

NILU  
OPPDRAGSRAPPORT NR: 15/78  
REFERANSE: 23977  
DATO: MARS 1978

UNDERSØKELSE AV LUFTFORURENSNINGER FRA  
VEGTRAFIKK I ROSENBORG/MØLLENBERGOMRÅDET  
I TRONDHEIM

*AV*  
*K.E. GRØNSKEI*

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM  
NORGE

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Luftforurensninger fra vegtrafikk i Rosenborg/Møllenbergområdet er undersøkt ved målinger og beregninger. Beregningsmetodene er videre benyttet til å estimere endringer i forurensningsnivået som trafikkreguleringen har medført.

Undersøkelsen har vist:

1. Ved Innherredsveien ble det observert hyppige overskridelser av veiledende luftkvalitetsstandarder. Beregninger og enkeltobservasjoner indikerte at i Nonnegt kan overskridelser av CO-standarden sannsynligvis forekomme.
2. Bakgrunnsforurensninger over boligområdet, som vesentlig skyldes utslipp over byen som helhet, karakteriseres av en CO-konsentrasjon på  $4 \text{ mg/m}^3$  ved liten vind og sterk trafikk.
3. Som følge av trafikkomleggingen økte det samlede CO-utslippet i området med knapt 5% mellom august og oktober 1976. Siden avtok imidlertid forurensningsutslippet og mellom august 1976 og september 1977 var reduksjonen ca 11%.
4. Reduksjonen i utslippet har vesentlig gjort seg gjeldende i Nedre Møllenberggt hvor forurensningene er redusert til bakgrunnsnivå. I Nonnegt er imidlertid forurensningene økt slik at rådgivende luftkvalitetsstandard (8 timers middelerverdi) for CO sannsynligvis overskrides i enkelte perioder.
5. Målinger fra området indikerer at CO-konsentrasjonen er proporsjonal med trafikkintensiteten og omvendt proporsjonal med vindhastigheten når hastigheten er over 1 m/s. Det er i samsvar med beregningsmetodene. Ved å klarlegge avhengigheten med de vertikale blandingsforholdene vil en sannsynligvis bedre anvendbarheten av de enkle beregningsmetodene for norske forhold.

INNHOLDSFORTEGNELSE

|  | Side |
|--|------|
| 1 INNLEDNING .....   | 7    |
| 1.1 Bakgrunn .....   | 7    |
| 1.2 Hensikt med undersøkelsen .....  | 7    |
| 1.3 Faktorer som bestemmer luftforurensningsnivået ved trafikkårer (3) .....   | 8    |
| 2 METODIKK .....   | 11   |
| 2.1 Registrering av forurensningsbelastningen .....  | 11   |
| 2.2 Beregninger av forurensningskonsentrasjoner .....  | 14   |
| 2.3 Metodikk ved beregning av endringer i forurensningsnivået som følge av trafikkreguleringen .....                         | 16   |
| 3 RESULTATER .....   | 18   |
| 3.1 Utslippsdata .....   | 18   |
| 3.2 Meteorologiske data .....  | 20   |
| 3.3 CO-målinger ved de faste måletasjonene i Innherredsveien og Nedre Møllenberggt. ....                                     | 21   |
| 3.4 Sammenhengen mellom CO-målingene, meteorologiske parametre og trafikk tettheten .....                                    | 22   |
| 3.5 Observasjoner av trafikkforhold og CO-konsentrasjoner i perioden 18. - 20.10.77 .....                                    | 26   |
| 4 BEREGNINGER AV FORURENSNINGSKONSENTRASJONENE FØR OG ETTER TRAFIKKREGULERINGEN .....  | 29   |
| 4.1 Forurensninger i boligområdene forårsaket av utslippene på Innherredsveien .....   | 29   |
| 4.2 Forurensninger i området før og etter trafikkreguleringen .....  | 30   |
| 5 KONKLUDERENDE BEMERKNINGER .....   | 32   |
| 5.1 Forurensningsbelastningen i deler av området der trafikkomleggingen har ført til merkbare endringer i belastningen ..... | 32   |
| 5.2 Endringer i forurensningsnivået som følge av endringer i de meteorologiske forholdene .....                              | 33   |
| 6 REFERANSER .....   | 34   |
| VEDLEGG A: Beskrivelse av årsaken til og virkningen av forurensning fra biltrafikk.  |      |
| Normer og retningslinjer for luftkvalitet  | 35   |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| VEDLEGG B: | Beregningsmetodene - formler .....                                     | 47 |
| VEDLEGG C: | C1 Utgangspunkt for utslippsberegningene                               | 55 |
|            | C2 Meteorologiske data .....   | 60 |
|            | C3 CO-konsentrasjonen som funksjon av<br>trafikk- og vindforhold ..... | 60 |

UNDERSØKELSE AV LUFTFORURENSNINGER FRA VEGTRAFIKK  
I ROSENBORG/MØLLENBERGOMRÅDET I  
TRONDHEIM

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Transportøkonomisk Institutt (TØI) undersøker virkningene av ulike trafikktiltak på transportårenes nærmiljø i Rosenborg/Møllenbergområdet i Trondheim (1 og 2). Gjennom før og etterundersøkelser har en blant annet kartlagt endringer i trafikk- og miljøforhold og sosiale forhold.

TØI og NILU har drøftet mulige virkninger på luftforurensningene og kommet fram til et opplegg for kartlegging av luftforurensningen fra biltrafikken i Rosenborg/Møllenberg-området.

1.2 Hensikten med undersøkelsen

Undersøkelsen er lagt opp til å dekke følgende:

- a) Undersøke, ved målinger og beregninger, forurensningsbelastningen i deler av området der trafikkomleggingen har ført til merkbare endringer i belastningen.
- b) Estimere den endring av belastningen trafikkomleggingen har medført, ved å knytte endringer i forurensningsnivået til endringer i trafikk tettheten og kjøreforholdene.
- c) Søke å knytte endringer i forurensningsnivået til endringer også i meteorologiske forhold, for å kunne beregne belastningen under andre forhold enn de som rådet i måleperioden.

### 1.3 Faktorer som bestemmer luftforurensningsnivået ved trafikkårer (3)

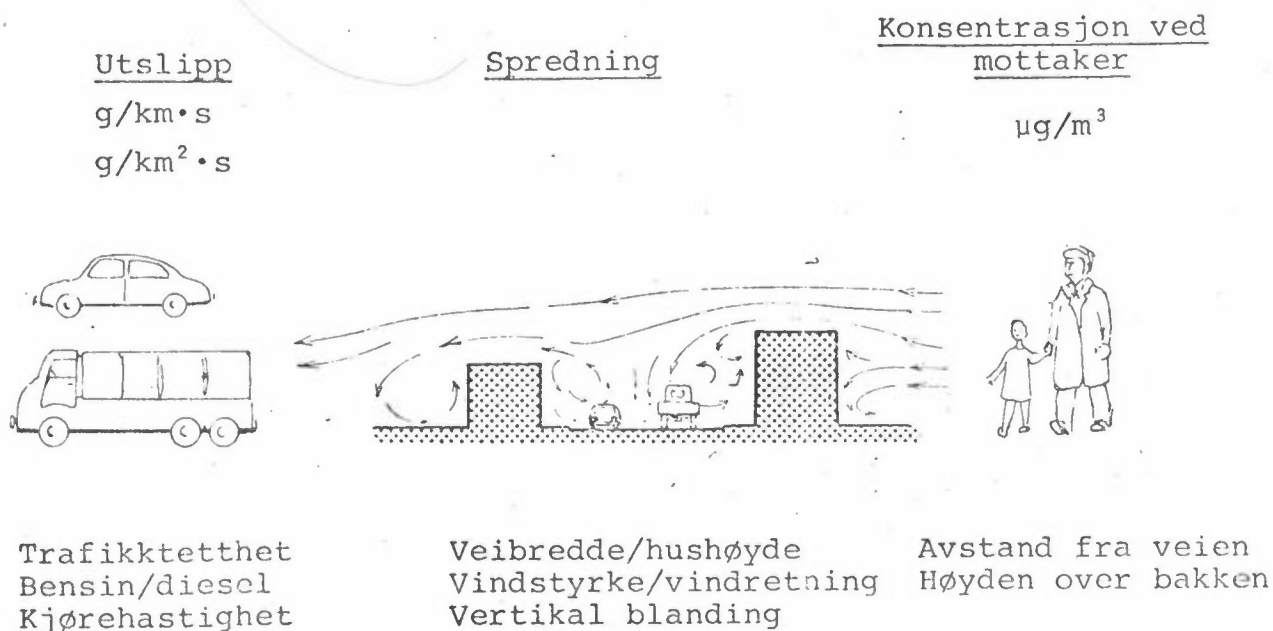
En kort beskrivelse av forurensningene fra biltrafikken, virkningen av den og veiledende luftkvalitetsstandarder er gitt i Vedlegg A.

Luftforurensningsnivået på ethvert sted er en funksjon av utslippets størrelse og av spredningen.

Kildestyrken må angis pr tidsenhet og veilengdeenhet,  $g/km \cdot s$ , evt. arealenhet,  $g/km^2 \cdot s$ , avhengig av om en regner med en linjekilde (motorvei) eller en arealkilde (byområde).

Spredningen kan angis ved en fortynningsfaktor som transformerer utslippet til en konsentrasjon ( $\mu g/m^3$ ) ved mottaker.

I figuren nedenfor er angitt de viktigste faktorer som har betydning for forurensningsnivået.



Figur 1.1: Faktorer som bestemmer luftforurensningsnivået ved en trafikkert veg.

Matematisk formulerte sammenhenger mellom disse faktorer gjør det mulig å beregne forurensningskonsentrasjonene under kjente forutsetninger. Flere beregningsmodeller for luftforurensninger langs en linjekilde med/uten bebyggelse og for arealkilder er utviklet bl.a. i USA. Disse er egnet til å beregne de lokale og regionale luftforurensninger som utslipp fra biltrafikk medfører. Sammenligninger mellom målinger og beregninger viser at modellen under visse forutsetninger estimerer de virkelige forhold godt, under andre forhold mindre godt. Målinger og beregninger utfyller hverandre. Ved målinger bestemmes forurensningen under de rådende forhold. Beregningsmodellene kan brukes til å ekstrapolere målingene til endrede utslipps- og spredningsforhold, f.eks. endret trafikk tetthet og veibredde.

I det følgende gis en kort beskrivelse av sammenhengen mellom forurensningsnivået og hver av de nevnte faktorer, for å gi en oppfatning av hva hver enkelt faktor betyr. Noen av utsagnene er basert på de målinger som blir presentert i (3).

Kapittel 3 gir en mer detaljert oversikt over variasjonen i konsentrasjonen med de enkelte faktorer.

### Utslippsvariasjoner

Utslippet av forurensninger fra biler varierer blant annet med drivstofforbruk, drivstofftype (bensin/diesel etc.), motorens driftstilstand (kald/varm, tenningsjustering) og trafikkavviklingen (høy/lav hastighet, jevn/ujevn hastighet). Totalutslippet fra godt justerte dieselmotorer er vesentlig mindre enn for bensinmotorer ved samme drivstoff-forbruk. Det er spesielt CO-utslippet som er mindre, ca 1/10-del. HC-utslippet er omtrent det samme, mens NO-utslippet for diesel er ca det dobbelte av fra bensin. I bensin fører blytilsetningen til utslipp av bly. Det er ikke bly i diesel. Svovelinnholdet i diesel er derimot vesentlig høyere enn i bensin, og fører til et vesentlig større utslipp av svoveldioksyd og sulfater. Utslippet av faste partikler og uforbrent bensin er også vesentlig høyere fra diesel, ca 5 ganger mere enn fra bensin.

Kjøretilstanden påvirker spesielt utslippet av CO fra bensinbiler. For eksempel vil utslippet av CO ved tomgang og motorbrems være ca 4-5 ganger høyere enn ved kjøring med jevn hastighet, ca 50 km/t. Dette fører til en helt vesentlig økning av CO-konsentrasjonen ved trafikklys, i køkjøring og ved veier med stigning. CO og HC-utslippet pr bil i vanlig bytrafikk kan i middel ligge 2-3 ganger høyere enn ved kjøring på jevn hastighet. Utslippet av de andre stoffene vil også øke, men ikke i samme grad som av CO og HC.

#### Meteorologiske forhold

Det er i første rekke vindstyrke og vertikale blandingsforhold som bestemmer meteorologiens innvirkning på forurensningsnivået. Vindstyrkens innflytelse er vesentlig. Ved økende vindstyrker øker det volumet av "ren" luft som er tilgjengelig for blanding med utslippet pr tidsenhet, og dette gir lavere konsentrasjoner. Vindstyrken synes å ha noenlunde samme innflytelse både ved åpne og lukkede gatetversnitt.

Den vertikale temperaturgradient bestemmer den vertikale utluftingsgrad. Ved stabile forhold, inversjon, er den vertikale utlufting dårlig. Dette fører til høye konsentrasjoner.

