	0.8	0.01	20
uden for myldretid	14	0.7	0.7	0.01	30
PB-diesel i myldretid	2.2	0.2	0.7	0.11	20
uden for myldretid	1.7	0.2	0.6	0.09	30
Varebil* i myldretid	11	0.8	1.3	0.12	20
uden for myldretid	8.1	0.6	1.1	0.09	27
Lastbil i myldretid	1.9	0.4	10	0.26	21
uden for myldretid	1.4	0.3	7.8	0.19	32
Bus i myldretid	3.7	0.7	17	0.47	12
uden for myldretid	3.7	0.7	17	0.46	13
SØLVGADE:					
PB-benzin i myldretid	22	1.1	0.9	0.01	19
uden for myldretid	10	0.6	0.6	0.01	40
PB-diesel i myldretid	2.3	0.3	0.8	0.12	19
uden for myldretid	1.3	0.1	0.4	0.07	40
Varebil* i myldretid	12	0.9	1.4	0.12	19
uden for myldretid	5.8	0.4	0.8	0.07	41
Lastbil i myldretid	1.9	0.4	12	0.28	19
uden for myldretid	1.0	0.2	5.7	0.13	44
Bus i myldretid	3.3	0.7	19	0.46	15
uden for myldretid	3.2	0.6	16	0.43	15

(tabellen fortsættes på næste side) *) 34% benzin og 66% diesel

Tabel 5.2

Emissionsfaktorer for en fremtidig køretøjspark i g/km henholdsvis i og uden for myldretid for hver køretøjskategori i de 4 gader. Rejsehastigheden er i km/t.

	CO	HC	NO x	PART.	Rejse- hastig- hed
BREDGADE:					
Pb-benzin i myldretid	15	0.7	0.8	0.01	33
uden for myldretid	15	0.8	0.8	0.01	29
Pb-diesel i myldretid	1.8	0.2	0.6	0.09	33
uden for myldretid	2.0	0.2	0.7	0.10	28
Varebil* i myldretid	9.0	0.6	1.1	0.10	31
uden for myldretid	10	0.7	1.3	0.11	27
Lastbil i myldretid	1.5	0.3	9.5	0.23	30
uden for myldretid	1.7	0.3	10.0	0.24	26
Bus i myldretid	3.2	0.6	15	0.39	15
uden for myldretid	2.9	0.6	14	0.37	18
STRANDVEJEN:					
PB-benzin i myldretid	13	0.6	0.7	0.01	34
uden for myldretid	13	0.7	0.7	0.01	34
PB-diesel i myldretid	1.7	0.2	0.5	0.09	34
uden for myldretid	1.6	0.2	0.5	0.08	34
Varebil* i myldretid	8.4	0.6	1.1	0.09	33
uden for myldretid	8.7	0.6	1.1	0.09	31
Lastbil i myldretid	1.3	0.3	8.1	0.19	33
uden for myldretid	1.4	0.3	7.9	0.19	31
Bus i myldretid	2.8	0.6	17	0.41	20
uden for myldretid	3.1	0.6	16	0.41	17

(side 2 af tabel 5.2)

*) 34% benzin og 66% diesel

Tabel 5.2

Emissionsfaktorer for en fremtidig køretøjspark i g/km henholdsvis i og uden for myldretid for hver køretøjskategori i de 4 gader. Rejsehastigheden er i km/t.

Når man vurderer emissionsfaktorerne skal man være opmærksom på, at de valgte forudsætninger om koldstart og forværrelse er helt afgørende for de fundne emissionsfaktorer. Således er CO emissionen 5 gange større fra en kold, gammel end fra en ny, varm personbil. For personbiler med katalysator er CO-emissionen 30 gange højere for en gammel, kold bil end en ny, varm bil. For de andre stoffer er forskellene mindre, men for katalysatorbiler er HC-emissionen 15 og NO_x-emissionen 4 gange højere for en kold, gammel bil end for en ny bil. Emissioner fra katalysatorbiler er dog stadig væsentlig lavere end fra de nuværende benzinbiler.

I emissionsfaktorerne i tabel 5.1 og 5.2 er både forværrelse og koldstart baseret på et gennemsnit, som beskrevet i afsnit 3 og 4, så de relative forskelle i emissionsfaktorer i og udenfor myldretiden skyldes de forskellige måder, som trafikken afvikles på i de to situationer. På Jagtvej er emissionsfaktorerne højest i myldretiden. Dette skyldes store køproblemer, således at rejsehastigheden falder til ca. 20 km/t med mange accelerationer og stop. Uden for myldretiden er der visse afviklingsproblemer med en rejsehastighed på 30 km/t. På Sølvgade ses en lignende situation, mens der både i Bredgade og på Strandvejen ikke er forskel på trafikafviklingen og dermed emissionsfaktorerne i og uden for myldretiden.

Katalysator-effekt

Ved at sammenligne emissionsfaktoren fra benzinpersonbiler fra den fremtidige køretøjspark med dem fra den nuværende køretøjspark (tablerne 5.1 og 5.2) ses effekten af de skærpede krav for personbiler i bytrafikken.

Reduktionerne er af samme størrelsesorden i og uden for myldretiden samt i de forskellige gader:

CO 60%, HC 67% og NO_x 66%.

At der ikke er forskel på reduktionerne i og uden for myldretiden og i de 4 gader tyder på, at emissionerne fra biler med katalysatoren påvirkes lige så meget af køremønsteret som emissionen fra den nuværende køretøjspark uden katalysatorer.

5.2 De samlede emissioner

Ved at multiplicere emissionsfaktorerne fra tabellerne 5.1 og 5.2 med trafikmængderne, der ses i tabel 3.5, fås de samlede emissioner pr. km fra den aktuelle køreretning i de 4 gader fordelt på køretøjskategorier. I bilag 3 ses de samlede emissioner med den eksisterende køretøjspark og med en fremtidig køretøjspark.

Kulmonoxid og kulbrinter

Det er personbenzinbilerne, der udsender 90-95% af HC- og CO-mængden. Andelen er størst i myldretiden, hvor personbilandelen er højest. Varebilerne udsender 5-10% af CO-mængden, og lidt mindre af HC-mængden, mens lastbiler, busser og dieselpersonbiler hver udsender under 1% af HC- og CO-mængden.

Disse forhold gør sig både gældende med den eksisterende og med en fremtidig køretøjspark.

Kvælstofoxider

På døgnbasis udgør personbilernes emission af NO_x med den nuværende køretøjspark ca. halvdelen, mens HT-bussernes emissioner i de 4 gader varierer mellem 20 og 27%. Lastbilernes NO_x -emission udgør ca. 20% og varebilerne 5% af de samlede udslip.

Med de fremtidige emissionsforhold vil personbilernes andel af de samlede NO_x -emissioner falde til 40-45%, mens bussernes andel vil stige til 25-30%.

Partikler

Med den eksisterende køretøjspark udgør benzinpersonbilernes partikeludslip 10-15%, og bussernes andel udgør 25-30%. Varebilernes og lastbilernes andel udgør hver ca. 20% af det samlede partikeludslip. Partikeludslip fra benzinbiler og dieslbiler indeholder forskellige stoffer. Den sundhedsmæssige effekt af partikler fra benzin og diesel er derfor ikke ens.

Med den fremtidige køretøjspark vil personbilernes andel af partikelemissionen stige lidt til 17-23%, mens bussernes andel udgør 24-30%. Varebilers og dieselpersonbilers andel falder en smule til at udgøre 17-20% af partikelemissionen.

Skærpede emissionskrav

Effekten af de skærpede emissionskrav vil være at de samlede emissioner i de 4 gader reduceres med 55-70%.

5.3 Sammenligning af individuel og kollektiv trafik

For at sammenligne emissionerne fra den individuelle og kollektive trafik må de sammenholdes med antal passagerer, der transporteres i henholdsvis personbiler og busser.

Passagererne i personbiler

Antal personer i personbiler i København blev i 1983-84 talt i en analyse af trafikken til og fra Amager (ref. 5). Der blev registreret antal personer i bilerne i krydset Amager Boulevard-Artillerivej. Resultatet af undersøgelsen er vist i tabel 5.3. I taxaer blev chaufføren ikke talt med, mens man i andre personbiler talte alle personer.

Tidsinterval	Personbiler	Taxaer
7- 8	1,3	0,9
8- 9	1,3	1,0
9-10	1,3	0,5
10-11	1,3	0,6
11-12	1,3	0,7
12-13	1,3	1,0
13-14	1,4	0,9
14-15	1,3	0,8
15-16	1,3	0,9
16-17	1,4	0,9
17-18	1,4	1,0
18-19	1,6	0,8
19-20	1,7	1,0
20-21	1,6	0,6
21-22	1,5	0,7
22-23	1,5	0,7
23-24	1,5	0,7
Gennemsnit	1,38	0,7

Tabel 5.3

Antal passagerer i personbiler og taxaer talt i krydset Artillerivej-Amager Boulevard i 1983.

Der synes ikke ud fra disse tællinger at være baggrund for at anvende forskellige personantal i personbiler i og udenfor myldretiden.

Stopinterviewanalysen viste, at taxaer i de 4 gader gennemsnitligt udgør 6,4% af alle personbiler. Den lavere belægning i taxaer (0,7 person/bil) betyder, at det gennemsnitlige antal personer pr. personbil inkl. taxaer bliver 1,34 personer pr. bil. Dette gennemsnit anvendes til at beregne persontrafikken i personbiler.

Passagerer i busser

I HT's regelmæssige tællinger i 1989 (ref. 4) tælles antal passagerer pr. bus i timeintervaller kl. 6-18. Der tælles i forskellige snit og disse omfatter 2 af dette projekts analyseveje, nemlig Strandvejen og Sølvgade. Der findes ingen tællinger af antal buspassagerer i Bredgade og på Jagtvej. For disse gader anvendes et gennemsnit af passagerbelægningen i søsnittet.

I to gader på søsnittet er gennemført tællinger over hele døgnet og forskellen mellem belægningsprocenten i perioden kl. 6-18 og hele døgnet er under 5%. Det vurderes derfor at være rimeligt at anvende den gennemsnitlige passagerbelægning for søsnittet i perioden kl. 6-18 som hverdagsdøgn. Data for passagerantallet ses i tabel 5.4.

	Søsnit	Sølvgade	Strandvejen
Myldretid (8-9 el. 16-17)	39	36	17
Uden for myldretid (10-14)	25	38	9
Hverdagsdøgn (6-18)	29	35	11

Tabel 5.4

Det gennemsnitlige antal passagerer pr. bus i forskellige snit og tidsintervaller (ref. 4).

I tabellerne 5.5 og 5.6 er ud fra ovenfor beskrevne forudsætninger beregnet emissioner pr. personkm for busser samt benzin- og dieselpersonbiler i de 4 gader med henholdsvis den nuværende køretøjsparks emissioner og en fremtidig køretøjsparks emissioner.

	CO		HC		NO _x		PART.	
	indiv.	koll.	indiv.	koll.	indiv.	koll.	indiv.	koll.
JAGTVEJ:								
Hverdagsdøgn	24	0,3	1,7	0,05	1,5	1,2	0,03	0,05
kl. 10-14	23	0,3	1,6	0,06	1,5	1,4	0,03	0,06
Myldretime	29	0,2	2,1	0,04	1,6	0,9	0,04	0,04
SØLVGADE:								
Hverdagsdøgn	23	0,2	1,6	0,04	1,5	1,0	0,03	0,04
kl. 10-14	19	0,2	1,3	0,03	1,4	0,9	0,03	0,04
Myldretime	32	0,2	2,3	0,04	1,8	1,0	0,04	0,04
BREDGADE:								
Hverdagsdøgn	25	0,2	1,7	0,04	1,6	1,0	0,04	0,04
kl. 10-14	25	0,2	1,7	0,05	1,6	1,1	0,04	0,05
Myldretime	24	0,2	1,6	0,03	1,5	0,8	0,03	0,03
STRANDVEJEN:								
Hverdagsdøgn	23	0,6	1,1	0,11	1,3	3,0	0,03	0,13
kl. 10-14	23	0,7	1,0	0,14	1,3	3,6	0,03	0,15
Myldretime	23	0,3	1,5	0,07	1,5	2,0	0,03	0,08

Tabel 5.5

Emissioner i g pr. personkm for personbiler og busser med den nuværende køretøjspark.

Den nuværende køretøjspark

Kulmonoxid og kulbrinte

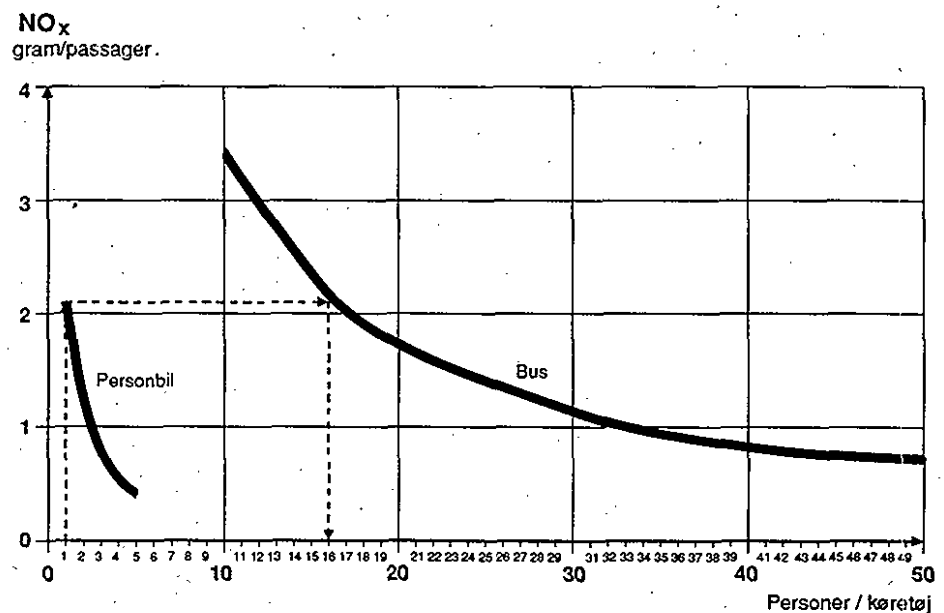
Emissionerne pr. personkm af CO og HC er for alle 4 gader og alle perioder væsentligt større for den individuelle trafik end for bustrafikken.

Kvælstofoxider og partikler

Emissionen pr. personkm af NO_x er på Jagtvej, Sølvgade og Bredgade størst for den individuelle trafik. Der er dog lille forskel på emissionerne. Dette skyldes, at antallet af passagerer i busserne er høje, og personbilernes køremønster er påvirket af mange accelerationer. Partikelemissionen ligger på stort set samme niveau for den individuelle og kollektive trafik på Sølvgade og Bredgade, men bussernes partikelemission er dog de højeste. På Jagtvej er partikelemissionen pr. personkm højest for busserne.

På Strandvejen, hvor passagerantallet i busserne er lave og kørselsmønstrene for personbilerne jævnt glidende, er NO_x - og partikel emissionerne fra den kollektive trafik højere end for den individuelle.

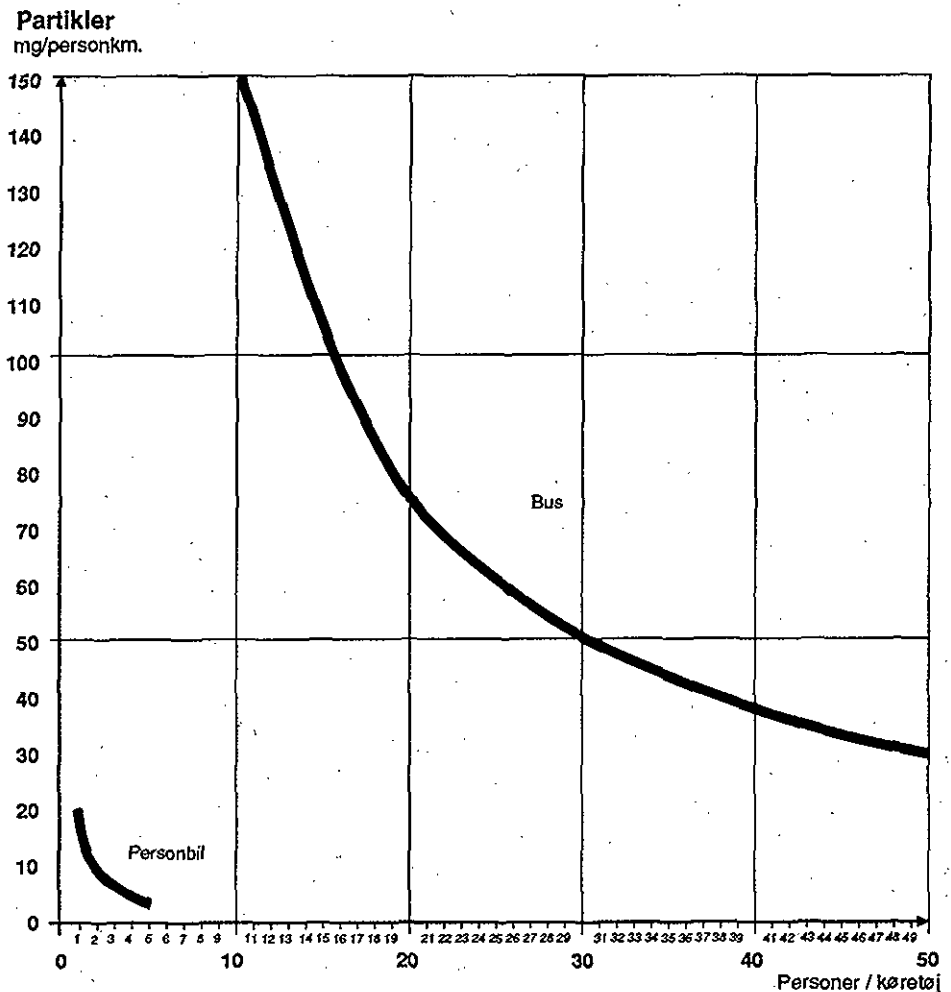
Figur 5.1 og 5.2 viser, hvordan emissionerne pr. personkm af NO_x og partikler fra personbiler og busser varierer efter antal personer i køretøjerne på Jagtvej uden for myldretiden. Det er valgt kun at illustrere forholdene for NO_x og partikler, fordi bussens emission af HC og CO er mange gange mindre end personbilens.



Figur 5.1

NO_x -emission pr. personkm fra busser og personbiler med nuværende emissionsforhold på Jagtvej udenfor myldretiden.

Af figuren ses, at en personbil med 1 person udsender 2,1 g NO_x pr. km. Der skal være mere end 16 passagerer i bussen for at opnå lavere NO_x -emission pr. passager for den kollektive trafik.



Figur 5.2

Partikelemission pr. personkm fra busser og personbiler med nuværende emissionsforhold på Jagtvej udenfor myldretiden.

Den fremtidige bilpark

En tilsvarende sammenligning mellem emissionerne fra den individuelle og den kollektive trafik er foretaget fra den fremtidige køretøjs-park, under forudsætninger som beskrevet i afsnit 5.1.

Der er ikke sat et årstal på denne fremtidige emissions situation, ligesom der ikke er foretaget en fremskrivning af trafikmængden. Sammenligninger af individuel og kollektiv trafik foregår derfor med fremtidige emissionsforhold og 1988-trafiksituationen. Resultaterne ses i tabel 5.6.

	CO		HC		NO _x		PART.	
	indiv.	koll.	indiv.	koll.	indiv.	koll.	indiv.	koll.
JAGTVEJ:								
Hverdagsdøgn	10	0,1	0,5	0,03	0,5	0,6	0,01	0,02
kl. 10-14	10	0,2	0,5	0,03	0,5	0,7	0,01	0,02
Myldretime	13	0,1	0,7	0,02	0,6	0,5	0,01	0,01
SØLVGADE:								
Hverdagsdøgn	9	0,1	0,5	0,02	0,5	0,5	0,01	0,01
kl. 10-14	7	0,1	0,4	0,02	0,5	0,4	0,01	0,01
Myldretime	15	0,1	0,8	0,02	0,7	0,5	0,01	0,01
BREDGADE:								
Hverdagsdøgn	10	0,1	0,5	0,02	0,6	0,5	0,01	0,01
kl. 10-14	11	0,1	0,5	0,02	0,6	0,7	0,01	0,01
Myldretime	10	0,1	0,5	0,02	0,6	0,4	0,01	0,01
STRANDVEJEN:								
Hverdagsdøgn	9	0,3	0,5	0,06	0,6	1,5	0,01	0,04
kl. 10-14	9	0,3	0,5	0,07	0,6	1,8	0,01	0,05
Myldretime	9	0,2	0,5	0,03	0,6	1,0	0,01	0,02

Tabel 5.6

Emissioner i g. pr. personkm for personbiler og busser med en fremtidig bilpark.

HC og CO

For CO's vedkommende er forholdet mellem individuel og kollektiv trafik ikke ændret væsentligt i forhold til den nuværende bilpark. På Jagtvej, Sølvgade og Bredgade er individuel trafiks emissioner af HC pr. personkm ca. 25-35 gange større end fra kollektiv trafik. Emissionerne med den nuværende bilpark er ca. 35-55 gange højere pr. personkm fra den kollektive end fra end den individuelle trafik. På Strandvejen er der ingen mærkbar forskel på forholdet mellem emissioner pr. personkm fra individuel og kollektiv trafik med den nuværende og den fremtidige bilpark

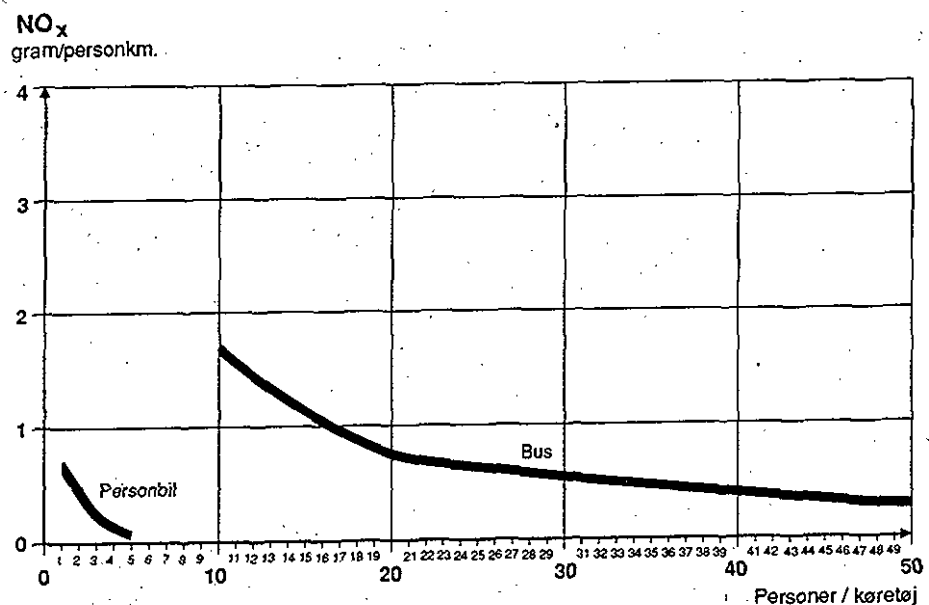
NO_x og partikler

På Jagtvej, Bredgade og Sølvgade er NO_x-emissionen fra individuel trafik på samme niveau som fra kollektive trafik. På Strandvejen er både NO_x- og partikelemissionerne fra den kol-

lektive trafik højere end fra den individuelle, ligesom i situationen med nuværende emissionsforhold.

Det afgørende for, om NO_x - og partikelemissionen er højest for den kollektive eller den individuelle trafik, er, om bygaden ligger i midtbyen eller i yderområdet. Midtbyen kan karakteriseres ved køproblemer med mange accelerationer og mange passagerer i bussen, hvilket betyder, at den kollektive trafik emitterer mindre luftforurening pr. personkm, mens yderområder karakteriseres ved mere jævn kørsel og færre passagerer i busserne, som gør personbiltrafikken mindst luftforurenende pr. personkm.

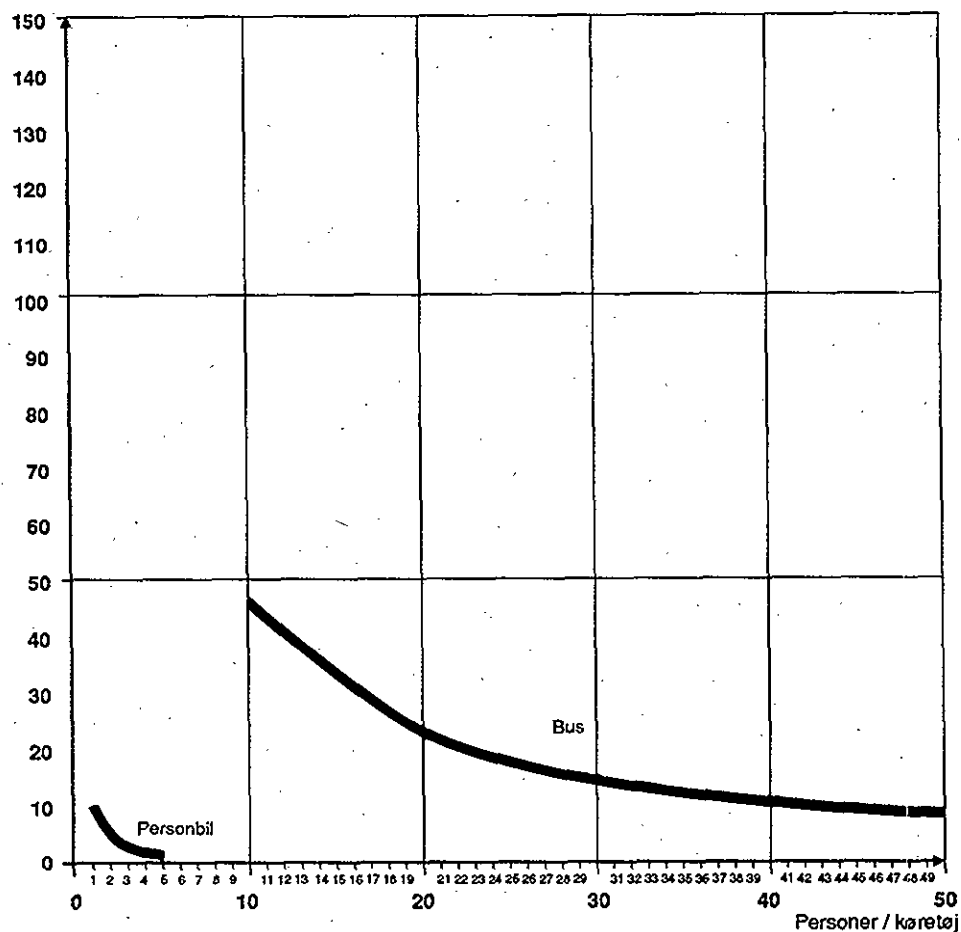
I figur 5.3 og 5.4 ses, hvordan passagerantallet påvirker NO_x - og partikelemissionen fra både busser og personbiler under fremtidige emissionsforhold på Jagtvej uden for myldretiden.



Figur 5.3

NO_x -emissionen pr. personkm for busser og personbenzinbiler under fremtidige emissionsforhold på Jagtvej udenfor myldretiden.

Partikler
mg/personkm.



Figur 5.4

Partikelemissionen pr. personkm for busser og personbenzinbiler under fremtidige emissionsforhold på Jagtvej udenfor myldretiden.

5.4 Luftkvaliteten i de 4 gader

I afsnit 5.2 blev de samlede emissioner i de 4 gader beregnet henholdsvis i en time i myldretiden, i perioden kl. 10-14 og i et hverdagsdøgn. Ud fra disse emissioner og en spredningsmodel er koncentrationerne af CO og NO_x i Bredgade beregnet. Disse beregnede koncentrationer er sammenlignet med måling af luftkvaliteten i gaderummet.

Beregningerne er foretaget med OSPM modellen, der er udviklet på Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) (ref. 3, 12). Modellen beregner tidsserier af timemiddelværdier i et beregningspunkt.

Modellen kan regne på stoffer, der ikke deltager i kemiske reaktioner som CO og NO_x samt NO₂ som bliver kemisk produceret.

Målingerne af luftkvaliteten i Bredgade er foretaget af Miljøkontrollen i København. Der er målt timeværdier af NO/NO₂, CO og partikler i perioden 1. juli til 31. dec. 1989.

Der er nærmere redegjort for spredningsberegningerne og sammenligningen mellem målinger og beregninger i en bilagsrapport (ref. 16).