#### Gatetverrsnitt

Gatetverrsnittets utforming har stor betydning for utluftingen og derved forurensningsnivået. Forurensningen pr bilenheter øker i regelen med smalere gater og høyere husrekker (forutsatt at gatebredden ikke har innflytelse på trafikkavviklingen). Eksempelvis viser målinger i Rådhusgata og ved El8, Lysaker, at hver bilenheter gir anslagsvis 3 ganger høyere forurensningsnivå i Rådhusgata enn ved Lysaker. Dette skyldes vesentlig det trange gatetverrsnittet i Rådhusgata, i motsetning til El8's åpne tverrsnitt.



### Avstand fra og høyde over veibane

Ved veier uten tett bebyggelse langs veien avtar forurensningsnivået relativt raskt med avstanden. Blymålinger langs E18 i Bærum, viste f.eks. at 50 meter fra veibanen ble forurensningsnivået i middel redusert til ca halvparten av hva den var ved veikanten. I bygater hindres spredningen av forurensninger av husrekkene på begge sider. Konsentrasjonen i gaten er helt bestemt av trafikken i gaten, med lite tilskudd fra parallelle gater, med mindre det er svært stor forskjell i trafikk tettheten. Forurensningsnivået avtar med høyden over veibanen.

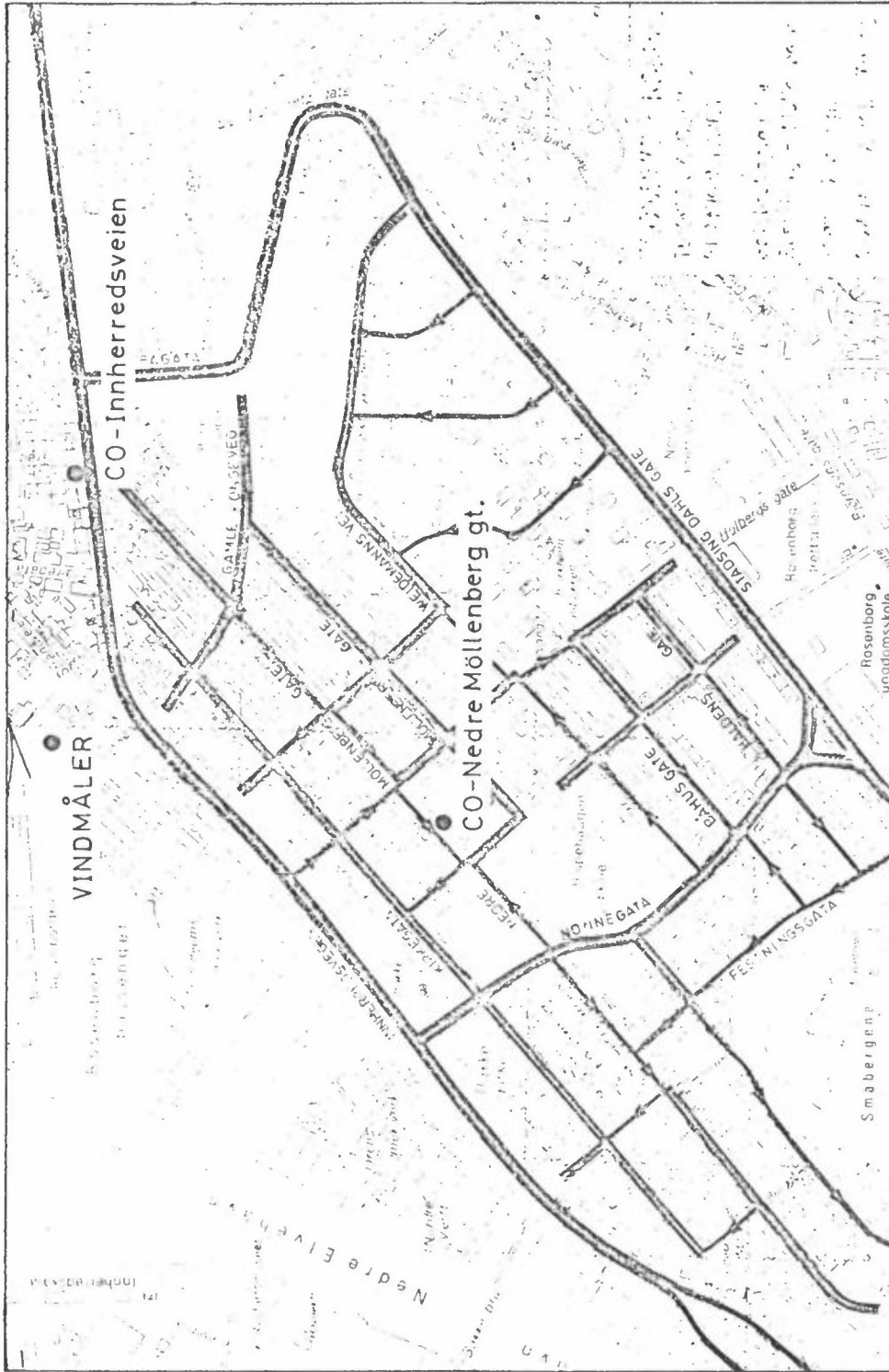
## 2 METODIKK

### 2.1 Registrering av forurensningsbelastningen

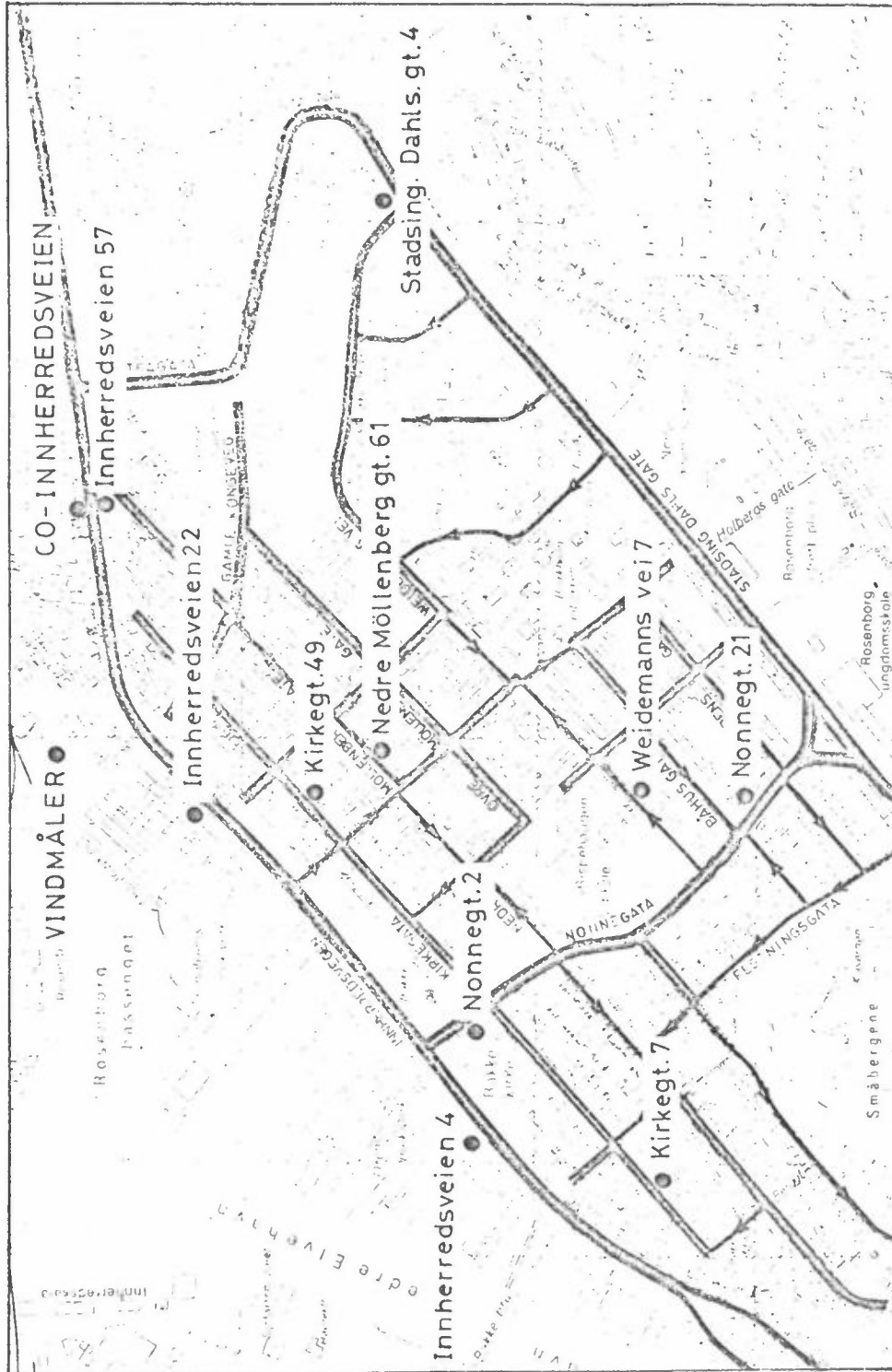
#### Forurensningsnivå

De trafikale forurensninger er bestemt ved registreringer av CO-konsentrasjonen ved Innherredsveien og i boligområder (Nedre Møllenberggt.).

Plasseringen av målestasjonene er valgt i samråd med TØI og vist i figur 2.1. I en begrenset måleperiode, tre dager med tilknytning til opprettelsen av målestasjonene, registrerte en co-konsentrasjonene ved en rekke steder som vist i figur 2.2. Det ble da benyttet en bærbar CO-analysator som senere ble plassert i Nedre Møllenberggt. Målingene i Innherredsveien pågikk hele tiden. Bileksosen inneholder en rekke andre forurensningskomponenter som hydrokarboner (HC), nitrogenoksyder ( $\text{NO}_x$ ), bly (Pb), sot og støv. Målinger har imidlertid vist at ved en trafikkåre er det CO-konsentrasjonen som i størst grad overskrider de mest restriktive luftkvalitetsnormer (3) som er gjort gjeldende på grunnlag av mulige helseeffekter. Forurensninger fra biltrafikken lar seg idag best karakterisere ved å måle CO-konsentrasjonene og sammenligne de målte verdiene med rådgivende grenseverdier.



Figur 2.1: Målesteder i Rosenborg/Møllenberg-området



Figur 2.2: Målesteder ved episodestudiene 18, 19 og 20.10.77 i Rosenborg/Møllenberg-området

For å bestemme dagens forurensningsnivå, og for å belyse effekten på dette av de forskjellige faktorer nevnt i innledningen, utførte en følgende registreringer og observasjoner:

### Kildestyrken

Trafikktellinger ble utført som grunnlag for å estimere kildestyrken. En benyttet seg her av Trondheim kommunes trafikktellinger og av filmopptak under episodestudiene. Nye svenske utslippsdata for bensin og dieslbiler ble så benyttet til å beregne kildestyrken. Beregningene ble utført på grunnlag av data vedrørende trafikktetthet, kjørehastighet, og andel av dieslbiler.

### Spredningen

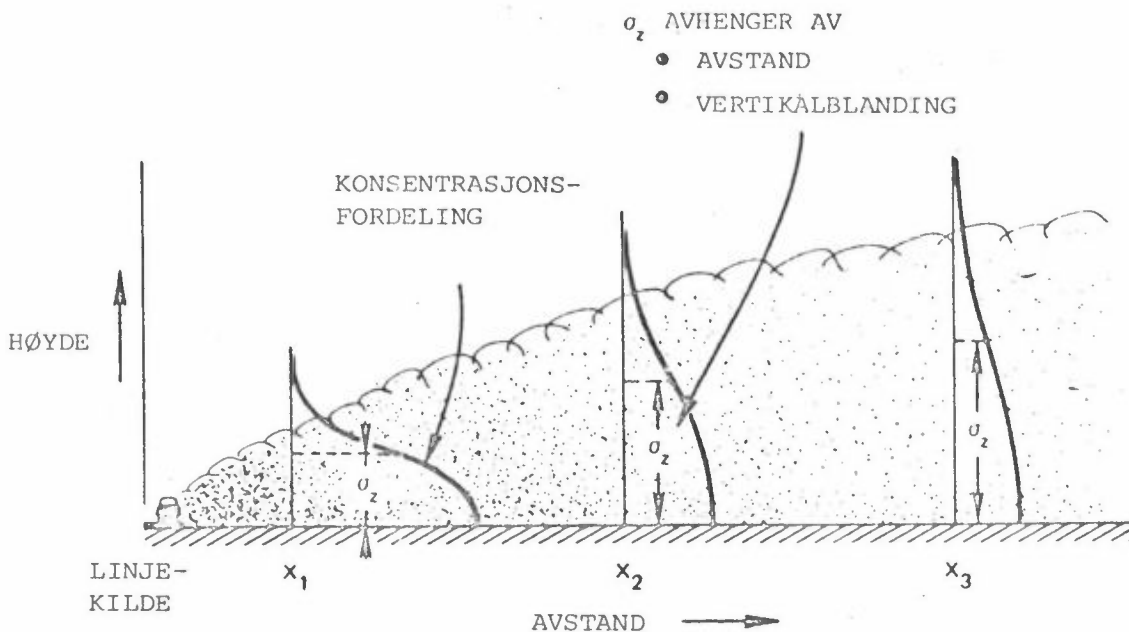
Vindmåleren som var plassert i 10 meters høyde ved Innherredsveien ble benyttet til å registrere vindretning og hastighet over hustakene. Under episodemålingene ble vindhastigheten også registrert ved målestedene. Dimensjonen av gatetverrsnittet, avstand fra og høyde over veibanen, ble registrert ved hvert målested. De fleste målingene ble utført i ca 2 m høyde og 2 m fra den nærmeste kjørebanelen.