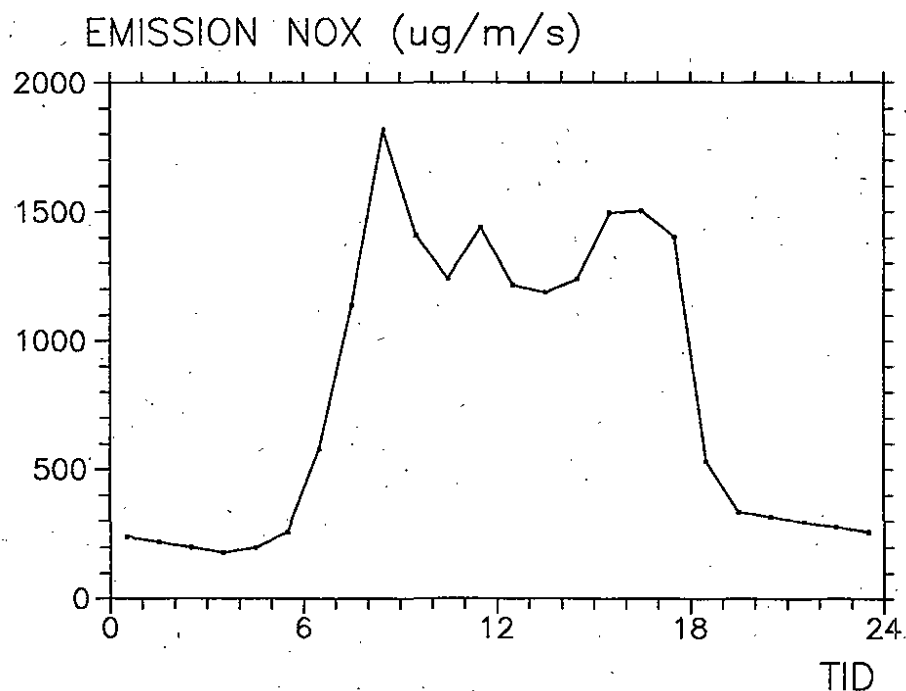
Beregninger af CO- og NO_x-koncentrationer

Beregninger er foretaget med beregningspunkter beliggende på begge sider af gaden. Bygningshøjden i gaden er 18 m og gadebredden er 15 m. Gadelængderne i de to retninger henholdsvis NØ og SV målt fra målestationen er 450 og 350 m. Gadens orientering er ca. 21 grader i forhold til nord. Målestationen er placeret på det vestlige fortov.

Til alle beregninger er benyttet meteorologiske data fra Kastrup Lufthavn. De meteorologiske data er behandlet med den meteorologiske preprocessor, som er udviklet i forbindelse med den såkaldte OML-model, luftforureningsmodel for stationære kilder (ref. 8).

Emissionen fra trafikken er beregnet ved hjælp af emissionsfaktorerne vist i tabel 5.1 samt de foreliggende trafiktællinger. Trafikkens udvikling uden for tidsrummet 6-18, hvor der ikke er talt, er blevet skønnet. Det er endvidere antaget, at trafikmønsteret i hele måleperioden er den samme som i det foreliggende døgn.

I Figur 5.5 er de beregnede NO_x emissioners variation over døgnet vist.



Figur 5.5

Døgnvariationen af den estimerede NO_x -emission for et hverdagsdøgn på Bredgade med nuværende emissionsforhold (1989).

Baggrundskoncentrationer

Der er meget få målinger af baggrundskoncentrationer i danske byområder. Til brug for de foreliggende beregninger er anvendt en beregningsmetode for bybaggrundskoncentrationer i bycentrum, der for NO_x 's vedkommende er verificeret med målinger fra Vesterbrogade og Stormgade i København (ref. 7,11).

For at beregne bybaggrundskoncentrationen af NO_2 kræves kendskab til de regionale koncentrationer af ozon, O_3 samt bybaggrundskoncentrationen af NO_x . Dette skyldes, at det NO_x , der emitteres fra en bilmotor, primært består af NO . En del NO omsættes i gaderummet til NO_2 ved forbindelse med ozon. Der foreligger ikke relevante data for ozon koncentrationer for Københavnsregionen. Det har derfor ikke været muligt at foretage beregninger for NO_2 koncentrationer i gaden.

I tabel 5.7 er middelværdier samt forskellige percentilværdier for NO_x præsenteret for beregningspunkter på det østlige og vestlige fortov samt for bybaggrundskoncentrationen. I disse

beregninger er der ikke taget hensyn til forskellen i trafikken på weekender og helligdage. Man må derfor regne med en vis overestimering af de lavere percentiler. Resultaterne viser, at det har en vis betydning, om man betragter det ene eller det andet fortov. Det afgørende er her, hvilken af de to sider der oftest ligger i læside. Den relative forskel er mindst ved de højeste percentiler, da disse forekommer ved meget lave vindhastigheder, hvor forskellen mellem vind- og læside er mindst (Ref. 3).

Enhed (ppb)	NO _x vestside	NO _x østside	NO _x baggrund
Max værdi	1.203,0	1.170,5	307,7
99 percentil	635,9	622,2	154,8
95 percentil	438,3	420,6	101,0
75 percentil	224,9	199,0	62,1
50 percentil	127,5	93,1	43,8
Middelværdi	165,9	144,1	48,5

Tabel 5.7

NO_x-beregninger af luftkvaliteten for Bredgade
1/1 - 31/12-1989.

Det fremgår ligeledes af Tabel 5.7, at bybaggrundskoncentrationen af NO_x udgør en betragtelig del af totalkoncentrationen i gaden (30% i middel). Det må derfor forventes, at der kan være ganske stor forskel på gader tæt ved centrum og længere ude i periferien af bykernen.

På tilsvarende måde er koncentrationen af CO beregnet og resultaterne ses i tabel 5.8.

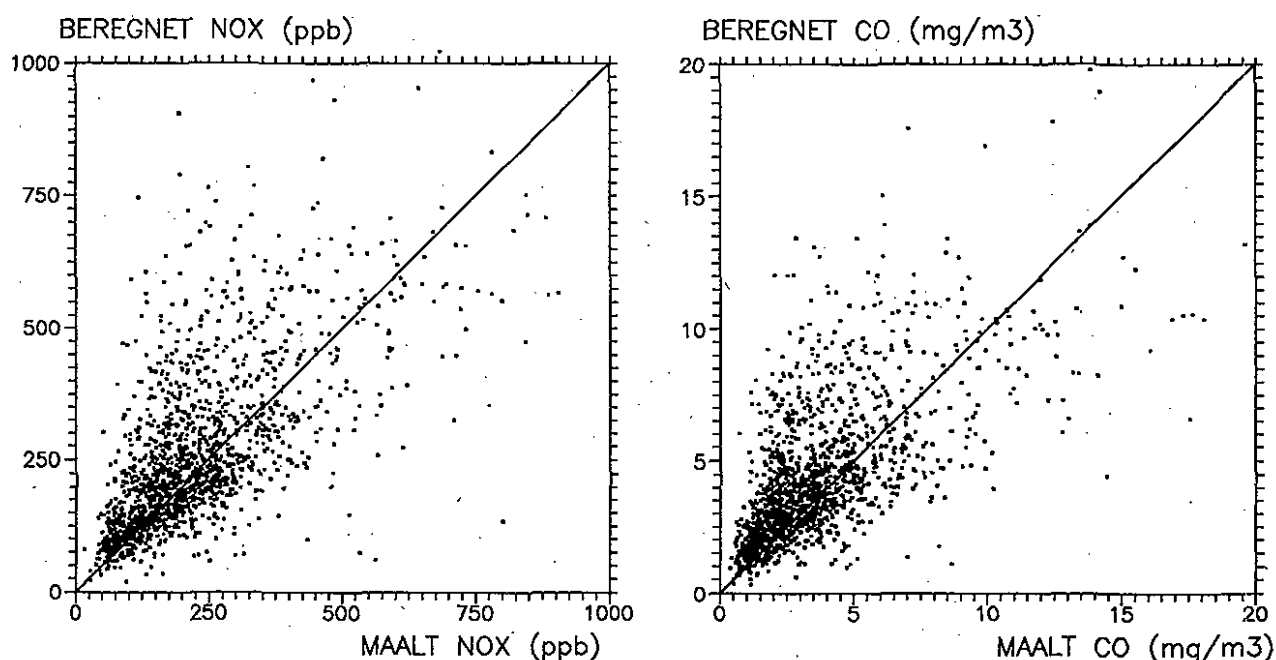
Enhed (mg/m ³)	CO vestside	CO østside	CO baggrund
Max værdi	19,8	19,3	5,3
99 percentil	10,8	10,6	2,6
95 percentil	7,4	7,1	1,7
75 percentil	3,8	3,4	1,1
50 percentil	2,1	1,5	0,7
Middelværdi	2,8	2,4	0,8

Tabel 5.8

Beregningen af CO-koncentrationer for Bredgade 1/1 - 31/12-1989.

Sammenligning af målinger og beregninger.

I Figur 5.6 er de målte og beregnede CO- og NO_x-koncentrationer for Bredgade sammenlignet. Det ses af figurene, at hovedparten af de beregnede værdier ligger inden for en faktor 2 fra de målte. I figurene er kun værdier for hverdage i tidsrummet 7-18 præsenteret.



Figur 5.6

Sammenligning af målt og beregnet CO- og NO_x-koncentration for Bredgade 1/7-31/12-1989. Kun hverdage i perioden kl. 7-18 er medtaget.

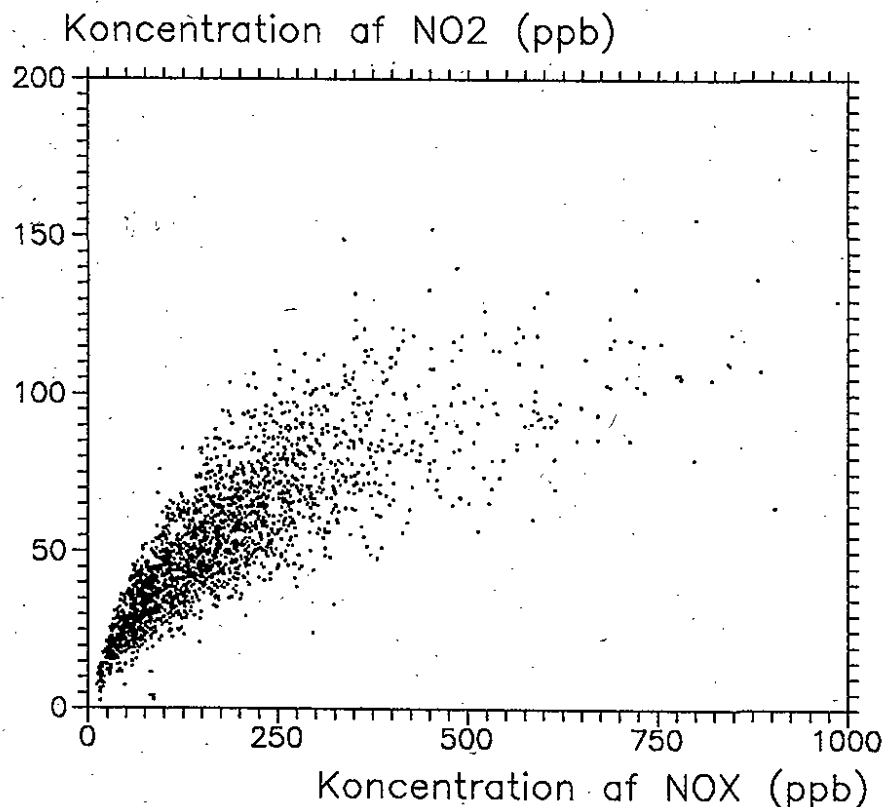
Sammenligning mellem de målte og de beregnede NO_x og CO koncentrationer viser, at der er god overensstemmelse mellem de beregnede og de målte emissioner. En væsentlig del af afvigelserne mellem de målte og de beregnede koncentrationer kan tilsyneladende tilskrives usikkerheder i bestemmelsen af baggrundsbidraget og mangel på aktuelle trafikdata.

Vurdering af de fremtidige ændringer i luftkvalitet

Ved at indføre skærpede emissionskrav reduceres de samlede emissioner af CO, HC, NO_x og partikler med 55-70%. Denne reduktion vil medføre en tilsvarende reduktion af koncentrationen af disse stoffer i byluften, idet de ikke indgår i kemisk omdannelse. NO_2 dannes ved kemisk omdannelse af NO og ændringen af NO_2 -koncentrationer er derfor mere kompleks.

Som tidligere nævnt, kunne beregninger af NO_2 -koncentrationer ikke gennemføres på grund af manglende data om baggrundskoncentrationer af ozon og NO_2 . Der skal dog gives en kvalitativ vurdering på baggrund af de foreliggende målinger fra Bredgade.

Fig. 5.7 viser samtidige timemiddelværdier af de målte NO_x - og NO_2 -koncentrationer. Det ses, at NO_2/NO_x forholdet er stærkt ulineært. Ved høje NO_x -koncentrationer stiger NO_2 -koncentrationerne meget mindre end NO_x . Et sådant forløb har været observeret tidligere og er typisk for gadeluften (Ref. 12, 13). Forklaringen ligger i, at NO_2 kun i mindre grad bliver direkte emitteret, og dens største part dannes i luften pga en kemisk reaktion mellem NO og ozon. Ved høje koncentrationer af NO_x (og dermed NO) er der ikke nok ozon i luften til at danne mere NO_2 , og derfor modsvares en stigning i NO_x -koncentrationer ikke af tilsvarende stigning i NO_2 .



Figur 5.7

Målte gadekoncentrationer af NO_2 som funktion af NO_x for Bredgade i perioden 1/7 - 31/12-1989.

I afsnit 5.2 blev konkluderet, at NO_x -emissionsfaktorerne med de fremtidige emissionsforhold vil reduceres med ca. 55% i forhold til den nuværende situation.

På baggrund af Fig. 5.7 konkluderes, at hvis forholdet mellem NO_2 og NO_x i den fremtidige situation vil være det samme som den nuværende, vil den forudsagte reduktion af NO_x -koncentrationerne ikke føre til en væsentlig reduktion af de højeste NO_2 -koncentrationer.

En større reduktion kan forventes for de lavere fraktilværdier og for langtidsmiddelværdier. Disse er bestemt af de mange, hyppigt forekommende lave NO_x -koncentrationer. Ved lave NO_x -koncentrationer er relationen NO_2/NO_x nær lineær og reduktionen i NO_2 -koncentrationer vil svare til reduktionen i NO_x -koncentrationer.

Hvorvidt den fremtidige NO_2/NO_x relation vil være den samme som i den nuværende situation afhænger af eventuelle ændringer i ozon-niveauet. Produktionen af ozon i de nederste luftlag afhænger stærkt af tilstedeværelsen af NO_x og HC i luften.

De i EF vedtagne emissionskrav for personbiler vil reducere NO_x - og HC-emissionerne og dermed formodentlig baggrundskoncentrationen af ozon. Der er dog ikke grundlag for at kvantificere denne reduktion i ozon-koncentrationen og dermed følgende reduktioner i NO_2 -koncentrationen.

6. Trafikafvikling og emissioner

En væsentlig del af formålet med projektet er at vurdere, hvordan forskellige trafikplanlægningsmæssige tiltag påvirker luftforurenings-emissionerne i en gade. Mange trafikplantiltag påvirker direkte trafikafviklingen og køremønstret, og det er specielt disse typer af tiltag, der skal vurderes i det følgende.

Projektet beregner de samlede emissioner fra trafikken ud fra meget detaljerede oplysninger om trafikafviklingen/køremønstret og sammensætningen af trafikken i den pågældende gade. I trafikplanlægningen opererer man sædvanligvis med gennemsnitsbetragtninger og data om trafikken og trafikafviklingen på et mere overordnet niveau. Det første problem er derfor at karakterisere sammenhængen mellem emissioner og køresmønstrene på en enkel måde.

Det afgørende for emissionerne ved gennemkørsel af en strækning er accelerationer og hastigheder. Man kunne derfor forestille sig, at hastighedsprofilen (køremønstret) karakteriseres ved:

- andel kraftige accelerationer
- antal stop
- rejsehastigheden (rejselængde/rejsetid).

Sammenhængene mellem disse parametre og emissionerne fra de målte køremønstre er optegnet i diagrammer som for udvalgte stoffer og køretøjstyper ses i figur 6.1-6.3 og i bilag 4 og 5.

Der ses en tydelig sammenhæng mellem stigende rejsehastighed og faldende emission af HC, CO og NO_x for både de nuværende benzinpersonbiler, katalysatorbiler og busser.

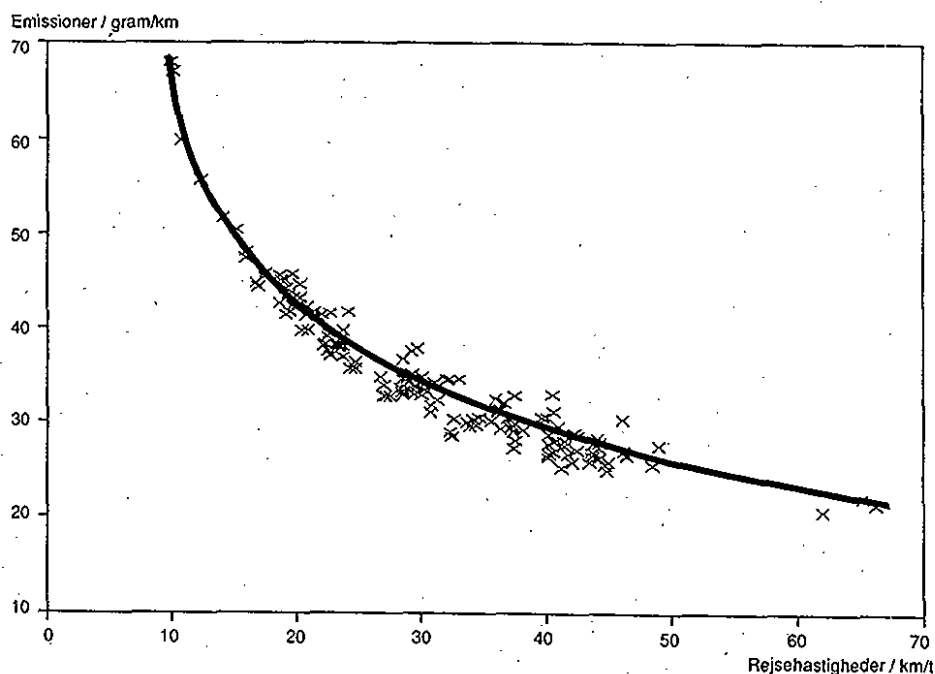
Der er ikke en klar sammenhæng mellem emissionsfaktorer og andelen af stærke accelerationer.

Der viser sig en rimelig sammenhæng mellem stigende antal stop og stigende emissioner af alle stoffer for benzinpersonbiler.

Da rejsehastigheden er den parameter, der bedst udtrykker køremønsterets indflydelse på emissionerne for alle stoffer og stort set alle køretøjstyper, anvendes denne parameter som udtryk for køremønsteret.

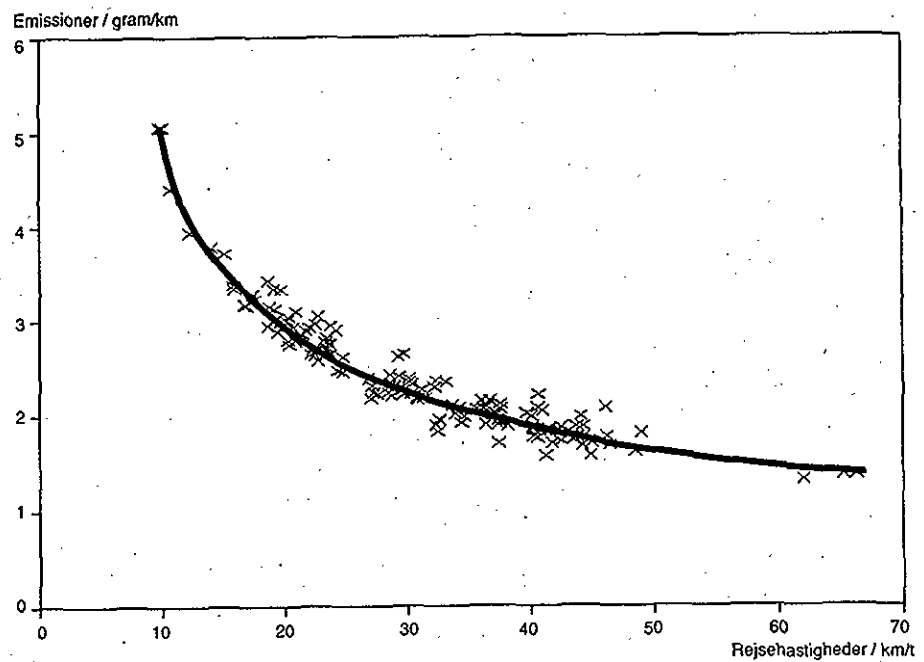
I figur 6.1-6.3 ses emissionerne af CO, HC og NO_x afbildet som funktion af rejsehastigheden for benzinpersonbiler.

Det må ved vurderingen af de beregnede emissionsfaktorer tages i betragtning, at der indgår en hvis andel kørsel med kold motor, ligesom der er taget hensyn til forvrørelsesfaktorer.



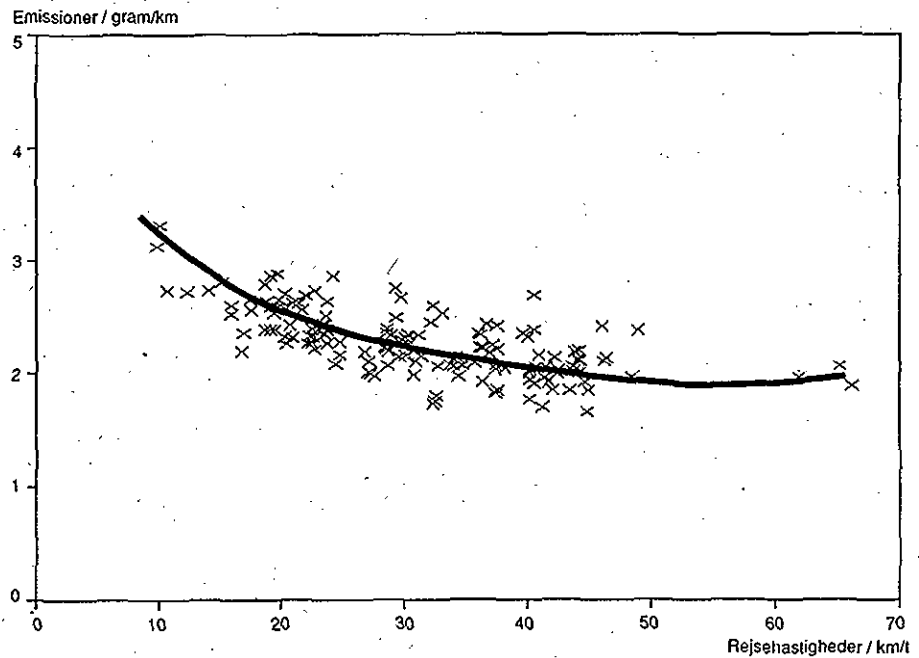
Figur 6.1

Emissionen af CO som funktion af rejsehastigheden for benzinpersonbiler uden katalysator.



Figur 6.2

Emissionen af HC som funktion af rejsehastigheden for benzinpersonbiler uden katalysator.



Figur 6.3

Emissionen af NO_x som funktion af rejsehastigheden for benzinpersonbiler uden katalysator.

For CO og HC var det forventeligt, at emissionerne ville stige med lavere hastigheder, men for NO_x forventedes udslippet at være nogenlunde konstant ved hastigheder under 40 km/t.

Årsagen til, at vi i denne undersøgelse ser en stigende emission af alle 3 stoffer med faldende rejsehastighed, skal formodentlig søges i, at kørselsmønsteret i de 4 bygader ved lave hastigheder har en større andel accelerationer og decellerationer end den kørecyklus man ofte tester emissioner ved.

Resultaterne viser således, at personbiler, der gennemkører en strækning med den samme rejsehastighed, kører emissionsmæssigt nogenlunde ens. Der findes således ikke i den almindelige bytrafik biler, der kører med tilnærmelsesvis konstant hastighed ved lave hastigheder.

Der findes en tilsvarende sammenhæng for de øvrige køretøjstyper, men for lastbiler er sammenhængen mere uklar. I bilag 4 ses emissionerne som funktion af rejsehastighed for katalysatorbiler, lastbiler og busser.

Ud fra figurerne 6.1 - 6.3 vurderes det, at man med rimelighed kan anvende rejsehastigheden som indikator for emissionerne. Rejsehastigheden er i trafikplanmæssig sammenhæng en parameter, der er relativt let at registrere. Trafikmodeller angiver en rejsehastighed på hver strækning, og det vil derfor være let at bygge en emissionsberegningsmodel på en trafikmodel, der kan tage højde for køremønsterets indflydelse på emissionerne. Ud fra kurverne ses, at hvis man ved trafikplanmæssige indgreb kan hæve rejsehastig-

heden fra 20 km/t, som er karakteriseret ved køkørsel til 40 km/t, hvor trafikken glider relativt jævnt, vil effekten på emissionerne være følgende:

Rejse- hastighed	CO emission	HC emission	NO _x emission
20 km/t g/km	43	3,1	2,6
40 km/t g/km	28	1,8	2,0
Reduktion %	35	42	23

Tabel 6.1

Effekten på emissionsfaktoren af at øge rejsehastigheden for benzinpersonbiler uden katalysatorer under nuværende emissionsforhold i bygader.

Effekten af en jævn trafikafvikling i bygaderne er altså høj og faktisk omkring halvdelen af effekten af at indføre katalysatorer. Det kan dog være forbundet med vanskeligheder at hæve rejsehastigheden, da dette kun kan ske hvis trafikmængden ikke overstiger vejens kapacitet.

I den kommunale trafikplanlægning vil der med denne enkle sammenhæng let kunne gennemføres en registrering og planlægning af trafikafviklingen, der minimerer emissionen. På en given strækning måles rejsehastigheden på forskellige tidspunkter i løbet af dagen og man kan beregne de samlede emissioner i gaden. Hvis man ønsker en bestemt reduktion af emissionerne, kan man på kurven se hvilken rejsehastighed, der skal opnås og man kan søge at ændre trafikafviklingen, så det nås.

Den tilsvarende effekt for katalysatorbiler ses i tabel 6.2.

Rejse- hastighed		CO emission	HC emission	NO _x emission
20 km/t	g/km	19	0,9	0,85
40 km/t	g/km	11	0,5	0,6
Reduktion	%	42	44	29

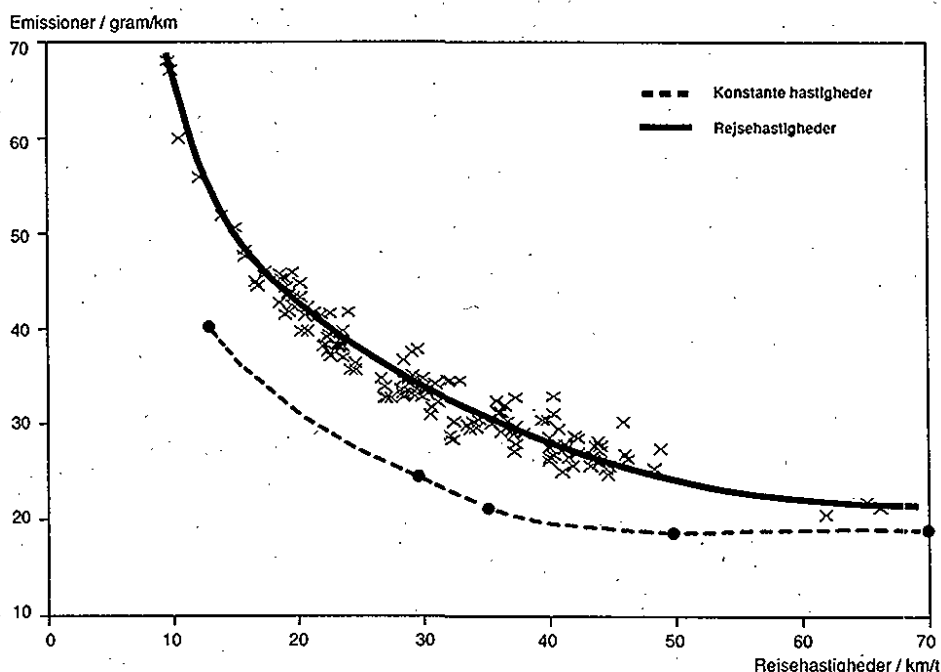
Tabel 6.2

Effekten på emissionerne af at øge rejsehastigheden for benzinerpersonbiler med katalysatorer i bygader.

Den procentvise reduktion er nogenlunde den samme for katalysatorbiler som for dagens benzinerpersonbiler, men ændringen i de samlede emissioner for en trafikstrøm er dog begrænset.

Konstante hastigheder

Med emissionsmodellen er beregnet emissioner ved konstante hastigheder indenfor det samme hastighedsinterval, som de registrerede hastighedsprofiler. På figur 6.4 ses sammenhængen mellem CO emission og både konstante hastigheder og rejsehastigheder.

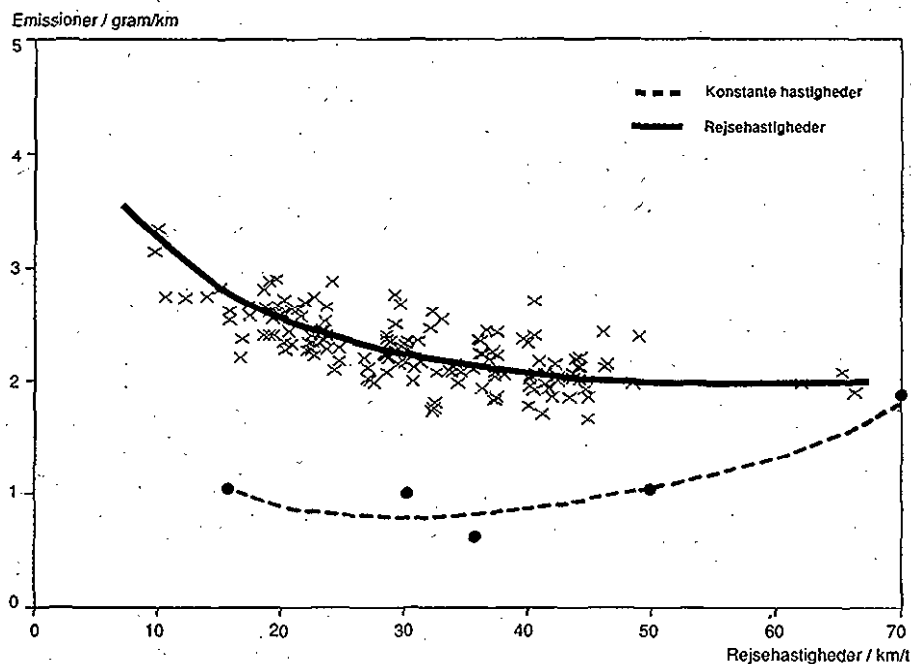


Figur 6.4

CO-emissionen fra personbiler uden katalysator som funktion af hastigheden (rejsehastighed og konstant hastighed).

Det ses at konstantkørsel ved alle hastigheder giver lavere emissioner end den faktiske trafikafvikling i gaderne. Der er en tendens til at forskellen mellem emissionen ved konstant hastighed og den faktiske trafikafvikling bliver større ved lavere hastigheder.

Den tilsvarende kurve for NO_x -emission ses af figur 6.5.



Figur 6.5

NO_x -emission fra personbiler uden katalysator som funktion af hastigheden (rejsehastighed og konstante hastigheder).

På denne kurve ses, at emissionerne ved 60-70 km/t næsten er ens for konstant hastighed og rejsehastighed, mens der ved lavere hastighed, er stor forskel på emissionerne.

De tilsvarende forhold gør sig gældende for katalysatorbiler. Kurverne ses i bilag 6.

I det følgende ses nærmere på effekterne af forskellige trafikplanlægningsmæssige tiltag.

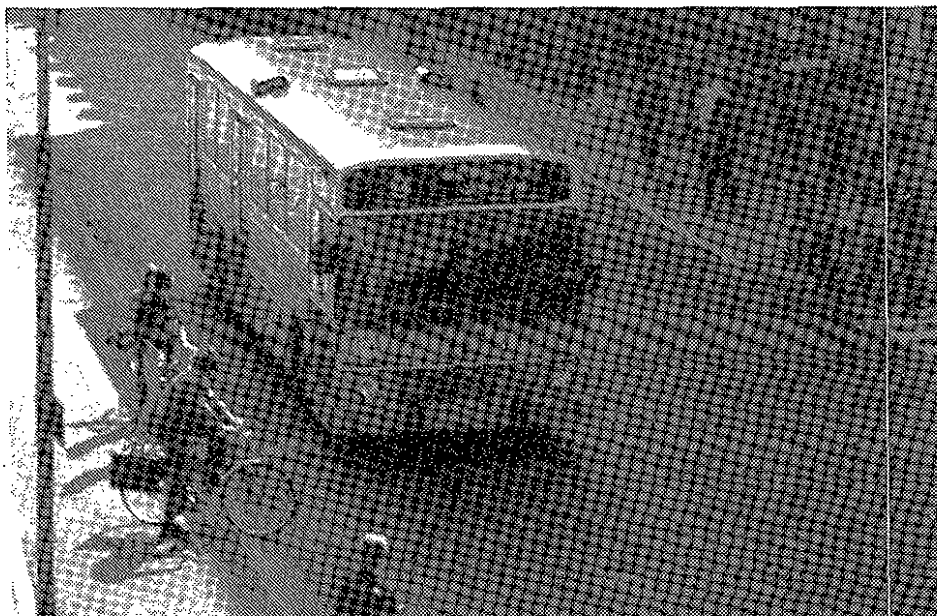
6.1 Busbaner

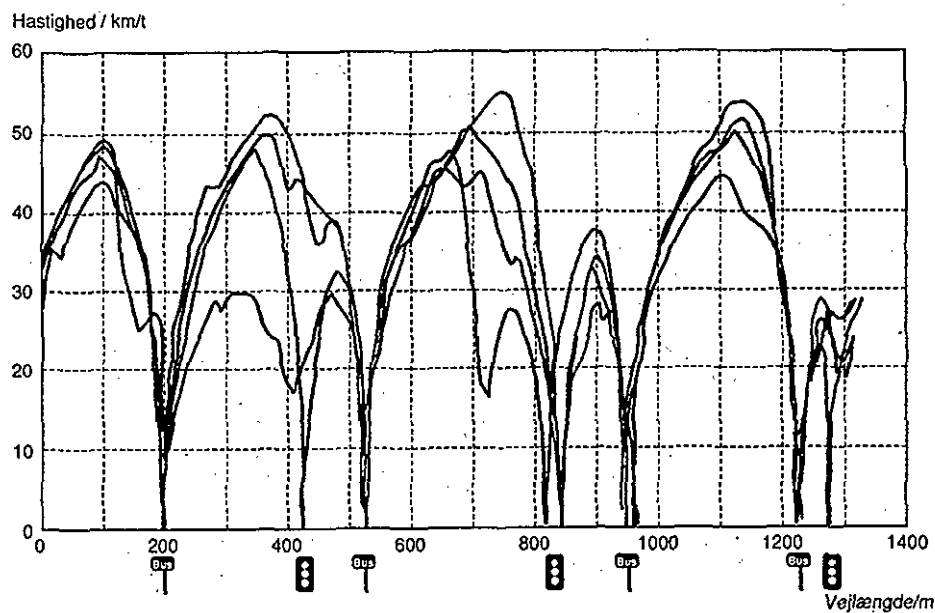
Ved at etablere busbaner opnås, at bustrafikken ikke bremses af kapacitetsproblemer. Busserne kan afvikle trafikken kun afbrudt af lyssignaler og stoppesteder. Til gengæld vil biltrafikken få mindre plads, og der kan opstå køproblemer for bilerne med øgede emissioner til følge.

Bussers kørsel i busbaner karakteriseres ved, at bussen kun stopper ved stoppesteder og lyssignaler og kan køre jævnt imellem disse.

For at beregne emissionerne ved kørsel i busbaner er der på hver strækning - med undtagelse af Sølvgade, hvor der er busbane - udvalgt 3-4 hastighedsprofiler gennemkørt af HT-busser, der svarer til en sådan kørsel. Disse hastighedsprofiler fra Jagtvej er vist på figur 6.6.

Emissionerne fra disse hastighedsprofiler er i tabel 6.3 sammenlignet dels med de gennemsnitlige emissioner fra HT-busser på strækningen uden busbaner og dels med emissioner i myldretiden, hvor busbaner naturligvis vil få den største effekt.





Figur 6.6

Hastighedsprofiler fra HT-busser på Jagtvej, der svarer til kørsel i busbaner.

	CO g/km	HC g/km	NO _x g/km	PART. g/km
JAGTVEJ:				
myldretid	7,4	1,5	34,8	1,6
hverdagsdøgn	7,3	1,5	33,7	1,5
busbaner	6,5	1,3	31,8	1,4
BREDGADE:				
myldretid	6,3	1,3	29,2	1,3
hverdagsdøgn	5,9	1,2	28,0	1,2
busbaner	5,6	1,1	25,1	1,1
STRANDVEJEN:				
myldretid	5,6	1,1	33,6	1,4
hverdagsdøgn	6,1	1,2	32,3	1,4
busbaner	6,1	1,2	31,2	1,3

Tabel 6.3

Effekten på busemissioner af at etablere busbaner sammenlignet med buskørsel i myldretiden og på et hverdagsdøgn. Busemissioner i g/km.

På alle gader ses en effekt på bussernes emissioner af at etablere busbaner i forhold til situationen i myldretiden. Effekten er i størrelsesordenen 5-15% for NO_x og partikelemission og lidt større for de øvrige stoffer. På Strandvejen vil emissionerne af CO og HC med busbane være de samme som for et hverdagsdøgn. Dette skyldes, at trafikafviklingen er nogenlunde jævn på Strandvejen.

Årsagen til at effekten af busbanen ikke er større er sandsynligvis, at bussernes rejsehastigheder primært fastlægges af afstanden mellem busstoppesteder og lyskryds og i mindre grad af gener fra den øvrige trafik.

Forskellen i emissioner med busbaner i de forskellige gader skyldes, at afstanden mellem stoppestederne og lyskryds er forskellig.

Udover effekten på bussernes emission betyder anlæg af busbaner, at der bliver mindre plads til personbiltrafikken. I de 3 gader er det ikke umiddelbart realistisk at anlægge busbaner. Både på Strandvejen og Jagtvej er der i forvejen kun én kørebane (i hver retning), og der er ikke plads til at anlægge en busbane. I Bredgade er der plads til at anlægge en busbane, men der ville i såfald ikke kunne afvikles den samme biltrafik som i dagens situation, hvilket kan være et trafikpolitisk mål.

Regneeksempel i Bredgade

Som regneeksempel vurderes de samlede emissioner i myldretiden, hvis der blev etableret en busbane i Bredgade, og biltrafikken derfor kun kunne afvikles i en vognbane. Det forudsættes i regneeksemplet, at der kører så mange biler, som kapaciteten tillader og resten overføres til busser. Det er nok mere realistisk at personbilerne vælger en anden rute, men for at have den samme persontrafik i de to situationer er det valgt at overflytte personer fra personbil til busser.

På Sølvgade og Jagtvej i myldretiden er serviceniveauet på 50% - det vil sige, at der i 50% af lyssignalernes omløb ankommer flere biler, end der kan afvikles. Det forudsættes i beregningen, at man, hvis der etableres busbane i

Bredgade, vil nå dette serviceniveau, før bilisterne vælger en anden rute eller vælger at køre i bus. Biltrafikken i regneeksemplet vil derfor afvikles med emissionsfaktorer som på Sølvgade i myldretiden.

Ved 50%-serviceniveau kan der køre ca. 1.000 køretøjer i Bredgade i én time i myldretiden, og da trafikken nu er ca. 1.300, skal der overflyttes $300 \times 1,34 = 400$ personer til busser, hvilket i myldretiden giver 10 ekstra busser. De samlede emissioner i den nuværende situation og med etablering af busbane ses af tabel 6.4. Det forudsættes, at alle overflyttede kørte i benzinpersonbiler.

	Nuværende situation					Med busbane				
	Antal	CO	HC	NO _x	Part.	Antal	CO	HC	NO _x	Part.
Benzin-PB	1.317	46.100	3.100	1.800	30	1.000	46.600	3.300	2.600	20
Diesel-PB										
Varebiler	213	1.400	130	680	80	213	1.400	130	680	80
Lastbiler										
HT-busser	49	300	60	1.430	60	59	330	70	1.480	60
I alt	1.579	47.800	3.290	4.910	170	1.272	48.330	3.500	4.760	160

Tabel 6.4

De samlede emissioner med nuværende emissionsforhold i myldretiden i Bredgade med og uden busbane i gram pr. km gade pr. time.

Det ses, at de samlede emissioner er størst i den nuværende situation for NO_x og partikler, men mindre for CO og HC. Etablering af busbane og overflytning af personer fra personbiler til busser medfører en reduktion af NO_x- og partikelemissionerne på under 6%. Samtidig vil rejsehastigheden for personbiler falde fra 30 til 20 km/t, mens bussernes rejsehastighed vil stige fra 16 til 17 km/t.

Regneeksempel fra Bredgade vil i en fremtidig situation give følgende samlede emissioner.

	Nuværende situation					Med busbane				
	Antal	CO	HC	NO _x	Part.	Antal	CO	HC	NO _x	Part.
Benzin-PB	1.317	19.400	950	1.050	10	1.000	22.200	1.100	900	10
Diesel-PB										
Varebiler	213	830	300	370	20	213	830	300	370	20
Lastbiler										
HT-busser	49	150	30	720	20	59	160	40	740	30
I alt	1.579	20.380	1.280	2.140	50	1.272	23.190	1.440	2.010	60

Tabel 6.5

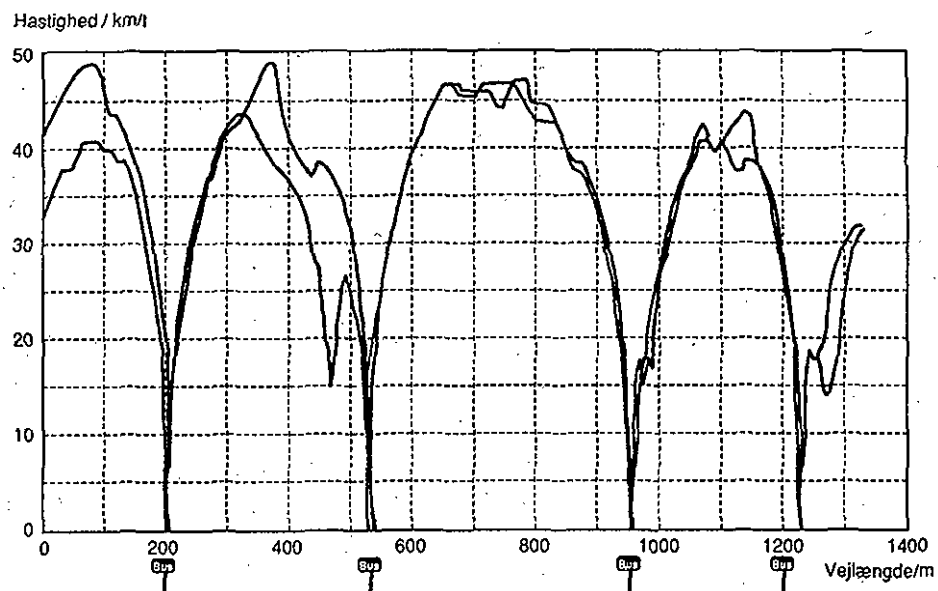
De samlede emissioner under fremtidige emissionsforhold i myldretiden i Bredgade med og uden busbane i gram pr. km gade pr. time.

Med de fremtidige emissionsforhold vil NO_x-emissionen falde en smule, mens emissionen af de øvrige stoffer vil stige.

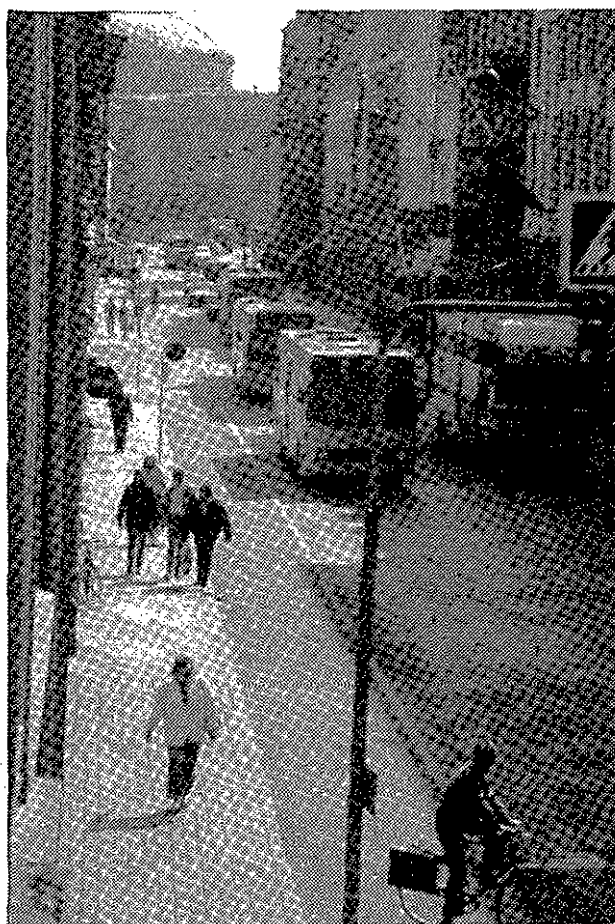
6.2 Busprioritering

Ved busprioritering i signalanlæg sikres, at bussen altid kommer frem til grønt lys. Det er en forudsætning for etablering af busprioritering, at der er etableret busbane.

Bussens kørsel på strækninger med busbane og busprioriterede signalanlæg karakteriseres ved, at bussen kun stopper ved stoppestederne og kan køre jævnt imellem disse. Der er i de 4 gader udvalgt et par hastighedsprofiler for HT-busser, der svarer til et sådant køremønster. Disse hastighedsprofiler fra Jagtvej er vist på figur 6.7. Emissionsfaktorerne fra busserne ved dette køremønster er i tabel 6.6 sammenlignet med bussernes emissionsfaktorer ved almindelig kørsel og med busbane.



Figur 6.7
Hastighedsprofiler for HT-busser på Jagtvej,
der svarer til kørsel i busbane og med buspri-
oritering i signalanlæg.



	CO g/km	HC g/km	NO _x g/km	PART. g/km
JAGTVEJ:				
myldretid	7,4	1,5	34,8	1,6
hverdagsdøgn	7,3	1,5	23,7	1,5
busbane	6,5	1,3	31,8	1,4
busprioritering	5,8	1,2	27,5	1,2
SØLVGADE:				
myldretid, busbane	6,6	1,3	37,2	1,5
hverdagsdøgn, busbane	6,4	1,3	32,7	1,4
busprioritering	5,0	1,0	28,7	1,2
BREDGADE:				
myldretid	6,3	1,3	29,8	1,3
hverdagsdøgn	5,9	1,2	28,0	1,2
busbane	5,6	1,1	25,1	1,1
busprioritering	4,6	0,9	19,7	0,9
STRANDVEJEN:				
myldretid	5,6	1,1	33,6	1,4
hverdagsdøgn	6,1	1,2	32,3	1,4
busbane	6,1	1,2	31,2	1,3
busprioritering	5,2	1,0	26,4	1,1

Tabel 6.6

Emissionsfaktorer fra HT-busser i g/km med busbane og busprioritering i signalanlæg sammenlignet med situationen uden.

Det ses af tabel 6.6, at etablering af busprioritering i signalanlæg, hvor der er etableret busbane, medfører en yderligere reduktion af emissionerne af NO_x og partikler på 15-30%. Den store variation i effekten skyldes, at afstanden mellem stoppestederne er forskellig i de 4 gader.

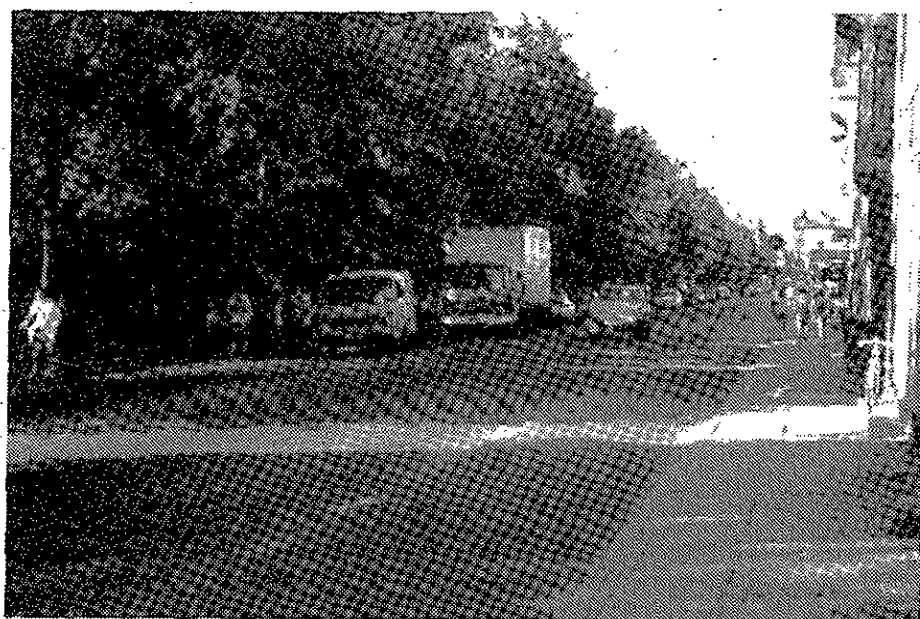
Ved at gennemføre busprioritering af signalanlæggene vil bussernes rejsehastighed stige. På Jagtvej fra 12 til 16 km/t og på de øvrige gader fra 15-17 km/t til 19-21 km/t.

At etablere busprioritering af signalanlæg medfører en del problemer for trafikafviklingen,

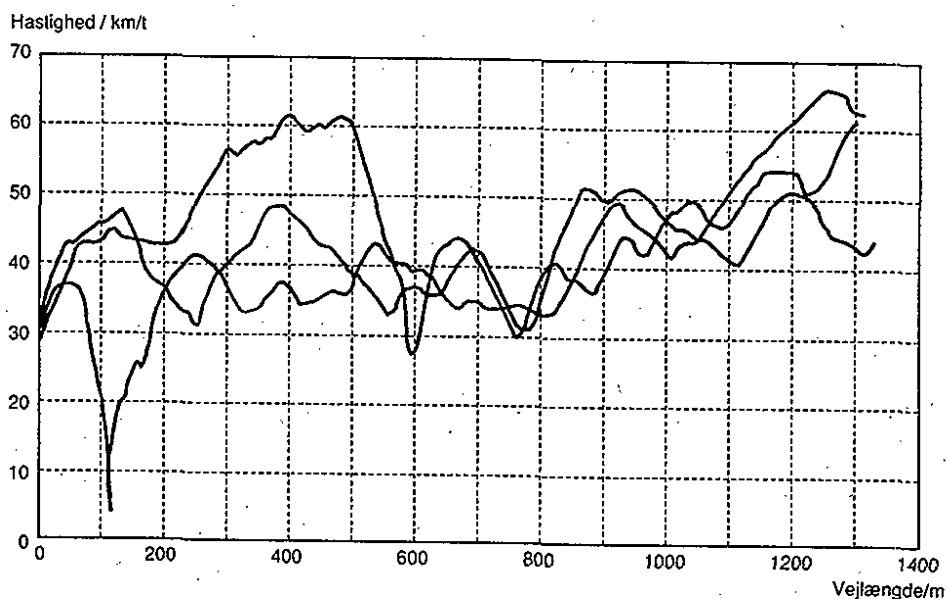
idet bushyppigheden ofte i den indre by er stor og kan forekomme i begge retninger i et kryds. Ved at indrette grønbølgerne på bussernes hastighed kan man sikkert opnå, at flere busser kan køre igennem strækningen uden at skulle stoppe ved næsten alle signalanlæg, som situationen er i dag. Til gengæld vil den grønne bølge for personbilerne ikke kunne opretholdes og rejsehastigheden for disse ville falde med stigende emissioner til følge.

6.3 Grøn bølge for biltrafikken

Etablering af en grøn bølge for biltrafikken vil betyde, at trafikken afvikles uden stop med relativt få accelerationer og opbremsninger. De grønne bølger eksisterer allerede på mange overordnede gader i den mest trafikerede retning, men hvis trafikken overstiger den grønne bølges kapacitet, vil der opstå køproblemer med lavere rejsehastigheder og deraf følgende højere emissioner. Grønne bølger vil forbedre kapaciteten for køretøjer, der kan holde bølgernes rejsehastighed. Til gengæld vil busser og cykler typisk skulle standse ved alle lyskryds, ligesom der kan opstå afviklingsproblemer for den tværgående trafik.



Der er udvalgt 4-6 gennemkørsler på hver gade med personbiler, hvor bilerne ikke standser. Selv om der er grøn bølge og ingen trafikfører, vil trafikken ikke afvikles med fuldstændig konstant hastighed, og det er derfor vigtigt at vurdere den jævne kørsel ud fra faktiske målte gennemkørsler. I figur 6.8 er vist hastighedsprofiler fra Jagtvej, der svarer til kørsel ved grøn bølge.



Figur 6.8

Hastighedsprofiler fra personbiler på Jagtvej, der svarer til jævn trafikafvikling med grøn bølge.

I tabel 6.7 ses emissionerne fra jævn gennemkørsel sammenlignet med emissionerne fra benzpersonbiler i myldretiden og i et hverdagsdøgn. Partikelemissionen er ikke medtaget da de i modellen er uafhængige af køremønsteret og derfor vil være det samme i alle situationer.

	CO	HC	NO _x	Rejse hast.
	g/km	g/km	g/km	km/t
JAGTVEJ:				
myldretid	42,4	3,0	2,3	20
hverdagsdøgn	34,5	2,4	2,2	30
jævn kørsel	27,4	1,7	2,0	44
SØLVGADE:				
myldretid	46,6	3,3	2,6	19
hverdagsdøgn	32,9	2,4	2,1	38
jævn kørsel	26,7	1,8	1,8	41
BREDGADE:				
myldretid	35,0	2,4	2,2	33
hverdagsdøgn	36,2	2,5	2,2	29
jævn kørsel	28,7	1,9	1,9	40
STRANDVEJEN:				
myldretid	33,0	2,2	2,1	34
hverdagsdøgn	33,4	1,6	1,9	34
jævn kørsel	29,3	1,8	1,9	40

Tabel 6.7

Sammenligning af emissioner fra benzinpersonbiler uden katalysatorer ved gennemsnitlig trafikafvikling i myldretiden, i et hverdagsdøgn og ved jævn kørsel i g/km.

Effekten af at indføre en jævnt glidende trafik ved ca. 40 km/t er størst på Jagtvej og Sølvgade, hvor CO-emissionerne kan reduceres med 35-45% i forhold til den nuværende situation i myldretiden og reduceres med ca. 20% i forhold til den gennemsnitlige emission i et hverdagsdøgn. NO_x-emissionerne kan reduceres med ca. 15-25% fra myldretidssituationen til den glidende kørsel på Jagtvej, Sølvgade og Bredgade. På Strandvejen er reduktionen under 10%.

Den lavere effekt af at køre med jævn hastighed på Strandvejen skyldes naturligvis, at trafikafviklingen her i den registrerede situation er ret jævn.

De tilsvarende tal i en situation med fremtidige emissionsforhold ses af tabel 6.8.

	CO	HC	NO _x	Rejse hast.
	g/km	g/km	g/km	g/km
JAGTVEJ:				
myldretid	19	1,0	0,8	20
hverdagsdøgn	14	0,7	0,7	30
jævn kørsel	9,5	0,5	0,7	44
SØLVGADE:				
myldretid	22	1,1	0,9	19
hverdagsdøgn	14	0,7	0,7	38
jævn kørsel	9,8	0,5	0,6	41
BREDGADE:				
myldretid	15	0,7	0,8	33
hverdagsdøgn	15	0,7	0,8	29
jævn kørsel	9,7	0,5	0,6	40
STRANDVEJEN:				
myldretid	13	0,6	0,7	34
hverdagsdøgn	13	0,7	0,7	34
jævn kørsel	11	0,5	0,7	40

Tabel 6.8

Sammenligning af emissionsfaktorer fra benzinpersonbiler med katalysatorer ved gennemsnitlig trafikafvikling i myldretiden, i et hverdagsdøgn og ved jævn kørsel i g/km.

Effekten af en jævn trafikafvikling ved ca. 40 km/t bliver procentvis større med katalysatorbiler end de nuværende biler. Den absolutte reduktion af de samlede emissioner er dog begrænset, fordi emissionerne fra katalysatorbiler er så lave.