## 2.2 Beregninger av forurensningskonsentrasjoner

### Beregningsmetoder

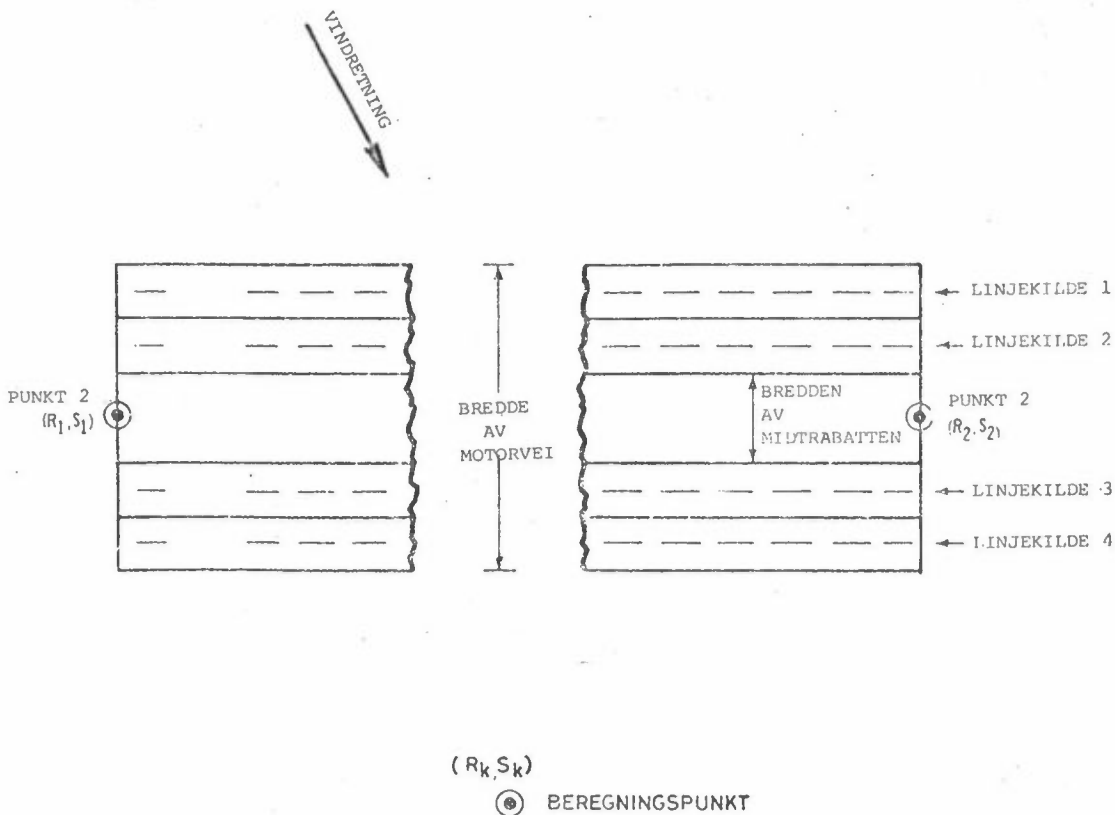
Spredningsmodeller knytter effekten av de forskjellige faktorene sammen.

HIWAY-modellen: Foreløpig benytter NILU en beregningsmetode som er utviklet og programmert ved EPA i USA (5) for spredning nær en enkelt motorvei. Veibanen tilnærmes ved en linjekilde og metoden bygger på vertikalspredning ifølge en Gaussisk formulering som vist i figur 2.3.



Figur 2.3: Vertikalspredning ifølge Hiway-modellen.

Dataene som fordres for å utføre beregninger ved en motorvei er vist i figur 2.4.



Figur 2.4: Forholdene som må være angitt ved konsentrasjonsberegninger ved en motorvei.

Informasjon om utslippet, samt målinger ved motorveier er benyttet til å estimere initialspredningen som følge av turbulensen som genereres av bilene.

Formlene som er brukt ved beregningene er vist i vedlegg B.

APRAC-modellen: For spredning av trafikale forurensninger over et byområde benyttes modellen som er utviklet ved Stanford Research Institute (6) for vanlige spredningsforhold. Programmet beregner CO-konsentrasjonene i fritt valgte punkter og tar hensyn til:

- a) bidraget fra utslipp på forskjellig avstand i 16 vindsektorer (se figur 2.5)
- b) bidraget fra den nærliggende gaten. Beregningene av dette bidraget skiller mellom siden som vender mot vinden (wind ward) og siden som vender fra vinden (leeward). Metoden er vist i figur 2.6.

Beregningsprogrammet foreligger ved NILU og formlene er vist i vedlegg B.

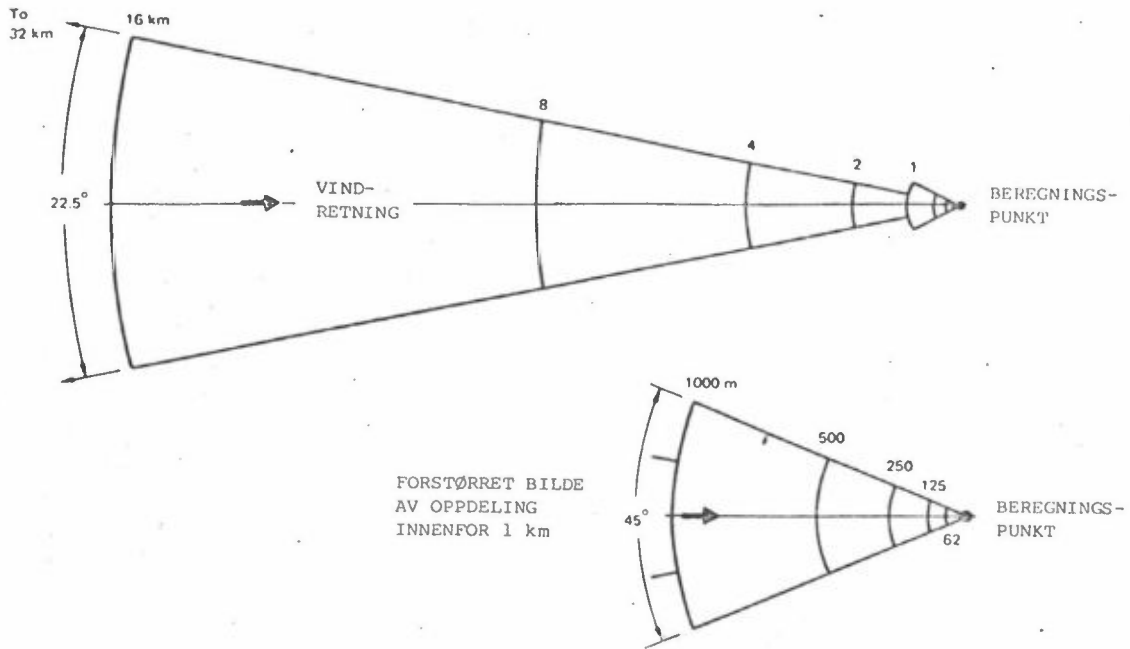
### 2.3 Metodikk ved beregning av endringer i forurensningsnivået som følge av trafikkreguleringen

CO-konsentrasjonene brukes til å angi dagens forurensningsnivå i området.

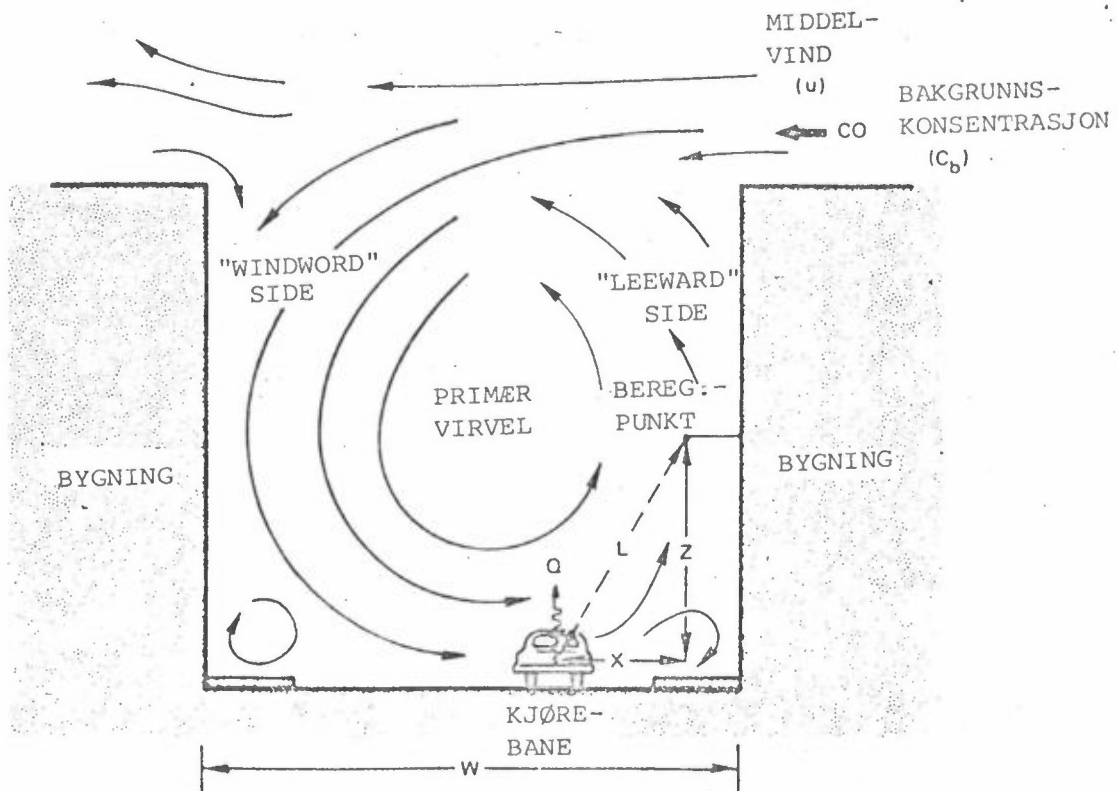
På grunnlag av målingene i Nedre Møllenberggt. og de detaljerte målingene i episodestudiet, har en anslått bakgrunnsforurensningene som skyldes kildene utenfor området. Differensen mellom de observerte CO-konsentrasjonene og det registrerte bakgrunnsnivået angir bidraget til forurensningene fra trafikken innenfor området.

Kildestyrken og spredningsforholdene som ble registrert samtidig med CO-konsentrasjonene, ble brukt til å beregne bidraget til forurensningene fra trafikken i Rosenberg/Møllenberg-området.

De detaljerte målingene av bidraget ble sammenlignet med resultatet av beregningsmetodene og benyttet til å justere proposjonalitetsfaktoren (K) i beregningsformelen for spredning i gater (se vedlegg B, lign. B4 og B5). Data for trafikkforholdene



Figur 2.5: Oppdeling av et byområde ved beregning av generelt forurensningsbidrag fra biltrafikken.



Figur 2.6: Beregning av forurensningsbidraget fra bilene i en gate.

ble så benyttet til å beregne endringene i CO-konsentrasjonene som følge av reguleringen når trafikken var stor og spredningsforholdene dårlige.

### 3 RESULTATER

#### 3.1 Utslippsdata

Basert på svenske utslippstall og data fra TØI og Trondheim kommune angående trafikk tetthet, midlere kjørehastighet, veglengder og andel dieselmotorer har en kommet frem til et estimat for utslippet av CO i rushtiden som vist i tabell 3.1.

Av utslippstallene ser en:

1. Kort etter reguleringen ble det registrert en økning av forurensningsutslippet i gatene
  - a) Nedre Bakklandet
  - b) Innherredsveien
  - c) Innherredsveien øst
  - d) Weidemannsgt
  - e) Stadsing. Dahls gt vest og øst
  - f) Nonnegt
  - g) Tautragt
2. I de andre gatene i boligområdet ble det registrert nedgang i CO-utslippet.

Totalutslippet av CO i området økte først fra 131 kg/time til 137 kg/time.
3. I løpet av det neste året etter reguleringen avtok trafikken i nesten samtlige gater slik at i forhold til førsituasjonen avtok totalutslippet fra 131 kg/time til 116 kg/time. I forhold til førsituasjonen finner en fremdeles en økning i Nonnegt og i Weidemannsgt. Den betydeligste reduksjonen i kildestyrken i løpet av dette året finner i Kirkegaten øst, Gamle Kongevei og Nedre og Øvre Møllenberggt.
4. Mer enn halvparten (59%) av forurensningsutslippet i området skjer langs Innherredsveien.



Tabell 3.1: Utslipp av CO i Rosenborg/Møllenberget-området før ( $Q_0$ ) og etter ( $Q_1$  og  $Q_2$ ) reguleringen. Utslipp pr. veglengdeenhet er beregnet på grunnlag av  $Q_0$  ( $q_0$ ) og  $Q_2$  ( $q_2$ ).

$L$  = lengden av veilenken.

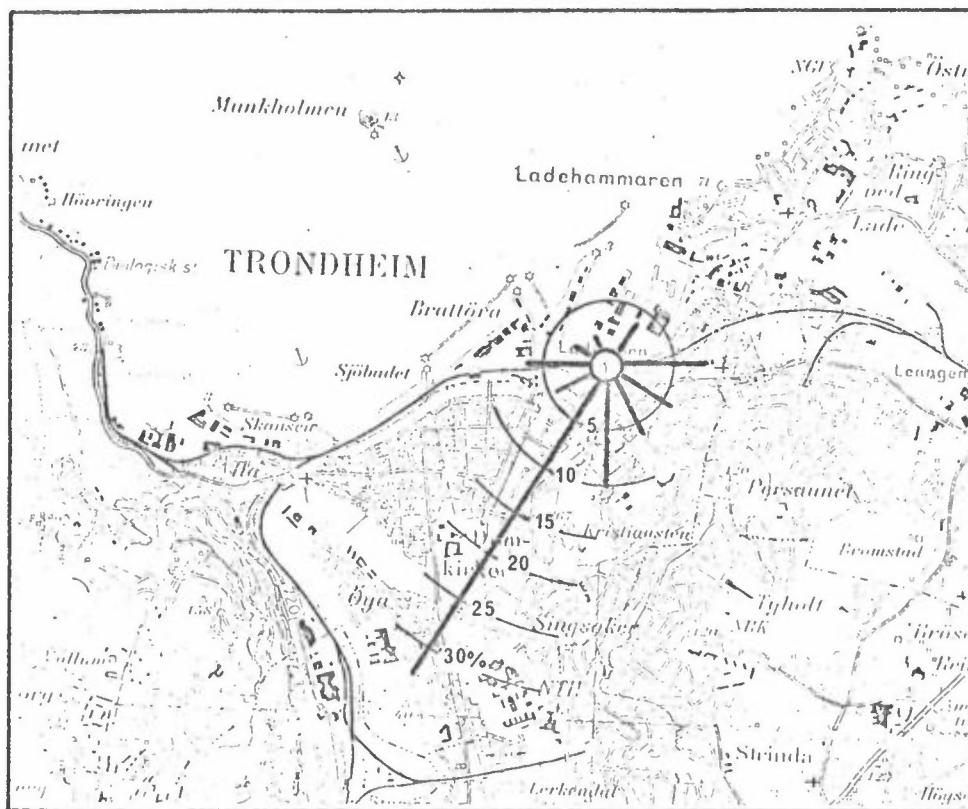
|                             | $Q_0$<br>kg/time | $Q_1$<br>kg/time | $Q_2$<br>kg/time | $Q_1-Q_2$<br>kg/time | $Q_2-Q_0$<br>kg/time | $L$<br>m | $q_0$<br>mg/S m | $q_2$<br>mg/S m |
|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------|-----------------|-----------------|
| 1 Nedre Bakklandet          | 2.9              | 3.7              | 2.7              | -0.2                 | +0.8                 | 250      | 3.2             | 3.0             |
| 2 Innheradsveien            | 47.2             | 52.4             | 44.0             | -3.2                 | +5.2                 | 600      | 21.8            | 20.4            |
| 3 Innheradsveien/øst        | 27.2             | 29.0             | 25.5             | -1.7                 | +1.9                 | 300      | 25.2            | 23.6            |
| 4 Kirkegt. vest             | 2.0              | 0.9              | 0.8              | -1.1                 | -1.1                 | 400      | 1.4             | 0.6             |
| 5 Kirkegt. M                | 2.4              | 2.2              | 2.3              | -0.1                 | -0.2                 | 200      | 3.3             | 3.2             |
| 6 Kirkegt. øst 1            | 2.0              | 1.5              | 1.5              | -0.5                 | -0.5                 | 200      | 2.8             | 2.1             |
| 7 Kirkegt. øst 2            | 0.1              | 0.1              | 0.1              | -0.0                 | 0                    | 100      | 0.2             | 0.2             |
| 8 Gamle Kongev. nord        | 0.6              | 0.3              | 0.3              | -0.3                 | -0.3                 | 70       | 2.5             | 1.1             |
| 9 Gamle Kongev. sør         | 2.3              | 0.6              | 0.6              | -1.7                 | -1.7                 | 230      | 2.8             | 0.7             |
| 10 Nedre Møllenberggt. vest | 0.7              | 0.4              | 0.4              | -0.3                 | -0.3                 | 450      | 0.5             | 0.3             |
| 11 Nedre Møllenberggt. M    | 6.2              | 0.4              | 0.5              | -5.7                 | -5.8                 | 450      | 3.8             | 0.3             |
| 12 Nedre Møllenberggt. øst  | 2.3              | 0.3              | 0.3              | -2.0                 | -2.0                 | 200      | 3.2             | 0.4             |
| 13 Øvre Møllenberggt.       | 1.2              | 0.9              | 0.9              | -0.3                 | -0.3                 | 400      | 0.9             | 0.6             |
| 14 Weidemannsgt.            | 0.8              | 1.9              | 1.6              | +0.8                 | +1.1                 | 800      | 0.3             | 0.6             |
| 15 Båhusgt.                 | 0.4              | 0.4              | 0.4              | -0.0                 | -0.0                 | 350      | 0.3             | 0.3             |
| 16 Haldegt.                 | 0.3              | 0.3              | 0.3              | -0.0                 | -0.0                 | 350      | 0.3             | 0.2             |
| 17 Stadsing. Dahlsgt. vest  | 2.6              | 2.8              | 2.4              | -0.2                 | +0.3                 | 100      | 7.2             | 6.7             |
| 18 Stadsing. Dahlsgt. øst   | 10.5             | 12.2             | 9.4              | -1.0                 | +1.7                 | 650      | 4.5             | 4.0             |
| 19 Bakkegt.                 | 0.1              | 0.1              | 0.1              | 0                    | 0                    | 150      | 0.1             | 0.1             |
| 20 Festningsgt.             | 0.1              | 0.1              | 0.1              | -0.0                 | -0.0                 | 120      | 0.2             | 0.2             |
| 21 Nonnegt.                 | 6.5              | 12.1             | 11.5             | 5.0                  | 5.6                  | 500      | 3.6             | 6.4             |
| 22 Gyldenløvesgt.           | 0.5              | 0.5              | 0.5              | 0                    | 0                    | 450      | 0.3             | 0.3             |
| 23 Rosenborggt. nord        | 1.1              | 1.1              | 1.2              | 0.1                  | 0                    | 200      | 1.5             | 1.7             |
| 24 Rosenborggt. sør         | 0.4              | 0.4              | 0.4              | -0.0                 | -0.0                 | 300      | 0.4             | 0.4             |
| 25 Wesselsgt.               | 0.9              | 0.9              | 1.0              | 0.1                  | +0.0                 | 300      | 0.8             | 0.9             |
| 26 Tautragt.                | 9.4              | 11.4             | 7.3              | -2.1                 | +2.0                 | 550      | 4.7             | 3.7             |
| 27 Eilert Sundtsgt.         | 0.0              | 0.0              | 0.0              | -0.0                 | -0.0                 | 200      | 0.1             | 0.1             |
| SUM                         | 130.7            | 137.0            | 116.1            | -14.6                | +6.3                 |          |                 |                 |

Utgangsdataene er vist i vedlegg C.

$Q_0$  representerer CO-utslippet pr. time i rushtiden den 31. august 1976.  $Q_1$  og  $Q_2$  angir tilsvarende utslipp den 5. oktober 1976 og 5 - 6 september 1977.

### 3.2 Meteorologiske data

Figur 3.1 viser frekvensen av timesvise observasjoner av vindretninger i 30°-sektorer (vindrose) ved Nidelv bru i perioden 18.10 - 21.11.1977. Frekvensen er avsatt for hver av sektorene hvor vinden kommer fra. Av figuren ser en at frekvensen av vind fra nord var meget liten i måleperioden. Vind fra sørvest forekom derimot meget hyppig.



Figur 3.1: Vindrose ved Nidelv bru fra måleperioden 18.10 - 21.11.1977.

Dataene som vindrosen bygger på er vist i vedlegg C.

Målinger fra den meteorologiske stasjonen på Tyholt ved Trondheim, viser at stor frekvens av vinder fra sørvest forekommer i vinterhalvåret. I sommerhalvåret øker frekvensen av vinder fra nordvest på bekostning av vindene fra sørvest.

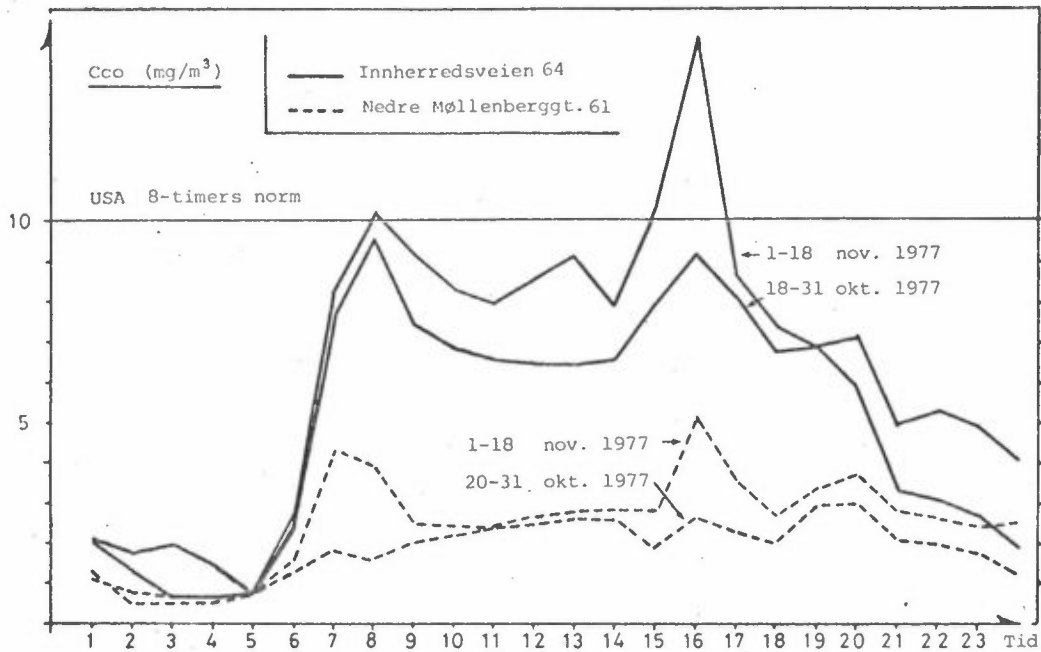
Det betyr at boligområdene i Rosenborg/Møllenberg vil belastes av forurensningsutslipp på Innherredsveien særlig i sommerhalvåret. I vinterhalvåret belastes området særlig av forurensningsutslippet fra Trondheim sentrum og av lokale utslipp av forurensninger i området.

Vindregistreringer fra meteorologisk institutt er sammenholdt med klimaoversikten (7) for variasjoner i vindforholdene over Trondheim og sammenligningen tyder på at en har registrert liten vindhastighet og en høy stillefrekvens i måleperioden. Det indikerer dårlige spredningsforhold.

### 3.3 CO-målingene ved de faste målestasjonene i Innherredsveien og Nedre Møllenberggt.

Figur 3.2 viser midlere CO-konsentrasjon som funksjon av tid på døgnet ved Innherredsveien 64 og Møllenberggt 67. Datagrunnlaget for kurvene er vist i vedlegg C. Av figurene ser en at i tidsrommet 07-17 om dagen nærmer middelverdiene seg  $10 \text{ mg/m}^3$  som er veiledende standard i USA. En finner derfor hyppige overskridelser av denne standard ved Innherredsveien. I boligområdet ved Møllenberggt er middel-konsentrasjonen om dagen ca  $3 \text{ mg/m}^3$ . I rushtiden kl 07-08 og kl 16 finner en ca 50% høyere verdier.