For at opnå en jævn trafikafvikling må man gennem trafiktekniske tiltag sikre, at trafikmængden ikke overstiger kapaciteten.

Dette vil i Sølvgade betyde, at trafikmængden skulle reduceres fra ca. 1.400 køretøjer til ca. 1.000 køretøjer i den ligeudkørende bane i

krydset ved Østervoldgade, der er den primære årsag til kødannelsen.

På Jagtvej skal den ligeudkørende trafik reduceres fra ca. 700 til 550 i myldretiden, og da både højre- og venstresvingsbanen giver anledning til kapacitetsproblemer i krydset med køkørsel som konsekvens, er det derfor nødvendigt at reducere trafikken med ca. 20%. I Bredgade og på Strandvejen skal trafikken reduceres med under 10% for at opnå en jævnt glidende trafikafvikling.

Denne reduktion af trafikken vil i sig selv betyde, at emissionerne reduceres. Denne reduktion er ikke indregnet i tabel 6.7 og 6.8.

6.4 Trafiksanering

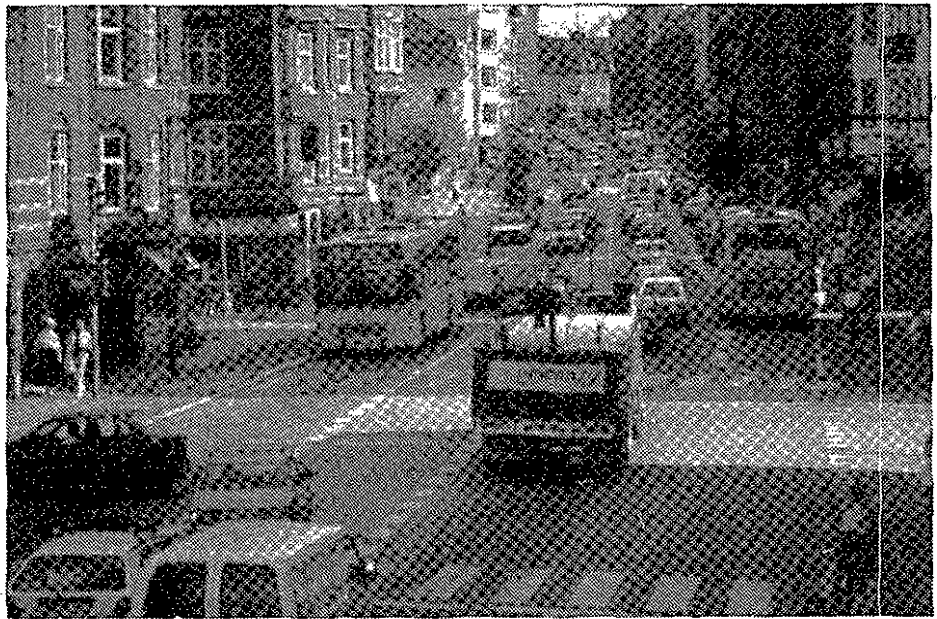
Baggrunden for at vælge Strandvejen som én af de 4 gader var at belyse effekten af trafiksaneringen, der er gennemført på Strandvejen. Trafiksaneringen består i etablering af cykelsti, midterhelle og parkeringslommer, således at der kun er én vognbane i hver retning.

På de dage, hvor der blev registreret køremønstre på Strandvejen, har der ikke været nævneværdige kapacitetsproblemer, og hastigheden ligger på knap 35 km/t. Emissionfaktorerne for Strandvejen ligger lavere end de øvrige gader på grund af den bedre fremkommelighed, men en sammenligning med Sølvgade uden for myldretiden, hvor hastigheden er knap 40 km/t, synes ikke at tyde på, at emissionen er højere på Strandvejen som følge af trafiksaneringen.

En mulig vurdering af, om trafiksaneringer giver anledning til andre emissioner, ville være at vurdere rejsehastigheden og emissionerne før

trafiksaneringen, og sammenligne med rejseha-
stigheden og emissionerne efter saneringen. Det
ville i den forbindelse være interessant at
vurdere effekten af en trafiksanering, hvor der
anvendes bump og egentlige forsætninger af kø-
rebanen.

På det foreliggende grundlag må konkluderes, at
den type trafiksanering, der er foretaget på
Strandvejen, ikke giver anledning til øgede
emissioner, i den udstrækning trafikmængderne i
forhold til vejens kapacitet ikke ændres.



På dage med badevejr er der kraftige køproble-
mer på Strandvejen.

6.5 Overflytning mellem individuel og kollektiv trafik

I det følgende beregnes overflytninger mellem
individuel og kollektiv trafik på Jagtvej, som
har de største køproblemer.

For at illustrere den luftforureningsmæssige
effekt af overflytning mellem individuel og
kollektiv trafik beregnes 3 alternativer:

- alle personer kører med bus
- alle personer kører med personbiler
- personbiltrafikken reduceres, så trafikken afvikles jævnt. De overskydende personbilers passagerer overføres til busser.

I denne beregning ses bort fra varebiler og lastbiler ud over i kapacitetsvurderingerne og alle personbiler regnes som benzinpersonbiler. I tabel 6.9 ses persontrafikken i busser og personbiler.

	Jagtvej		
	Perso- ner i person- biler	Perso- ner i busser	I alt
Hverdagsdøgn	15.289	6.757	22.046

Tabel 6.9

Antal personer, der transporteres med henholdsvis personbil og bus på Jagtvej.

1. Hvis alle personer transporteres med bus, ville der ikke være kapacitetsproblemer, og kørslen ville afvikles som ved busbane og busprioritering.
2. Hvis alle kører i personbiler, ville afviklingsproblemerne blive meget store og den nuværende afviklingssituation i myldretiden forudsættes at fortsætte hele dagen.
3. I det tredje beregningseksempel reduceres antallet af personbiler, således at trafikken glider jævnt og resten af personbilernes passagerer overflyttes til busser.

Køretøjsfordelingen i denne situation ses af tabel 6.10.

	Jagtvej		
	Perso- ner i person- biler	Perso- ner i busser	I alt
Hverdagsdøgn	12.558	9.487	22.046

Tabel 6.10

Antal personer, der befordres med bus og personbiler, hvis trafikken skal afvikles jævnt.

Ud fra kapacitetsvurderinger i og uden for myldretiden vurderes den nødvendige reduktion i antal personbiler. For at vurdere den nødvendige reduktion over hele døgnet, forudsættes, at den procentvise reduktion uden for myldretiden er nødvendig i perioden kl. 7-18, mens trafikken om aftenen og natten ikke påvirkes.

I situationer, hvor trafikken glider jævnt, forudsættes, at bustrafikken kan afvikles uden problemer, ligesom hvis der var etableret busbaner. Det forudsættes, at der ikke sker ændringer i antal personer pr. bus eller bil.

I tabel 6.11 ses de samlede emissioner i de 3 regneeksempler pr. hverdagsdøgn.

	Jagtvej			
	CO	HC	NO _x	Part.
Kun busser	1	3	64	156
Kun personbiler	177	176	116	56
Jævn kørsel	66	58	90	110
Dagens situation	100	100	100	100

Tabel 6.11

Samlede emissioner ved persontransport under 3 alternative regneeksempler, sat i forhold til emissionerne i dagens situation (Index = 100).

Det kan konkluderes, at de laveste samlede emissioner opnås ved, at alle kører i bus med undtagelse af partikelemissionen, der bliver højest i denne situation.

Hvis alle kører i personbiler vil de samlede CO-, HC og NO_x-emissionerne stige i forhold til i dag, mens partikelemissionerne vil næsten halveres. Hvis der etableres jævn kørsel, vil emissionerne af CO, HC og NO_x reduceres i forhold til dagens situation, mens partikelemissionen vil stige. Det skal bemærkes, at partikelemissionen fra personbiler ikke påvirkes af køremønstret i beregningerne.

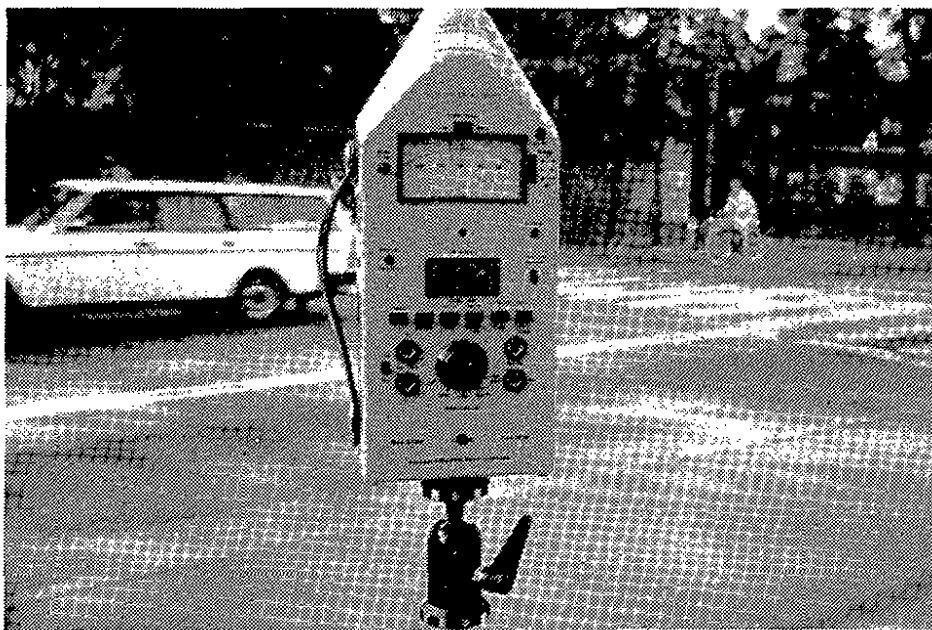
7. Støjbelastning

I forbindelse med projektet har Vejdatalaboratoriet foretaget støjmålinger på de 4 strækninger. Baggrunden for at måle støjen er, at den nordiske beregningsmetode for vejtrafikstøj ikke detaljeret indregner en støjmæssig effekt af, at hastigheden ændres i intervallet under 50 km/t. Støjmålingerne kan derfor bidrage til en bedre forståelse af de støjmæssige forhold i bygader.

Følgende temaer belyses:

- Støjmæssig effekt af køremønstret.
- Støjmæssige forhold ved lysregulerede kryds.
- Støjmæssig effekt af ændrede hastigheder under 50 km/t.

Støjmålingerne blev foretaget i maj og juni 1989 og opfylder alle betingelser, der er angivet i "Målinger af vejtrafikstøj" (ref. 1). En nærmere dokumentation og beskrivelse af støjmålingerne findes i ref. 2.



I hver gade blev der målt støj og talt trafik i en time i myldretiden og en time uden for myldretiden. Ud fra disse data kan støjbelastningen beregnes ved andre trafikbelastninger, og dermed kan støjbelastningen sammenlignes mellem situationen i myldretid og uden for myldretid samt mellem de 4 gader. Der blev endvidere foretaget hastighedsmålinger med pistolradar i de 4 gader. Disse hastighedsmålinger er gennemsnithastigheder i et gadetværsnit i begge retninger, hvor man ikke indregner hastigheden 0 km/t. Der vil derfor være en forskel på disse snithastigheder og de rejsehastigheder, der anvendes i den øvrige del af projektet.

7.1 Resultater af støjmålingerne

I tabel 7.1 ses resultaterne af støjmålingen og hastighedsmålingerne. Støjbelastningen er korrigeret for trafikmængde, således at den i alle resultater svarer til, at der havde kørt 2.000 køretøjer pr. time på vejen. Ligeledes er målingerne korrigeret for andel tunge køretøjer og for forskellig afstand fra vejmidte til målepunktet. De støjbelastninger, der er angivet i tabellen, kan således direkte sammenlignes.

Det skal bemærkes, at de hastigheder, der er vist i tabel 7.1, er snithastigheder, altså den aktuelle hastighed i målepunktet. Snithastighederne er på samme niveau i og uden for myldretiden, endda højest i myldretiden i flere målepunkter. Dette stemmer overens med hvad der kunne ses af de målte køremønstre, nemlig at kørehastighederne var ens i og uden for myldretiden, men at rejsehastigheden faldt markant i myldretiden, fordi bilerne holdt stille en stor del af tiden.

	Støjniveau 2.000 kt	Snit- hastighed
JAGTVEJ:		
(1) myldretid	72,4 dB(A)	34,8 km/t
uden for myldretid	72,7 dB(A)	42,7 km/t
(2) myldretid	74,2 dB(A)	48,5 km/t
uden for myldretid	73,9 dB(A)	45,1 km/t
(3) myldretid	73,3 dB(A)	33,7 km/t
uden for myldretid	73,0 dB(A)	36,2 km/t
SØLVGADE:		
myldretid	75,0 dB(A)	46,1 km/t
uden for myldretid	75,3 dB(A)	39,4 km/t
BREDGADE:		
myldretid	73,4 dB(A)	37,1 km/t
uden for myldretid	73,1 dB(A)	35,3 km/t
STRANDVEJEN:		
myldretid	72,1 dB(A)	27,4 km/t
uden for myldretid	72,0 dB(A)	34,0 km/t

Tabel 7.1

Støjbelastningen i de 4 gader ved 2.000 køretøjer og snithastighed i og uden for myldretiden. Støjbelastningen er korrigeret for forskellig trafikmængde og andel tunge køretøjer samt afstand til vejmidten.

Målepositionerne på Jagtvej er følgende:

- (1) Jagtvej 49, der er køproblemer
- (2) Jagtvej 115, færre køproblemer
- (3) Jagtvej 37, tæt ved signalreguleret kryds.

7.2 Vurdering af resultaterne

Støjmassig effekt
af køremønsteret

En sammenligning af støjniveauet i og uden for myldretiden giver en vurdering af, om køremønsteret har effekt på støjbelastningen.

Registreringerne af hastighedsprofilerne viser, at der er køkørsel i myldretiden på Jagtvej - specielt i målepunkt (1) - og i Sølvgade, hvor køproblemerne dog opstår nærmere Øster Voldgade end støjmålepunktet. Støjmålingerne blev foretaget en dag, hvor der var kraftig køkørsel på Strandvejen. Støjbelastningens afhængighed af køremønsteret skal derfor specielt vurderes på Jagtvej (1) og Strandvejen.

Forskelle mellem støjbelastningen i og uden for myldretiden er på 0,1 - 0,3 dB(A), og denne falder indenfor måleusikkerheden på 0,5 - 1,0 dB(A). Man kan ikke ud fra målingerne konkludere, at køkørsel har effekt på støjbelastningen i disse gader.

Støjmassig effekt
af lysregulering

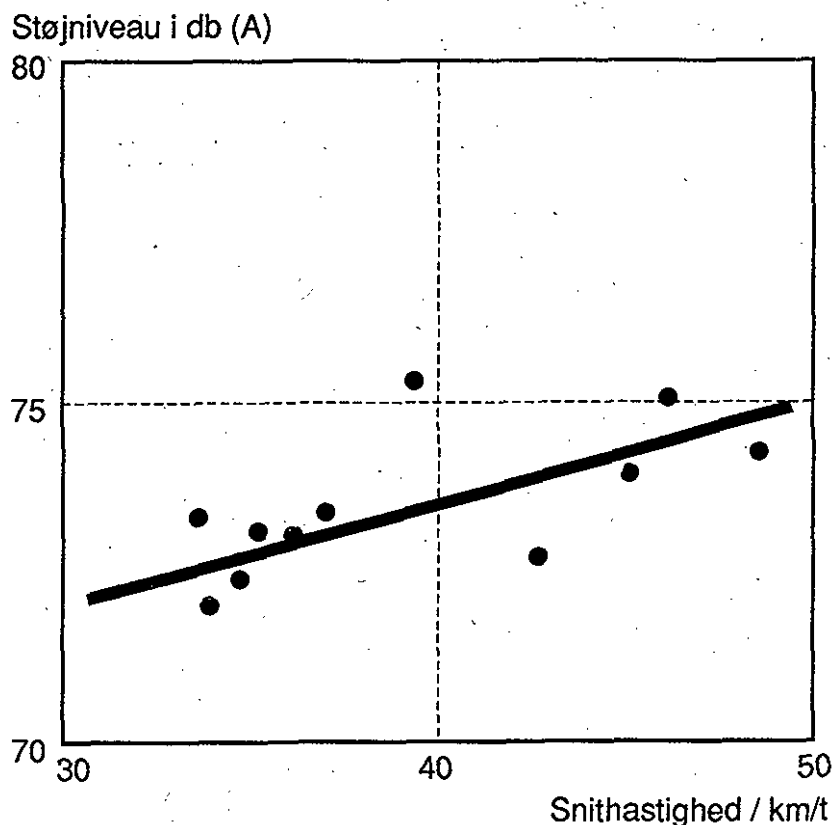
En af målingerne på Jagtvej blev foretaget ved et lysreguleret kryds. Ved at sammenligne de 2 målinger på Jagtvej, hvor hastighederne var ens (1) og (3), ses, at i myldretiden var støjniveauet 0,9 dB(A) højere ved lyskrydset, mens det uden for myldretiden var 0,3 dB(A) højere. Uden for myldretiden var hastigheden dog 6,5 km lavere ved lysreguleringen, hvilket kan være årsagen til den mindre forskel i støjbelastningen uden for myldretiden.

Det kan forsigtigt konkluderes, at støjniveauet ved lyssignaler er ca. 1 dB(A) højere end på strækningen. Det skal bemærkes, at målingerne er foretaget ved et mindre betydende kryds på Jagtvej.

Støjmæssig effekt
af hastighed

En sammenligning af støjbelastningen og hastigheden kan foretages direkte for alle målepunkter, da de foreliggende vurderinger ikke specielt viser, at køremønsteret i disse målinger har betydning for støjbelastningen.

På figur 7.1 er støjbelastningen afbildet som funktion af hastigheden.



Figur 7.1

Støjbelastningen som funktion af hastigheden for de 6 målesteder.

Målingen i myldretiden på Strandvejen er udgået, da der var så kraftig kø, at hastigheden ikke kunne måles. Figur 7.1 viser, at støjniveauet falder med lavere hastigheder i intervallet under 50 km/t. Den støjmæssige reduktion er på 1,2 dB(A) for en reduktion af hastigheden på 10 km/t.

8. Konklusioner

Rejsehastigheder og emissioner

Projektet viser i de undersøgte bygader en entydig sammenhæng mellem emissioner i g/km og køretøjets rejsehastighed, således at højere rejsehastighed giver lavere emissioner. Projektet dækker rejsehastigheder i intervallet 20-50 km/t.

For busser og benzinpersonbiler både med og uden katalysator er denne sammenhæng markant for CO, HC og NO_x. For busser er sammenhængen også tydelig for partikel-emissionerne. For dieselperson- og lastbiler er der ikke en klar sammenhæng mellem emission i g/km og rejsehastigheden, hvilket kan skyldes, at emissionsmodellen bygger på emissionsmålinger fra færre kørselsmåder.

Køreforhold afspejles i emissionen

Der er relativt stor forskel på emissionerne ved køkørsel og i situationen med jævnt glidende trafik. Ved at ændre trafikafviklingen fra køkørsel med en rejsehastighed på 20 km/t til jævnt glidende kørsel ved 40 km/t kan emissionsfaktoren for CO reduceres med 35%, HC med 42% og NO_x med 23%.

Der er ikke forskel på køremønsterets indflydelse på emissionsfaktorerne mellem situationen med den nuværende køretøjspark og den fremtidige køretøjspark, som skal opfylde skærpede krav til både personbilers og bussers emissioner.

Individuel og kollektiv trafik

Sammenligningen af emissioner pr. personkm for den individuelle og kollektive trafik i de 4 gader viser, at CO- og HC-emissionerne i alle situationer er mange gange højere fra den individuelle end fra den kollektive trafik.

Med de nuværende emissionsforhold er NO_x-emissionerne i g/personkm højere for den individuelle trafik i gaderne i den indre by, hvor passagerantallet i busserne er højt, og der er køproblemer i gaderne. På Strandvejen er NO_x-emissionen pr. personkm ca. dobbelt så høj fra busserne på grund af lav passagerbelægning og relativ jævn kørsel.

Med de fremtidige emissionsfaktorer er NO_x-emissionerne pr. personkm i modsætning til den nuværende situation, højere fra den kollektive end fra den individuelle trafik i de indre bygader. NO_x-emissionerne pr. personkm er op til 3 gange højere fra den kollektive trafik på Strandvejen end fra den individuelle trafik.

Partikel-emissionen pr. personkm er både med de nuværende og fremtidige emissionsforhold højest fra den kollektive trafik. I gaderne i den indre by er bussernes partikel-emission pr. personkm 0-100% højere end personbilernes, mens den på Strandvejen er op til 5 gange højere.

Effekten af forskellige trafikale tiltag, der påvirker køremønstret, er vurderet i projektet.

Busbaner

At etablere busbane vil betyde, at busserne ikke generes af den øvrige trafik, og det vil reducere bussernes CO- og HC-emission pr. km med 10-20% og NO_x- og partikel-emissioner pr. km med 15-25% i de bygader, hvor der er køproblemer. På Strandvejen er reduktionen under 10% for alle stoffer. Etablering af busbaner vil reducere kapaciteten for den øvrige trafik, men det er vanskeligt at kvantificere dette forhold emissionsmæssigt, da man kan forvente, at der vil opstå flere køproblemer, og en del af trafikken vil flyttes til andre strækninger eventuelt med omvej til følge.

Busprioritering

Etablering af busprioritering sammen med busbaner vil betyde, at busserne undgår at stoppe ved lyskrydsene. Effekten heraf er en yderligere reduktion af emissionerne pr. km på 15-30%. Der kan ses en tilsvarende stigning i rejsehastigheden. Man kan således se, at bus-trafikken i langt højere grad generes af lyskrydsene end af den øvrige trafik i gaderne. Etablering af busprioritering kan til gengæld skabe problemer for den tværgående trafik.

Grønne bølger

Ved at etablere grønne bølger, og sikre at disses kapacitet ikke overskrides, kan opnås en reduktion af NO_x-emissionerne pr. km på ca. 20% og på 35-45% af CO og HC emissionerne i forhold til situationen i myldretiden på Sølvgade og Jagtvej, hvor køproblemerne er størst. I for-

hold til et hverdagsdøgn på Strandvejen, hvor den målte trafikafviklinger jævn, er reduktionen under 10% af emissionerne i myldretiden.

Personbiler med katalysatorer opnår en større procentvis reduktion af emissionerne ved jævn kørsel, men den absolutte reduktion bliver begrænset, da emissionerne er meget lave fra katalysatorbiler.

Trafiksanering

Der har ikke i projektet kunnet ses en emissionsmæssig effekt af den trafiksanering, der er gennemført på Strandvejen.

Overflytning mellem bus og personbiler

Som eksempler på emissionsforhold under vidtgående trafikale forhold er beregnet de samlede emissioner, hvis alle personer transporteres i bus. Pr. km ville dette reducere CO- og HC-emissionerne med 97-99% og NO_x-emissionerne med 35%, mens partikel-emissionen vil stige 56%. Hvis alle kører i personbiler vil HC- og CO-emissionen blive 75% større, NO_x-emissionerne vil stige med 16% mens partikel-emissionen vil næsten halveres. Hvis der etableres jævn kørsel med den nødvendige overflytning fra bil til bus for at opnå denne situation, vil emissionerne af CO, HC og NO_x reduceres med 10-40%, mens partikelemissionen vil stige med 10%.

De samlede emissioner

I projektet er de samlede emissioner beregnet både med de nuværende og med fremtidige emissionsforhold. Benzinbilerne udsender 90-95% af HC- og CO-mængderne i begge emissionssituationer. Af NO_x emissionerne stammer halvdelen fra personbilerne, busserne udsender 20-27% og vare- og lastbiler ca. 25%. Denne fordeling forskydes lidt mod en højere andel af NO_x fra busser og lavere fra personbiler ved de fremtidige emissionsforhold. Reduktion af de samlede emissioner er 55-70% som følge af de forudsatte skærpede emissionskrav, og effekten af katalysatorer på personbiler er 60-67%.

Luftkvaliteten

Ud fra de samlede emissioner og en spredningsmodel er luftkvaliteten beregnet og sammenlignet med målinger i Bredgade. Der er en god overensstemmelse mellem målinger og beregninger.

Reduktionen i NO_x - og CO-emissionerne som følge af at indføre skærpede emissionskrav vil betyde en tilsvarende reduktion af koncentrationen af disse stoffer i gaderummet. Det vurderes imidlertid, at den fremtidige reduktion i NO_x -emissionerne ikke kan forventes at give anledning til en lige så stor reduktion i NO_2 -niveauet.

Støj

Støjmålinger i de 4 gader viser, at støjbelastningen falder ca. 1,2 dB(A) ved reduktionen af hastigheder på 10 km/t i intervallet 30-50 km/t. Det vurderes, at støjbelastningen i kryds er i størrelsesordenen 1 dB(A) højere end på tilsvarende trafikerede strækninger. Der kan ud fra materialet ikke ses en isoleret støjmæssig effekt af køkørsel.

9. English Summary

Objective

The project consists of a comparison of the emissions of CO, HC, NO_x, and particles from private and public transportation, along with an evaluation of the effects on emissions of different traffic planning initiatives such as steady traffic flow, reallocation of road space, bus lanes and bus priority in traffic. Public transportation in the situation considered consists exclusively of diesel powered busses.

Methodology

The comparisons and evaluations are based on calculations of exhaust emissions from a series of vehicles. The basis of the calculations is measured driving patterns on 4 streets in Copenhagen: Jagtvej, Sølvgade, Bredgade, and Strandvejen. Jagtvej is a two way street which runs in a ring around downtown Copenhagen. Sølvgade is a two way street leading into downtown Copenhagen. Bredgade is a one way street leading out of downtown Copenhagen. Strandvejen is a two way street in north suburban Copenhagen, where the road space has been reallocated to provide parking, single lane traffic and turning lanes.

The calculations were made using an emissions model which was constructed as a part of the total project. The model predicts emissions in g/km for different driving conditions, which are defined by velocity and acceleration or deceleration. A given driving pattern is analyzed second by second to find which point in the database it fits most closely, and this point determines the emissions in g/km for the condition. The total emissions for the driving pattern are found by summing the emissions from all the conditions.

Using this method, a total of 253 measured driving patterns were analyzed for the following vehicles: Petrol and diesel powered passenger cars, light duty lorries, heavy duty lorries, and busses. Calculations were performed for both the current and a projected future vehicle fleet. The future fleet consists of catalyst equipped petrol driven passenger cars, and reduced diesel emissions corresponding to the lowest emission levels being

discussed today. Particulate emissions in the future diesel vehicle fleet correspond to the level obtainable with particle filters on current diesel vehicles.

Emissions during
and outside
of rush hour

Emissions during and outside of rush hour vary considerably for the 4 streets.

The largest difference was found in Sølvgade, where the HC and CO emissions (g/km) from petrol powered passenger cars are 65-70 % larger during rush hour. NO_x emissions (g/km) are 35 to 40 % larger during rush hour. The trip speed on Sølvgade is 19 km/hour during rush hour and 40 km/hour outside of rush hour.

Corresponding calculations for catalyst equipped passenger cars show a larger relative change between emissions during and outside of rush hour. For CO and HC, emissions (g/km) are 80 to 120 % greater during rush hour, and for NO_x, emissions (g/km) are 50 % greater. Because of the low level of emissions for the future vehicle fleet, however, the absolute differences are quite small.

On Strandvejen there is no difference between the emissions during and outside of rush hour, and the average trip speed for both conditions is 34 km/hour.

For all 4 streets the difference between emission in g/km from busses during and outside of rush hour is very small.

Comparison between
public and private
transportation

Emissions from public and private transportation were compared for 3 periods: rush hour, between 10 and 14 o'clock, and for a 24 hour weekday. The passenger load factors for busses were obtained from the Copenhagen Transit Authority (HT). Passenger loading varies between the different streets and times.

With the current vehicle fleet, the CO and HC emissions per person kilometre from private transportation are many times greater than those from public transportation.

In the inner city the largest portion of NO_x emissions comes from private transportation. On

Strandvejen, where traffic flows more evenly and there are fewer passengers in the busses, the picture is reversed, and public transportation has higher emissions per person kilometre than private transportation.

Particulate emissions per person kilometre on Sølvgade and Bredgade are about the same for public and private transportation while particulate emissions per person kilometre on Jagtvej are greatest for public transportation.

On Strandvejen particulate emissions per person kilometre are 3-5 times greater for public transportation than for private transportation during all periods of the day.

With the projected future situation, CO and HC emissions per person kilometre are still greatest for private transportation for all streets. NO_x and particulate emissions per person kilometre outside of rush hour are on the same level in Sølvgade and Bredgade, while they are about twice those from public transportation on Jagtvej. On Strandvejen it is projected that public transportation will emit 2-5 times more NO_x and particles per person kilometre than private transportation.