Målinger fra Oslo-området (3) viser at CO-konsentrasjonene her er 2 - 2.5 ganger høyere om vinteren enn om sommeren. Konsentrasjonene om vinteren i Trondheim bør derfor undersøkes nærmere.



Figur 3.2: Midlere CO-konsentrasjon som funksjon av tid på døgnet i Innherredsveien og i Nedre Møllenberggt.

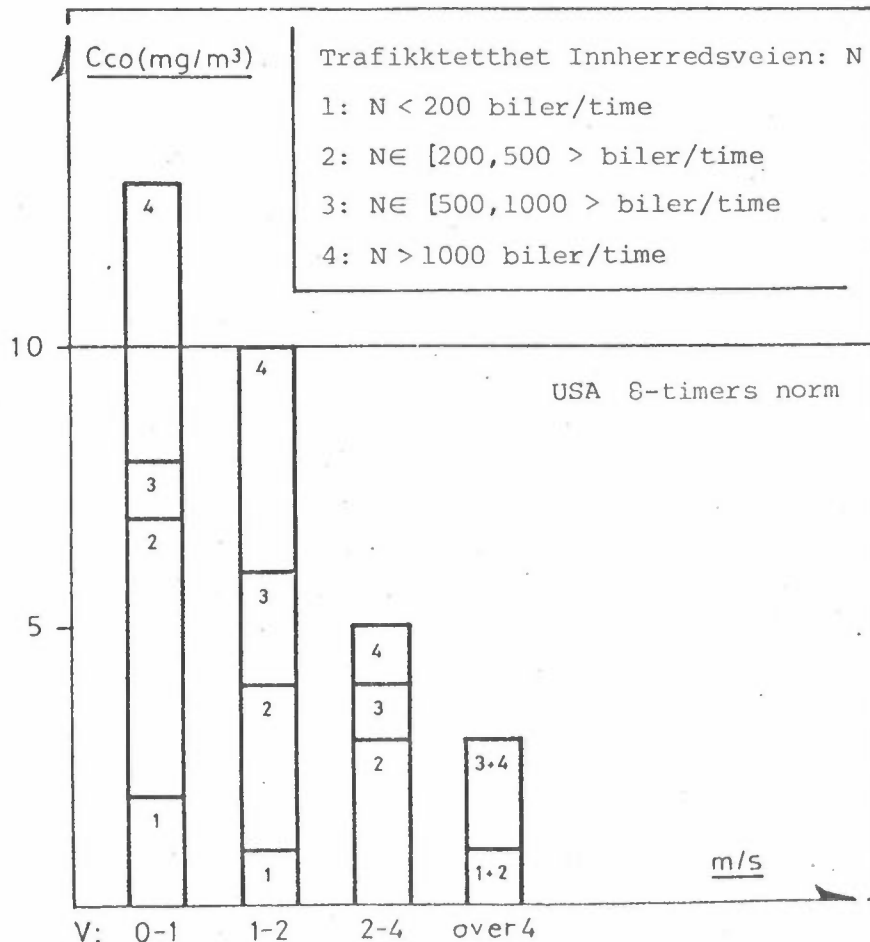
### 3.4 Sammenhengen mellom CO-målingene, meteorologiske parametre og trafikk tettheten

Figurene 3.3 og 3.4 viser midlere CO-konsentrasjon ved henholdsvis Innherredsveien 64 og Nedre Møllenberggt 61 som funksjon av vindhastigheten (v) og biltettheten på Innherredsveien (N).

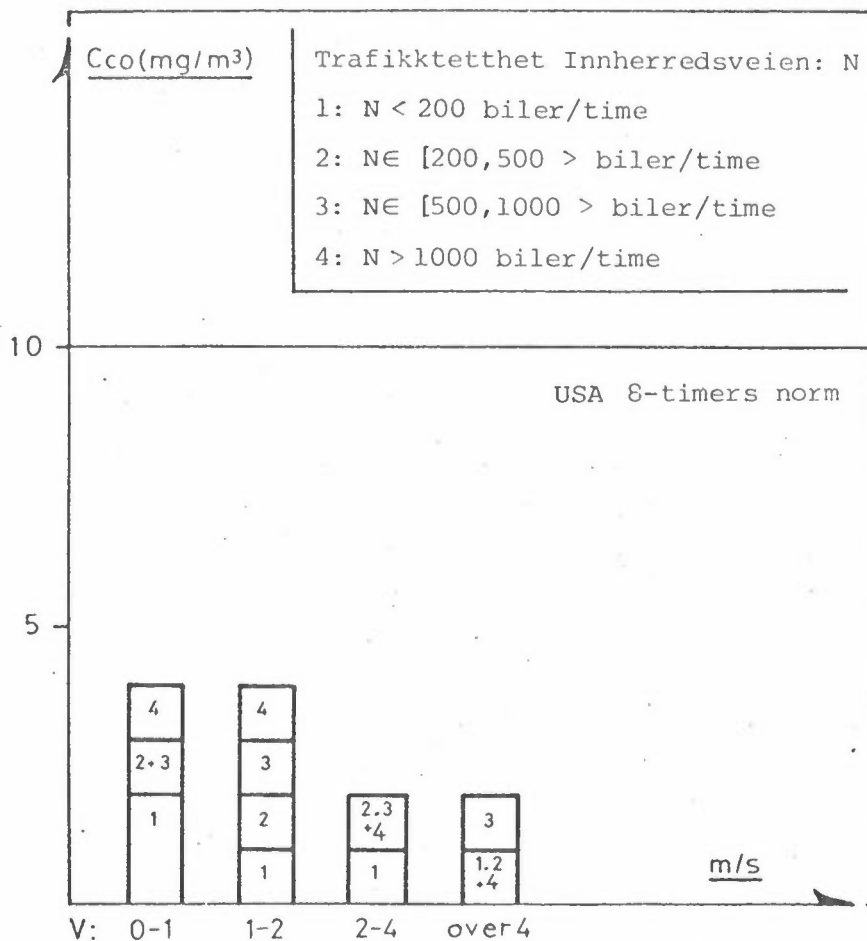
I vedlegg C har en presentert grunnlaget for figurene hvor en også skiller mellom vindretningene.

En får ikke vesentlig forskjellig resultat om det blåser fra nordlig eller sørlig kant. I Nedre Møllenberggt hvor trafikken er svært liten kan det forklares ved at en får tilførsel både fra nordlig og sørlig kant og at verdiene er representative for den generelle forurensning over området. Ved beregningene av bidraget fra hver av gatene estimeres bakgrunnskonsentrasjonene ved forskjellige vind- og trafikkforhold ut fra middelveidene gitt i figur 3.4. Ved vind fra nord gir dette sannsynligvis et overestimat ved Innherredsveien. Imidlertid forekom vind fra nord sjelden og bakgrunnsverdiene betyr forholdsvis lite ved Innherredsveien.

Ved estimering av bakgrunnsverdien har en benyttet trafikktheten på Innheradsveien til å angi den generelle trafikkaktiviteten over byområdet.



Figur 3.3: CO-konsentrasjonen ved Innherredsveien 64 som funksjon av vindhastighet og trafikkthet på Innherredsveien.



Figur 3.4: CO-konsentrasjonen ved Nedre Møllenberggt 61 som funksjon av vindhastighet og trafikkintensitet i omgivelsene (trafikktetthet på Innherredsveien).

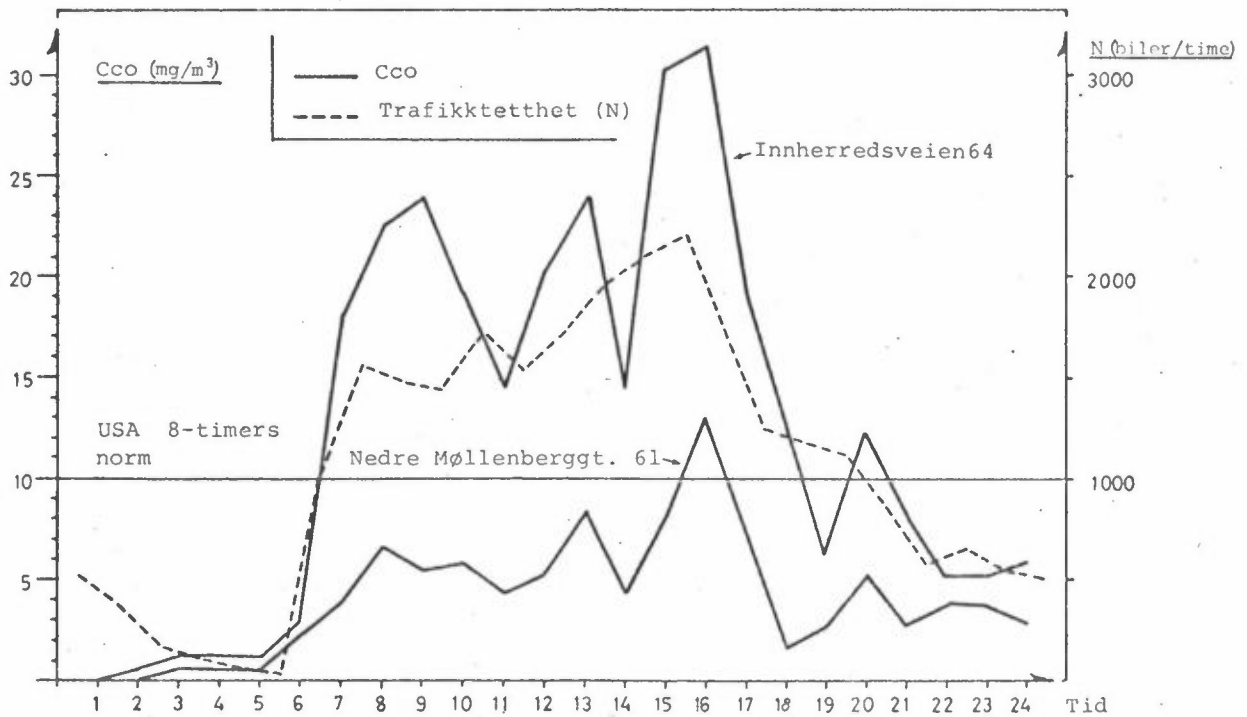
Figur 3.5 viser forløpet av CO-konsentrasjonen i en forurensnings-episode. Trafikktettheten er også inntegnet. Trafikktettheten angis ved Innherredsveien 64, og verdiene er estimert på grunnlag av eksisterende trafikkteLLinger etter en metode utarbeidet ved plankontoret i Trondheim kommune.

Av figur 3.5 ser en:

1. Konsentrasjonsforløpet følger begge steder i store trekk trafikktettheten på Innherredsveien.
2. Luftstrømmene over området kommer i denne perioden stort sett fra sør og vest. Vindstyrken er lav i morgentimene. Kombinasjonen av liten vind og sterk trafikk gir da høye konsentrasjoner.

3. Overskridelsen av den amerikanske 8-timers normen på Innherredsveien skyldes trafikken på Innherredsveien. I Nedre Møllenberggt registreres det også betydelige CO-konsentrasjoner som er representative for de generelle forurensningsforholdene i området fordi trafikken nær målepunktet er liten.

Tilførselen av forurensninger utenfra kommer ifølge vindmålingene mest fra sør og vest, det vil si fra Trondheim sentrum.



| Tid(kl)         | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Vindretn. (deg) | 210 | 200 | 210 | 200 | 200 | 240 | 80  | 100 | 200 | 220 | 220 | 300 | 200 | 210 | 300 | 280 | 280 | 210 | 200 | 200 | 180 | 220 | 200 | 200 |
| Vindhast. (m/s) | 3.6 | 4.1 | 1.9 | 1.6 | 1.9 | 0.7 | 0.9 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 0.3 | 0.9 | 0.9 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 4.6 | 1.6 | 1.2 | 1.0 | 0.7 | 0.7 | 0.4 |

Figur 3.5: CO-konsentrasjonen som funksjon av tid på døgnet den 11.11.1977. Trafikktettheten på Innherredsveien er inn-tegnet, og vindmålingene er angitt.

### 3.5 Observasjoner av trafikkforhold og CO-konsentrasjoner i perioden 18. - 20.10.77

Observasjonsstedene er vist i figur 2.2. Tabell 3.2 viser resultatene av målingene. Tidspunkt og sted for de forskjellige målingene er angitt i tabellens venstre kolonne. Biltettheten ( $N$ ) er gitt på grunnlag av manuelle trafikktellinger i måleperioden for gatene med liten trafikk. Ved Innherredsveien har en benyttet trafikkdata fra Trondheim kommune for den nærliggende kjørebane. Det var ofte kø ved trafikken ut fra bysenteret. Kjørehastigheten og den prosentvise andel med diesalbiler ble anslått fra trafikkdata gitt i vedlegg C.

På grunnlag av disse trafikkdata har en beregnet utslipp pr tidsenhet fra hver bil ( $Q_B$ ) og kildestyrken ( $q_v$ ) gitt som utslipp pr tidsenhet og lengdeenhet av veien. Resultatene er vist i tabell 3.3.

Vindhastigheten ( $u$ ) ble målt 10 m over bakken og angis som middelværdi for hver måleperiode. Avstanden fra utslippet til målepunktet ( $L$ ) (se figur 2.6) er beregnet. Når verdien brukes i beregningsformlen (lign. B.5) korrigeres den først for virkningen av bilenes egenturbulens ved å addere  $L_0 = 2$  m.

I lign. B.5 inngår en proporsjonalitetsfaktor  $K$  som må bestemmes ved målingene. CO-konsentrasjonene er registrert kontinuerlig i hver måleperiode. Fra registreringen har en først lest ut middelværdien ( $C$ ). I gater hvor trafikken er liten har en i tillegg avlest bakgrunnskonsentrasjonen ( $C_B$ ). Denne er satt lik minimumsverdiene som forekommer når det ikke er trafikk i gatene. Forutsetningen for å estimere bakgrunnskonsentrasjonen på denne måten er at det forekommer flere minutters opphold mellom biler som passerer. I denne forbindelse kan en nevne at en typisk "utluftingstid" for et gatetverrsnitt er mindre enn et minutt.



Tabell 3.2: Målinger av CO-konsentrasjonen (C) og registrering av trafikk i Rosenberg/Møllenberg området under episodestudiene 18.-20.10.77.

| TID                                | STED                     | N<br>biler/<br>time | V <sub>f</sub><br>km/time | %-Diesel<br>% | C<br>mg/m <sup>3</sup> | C <sub>b</sub><br>mg/m <sup>3</sup> | Δ <sub>o</sub> C<br>mg/m <sup>3</sup> |
|------------------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------|---------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 18/10                              |                          |                     |                           |               |                        |                                     |                                       |
| 15 <sup>25</sup> -15 <sup>45</sup> | N.Møllen-<br>berggt.61   | 60                  | 30                        | 5             | 2.3                    | 2                                   | 0.3                                   |
| 16 <sup>02</sup> -16 <sup>25</sup> | Innherredsv.22           | 415+kø              | 38                        | 12            | 14.1                   | 2                                   | 2.1                                   |
| 16 <sup>45</sup> -17 <sup>00</sup> | Innherredsv.4            |                     |                           |               | 2.8                    | 1.5                                 | 1.3                                   |
| 19/10                              |                          |                     |                           |               |                        |                                     |                                       |
| 08 <sup>30</sup> -9 <sup>00</sup>  | Statsing.<br>Dahlsgt. 44 | 223                 | 45                        | 7             | 6.1                    | 3.5                                 | 2.6                                   |
| 09 <sup>20</sup> -09 <sup>50</sup> | Nonnegt.21               | 246                 | 32                        | 6             | 4.2                    | 3.0                                 | 1.2                                   |
| 10 <sup>00</sup> -10 <sup>25</sup> | Kirkegt.7                | 21                  | 25                        | 5             | 2.0                    | 2.0                                 | 0                                     |
| 10 <sup>35</sup> -11 <sup>05</sup> | Nonnegt.2                | 428                 | 35                        | 6             | 3.4                    | 2.0                                 | 1.4                                   |
| 11 <sup>19</sup> -12 <sup>10</sup> | Innherredsv.22           | 419+kø              | 38                        | 12            | 11.8                   | 2.0                                 | 9.8                                   |
| 15 <sup>50</sup> -16 <sup>05</sup> | Kirkeg.49                | 144                 | 30                        | 5             | 3.8                    | 2.7                                 | 1.1                                   |
| 16 <sup>17</sup> -16 <sup>30</sup> | Møllenberggt.61          | 74                  | 30                        | 5             | 3.5                    | 3.0                                 | 0.5                                   |
| 17 <sup>00</sup> -17 <sup>30</sup> | Innherredsv.57           |                     |                           |               | 6.1                    | 3                                   | 3.1                                   |
| 20/10                              |                          |                     |                           |               |                        |                                     |                                       |
| 06 <sup>55</sup> -07 <sup>24</sup> | Innherredsv.4            |                     |                           |               | 6.3                    | 2.                                  | 4.3                                   |
| 07 <sup>43</sup> -08 <sup>12</sup> | Nonnegt.2c               | 424                 | 32                        | 6             | 14.9                   | 3                                   | 11.9                                  |
| 08 <sup>36</sup> -09 <sup>00</sup> | Nonnegt.21               | 182                 | 35                        | 6             | 7.7                    | 3                                   | 4.7                                   |
| 09 <sup>10</sup> -09 <sup>18</sup> | Weidemannsgt.7           | 60                  | 25                        | 5             | 2.2                    | 2.2                                 | -                                     |
| 13 <sup>12</sup> -13 <sup>44</sup> | Innherredsv.22           | 496+kø              | 38                        | 12            | 9                      | 2.5                                 | 6.5                                   |
| 14 <sup>01</sup> -14 <sup>17</sup> | Kirkeg.49/47             | 184                 | 30                        | 5             | 3.5                    | 2.0                                 | 1.5                                   |
| 14 <sup>30</sup> -14 <sup>50</sup> | Statsing.<br>Dahlsgt.44  | 231                 | 45                        | 7             | 6.2                    | 2.5                                 | 3.7                                   |

N: Trafikktetthet i måleperioden

V<sub>f</sub>: Middelhastighet ved målestedet

% Diesel: Andel av dieslbiler

C: Midlere CO-konsentrasjon

C<sub>b</sub>: Bakgrunnsverdi for CO-konsentrasjonen

Δ<sub>o</sub>C: Observert CO-konsentrasjon forårsaket av bilene i gaten (C-CO)

I gater hvor trafikken var så stor at en ikke kunne avlese bakgrunnskonsentrasjonene (f.eks. i Innherredsveien og i Nonnegt.) brukte en verdier som ble registrert i nærliggende gater ved de samme forhold. På grunnlag av disse observasjoner beregnet en K-verdiene (se lign. B5) som er angitt i tabell 3.2. En ser at K-verdiene kan variere i betydelig grad og at en middelværdi for området er  $K = 10$ . Det er i samsvar med K-verdier funnet i Stockholm.

Tabell 3.3: Beregninger av CO-konsentrasjoner ved APRAC under episodestudier 18. - 20.10.77.  
Sammenligning av observerte med beregnede verdier.

| TID                                | STED                     | $Q_B$<br>g/s | $q_v$<br>mg/S·m | $u+0.5$<br>m/s | $L'$<br>= $L+2.0$<br>m | $\Delta C$<br>mg/m <sup>3</sup> | $\Delta C$<br>mg/m <sup>3</sup> | K    |
|------------------------------------|--------------------------|--------------|-----------------|----------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------|
| 18/10                              |                          |              |                 |                |                        |                                 |                                 |      |
| 15 <sup>25</sup> -15 <sup>45</sup> | N.Møllen-<br>berg 61     | .270         | 0.54            | 3.4            | 7.3                    | 0.01                            | 0.3                             | (14) |
| 16 <sup>02</sup> -16 <sup>25</sup> | Innheradsv. 22           | -            | 24.207          | 3.4            | 12.2                   | 0.58                            | 12.1                            | 21   |
| 16 <sup>45</sup> -17 <sup>00</sup> | Innheradsv. 4            |              |                 | 4.1            | 7.3                    |                                 | 1.3                             | -    |
| 19/10                              |                          |              |                 |                |                        |                                 |                                 |      |
| 08 <sup>30</sup> -09 <sup>00</sup> | Statsing.<br>Dahlsgt. 44 | .269         | 1.33            | 0.5            | 7.3                    | 0.36                            | 2.6                             | 7.2  |
| 09 <sup>20</sup> -09 <sup>50</sup> | Nonnegt. 21              | .274         | 2.11            | 0.5            | 7.3                    | 0.58                            | 1.2                             | 2.1  |
| 10 <sup>00</sup> -10 <sup>25</sup> | Kirkegt. 7               | .269         | 0.22            | 1.6            | 7.3                    | 0.19                            | 0                               | -    |
| 10 <sup>35</sup> -11 <sup>05</sup> | Nonnegt. 2               | .269         | 3.29            | 2.1            | 7.3                    | 0.21                            | 1.4                             | 6.7  |
| 11 <sup>19</sup> -12 <sup>10</sup> | Innheradsv. 22           | -            | 24.234          | 2.1            | 12.2                   | 0.94                            | 9.8                             | 10.7 |
| 15 <sup>50</sup> -16 <sup>05</sup> | Kirkeg. 49               | .270         | 1.30            | 1.4            | 7.3                    | 0.13                            | 1.1                             | 8.4  |
| 16 <sup>17</sup> -16 <sup>30</sup> | Møllenbergg. 61          | .270         | 0.67            | 1.4            | 7.3                    | 0.65                            | 0.5                             | 7.7  |
| 17 <sup>00</sup> -17 <sup>30</sup> | Innheradsv. 57           |              |                 | 0.8            | 7.3                    |                                 | 3.1                             | -    |
| 20/10                              |                          |              |                 |                |                        |                                 |                                 |      |
| 06 <sup>55</sup> -07 <sup>24</sup> | Innheradsv. 4            |              |                 | 0.9            | 7.3                    |                                 | 4.3                             | -    |
| 07 <sup>43</sup> -08 <sup>12</sup> | Nonnegt. 2c              | .269         | 3.56            | 0.7            | 7.3                    | 0.70                            | 11.9                            | 17.- |
| 08 <sup>36</sup> -09 <sup>00</sup> | Nonnegt. 21              | .269         | 1.40            | 1.0            | 7.3                    | 0.19                            | 4.7                             | 24.  |
| 09 <sup>10</sup> -09 <sup>18</sup> | Weidemannsg. 7           | .269         | 0.64            | 1.0            | 7.3                    | 0.88                            | 0                               | -    |
| 13 <sup>12</sup> -13 <sup>44</sup> | Innheradsv. 22           | -            | 24.755          | 0.8            | 12.2                   | 2,54                            | 6.5                             | 2.6  |
| 14 <sup>01</sup> -14 <sup>17</sup> | Kirkegt. 49/47           | .270         | 1.66            | 0.9            | 7.3                    | 0.25                            | 1.5                             | 6.0  |
| 14 <sup>30</sup> -14 <sup>50</sup> | Statsing.<br>Dahls. 44   | .260         | 1.38            | 0.9            | 7.3                    | 0.21                            | 3.7                             | 17.6 |

$Q_B$ : Utslipp fra hver bil  
 $q_v$ : Kildestyrken  
 $u$ : Vindhastighet

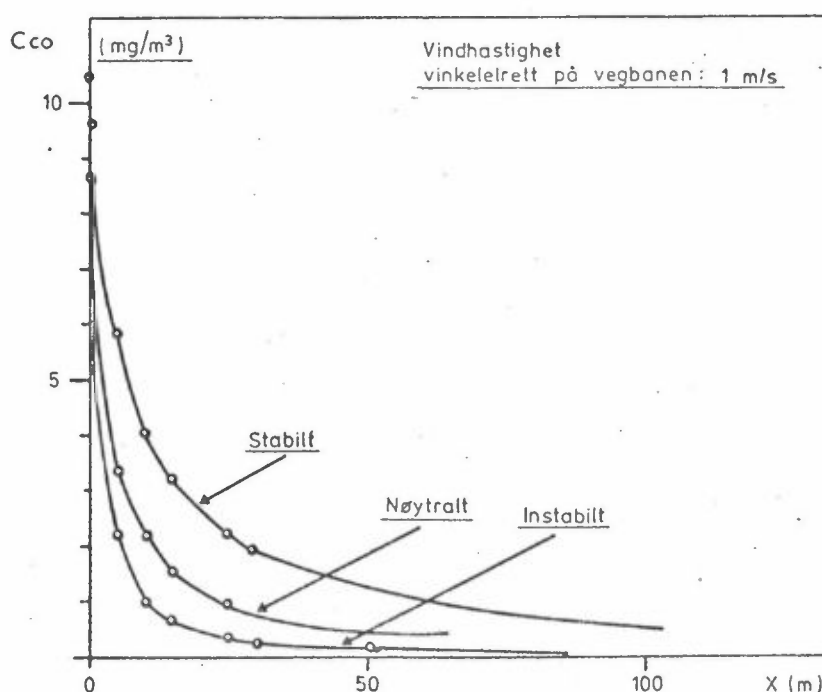
L: Avstand fra kjørebane til målepunkt  
 $\Delta C/K$ : Beregnet ved lign. B5  
 $\Delta C$ : Observert bidrag til CO-konsentrasjon

#### 4 BEREGNINGER AV FORURENSNINGSKONSENTRASJONENE FØR OG ETTER TRAFIKKREGULERINGEN

##### 4.1 Forurensninger i boligområdene forårsaket av utslippene på Innherredsveien

Forurensningskonsentrasjonene som registreres i boligområdene skyldes summen av utslipp i området og en tilførsel av forurensninger fra andre steder, eksempelvis fra Trondheim sentrum. Trafikken på Innherredsveien forårsaker mer enn halvparten av utslippet i området.