Travel speed and emissions

The results show that travel speed (defined as travel length divided by trip time) can be used to relate driving patterns to emissions. That is, the measured driving patterns have essentially the same emissions for a given travel speed. This implies that for a given travel speed, nearly all vehicles drive in a similar fashion, since differing driving patterns would result in different emissions.

Effects of traffic planning

The effects of different traffic regulating initiatives were evaluated by choosing a number of driving patterns which represent the desired type of driving and using these to obtain emissions factors for that type of traffic regulation.

Bus Lanes mean that busses avoid the stop and go driving caused by the general traffic and only stop for traffic lights and bus stops. The effect of establishing bus lanes is a reduction of from 5

to 15 % in NO_x and particulate emissions (g/km) from the busses. The emissions reduction is small, since the driving pattern of busses is only rarely limited by the general traffic, but is normally determined by the distance between traffic lights and bus stops.

Bus Priority in connection with bus lanes means that the busses do not stop at traffic lights as is now the case. The effect of bus priority is a reduction of NO_x and particulate emissions (g/km) from busses of 15 to 30 %.

Steady traffic flow for passenger cars, such that the capacity at intersections is in harmony with the amount of traffic. This will reduce emissions of CO and HC per km by 25-35 % relative to current emissions during rush hour, and by about 20 % relative to a 24 hour week day. The NO_x emission per km will be reduced by about 10 - 25 % during rush hour and by 0 to 10 % for a 24 hour week day.

Urban air quality With the help of traffic counting and the calculated emissions for the measured driving patterns, the total emissions were calculated for the 4 streets.

A dispersion model was used to calculate the concentrations of CO and NO_x in the air on Bredgade. The calculated concentrations were compared with measured concentrations for these two substances, and the results show agreement better than 30%, which is regarded to be satisfactory, considering the uncertainties in the emissions, dispersion model and background concentrations. The predicted and measured concentration variations throughout the day were in good agreement.

A qualitative evaluation of the NO_2 concentration at street level was made using the future emissions levels. It is not expected that the NO_2 concentration will be reduced as much as the NO_x emissions levels. The final result will depend on the ozone concentration in the air.

Noise measurements An additional part of the project included noise measurements for the 4 streets in order to establish the noise levels for low speeds and varying driving patterns. The results do not give

a conclusive relationship between the driving pattern and the noise level, but a reduction in average speed (not necessarily trip speed) in the interval 30 to 50 km/hour gave a noise reduction of 1.2 dB(A) per speed reduction of 10 km/hour. The noise results indicated that noise from an intersection is about 1 dB(A) greater than for a corresponding street without an intersection.

10. Referenceliste

1. Miljøstyrelsen og Vejdatalaboratoriet, 1982
"Måling af vejtrafikstøj".
2. Vejdatalaboratoriet, 1990
"Kørselsmønster i byer og vejtrafikstøj;
Notat 4".
3. Hertel, O. og Berkowicz, R., 1989. Model-
ling pollution from traffic in a street
canyon. Evaluation of data and model deve-
lopment. DMU Luft A-129.
4. COWiconsult, 1989
"HT - Regelmæssige tællinger".
5. COWiconsult, 1982
"Undersøgelse af Amagers trafikbetjening,
Teknisk notat III".
6. Danmarks Statistik, 1989
"Samfærdsel og turisme".
7. Miljøkontrollen, 1986. Gadeluftforurening i
Københavns Kommune. Målinger af gadeluft-
forurening i København 1985. Miljøkontrol-
lens skriftserie nr. 2/1986.
8. Olesen, H. og Brown, N., 1988. The OML Me-
teorological Preprocessor. MST Luft A-122.
9. Bendtsen, H., 1989. Luftforurening fra vej-
trafik. 2. eksempler fra Lyngby og Ålborg.
Vejdirektoratet Vejdatalaboratoriet rapport
79.
10. Rokkjær, J., 1986. Vurdering af baggrund-
skoncentrationen af NO₂ i LMP-byerne. MST
Luft A-111.
11. Hertel, O. og Berkowicz, R., 1990. Bereg-
ning af NO₂-koncentrationer i byområder i
forbindelse med varsling af forurenings-
episoder. DMU Luft A-139.

12. Hertel, O. og Berkowicz, R., 1989. Modeling NO₂ in a street canyon. DMU Luft A-131.
13. Bendtsen, H., Madsen, J.L., Hertel, O., og Berkowicz, R., 1990. Japanske erfaringer med anvendelse af katalysatorer.
14. Norsk Institutt for Luftforskning, 1984. Nordisk Beregningsmetode for bilavgasser.
15. Laboratoriet for Energiteknik, 1990. Kollektiv og individuel trafik - Emissionsmodeller. Rapport RE 90-9.
16. Hertel, O. og Berkowicz, R., 1990. Beregninger med OSPM-modellen af NO_x- og CO-luftforurening i Bredgade, København. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport nr. 15, 1990.

Bilagsfortegnelse

Bilag 1

Analyse af koldstarter og brændstofanvendelse.

Bilag 2

Varebiler opdelt på vægtklasser og brændstofanvendelse.

Bilag 3

Samlede emissioner i de fire gader.

Bilag 4

Sammenhæng mellem rejsehastighed og emissioner for katalysatorbiler og HT-busser og lastbiler.

Bilag 5

Emissionsfaktoren som funktion af andel stærke accellerationer og antal stop for udvalgte stoffer og køretøjstyper.

Bilag 6

Emissioner fra katalysatorbiler som funktion af konstant hastighed og rejsehastighed.

Bilag 1

Analyse af koldstarter og brændstofanvendelse

Dieselandel og koldstarter i københavnske bygader

Undersøgelsen

Den 29. august 1989 blev foretaget en undersøgelse af andelen af koldstarter og anvendt brændstof i biltrafikken i 4 gader i København.

Undersøgelsen er finansieret af Miljøstyrelsen og Københavns Kommune. Den er gennemført af Københavns Kommune og databehandlingen er udført af COWiconsult.

De 4 gader, hvor undersøgelsen er foretaget, er Jagtvej, Sølvgade, Bredgade og Strandvejen (se kortbilag).

Jagtvej er en ringvej igennem københavns brokvarterer med en trafikmængde på 25.000 køretøjer på et hverdagsdøgn. Der er ikke udpræget myldretidstrafik. Spidstimetrafikken udgør ca. 6% af døgntrafikken.

Sølvgade er en del af en nordlig indfaldsvej til København. Der kører ca. 30.000 køretøjer i et hverdagsdøgn. Trafikken i spidstimen udgør godt 10% af døgntrafikken.

Bredgade er ensrettet og går fra centrum mod nord ud ad byen. Trafikken er på ca. 19.000 køretøjer i et hverdagsdøgn.

Strandvejen ligger ca. 5 km nord for københavns centrum og er en mindre betydende udfaldsvej fra København. Der er foretaget trafiksanering med forsetninger, så der kun er én kørebane. Trafikmængden i et hverdagsdøgn er ca. 19.000 køretøjer.

Undersøgelsen blev foretaget ved, at der blev uddelt postkort både i myldretiden og udenfor myldretiden til de bilister der holdt for rødt lys i et kryds på hver af gaderne. På postkortet var 4 spørgsmål, som kunne besvares ved afkrydsning. Postkortene kunne efter afkrydsning postes ufrankeret.

Der blev uddelt 3990 postkort på de 4 gader og 1958 blev returneret. Der var altså en svarprocent på 49 besvarelsesprocenten varierede mellem 46 og 52% i de

4 gader. I bilag er vist en kopi af det anvendte postkort, samt en registrering af hvor og hvornår der er uddelt postkort.

Resultater

I behandlingen af de indkomne postkort forudsættes det, at det er et repræsentativt udsnit af bilisterne, der har svaret. Denne antagelse synes rimelig på baggrund af den gode besvarelsesprocent. En sammenligning af køretøjsfordelingen i Bredgade talt en hverdag kl. 6.00-18.00 med de indkomne besvarelser viser, at de tunge køretøjer - lastbiler og busser er underrepræsenteret. Dette er forventeligt og uden betydning da både brændstofanvendelse og koldstarter primært er af interesse for de mindre køretøjer.

Den procentvise fordeling af køretøjstyper der indgår i undersøgelsen er vist i tabel 1.

	Person- bil	taxa	varebil	lastbil <3.500 t	lastbil >3.500 t	bus	andet
Bredgade	79	6	11	2	-	2	-
Sølvgade	77	7	11	3	1	-	1
Jagtvej	77	4	12	3	3	-	1
Strandvej	80	4	10	2	2	1	1
Total	78	5	11	3	1	1	1

Tabel 1. Den procentvise fordelingen af køretøjer i de 4 gader.

Fordelingen af køretøjer er i store træk ens i de fire gader. Der er som man kunne forvente lidt flere taxa'er i Bredgade og Sølvgade og lidt flere lastbiler på Jagtvej og Strandvejen. Den ensartede køretøjsfordeling betyder, at det med hensyn til køretøjstyper og brændstofanvendelse ikke er nødvendigt at opdele materialet.

Brændstofanvendelse

Den samlede fordeling af køretøjerne opdelt efter brændstofanvendelse ses af tabel 2.

	Person- bil	taxa	varebil	lastbil <3.500 t	lastbil >3.500 t	bus	I alt %
Blyholdig							
benzin	887	7	57	8	1	-	50
blyfri benzin	583	7	40	5	-	-	33
Diesel	52	91	112	36	30	18	17
Gas	6	-	2	-	1	-	-
I alt	1.528	105	211	50	32	18	100

Tabel 2. Brændstofanvendelsen.

Det er således 40% af de benzindrevne biler der anvender blyfri benzin. Den samlede andel dieselpersonbiler udgør ca. 9%, mens den samlede andel dieselskøretøjer udgør 17%. Køretøjer, der anvender gas, er mindre end 1% af de adspurgte.

Koldstart

En kold motor defineres som en benzinbil, der har kørt i mindre end 6 minutter og som før det har været slukket i mere end 2 timer.

For de samlede besvarelser bliver andelen af kolde benzinmotorer 15%. I tabel 3 ses variationen i koldstartandelen på de fire veje i og udenfor myldretiden.

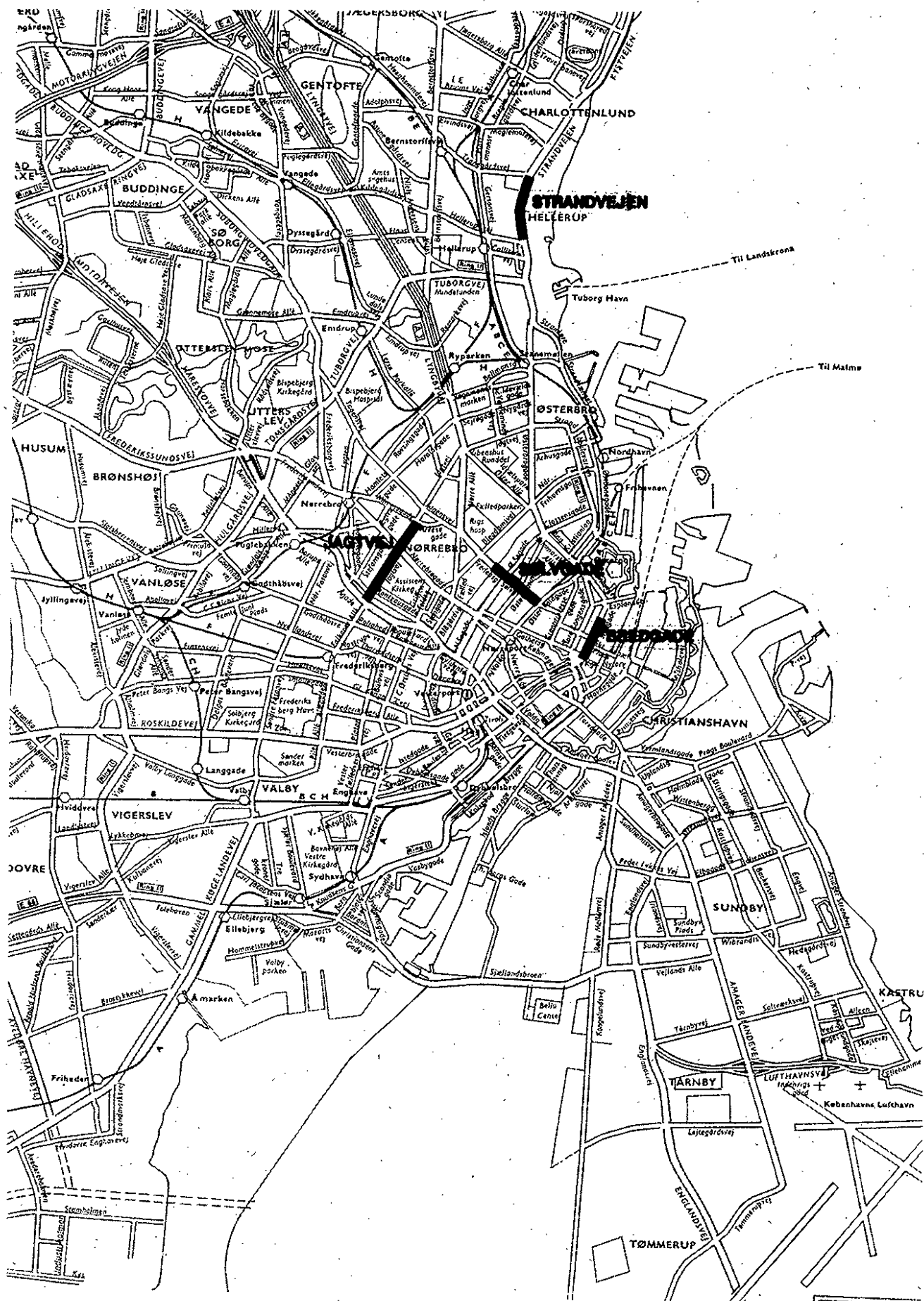
Koldstarter		
Bredgade i myldretiden	(15.30 - 16.40)	16%
Bredgade udenfor myldretiden	(14.00 - 14.45)	13%
Sølvgade i myldretiden	(15.30 - 16.00) mod sydøst	18%
	mod nordvest	30%
Sølvgade udenfor myldretiden	(14.00 - 14.30) mod sydøst	10%
	mod nordvest	18%
Jagtvej i myldretiden	(8.00 - 8.40) mod sydvest	8%
	mod nordøst	14%
Jagtvej udenfor myldretiden	(9.30 - 10.10) mod sydvest	18%
	mod nordøst	10%
Strandvejen i myldretiden	(8.00 - 9.35) mod syd	17%
	mod nord	10%
Strandvejen udenfor myldretiden	(9.55 - 10.30) mod syd	12%
	mod nord	14%
Alle fire gader		15%

I Sølvgade er der en meget markant forskel på koldstartandelen i de to retninger. Både i og udenfor myldretiden er koldstartandelen meget højere udad byen, hvilket kan forklares ved, at biler med ærinde i byen endnu ikke har kørt 6 min. På Strandvejen ses lidt af den samme tendens, mens retningsvariationerne på Jagtvej må tilskrives tilfældigheder.

Postkortuddeling, tirsdag den 29. august 1989.

LOKALITET	RETNING	TID	POSTKORTNUMRE	ANTAL
BREDGADE Sydvest for Frederiksgade BREDGADE Sydvest for Frederiksgade	Mod nordøst Mod nordøst	14.00-ca.14.45 15.30-ca.16.40	11-400 401-1000	390 600
SØLVGADE Nordvest for Øster Voldgade SØLVGADE Nordvest for Øster Voldgade WEBERSGADE Sydøst for Øster Søgade WEBERSGADE Sydøst for Øster Søgade	Mod sydøst Mod sydøst Mod nordvest Mod nordvest	14.00-ca.14.30 15.30-ca.16.00 14.00-ca.14.30 15.30-ca.16.00	1001-1150 1151-1400 1401-1650 1651-2000	150 250 250 350
JAGTVEJ Nordøst for Jægersborggade JAGTVEJ Nordøst for Jægersborggade JAGTVEJ Sydvest for Jægersborggade JAGTVEJ Sydvest for Jægersborggade	Mod sydvest Mod sydvest Mod nordøst Mod nordøst	08.00-ca.08.40 09.30-ca.10.10 08.00-ca.08.35 09.30-ca.10.15	2001-2300 2301-2500 2501-2800 2801-3000	300 200 300 200
STRANDVEJEN Nord for Onsgårdsvej STRANDVEJEN Nord for Onsgårdsvej STRANDVEJEN Syd for Onsgårdsvej STRANDVEJEN Syd for Onsgårdsvej	Mod syd Mod syd Mod nord Mod nord	08.00-ca.09.35 09.35-ca.10.25 08.00-ca.09.55 09.55-ca.10.30	3001-3400 3401-3650 3701-3850 3851-4000	450 250 150 150

Uddelt kort i alt 3990 stk.



Nr. 2062
 klip af og gem

Ufrankeret svarforsendelse

Nr. 2062

198
 Sendes
 ufrankeret
 Modtageren
 betaler portoen

198

TRAFIKANALYSE.

Miljøstyrelsen og Vejdirektoratet er i gang med en undersøgelse af trafikens luftforurening. Til brug herfor bedes De venligst besvare omstændene 4 spørgsmål og afklippe det nummererede hjørne, som er Deres lodseddel. Returner derefter postkortet ufrankeret.

Blandt de indsendte svar, som vejkontoret har modtaget senest den 5. september 1989 udtrækkes 10 gavekort til en grammofonplade.

Vend!

Stadsingeniørens direktorat
 Vejkontoret, Færdselstællingen
 Islands Brygge 37,
 2300 København S



Stadsingeniørens direktorat
 Vejkontoret
 Islands Brygge 37
 2300 København S

HJÆLP OS MED AT FORBEDRE
 TRAFIKMILJØET - OG VÆR SAM-
 TIDIG MED I LODTRÆKNINGEN OM
 10 GAVEKORT.

Besvar venligst nedenstående 4 spørgsmål og læg snarest muligt dette postkort ufrankeret i en postkasse.

Lodtrækn.
 offentliggøres
 den 17. sep. 1989
 i Bert. Tid. og Posten

Hvilket køretøj førte De? (sæt O omkring tal)	☒ 1: Personbil	2: Motorcykel	3: Taxi	4: Varevogn
	5: Lastbil op til 3500 kg		6: Lastbil over 3500 kg	
	7: Bus til mere end 8 pass.		8: Andet	
Hvilket brændstof anvender køretøjet?	☒ 1: Benzin, blyholdig	3: Diesellole	5: El	
	2: Benzin, blyfri	4: Gas		
Hvor længe havde De kørt inden De modtog dette postkort?	1: Mindre end 6 minutter.			
	2: 6 - 15 minutter.			
	☒ 3: Mere end 15 minutter. ☒ 4: Mere end 2 timer.			
Hvor længe havde køretøjet stået ubenyttet inden De startede denne tur?	1: Kortere end 1/2 time.			
	2: 1/2 - 2 timer.			
	☒ 3: Mere end 2 timer.			

Dato og klokkeslet for besvarelse: 29/8 89 kl. 9.35

Bilag 2

Varebiler opdelt på vægtklasser og brændstofanvendelse

Varebiler fordelt på vægtklasser og
brændstofanvendelse.

Hele landet:

i %	Benzin	Gas	Diesel	Antal	i %
0 - 2 t	79	2	19	52.294	21
2 - 3 t	31	3	66	143.739	59
3 - 4 t	13	1	86	43.482	18
4 - 6 t	3	-	97	5.923	2
Total	38	2	60	245.438	100

Stopinterviewundersøgelsen:

	Benzin	Gas	Diesel	I alt
Antal	110	2	148	260
I %	42	1	57	100

Københavns Politikreds:

	Antal	i %
0 - 2 t	4.519	28
2 - 3 t	9.210	56
3 - 3,5 t	2.605	16
I alt	16.334	100

Kilder: Danmarks Statistik:
Samferdsel og turisme 1990:4.

Bilag 3

Samlede emissioner i de fire gader

Samlede emissioner i de 4 gader,
nuværende køretøjspark.

JAGTVEJ		CO	HC	NOx	PART.
Hverdagsdg.	Person-	359350	25352	22474	208
Kl. 10-14	biler	76441	5390	4909	46
Myldretime		29189	2066	1572	14
Hverdagsdg.	Vare-	16932	1339	1972	307
Kl. 10-14	biler	6270	495	733	113
Myldretime		680	54	75	13
Hverdagsdg.	Last-	1232	246	6757	267
Kl. 10-14	biler	469	94	2569	101
Myldretime		65	13	355	14
Hverdagsdg.	Busser	1706	341	7898	356
Kl. 10-14		292	58	1348	61
Myldretime		163	33	765	34
Hverdagsdg.	Diesel-	1700	187	820	293
Kl. 10-14	person-	360	40	173	62
Myldretime	biler	140	15	68	24
Hverdagsdg.	I alt	380920	27466	39920	1432
Kl. 10-14	I alt	83831	6077	9733	383
Myldretime	I alt	30236	2181	2835	99

SQLVGADE		CO	HC	NOx	PART.
Hverdagsdg.	Person-	446337	31875	28601	271
Kl. 10-14	biler	78904	5656	5528	58
Myldretime		91607	6507	5083	39
Hverdagsdg.	Vare-	17238	1369	2082	302
Kl. 10-14	biler	5867	464	736	102
Myldretime		2209	178	237	40
Hverdagsdg.	Last-	1256	252	7252	287
Kl. 10-14	biler	406	82	2259	88
Myldretime		200	40	1242	51
Hverdagsdg.	Busser	2542	508	13130	568
Kl. 10-14		554	111	2808	122
Myldretime		217	43	1226	51
Hverdagsdg.	Diesel-	2029	224	976	347
Kl. 10-14	person-	353	39	173	61
Myldretime	biler	426	47	201	72
Hverdagsdg.	I alt	469403	34228	52041	1775
Kl. 10-14	I alt	86085	6351	11504	431
Myldretime	I alt	94658	6816	7989	253

BREDGADE		CO	HC	NOx	PART.
Hverdagsdg.	Person-	532995	36668	32341	294
Kl. 10-14	biler	119275	8225	7217	65
Myldretime		46138	3138	2836	26
Hverdagsdg.	Vare-	28769	2301	3313	554
Kl. 10-14	biler	10992	882	1269	213
Myldretime		1124	87	126	20
Hverdagsdg.	Last-	2174	433	13057	517
Kl. 10-14	biler	862	172	5150	204
Myldretime		71	14	456	18
Hverdagsdg.	Busser	3786	758	18029	796
Kl. 10-14		814	163	3897	171
Myldretime		309	62	1430	64
Hverdagsdg.	Diesel-	2770	306	1274	473
Kl. 10-14	person-	629	70	290	108
Myldretime	biler	224	25	102	38
Hverdagsdg.	I alt	570495	40467	68015	2634
Kl. 10-14	I alt	132572	9511	17824	761
Myldretime	I alt	47866	3325	4951	167

STRANDVEJEN		CO	HC	NOx	PART.
Hverdagsdg.	Person-	242907	11510	13700	146
Kl. 10-14	biler	54805	2322	2978	33
Myldretime		26148	1717	1671	16
Hverdagsdg.	Vare-	11747	883	1310	205
Kl. 10-14	biler	4579	344	508	79
Myldretime		612	46	71	11
Hverdagsdg.	Last-	790	158	4640	183
Kl. 10-14	biler	318	64	1859	73
Myldretime		51	10	310	12
Hverdagsdg.	Busser	1008	202	5387	228
Kl. 10-14		221	44	1163	50
Myldretime		50	10	302	12
Hverdagsdg.	Diesel-	1132	124	530	194
Kl. 10-14	person-	253	28	119	43
Myldretime	biler	126	14	59	22
Hverdagsdg.	I alt	257585	12878	25567	955
Kl. 10-14	I alt	60176	2802	6628	278
Myldretime	I alt	26988	1797	2412	73

Samlede emissioner i de 4 gader,
fremtidig køretøjspark.

JAGTVEJ		CO	HC	NOx	PART.
Hverdagsdg.	Person-	149313	7762	7737	104
Kl. 10-14	biler	31174	1632	1691	23
Myldretime		13286	668	539	7
Hverdagsdg.	Vare-	8153	598	1110	93
Kl. 10-14	biler	3002	221	411	34
Myldretime		348	25	44	4
Hverdagsdg.	Last-	616	123	3378	80
Kl. 10-14	biler	234	47	1284	30
Myldretime		32	6	178	4
Hverdagsdg.	Busser	853	171	3949	107
Kl. 10-14		146	29	674	18
Myldretime		81	16	382	10
Hverdagsdg.	Diesel-	1700	187	574	88
Kl. 10-14	person-	360	40	121	19
Myldretime	biler	140	15	48	7
Hverdagsdg.	I alt	160635	8840	16748	472
Kl. 10-14	I alt	34916	1969	4182	125
Myldretime	I alt	13888	730	1191	33

SQLVGADE		CO	HC	NOx	PART.
Hverdagsdg.	Person-	184833	9733	9929	135
Kl. 10-14	biler	29249	1621	1866	29
Myldretime		43648	2163	1854	20
Hverdagsdg.	Vare-	8130	595	1105	92
Kl. 10-14	biler	2651	196	378	31
Myldretime		1168	83	139	12
Hverdagsdg.	Last-	628	126	3626	86
Kl. 10-14	biler	203	41	1130	26
Myldretime		100	20	621	15
Hverdagsdg.	Busser	1271	254	6565	170
Kl. 10-14		277	55	1404	37
Myldretime		108	22	613	15
Hverdagsdg.	Diesel-	2029	224	683	104
Kl. 10-14	person-	353	39	121	18
Myldretime	biler	426	47	140	22
Hverdagsdg.	I alt	196891	10932	21908	588
Kl. 10-14	I alt	32734	1953	4898	141
Myldretime	I alt	45450	2335	3367	84

BREDGADE		CO	HC	NOx	PART.
Hverdagsdg.	Person-	222450	10973	11476	147
Kl. 10-14	biler	49728	2457	2539	33
Myldretime		19354	948	1048	13
Hverdagsdg.	Vare-	14996	1082	1928	168
Kl. 10-14	biler	5740	415	739	64
Myldretime		573	40	72	6
Hverdagsdg.	Last-	1087	217	6529	155
Kl. 10-14	biler	431	86	2575	61
Myldretime		35	7	228	5
Hverdagsdg.	Busser	1893	379	9015	239
Kl. 10-14		407	81	1949	51
Myldretime		154	31	715	19
Hverdagsdg.	Diesel-	2770	306	892	142
Kl. 10-14	person-	629	70	203	32
Myldretime	biler	224	25	72	11
Hverdagsdg.	I alt	243197	12957	29839	851
Kl. 10-14	I alt	56935	3109	8005	242
Myldretime	I alt	20341	1051	2134	56

STRANDVEJEN		CO	HC	NOx	PART.
Hverdagsdg.	Person-	96909	4768	5204	73
Kl. 10-14	biler	21874	1080	1177	16
Myldretime		10416	506	556	8
Hverdagsdg.	Vare-	5942	408	729	63
Kl. 10-14	biler	2315	159	283	24
Myldretime		311	22	39	3
Hverdagsdg.	Last-	395	79	2320	55
Kl. 10-14	biler	159	32	930	22
Myldretime		25	5	155	4
Hverdagsdg.	Busser	504	101	2694	68
Kl. 10-14		110	22	582	15
Myldretime		25	5	151	4
Hverdagsdg.	Diesel-	1132	124	371	58
Kl. 10-14	person-	253	28	83	13
Myldretime	biler	126	14	41	6
Hverdagsdg.	I alt	104882	5481	11317	317
Kl. 10-14	I alt	24711	1321	3054	90
Myldretime	I alt	10904	551	942	25