Over hustakene føres forurensningene bort med vinden og spres videre på grunn av vindens uordnede bevegelser. Spredningen av utslippet fra Innherredsveien over hustakene er beregnet ved ligningene B.1 - B.4 og resultatene er vist i figur 4.1.



Figur 4.1: Beregnet CO-konsentrasjon ved Innherredsveien i rush-tiden som funksjon av avstanden fra vegbanen ved forskjellige spredningsforhold. Konsentrasjonene vil være omvendt proporsjonale med vindhastigheten vinkelrett på vegbanen.

Figuren viser CO-konsentrasjonen som funksjon av avstanden fra vegbanen ved forskjellige vertikale spredningsforhold (stabilt, nøytralt, ustabilt). Beregningene er utført ved en vindkomponent på 1 m/s vinkelrett på veien. Konsentrasjonene vil videre være omvendt proporsjonale med vindhastigheten.

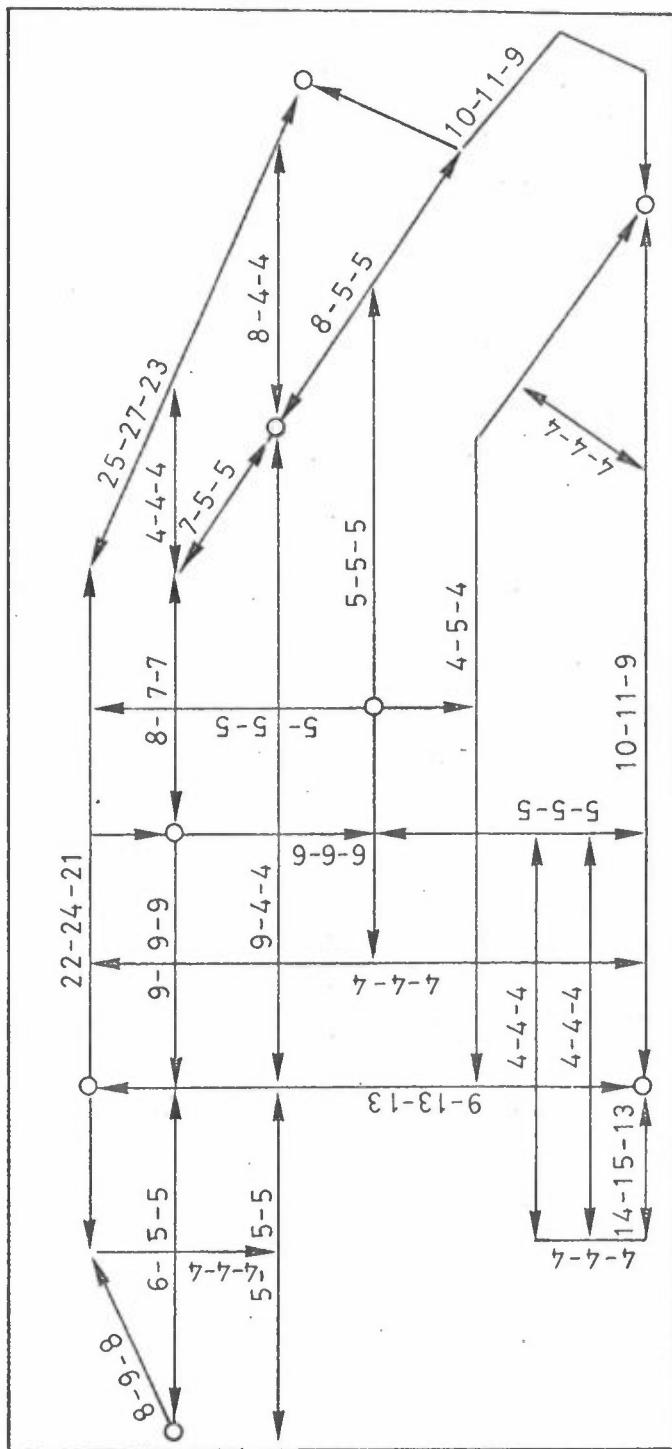
Nær vegbanen estimerer en konsentrasjoner mellom 5 og 10 mg/m<sup>3</sup> avhengig av blandingsforholdene. Ved dårlige blandingsforhold (stabilt) får en de høyeste konsentrasjonene. Konsentrasjonene avtar raskt med avstanden fra vegbanen slik at 10-30 m fra kanten av vegen vil forurensningsbidraget fra Innherredsveien være lavere enn bakgrunnsverdiene. En forutsetter da at det ikke er hindringer for spredningen, og en vil sannsynligvis registrere dette bidraget til CO-konsentrasjonene over hustakene nær Innherredsveien. Estimaten indikerer at bidraget fra Innherredsveien avtar så raskt med avstanden fra kanten av veien at det er lite på avstander over ca 100 m. Det forenkler den videre vurderingen av forurensningsforholdene i området.

#### 4.2 Forurensninger i området før og etter trafikkreguleringen

Ved hjelp av ligning 2.5 og K-verdiene bestemt for området har en beregnet bidraget fra biltrafikken i hver gate i området ved liten vind ( $u = 0.5$  m/s). Utslippsdataene ( $Q_G$ ) gitt i punkt 3.1 (se tabell 3.1) er benyttet. Utslippene representerer forholdene i rushtiden, og bakgrunnskonsentrasjonen er anslått til 4 mg CO/m<sup>3</sup> slik den ble bestemt ved målingene i området (se punktene 3.4 og 3.5). CO-konsentrasjonene ved rushtidstrafikk og dårlige spredningsforhold er beregnet ved utslippsforholdene før trafikkreguleringen (august 1976), kort tid etter reguleringen (oktober 1976) og lang tid etter reguleringen (september 1977). Resultatene er vist i figur 4.2.

Av figuren ser en:

1. Trafikkreguleringen førte til en reduksjon i CO-konsentrasjonen på 5 mg/m<sup>3</sup> i Nedre Møllenberggt, men en estimerte en tilsvarende økning i Nonnegt.



Figur 4.2: Beregnede CO-konsentrasjoner i Rosenberg-Møllenbergsområdet. Tallene ved hvert gatesegment representerer CO-konsentrasjoner ved dårlige spredningsforhold og stor trafikk i perioden august 1976 - oktober 1977 - september 1977. Navn på gatene er vist i figur C1. Enhet: mg CO/m<sup>3</sup>.

2. Variasjonene ellers i området var mindre enn 10% i forhold til konsentrasjonene før reguleringen.
3. Kort tid etter reguleringen (oktober 1976) økte konsentrasjonene i flere av gatene på grunn av mer komplisert trafikkutvikling i området, mens konsentrasjonene avtok i løpet av det neste året. En har dermed fått en bedring i luftkvaliteten.

## 5 KONKLUDERENDE BEMERKNINGER

Bileksosen inneholder en rekke skadelige komponenter som påpekt i kapittel 2.1. Bidraget fra biltrafikken til luftforurensningene i Rosenberg/Møllenbergområdet er vurdert på grunnlag av målte og beregnede CO-konsentrasjoner. Da CO vesentlig skyldes biltrafikk, kan en finne trafikens bidrag til forurensning av andre komponenter ved å multiplisere de angitte konsentrasjonene med forholdstallet dannet av utslippsmengdene. Eksempelvis kan utslippsmengdene som angis i (8) brukes til det.

### 5.1 Forurensningsbelastningen i deler av området der trafikkomleggingen har ført til merkbare endringer i belastningen

Undersøkelsene viser at en har hatt merkbare endringer i forurensningsnivået i Nedre Møllenberggt og i Nonnegt. Konsentrasjonsendringene ved Innherredsveien er mindre enn 10%.

#### Nedre Møllenberggt:

Eksoskonsentrasjonene i rushtiden før reguleringen svarte til maksimale CO-konsentrasjoner på  $9 \text{ mg CO/m}^3$ . Det er imidlertid lite sannsynlig at de høye konsentrasjonene forekom så lenge at den amerikanske luftkvalitetsstandard for bileksos ble overskredet. Trafikken gjennom gaten ble redusert betydelig som følge av trafikkreguleringen, slik at forurensningene idag vesentlig skyldes den generelle bakgrunnen over Trondheimsområdet som svarer til en typisk verdi på  $4 \text{ mg CO/m}^3$  ved stor trafikk og liten spredning.

### Nonnegt:

Før reguleringen svarte eksoskonsentrasjonen i Nonnegt. til et CO-nivå på 9 mg CO/m<sup>3</sup> ved stor trafikk og liten utlufting som i Nedre Møllenberggt. Som en følge av trafikkreguleringene økte trafikken, og med den forurensningsnivået, til 13 mg CO/m<sup>3</sup>. Den amerikanske standarden for luftkvalitet kan derfor overskrides under ekstreme forhold. En senking av kjørehastigheten gjennom gaten vil sannsynligvis føre til en høyere frekvens av overskridelser. Frekvensen av overskridelser vil likevel være liten i forhold til ved Innerredsveien. Konsentrasjonene er også redusert merkbart langs Gamle Kongevei.

### 5.2 Endringer i forurensningsnivået som følge av endringer i de meteorologiske forholdene

Ved målinger og beregninger har en vurdert endringer i belastningen med spredningsforholdene som beskrives av vindhastigheten som transporterer forurensningene bort fra området og av de vertikale blandingsforholdene (uttrykkes ved stabilitetsforholdene).

### Utslippsmengden og vindhastigheten:

Både beregningsmetodene (lign. B.3 og lign. B.5) og målingene (figurene 3.3 og 3.4) viser at CO-konsentrasjonen er proporsjonal med trafikk tettheten og tilnærmet omvendt proporsjonal med vindhastigheten når hastigheten er over 1 m/s. I måleperioden registrerte en vindhastigheter i Trondheim som ifølge andre meteorologiske data er lavere enn normalt. Det medførte forholdsvis høye konsentrasjoner av bileksos. En har imidlertid grunnlaget for å estimere konsentrasjonene ved andre vindforhold.

### De vertikale blandingsforholdene:

Beregningsmetodene oppsummert ved ligningene B.1 - B.4 indikerer effekten av de vertikale blandingsforholdene som vist i figur 4.1. Det er ikke utført målinger som registrerer vertikale blandingsforhold og denne effekten inngår ikke i APRAC-modellen (se lign. B.5). Den store variasjonen i de estimerte K-verdiene under episodestudiene (se tabell 3.3) kan delvis skyldes denne effekten.

6 REFERANSER

- (1) T.E. Granquist  
K.M. Kolden  
Trafikksanering i Rosenberg/  
Møllenbergområdet i Trondheim  
Forundersøkelse av trafikk og  
miljøforhold. Oslo 1977.  
(TØI-Arbeidsdokument.)
- (2) E. Frøysadal  
T.E. Granquist  
K. Helle  
Opplegg for etterundersøkelse av  
trafikkregulering i Rosenberg/  
Møllenbergområdet i Trondheim 1977.  
Oslo 1977. (TØI-Arbeidsdokument.)
- (3) S. Larssen  
Undersøkelser av luftforurensning  
fra biltrafikk i Norge.  
Lillestrøm 1977. (NILU OR 10/77.)
- (4)  
Bilavgaser i gatumuljö - modell och  
modelltest.  
Samarbetsprosjekt mellan:  
Sveriges Meteorologiska och Hydro-  
logiska Institut,  
Statens Naturvårdsverk,  
Stockholms kommune  
Stockholm 1977 (SNV PM891 med bilagor)
- (5) Zimmerman, J.R.  
Thompson, R.S.  
Users guide for hiway,  
A highway air pollution model.  
Research Triangle Park, North  
Carolina 1975. (Publ. No EPA -  
650/4-74-008.)
- (6) Mancuso, R.L.  
Ludwig, F.L.  
Users manual for the APRAC-1A urban  
diffusion model computer program.  
Menlo Park, California, Stanford  
Research Institute, 1972.
- (7) Johannessen, T.W.  
Monthly frequencies of concurrent  
wind forces and wind directions in  
Norway. Oslo 1960.
- (8) Frøysadal, E.  
Forurensning fra biltrafikk.  
Et litteraturstudium, Oslo 1973.  
(TØI-rapport.)



## VEDLEGG A

BESKRIVELSE AV ÅRSAKEN TIL OG VIRKNINGEN  
AV FORURENSNING FRA BILTRAFIKK.

NORMER OG RETNINGSLINJER FOR  
LUFTKVALITET

FORURENSNING FRA BILTRAFIKK.  
ÅRSAK, VIRKNING OG VEILEDENDE  
LUFTKVALITETSSTANDARDER

Luftforurensning fra motorkjøretøyer stammer hovedsakelig fra motorer og drivstofftanker. I tillegg skyldes en god del av den partikulære forurensning slitasje av dekk, bremses og veibane.

Det meste av drivstoffet forbrennes til CO<sub>2</sub> og vanndamp. Disse stoffene finnes i store mengder i luften fra før og er en naturlig del av vår atmosfære.