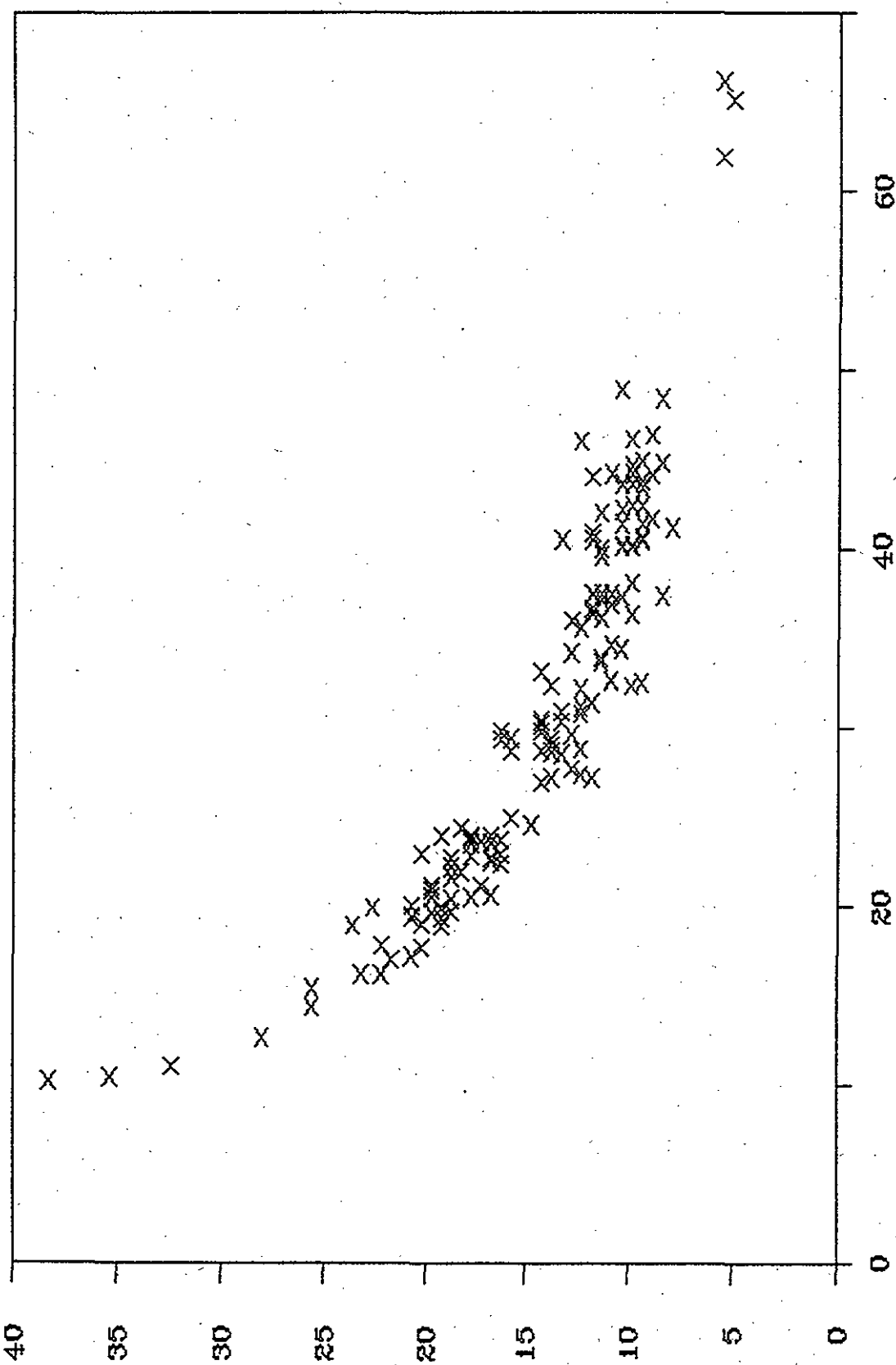
Bilag 4

***Sammenhæng mellem rejsehastighed og
emissioner for katalysatorbiler og HT-busser
og lastbiler***

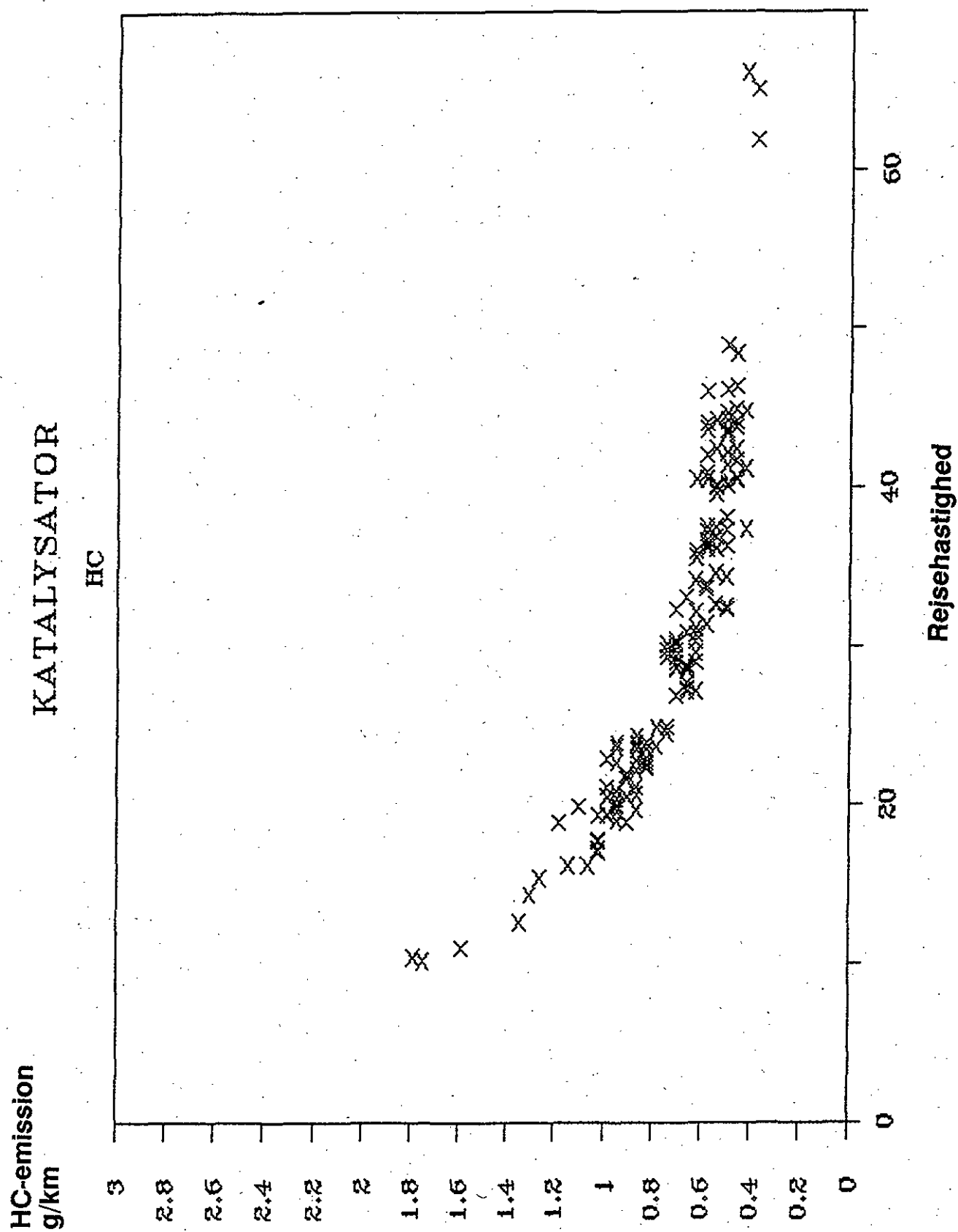
CO-emission
g/km

KATALYSATOR

CO



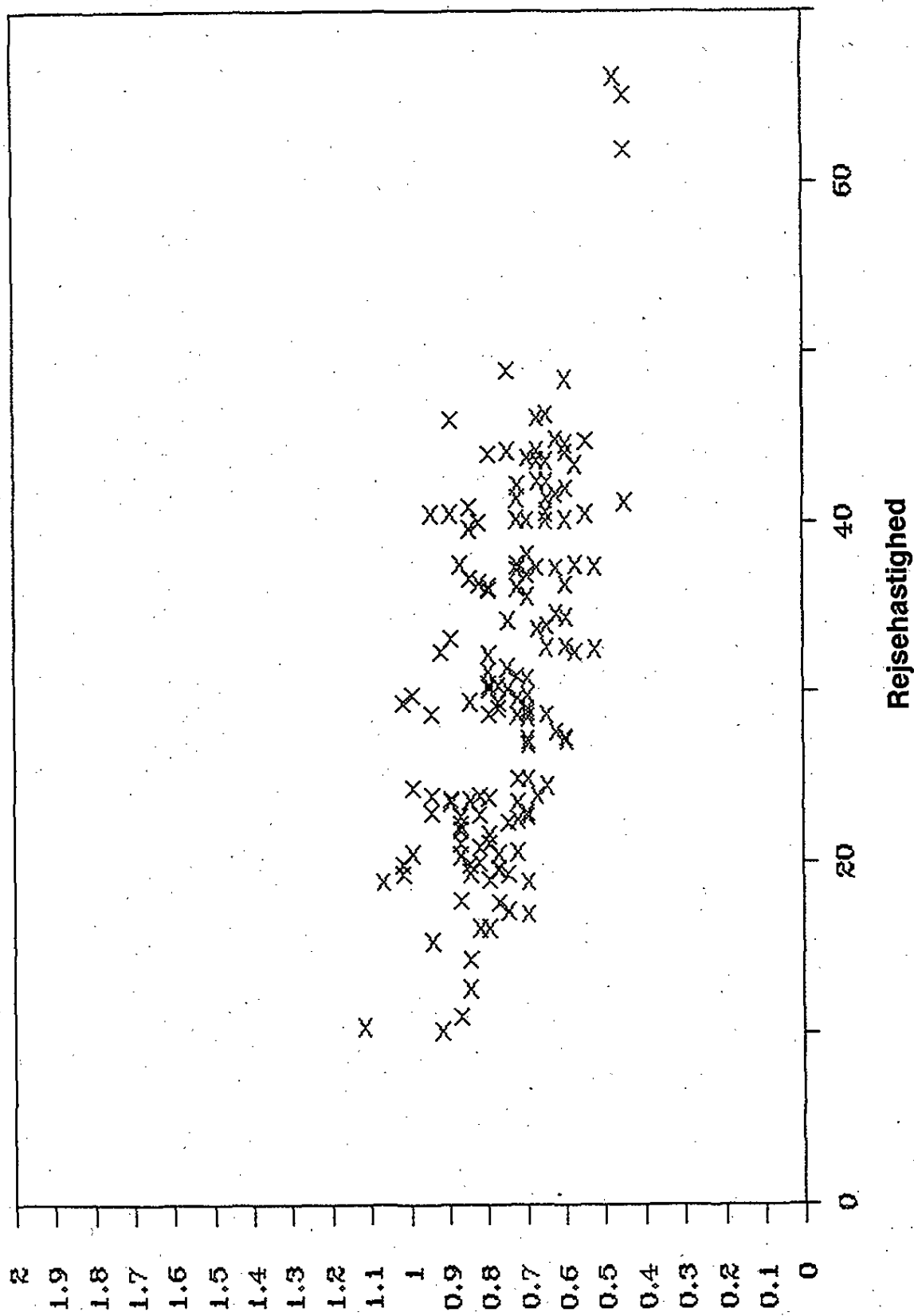
Rejsehastighed

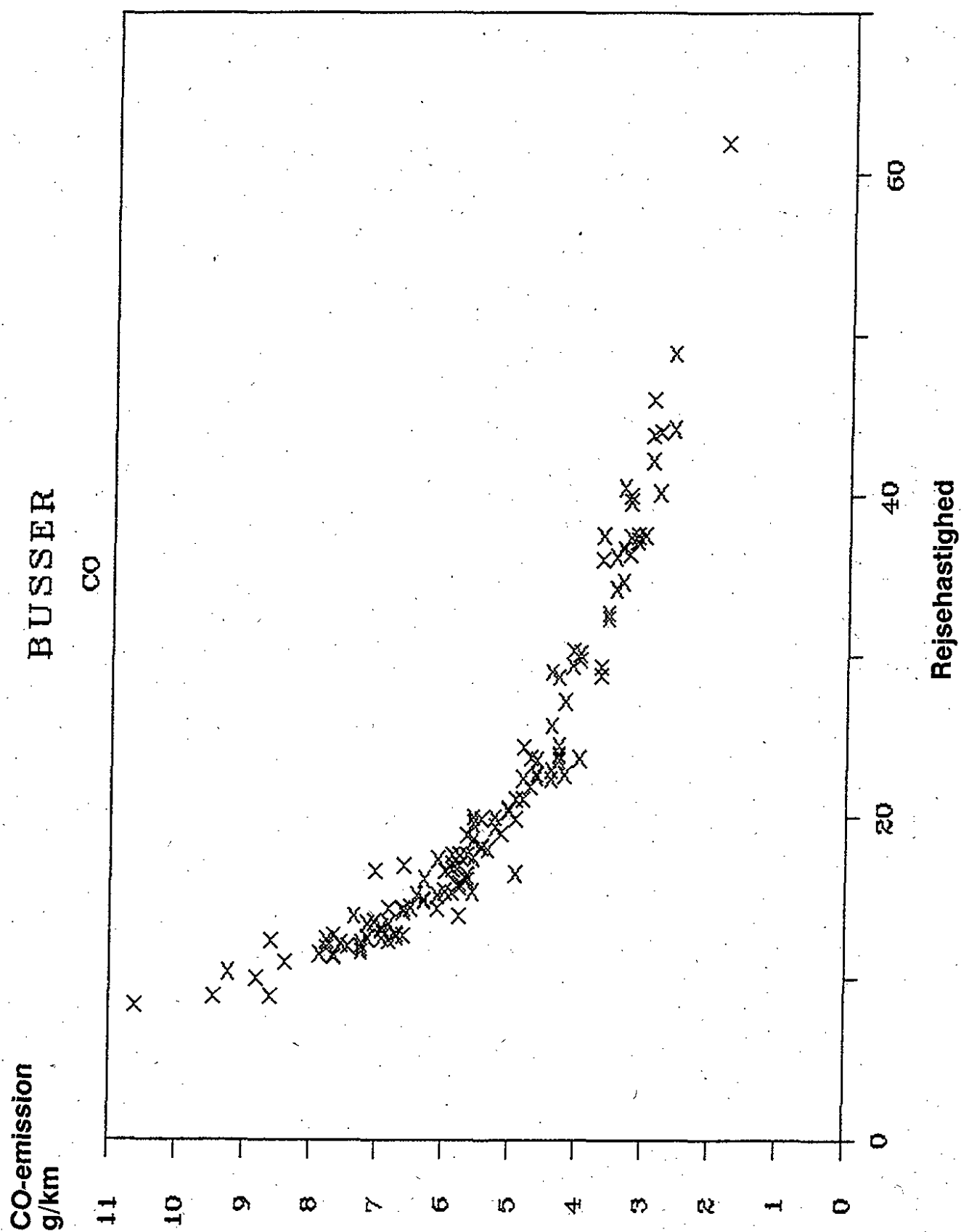


NO_x-emission
g/km

KATALYSATOR

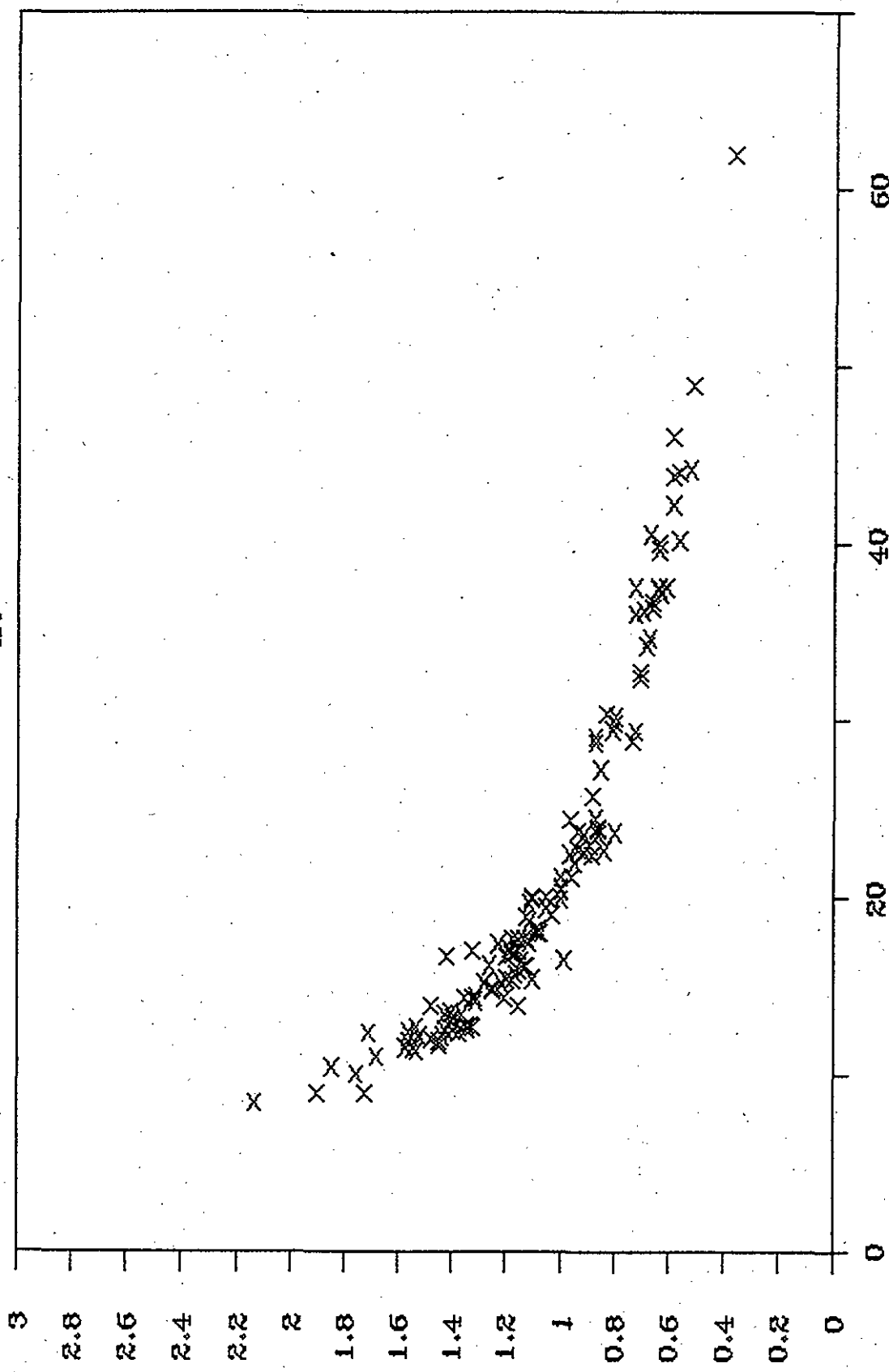
NO_x



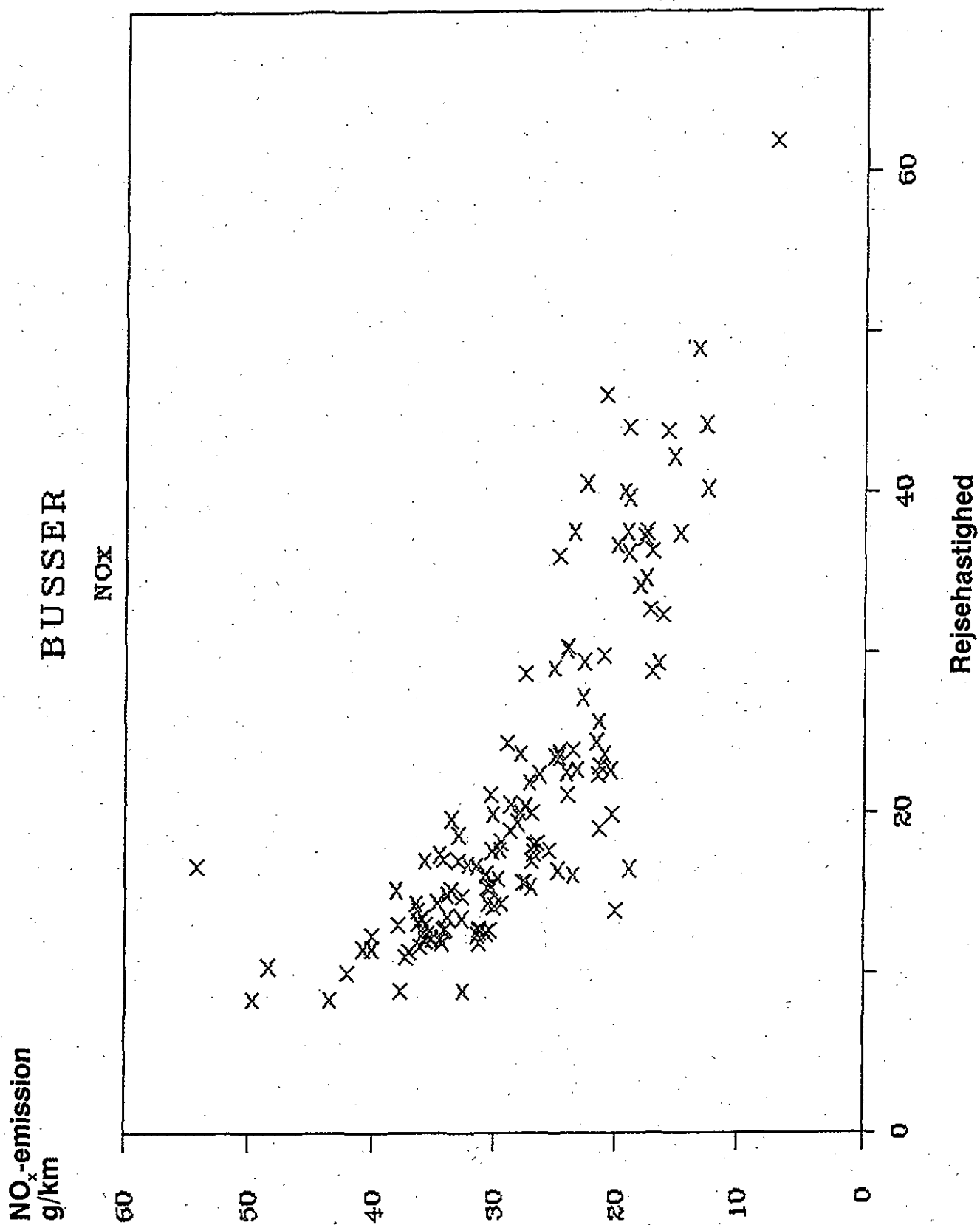


HC-emission
g/km

BUSSE
HC

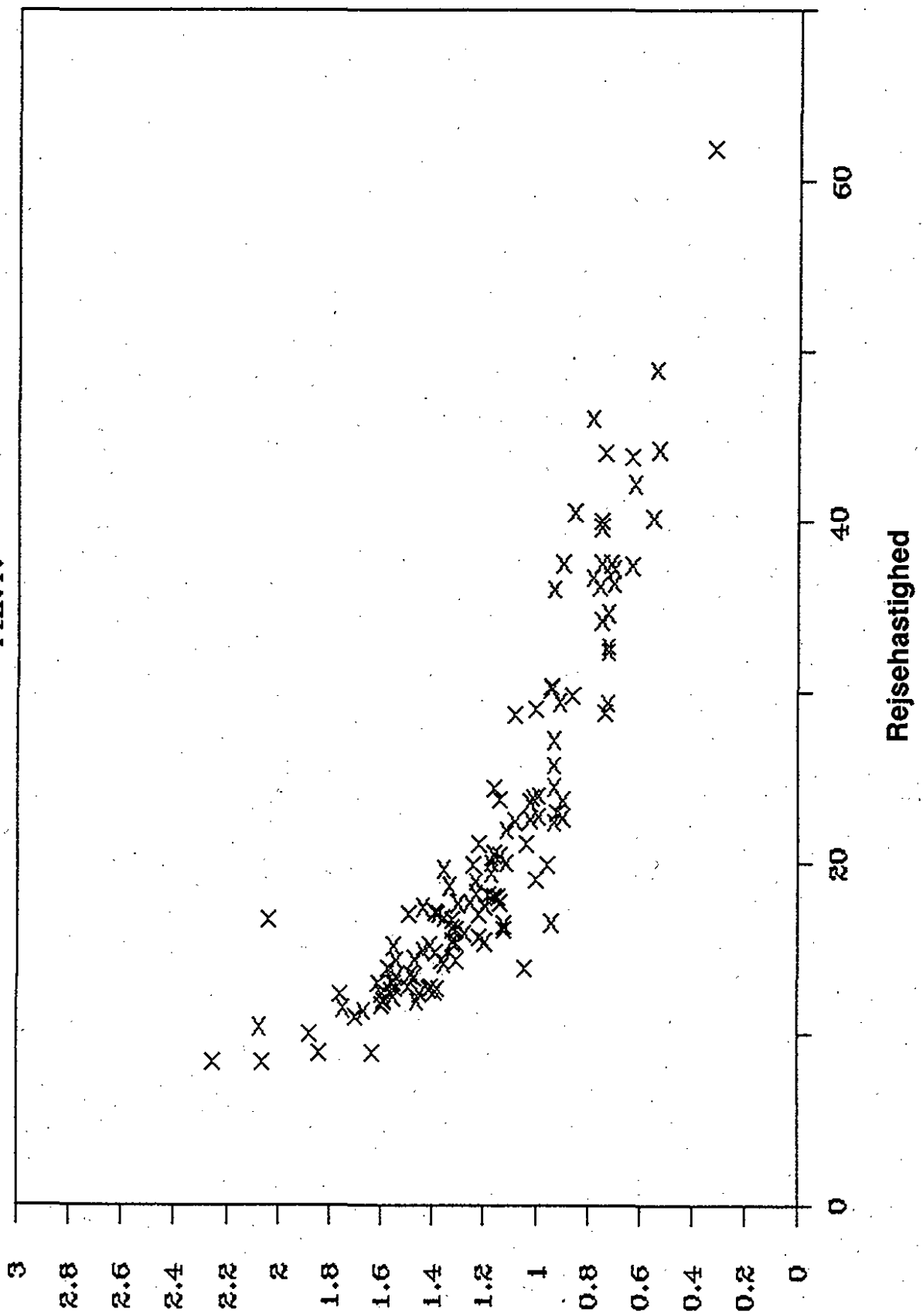


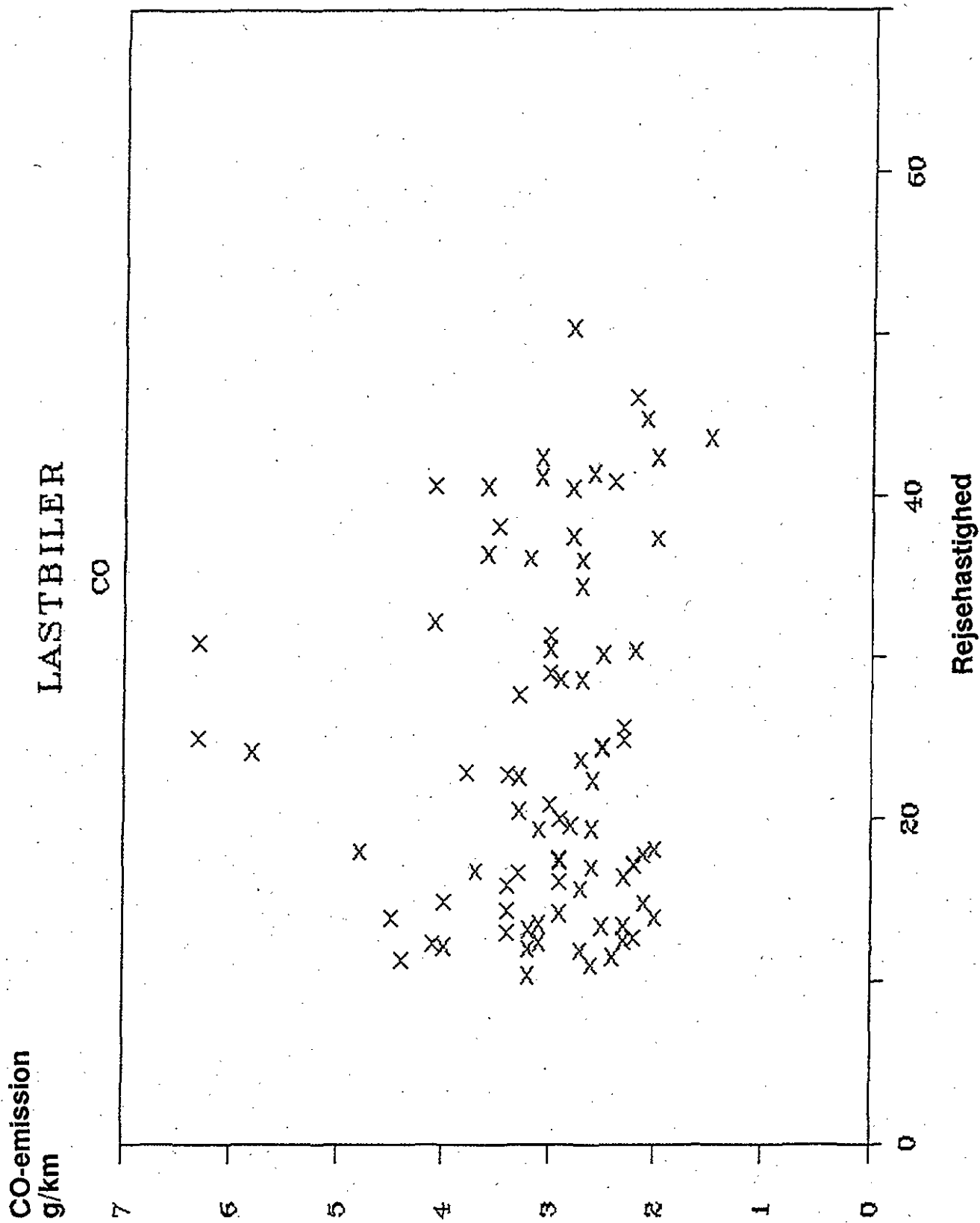
Rejsehaastighed



Partikelemission
g/km

BUSSE
PART.

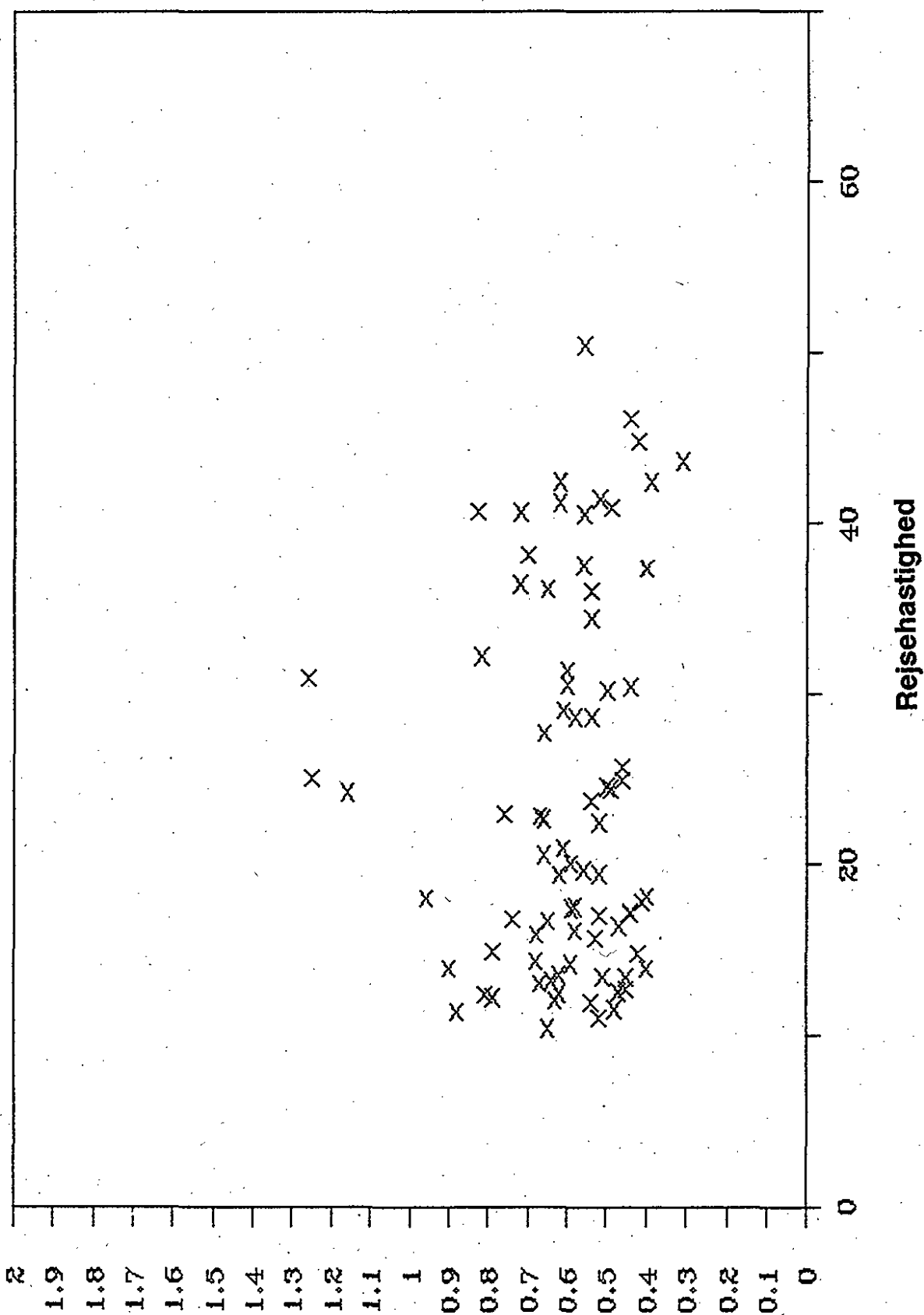




HC-emission
g/km

LASTBILER

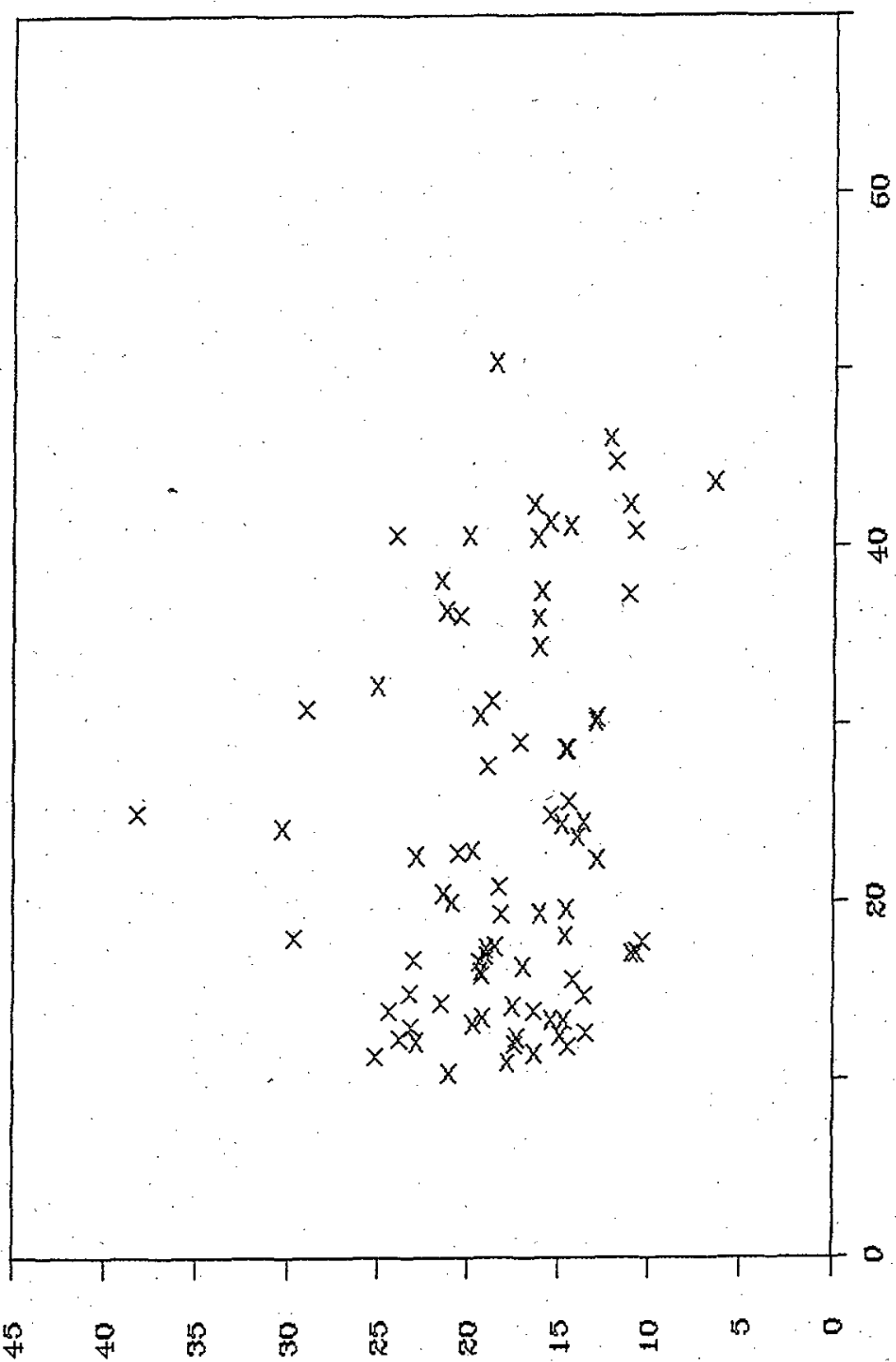
HC



LASTBILER

NO_x-emission
g/km

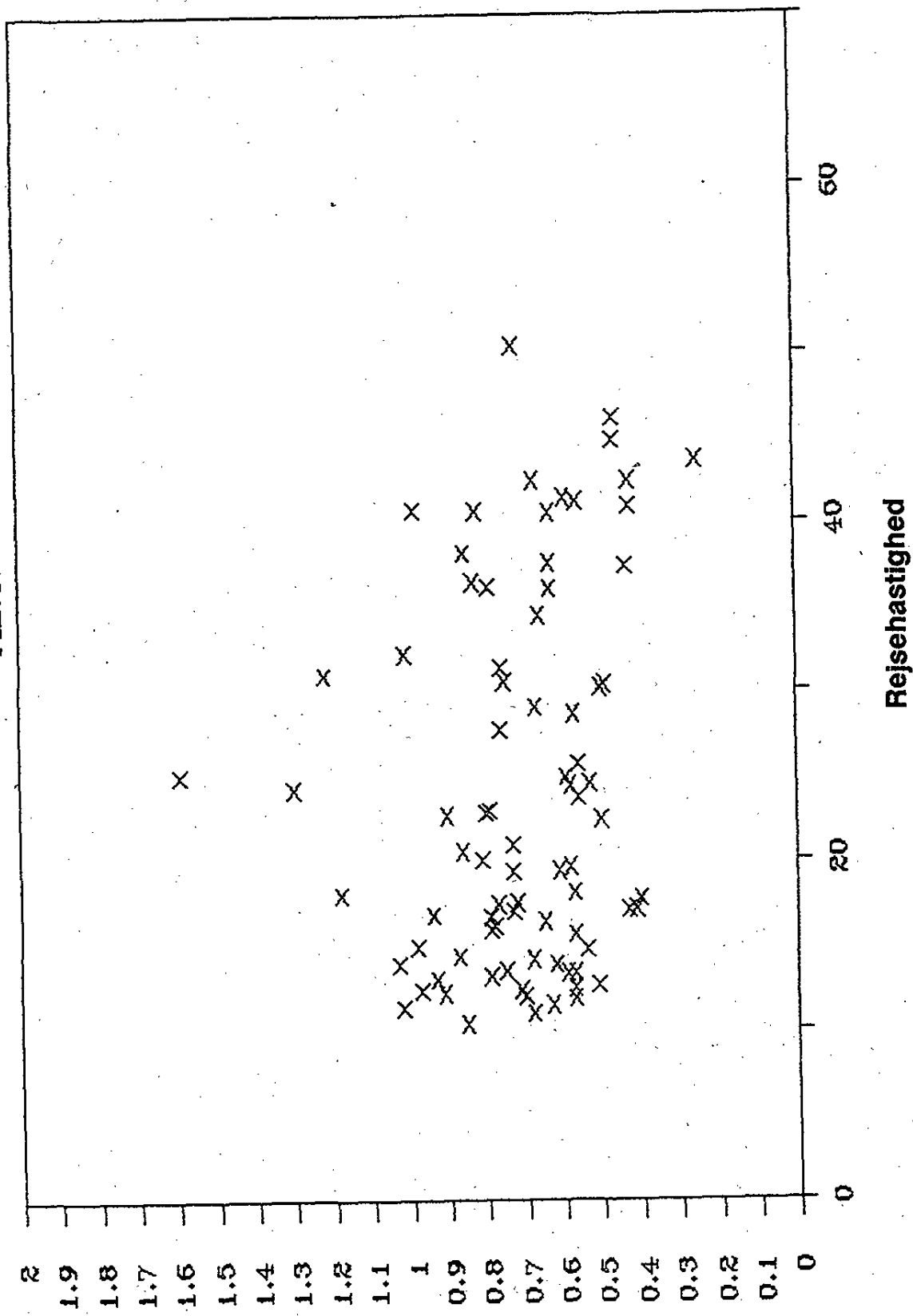
NOx



Partikelemission
g/km

LASTBILER

PART.

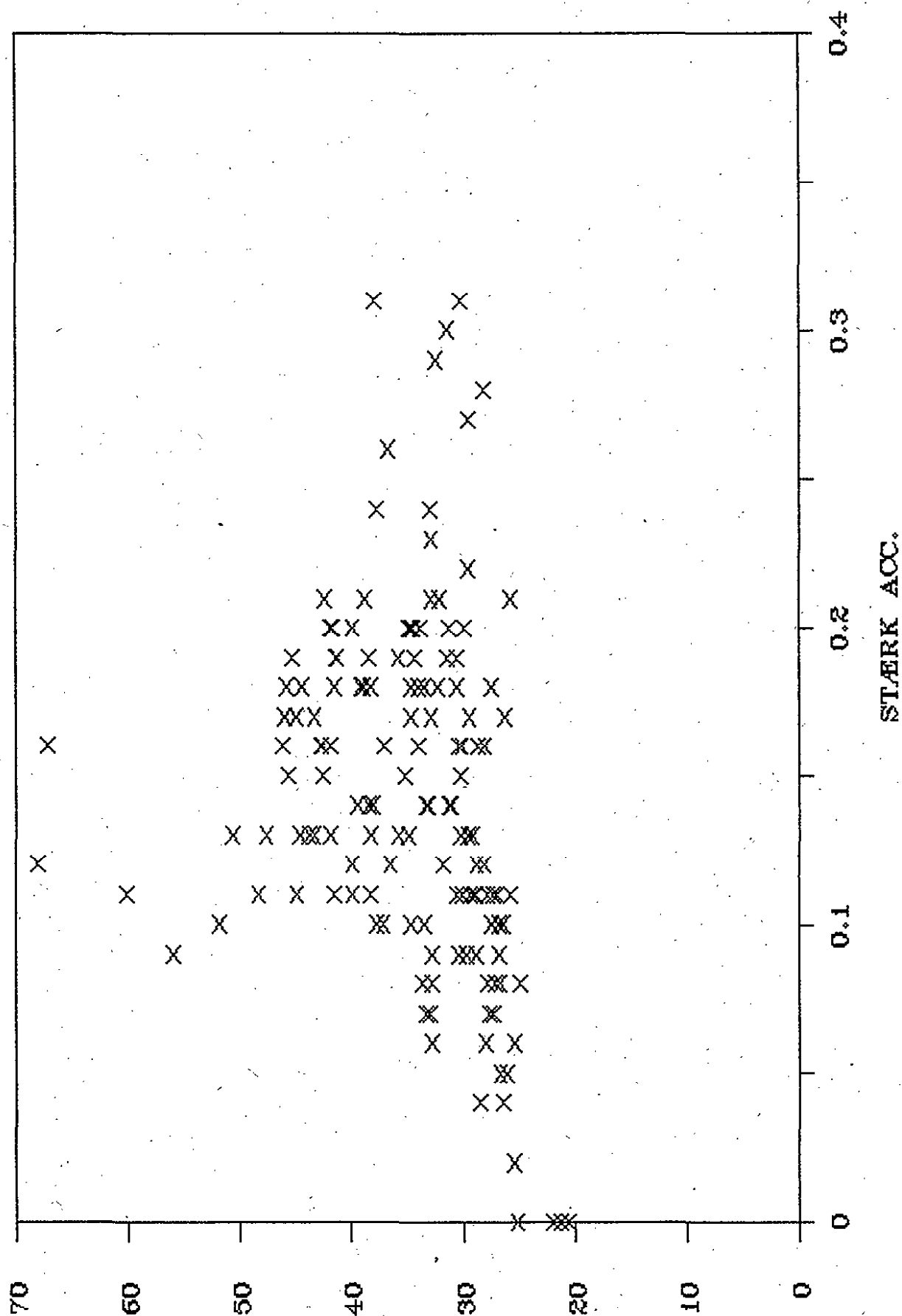


Bilag 5

***Emissionsfaktoren som funktion af andel
stærke accelerationer og antal stop for
udvalgte stoffer og køretøjstyper***

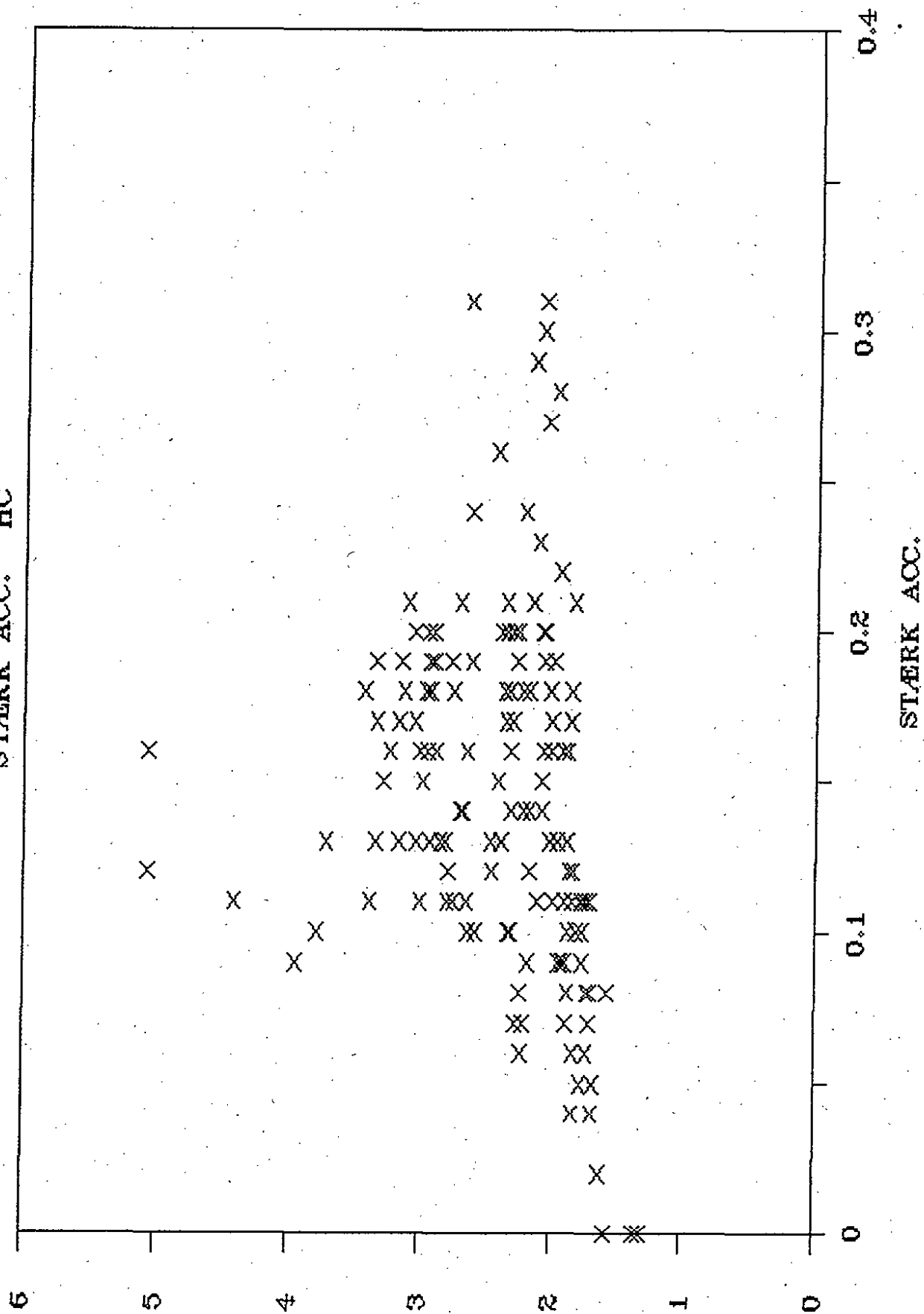
BENZIN-PERSONBILER

STÆRK ACC. CO



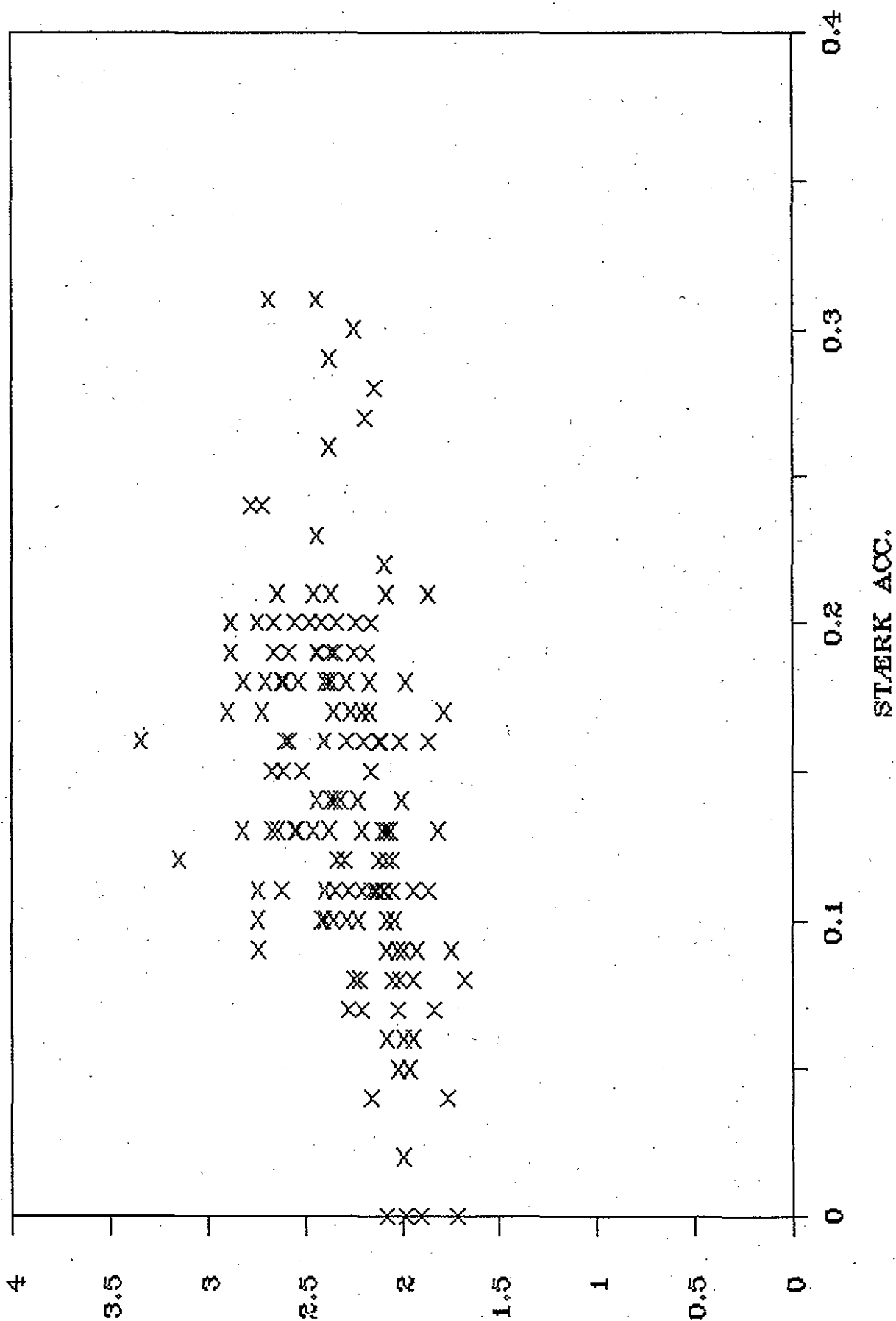
BENZIN-PERSONBILER

STÆRK ACC. HC



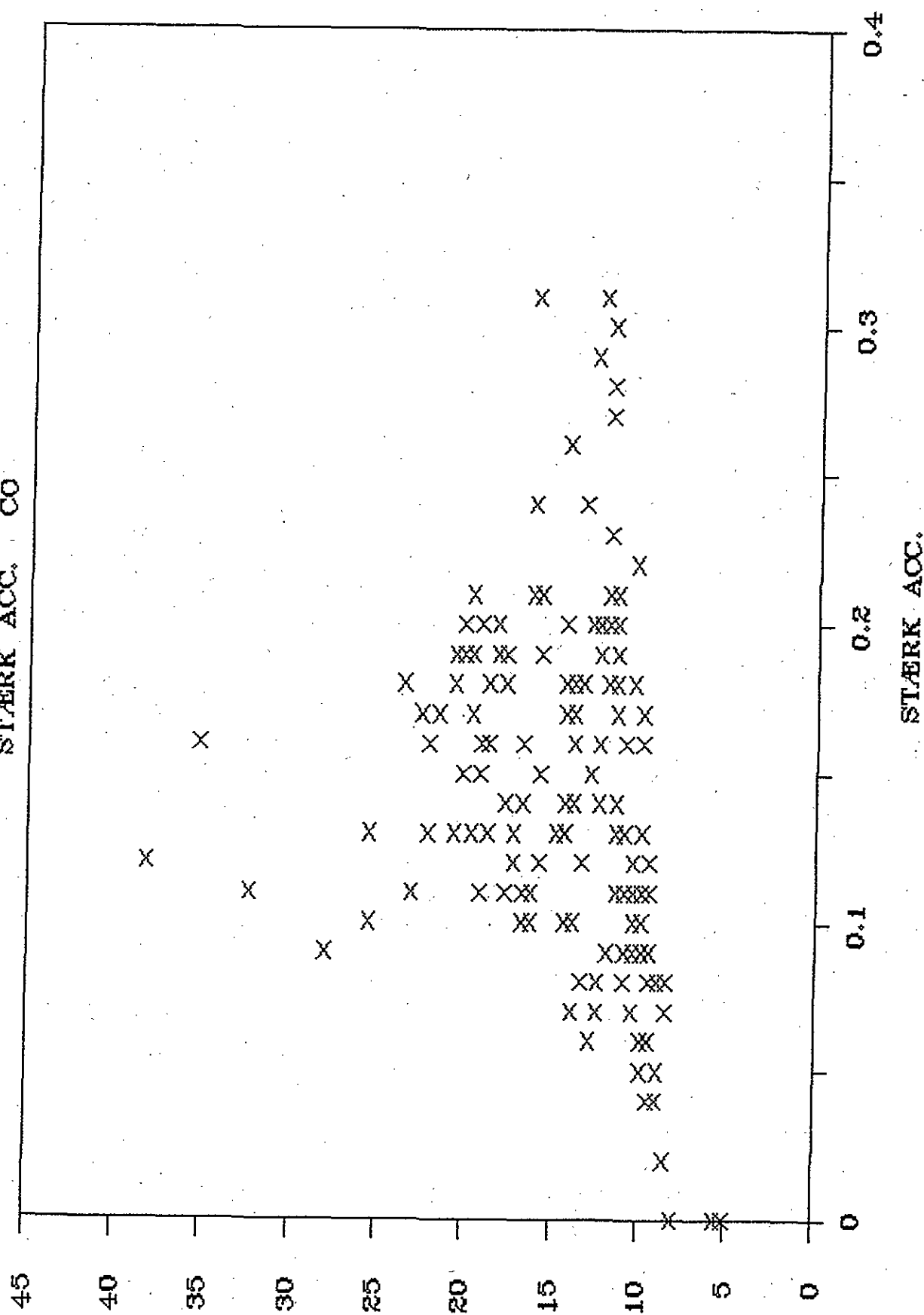
BENZIN-PERSONBILER

STÆRK ACC. NOX



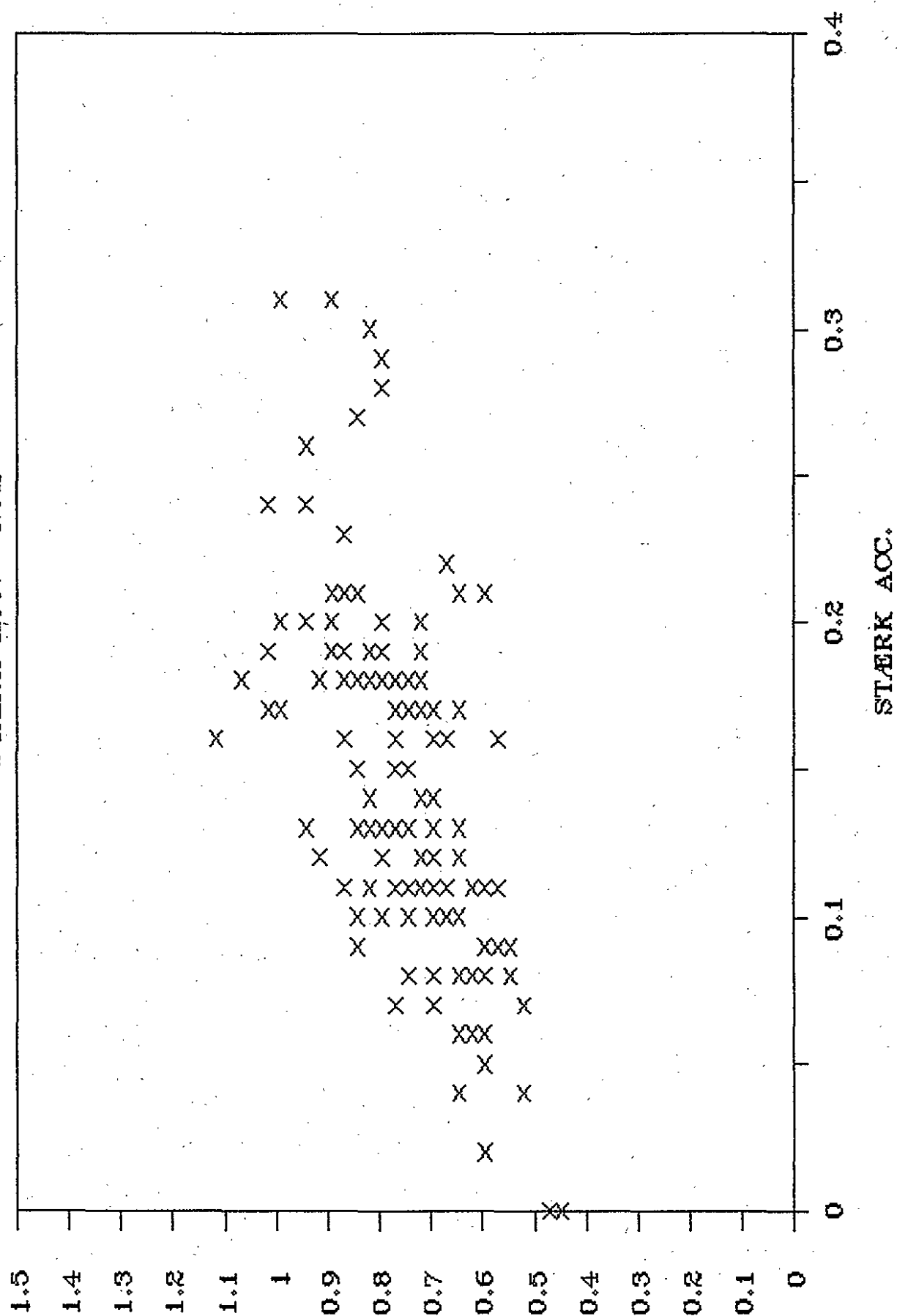
KATALYSATOR

STÆRK ACC. CO

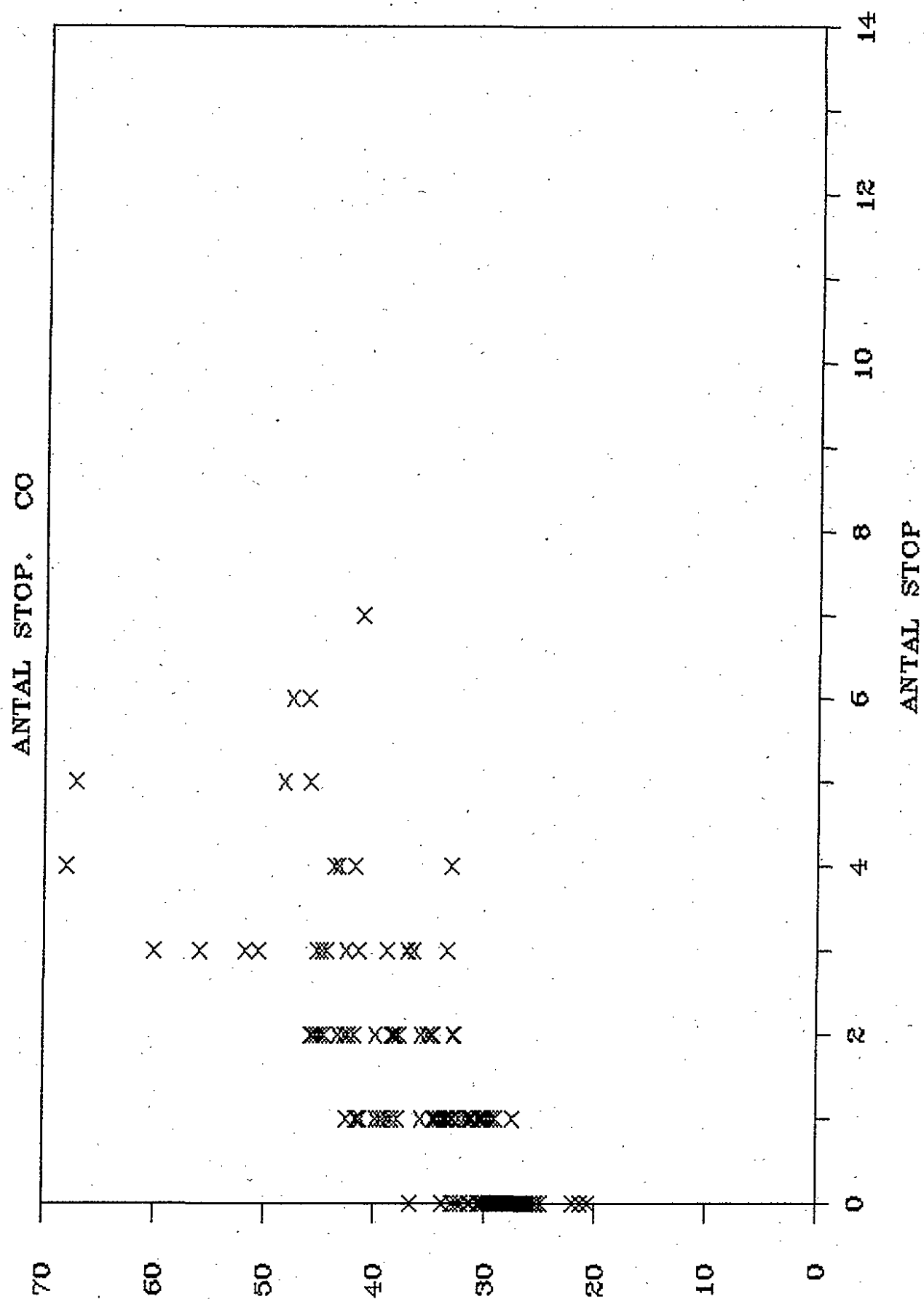


KATALYSATOR

STÆRK ACC. NOx

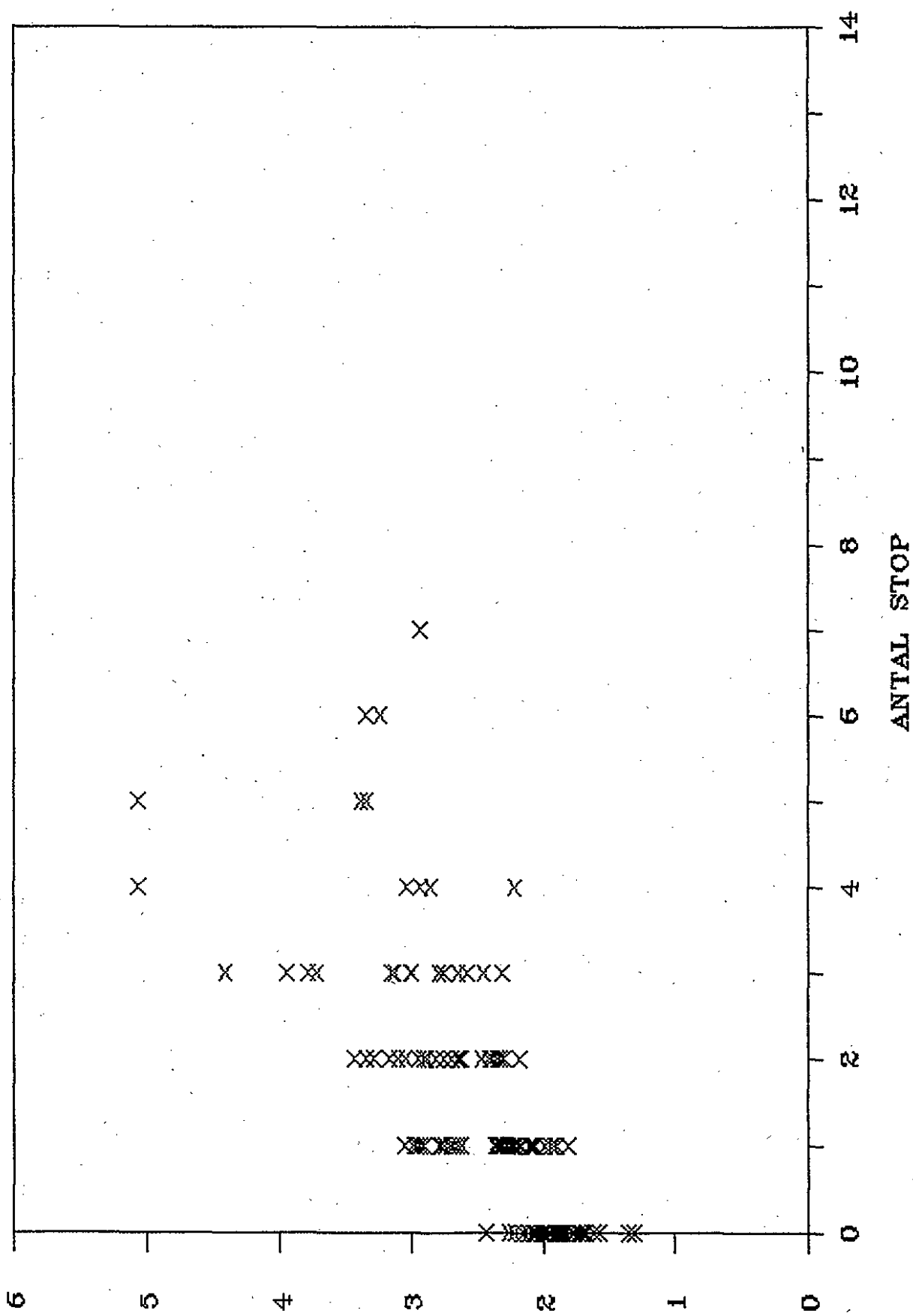


BENZIN-PERSONBILER



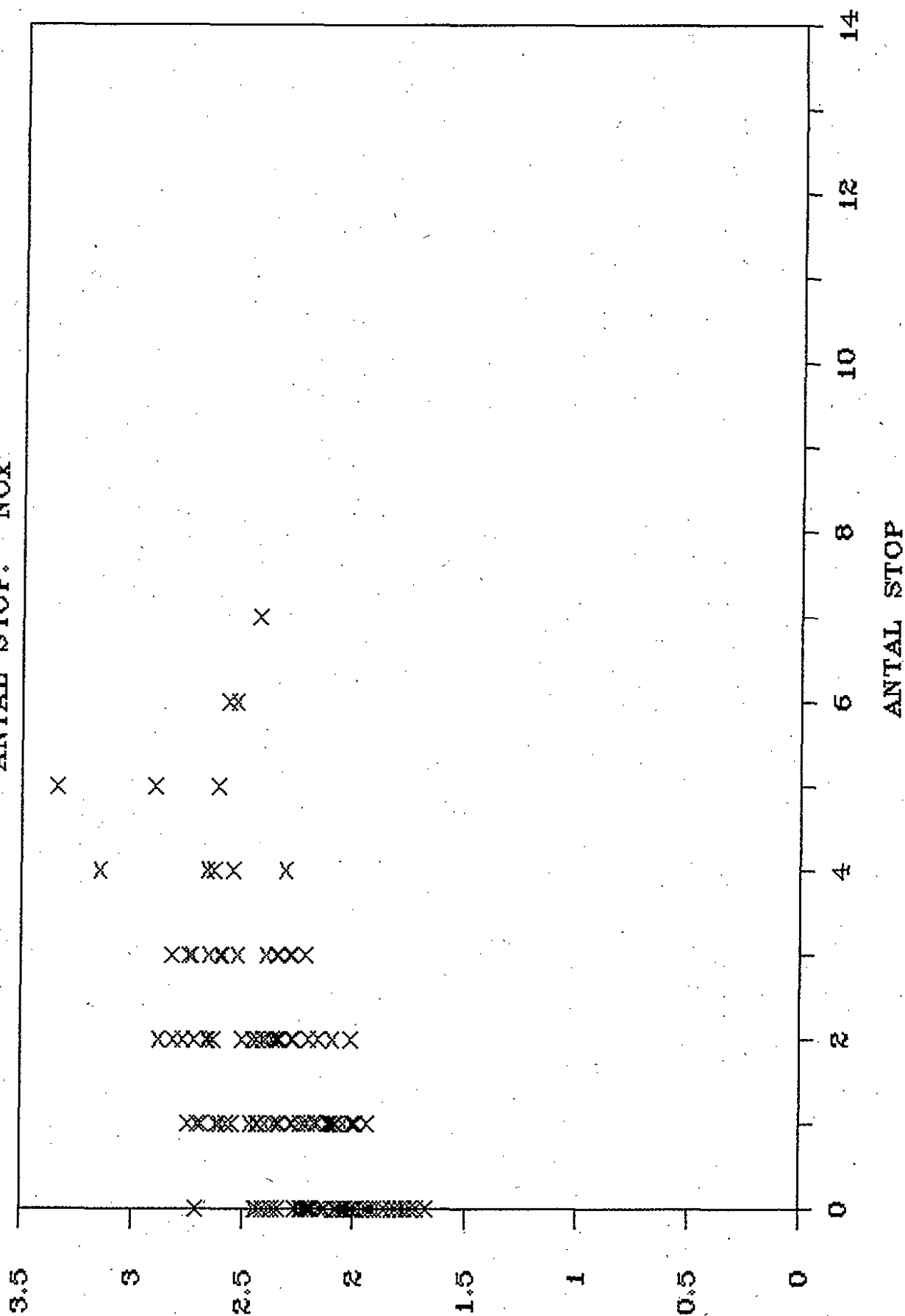
BENZIN-PERSONBILER

ANTAL STOP. HC



BENZIN-PERSONBILER

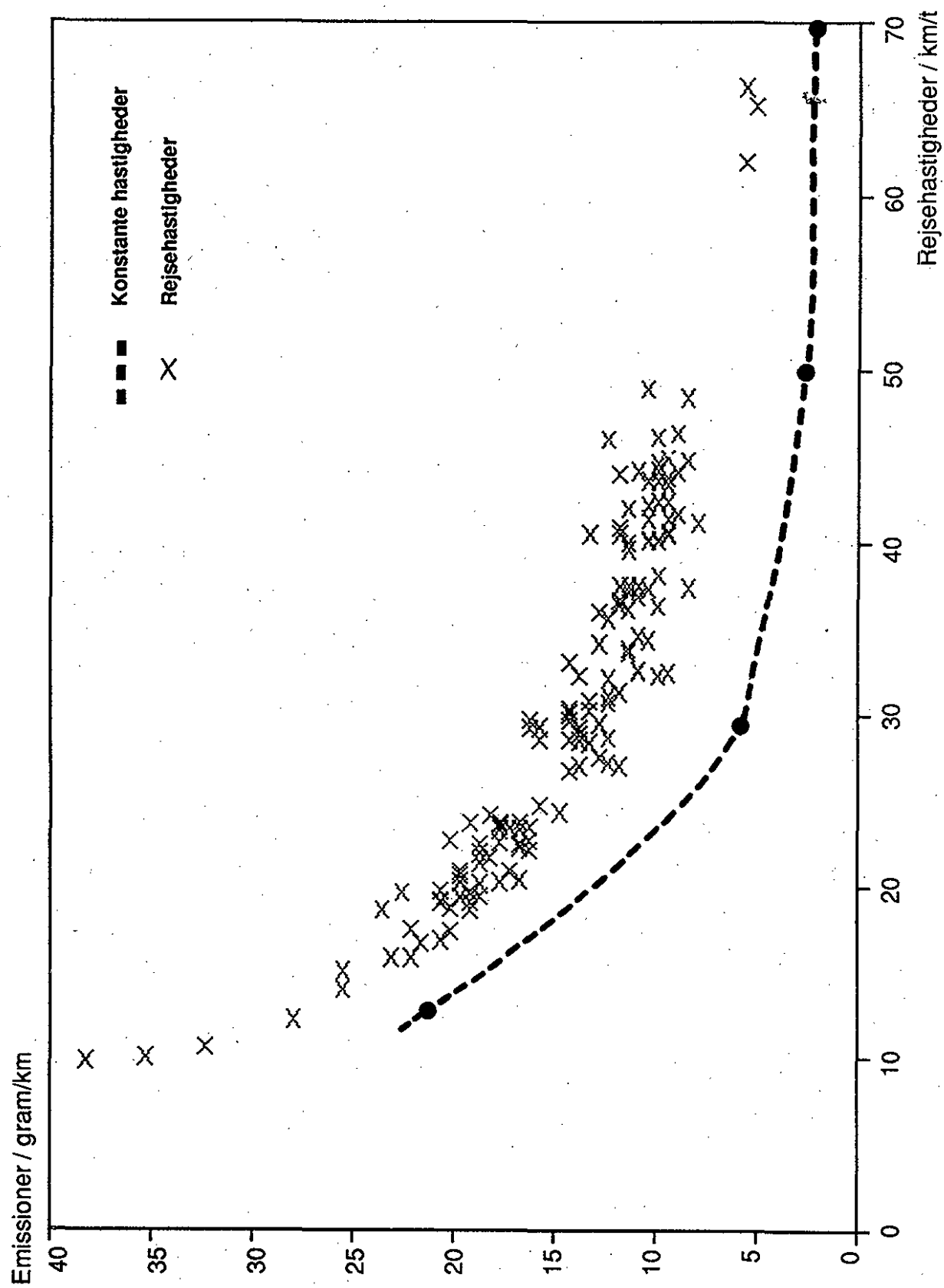
ANTAL STOP. NOx

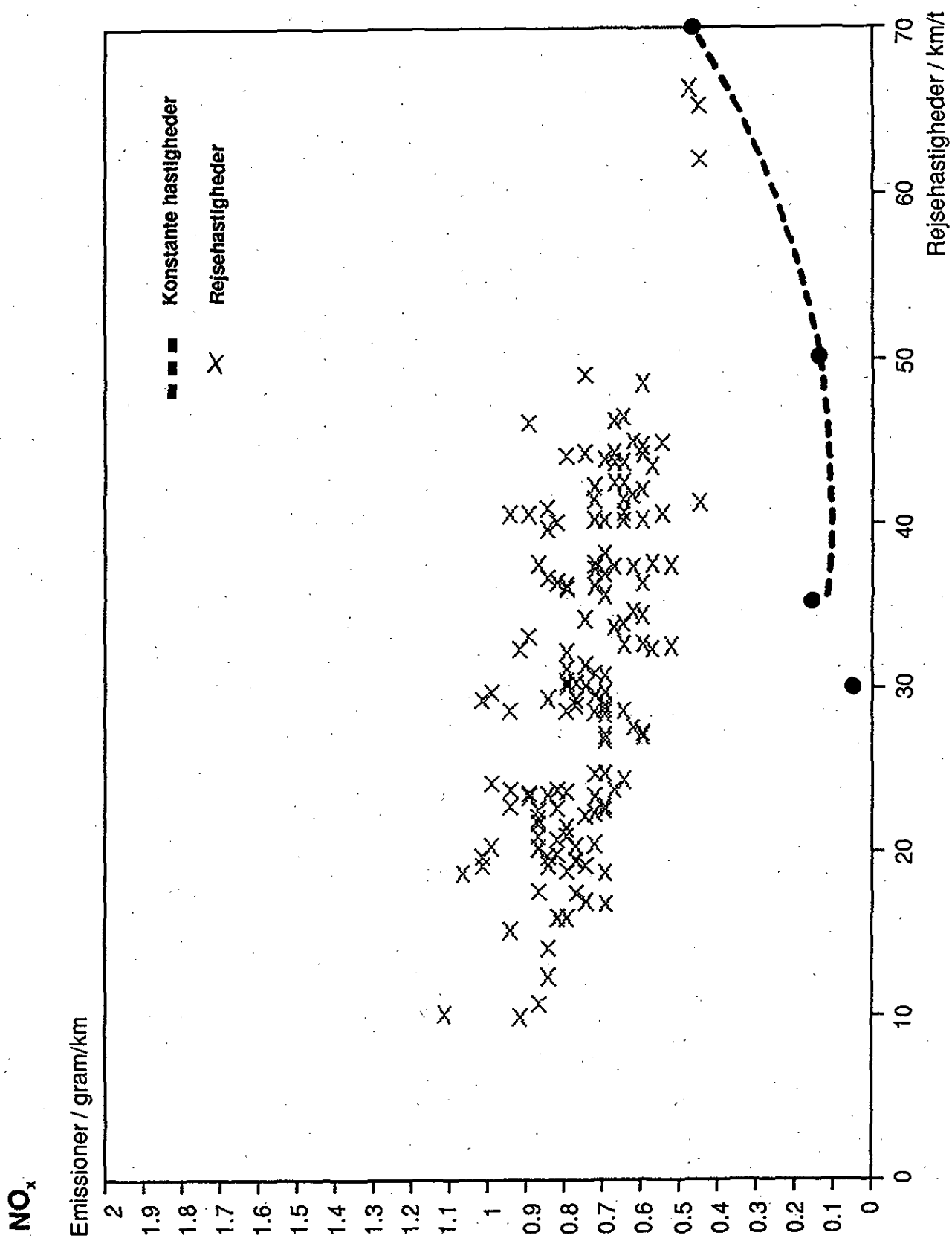


Bilag 6

***Konstant hastighed og rejsehastighed som
funktion af emissioner for katalysatorbiler***

CO





REGISTRERINGSBLAD

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K

Serietitel, nr.: Miljøprojekt, 165

Udgivelsesår: 1991

Titel:

Luftforurening fra individuel og kollektiv trafik

Undertitel:

Undersøgelse af 4 københavnske bygader

Forfatter(e):

Krawack, Susanne (red)

Udførende institution(er):

Miljøstyrelsen (spons); Vejdirektoratet. Vejdatalaboratoriet (spons); COWIconsult A/S; Danmarks Tekniske Højskole. Laboratoriet for Energiteknik

Resumé:

Der er foretaget en sammenligning af luftforureningen fra individuel og kollektiv trafik under aktuelle trafikforhold i 4 københavnske gader samt beregninger af køremådens betydning for forureningsforholdene. Det er ligeledes vurderet, hvilken indflydelse indførelse af busbaner, busprioritering, grønne bølger og trafiksanering kan forventes at få på forureningsforholdene. Endvidere er den forventede effekt på luftkvaliteten og støjforholdene i forskellige situationer vurderet.

Emneord:

udstødningsgasser; trafikmængder; sammensætning; motorkøretøjer; emissionsfaktorer; byer; støj; partikler; København; VOC; karbonmonoxid CAS 630-08-0; NOX; CAS 10102-44-0; CAS 10102-43-9

ISBN: 87-503-8983-1

ISSN: 0105-3094

Pris (inkl. moms): 110 kr.

Format: A4

Sideantal: 160

Md./år for redaktionens afslutning: januar 1991

Oplag: 1. oplag 1300. 2. oplag 300.

Andre oplysninger:

Hertil knytter sig 3 bilagsrapporter : "Kørselsmønster i byer og vejtrafikstøj, Notat nr. 4. Vejdatalaboratoriet, 1990". "Kollektiv og individuel trafik - Emissionsmodeller, Rapport RE 90-9. DTH. Laboratoriet for Energiteknik, 1990". "Beregninger med OSPM-modellen af NOx- og CO-luftforurening i Bredgade, København, Faglig rapport, 15. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990".

Tryk: Scantryk, København

- Nr. 116 : Renere teknologi i svine- og kreaturslagteribranchen
- Nr. 117 : Dioxinemission ved affaldsforbrænding
- Nr. 118 : Klorkilders betydning for dioxindannelse ved forbrænding
- Nr. 119 : Okkerrensning i forbindelse med landbrugsmæssig dræning
- Nr. 120 : Kontrol af køretøjer med katalysator
- Nr. 121 : Forurenede industrigrunde
- Nr. 122 : Indsamling af papir og pap fra erhvervsvirksomheder
- Nr. 123 : Risikovurdering af forurenede grunde
- Nr. 124 : Vedligeholdelse af køle-smøremidler
- Nr. 125 : Fugleføde i kornmarker – insekter og vilde planter
- Nr. 126 : Miljøvenlige malematerialer i jernindustrien
- Nr. 127 : Miljøfremmede, organiske stoffer i kommunalt spildevand
- Nr. 128 : Nedsivning fra byggeaffald
- Nr. 129 : Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald – del 1
- Nr. 130 : Forureningsfri galvanomaskiner til værkstedsbrug
- Nr. 131 : Miljøvurdering af PVC og udvalgte alternative materialer
- Nr. 132 : PVC i kontorartikler, sundhedssektor, m.v.
- Nr. 133 : PVC i byggeri og anlæg
- Nr. 134 : PVC i emballage
- Nr. 135 : Hjemmekompostering
- Nr. 136 : Bearbejdning af danske måledata af regn og afstrømning
- Nr. 137 : Regulering af forurening fra afløbssystemer under regn
- Nr. 138 : Renere teknologi på energiområdet
- Nr. 139 : Afvask af trykpresser med sojaolie
- Nr. 140 : Vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse
- Nr. 141 : Det grønne affaldssystem i AFAV
- Nr. 142 : Det grønne affaldssystem i Høng
- Nr. 143 : Katodisk elektrodypemaling
- Nr. 144 : Reparationsmaling af automobiler
- Nr. 145 : Genanvendelse af nedknust tegl
- Nr. 146 : Restprodukter fra røggasrensning ved affaldsforbrænding 1
- Nr. 147 : Blæserensningsmetoder
- Nr. 148 : Storskraldsordninger med genanvendelse
- Nr. 149 : Emissionsundersøgelse for pejse og brændeovne
- Nr. 150 : Prognose for bygge- og anlægsaffald – hovedrapport
- Nr. 151 : Prognose for bygge- og anlægsaffald – bilagsdel
- Nr. 152 : Kemikalier i husholdningen
- Nr. 153 : Danmarks udledning af industrielt spildevand
- Nr. 154 : Miljømærkning af produkter
- Nr. 155 : Spredning af forurening i moræner
- Nr. 156 : Drikkevandskvalitet i Danmark
- Nr. 157 : Anvendelse af nedknust beton i ny beton
- Nr. 158 : Bortskaffelse af havneslam
- Nr. 159 : Miljøvenlig affedtning i jernindustrien
- Nr. 160 : Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald – del 2
- Nr. 161 : Arbejdsmiljøforhold ved genanvendelse af affald
- Nr. 162 : Renere teknologi i eksisterende galvanovirksomheder
- Nr. 163 : Forurening fra pelsdyrfarme
- Nr. 164 : Deltagelse i kildesortering af husholdningsaffald
- Nr. 165 : Luftforurening fra individuel og kollektiv trafik
- Nr. 166 : Overfladeaktive stoffer – spredning og effekter i miljøet
- Nr. 167 : Renere teknologi i mejeribranchen
- Nr. 168 : Miljømæssig vurdering af mælkeemballage
- Nr. 169 : Renere teknologi i den grafiske branche
- Nr. 170 : Ozonlagsnedbrydende stoffer – forbrug i 1987-1989
- Nr. 171 : Design af affaldsbeholdere

Luftforurening fra individuel og kollektiv trafik

Der er foretaget en sammenligning af luftforureningen fra individuel og kollektiv trafik under aktuelle trafikforhold i 4 københavnske gader samt beregninger af køremådens betydning for forureningsforholdene. Det er ligeledes vurderet, hvilken indflydelse indførelse af busbaner, busprioritering, grønne bølger og trafiksanering kan forventes at få på forureningsforholdene. Endvidere er den forventede effekt på luftkvaliteten og støjforholdene i forskellige situationer vurderet.

Pris kr. 110,- inkl. 25% moms

ISSN nr. 0105-3094

ISBN nr. 87-503-8983-1

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29 · 1401 København K · Tlf 31 57 83 10