Av tekniske grunner kan forbrenningen aldri bli fullstendig. For bensindrevne motorkjøretøyer fører dette til utslipp av uforbrente og bare delvis forbrente hydrokarboner (HC), samt karbonmonoksyd (CO). Dessuten oppstår det ved forbrenningen sotpartikler som inneholder tjærestoffer. Dette skjer særlig fra dårlig vedlikeholdte dieselmotorer.

Moderne bilmotorer arbeider med et høyt kompresjonsforhold for å få stor effekt. Disse motorene fordrer et høyt oktantal på bensinen, og for å oppnå dette tilsettes etylbly som er oppløst i klor- og bromholdige organiske forbindelser. På grunn av dette dannes det under forbrenningen partikler av blyklorid og blybromid. I bensin er det under 0.1% svovel og i dieselolje opptil 0.5%. Dette gir opphav til små mengder SO<sub>2</sub> ved forbrenningen. På grunn av den høye forbrenningstemperaturen i motoren vil det alltid dannes nitrogenoksyder (NO<sub>x</sub>).

Etter denne korte orienteringen om årsaken til forurensningene fra biler vil en omtale stoffene hver for seg og deres virkning på omgivelsene. I flere land er det satt opp normer for luftens innhold av forskjellige forurensningskomponenter fra biltrafikken. Normene som anvendes i USA ved forurensning fra biltrafikk, er beskrevet i kapittel A8.

A1 Karbonmonoksyd (kullos), CO (1)

CO er en giftig gass. Giftvirkningen skyldes først og fremst at CO forbinder seg lettere til hemoglobinet i blodet enn oksygen gjør. Dersom luften som innåndes inneholder CO, vil dette føre til nedsatt oksygentransport i blodet. Høye konsentrasjoner (anslagsvis over 200-300 mg/m<sup>3</sup>) kan av denne grunn i løpet av en viss tid (mere enn ca 10 timer) medføre hodepine, bevisstløshet og alvorligere symptomer.

Konsentrasjoner i nærheten av de sterkest trafikkerte veier vil sjelden overstige 100 mg/m<sup>3</sup> (korte topper). 1-timers og 8-timers gjennomsnittsverdier vil være lavere og sjelden overstige henholdsvis ca 70-80 mg/m<sup>3</sup> og 40-50 mg/m<sup>3</sup>.

Et opphold på 8 timer i gateluft med 35 mg/m<sup>3</sup> CO for et "normalt" individ, vil medføre at ca 4 prosent av hemoglobinet i blodet er bundet til CO. Slike konsentrasjoner kan virke nedsettende på synsskarpheten og reaksjonshastigheten, og kan derved redusere trafiksikkerheten. På personer med normalt god helsetilstand vil det ikke oppstå akutte virkninger av CO i de konsentrasjoner som opptrer ved veier. Av kroniske virkninger synes det som et innhold av CO i blodet på mer enn 5 prosent øker risikoen for utvikling og forverring av hjerte-kar-sykdommer (1,2). Røkere har et høyere CO innhold i blodet enn ikke-røkere og har større sjanse til å få hjerte-kar-sykdommer enn ikke-røkere.

A2 Nitrogenoksyder, NO, NO<sub>2</sub> (3)

Flere forskjellige nitrogenoksyder er kjente, men nitrogenmonoksyd (NO) og nitrogendioksyd (NO<sub>2</sub>) har størst interesse i forbindelse med luftforurensning fra biler. Det slippes ut nesten bare NO, men denne reagerer med luften og danner NO<sub>2</sub>. Denne overgangen skjer betydelig raskere ved innvirkning av sollys og når reaktive hydrokarboner er tilstede.

I et byområde er utslipp fra biltrafikk og utslipp fra boligoppvarming (olje) og industri de viktigste nitrogenoksydkildene. På grunn av at bilutslippet skjer i bakkehøyde, er det allikevel dette utslippet som det meste av tiden vil bestemme konsentrasjonen ved trafikkårer.

NO<sub>2</sub> har størst interesse for biologiske effekter. Hos planter er det påvist at veksten nedsettes ved konsentrasjoner på 0.3-0.5 ppm ved 10-22 dagers eksponeringstid. Effekten på bronkiene og lungevev synes å være den viktigste virkningen på mennesker. Høye konsentrasjoner kan føre til lungeødem. Epidemiologiske undersøkelser i USA tyder på en sammenheng mellom innholdet av NO<sub>2</sub> i luften og forekomsten av lungesykdommer hos befolkningen. NO<sub>2</sub> er et stoff med kumulativ virkning, slik at skader kan oppstå ved lang eksponering til relativt lave konsentrasjoner.

### A3 Hydrokarboner (HC)

Det finnes et stort antall forskjellige hydrokarboner i bensin. I utslippet kan de forekomme dels som gasser, dels som aerosoler (partikler). Ved forbrenning med luftunderskudd (tomgang, sterk akselerasjon og retardasjon) kan store mengder uforbrente hydrokarboner finnes i utslippet. Noen av disse stoffene forårsaker hodepine og tretthet. Eksoslukt skriver seg i første rekke fra en del delvis oksyderte forbindelser (aldehyder og organiske syrer). Det er ikke påvist noen sammenheng mellom disse luktstoffer og sykdomsforekomster. Eksoslukt kan imidlertid virke som en utløsende faktor for anfall hos astmapasienter (2).

Enkelte hydrokarboner (polysykliske) er påvist å være kreftfrembringende, for eksempel benzo-a-pyren. Disse stoffer forekommer som aerosoler i bilutslipp. Andre kilder som boligoppvarming (olje) er også viktige i denne forbindelse. For disse hydrokarboner er det ikke mulig å angi en nedre grense for mulig effekt. En vet ikke hvor store konsentrasjoner en har i norske byer av disse stoffene.

For del av hydrokarbonene er reaktive i den forstand at de kan reagere med andre stoffer i atmosfæren og produsere stoffer med skadelig virkning. Se nedenfor under fotokjemiske oksydanter.

#### A4 Sot og støv

Under forbrenningen vil det dannes sot. Denne opptrer først som ytterst fine partikler. Disse kan agglomerere til større partikler og blir synlig røyk. Den samlede mengden utgjør omtrent 1/1000 av bensinens vekt og 3-4/1000 av dieseloljens vekt.

Bilene forårsaker dessuten en betydelig partikulær forurensning ved oppvirvling av veistøv og ved sin slitasje på veibanen (særlig med piggdekk om vinteren), bildekkene og bremsebånd. En stor del av dette støvet består av relativt store partikler som vil falle ned nær veibanen. Det vil på grunn av dette foregå en generell nedsmussing av de nærmeste omgivelsene (innen en avstand av 10-15 meter) omkring vegbanen.

Støvet i forbindelse med trafikken gir også opphav til den største delen av respirabelt svevestøv (partikler så små at de følger luften ned i lungene) nær gater/veier. Dette svevestøvet inneholder en mengde komponenter som skraver seg fra utslippet (bly, sot, tjærestoffer) fra veidekke (asfaltstøv), bremsebånd (asbest), dekk etc. For eksempel er bly, tjærestoffer og asbest helseskadelige stoffer. Det er til nå ikke foretatt analyser på asbest i nærheten av norske veier. Svevestøvet nær veier kan gi sjenanse på grunn av nedsmussing og irritasjon av slimhinner (øye, svelg).

#### A5 Bly (4,5)

Bly slippes vesentlig ut i luften som uorganiske partikler. Organisk bly er mye mer giftig og utgjør ca 10% av det totale blyutslippet (1). Partiklene har gjennomgående en diameter på under 1  $\mu\text{m}$  ( $10^{-6}\text{m}$ ) og ved innånding vil 25-50% av partiklene

adsorberes i lungene og blyet blir på denne måten tilført kroppen. Bly kan akkumuleres i blod og benstruktur. De første symptomer på skadevirkninger kan være nervøsitet, irritabilitet og søvnløshet. For stor tilførsel av bly til organismen fører til anemi og kroniske nerveskader.

Organismen tilføres også bly gjennom mat og drikke. Denne tilførselen varierer med dietten og vannets blyinnhold, og gir en visst blyinnhold i blodet hos befolkningen.

Tilførselen av bly til organismen via luftveien skyldes først og fremst utslipp av bly fra biltrafikken.

Undersøkelser i USA (5) viser at et innhold av uorganisk bly i luften på mer enn  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fører ved lengre tids eksponering til vesentlig økt blyinnhold i blodet hos normale individer. En kunne ved denne konsentrasjonen ikke detektere skadelige virkninger på individene som deltok i undersøkelsen.

Usikkerheten om ved hvilken blykonsentrasjon i blodet skadevirkninger kan opptre er stor. For barns vedkommende kan denne ligge så lavt som ved  $0.5 \mu\text{g}/\text{ml}$ . Den omtalte undersøkelsen viste at blyinnholdet i blodet hos voksne individer nærmer seg denne grensen ved 3 måneders eksponering til ca  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  uorganisk bly i luft. Disse konsentrasjoner er høye i forhold til de en finner i luften ved veier i Norge. Imidlertid har den organiske delen av blyutslippet fra biler muligens større virkning til å øke blyinnholdet i blodet enn den nevnte undersøkelsen med uorganisk bly viste.

Blyutslippet fra biler vil gi en tilførsel til naturen av blyholdige forbindelser, spesielt i nærheten av gater og veier. Dette kan føre til et opptak av bly i næringsmidler som kan ha helsemessig betydning.

For generelt å redusere blyforgiftning av naturen er det innført restriksjoner på blyinnholdet i bensin i flere land.

I Norge har det siden 1974 ikke vært tillatt å selge bensin med blyinnhold større enn 0.4 g/l.

#### A6 Fotokjemiske oksydanter

Fotokjemiske oksydanter kan dannes ved kjemiske reaksjoner mellom nitrogenoksyder og hydrokarboner under påvirkning av sollys. I områder med sterk trafikk vil en under visse meteorologiske forhold ha muligheter for dannelsen av fotokjemiske oksydanter. Disse virker irriterende på slimhinner (f.eks. øye) og har også skadelig virkning på vegetasjon. Dannelsen av fotokjemiske oksydanter skjer over et typisk tidsrom av fra en halv til noen timer, dersom konsentrasjonen av primærkomponenter er av passende størrelse.

Muligheten for dannelse av fotokjemisk smog i et byområde som Oslo er tilstede. På grunn av de tid det tar før reaksjonsproduktene dannes vil ikke smog-problemet være lokalisert til middelbar nærhet av veien, slik det er for de andre forureningskomponentene, men vil opptre over større områder avhengig av vindforholdene. Siste års undersøkelser tyder på at fotokjemiske reaksjoner også foregår over Oslo og at høye oksydantkonsentrasjoner forekommer i enkelte episoder.

#### A7 Svovelforbindelser

Disse regnes ikke i første rekke å skyldes utslipp fra biler. Imidlertid vil det relativt beskjedne innholdet av svovel i bensin og diesel føre til en vesentlig økning av konsentrasjonen av svovelforbindelser i luften nær veier. En har tidligere regnet svoveldioksyd ( $SO_2$ ) for å være den helsemessig sett viktigste svovelforbindelse i luftforurensning. I den senere tid har en imidlertid lagt mer vekt på andre svovelforbindelser som svovelsyre og andre sulfater. Nyere undersøkelser i USA (6) tyder på at uheldige helsevirkninger har en nærmere sammenheng med sulfatkonsentrasjonen enn med  $SO_2$ -konsentrasjonen.

Uheldige helsevirkninger kan omfatte kronisk bronkitt, akutte luftveissykdommer, samt forverring av andre symptomer som for eksempel astmaanfall.

#### A8 Lukt

Lukt kan vanskelig kvantifiseres, og kan skyldes en eller flere av komponentene i bilavgassene. Lukt angis derved som lukketterskel. For bilavgasser defineres denne i Sverige som hvor mange ganger avgassen må uttynnes før 50% av en samling forsøkspersoner ikke merker lukten. Resultatet av undersøkelsene i Sverige viser at avgassene fra bensinbilene må uttynnes 5000-10000 ganger. Avgassene fra diesebilene må uttynnes 1000-4000 ganger (7).

Dersom en anvender dette på CO-konsentrasjoner, vil en fortykning som svarer til lukteterskelen for bileksos gi en CO-konsentrasjon på omkring 3 ppm.

#### A9 Normer og retningslinjer for luftkvalitet

Flere land har fastsatt normer og retningslinjer for luftkvalitet når det gjelder forurensende stoffer fra biltrafikk, men verdiene varierer betydelig. Grunnlaget for fastsettelsen er best dokumentert i USA, og det anbefales å vurdere luftkvaliteten i Rosenborg/Møllenberg-området i relasjon til CO-normene som også anbefales av WHO. Normene tar sikte på å beskytte de deler av befolkningen som er mest følsomme overfor luktforurensninger og gir god sikkerhetsmargin mot skader for "normale" individer. Normene er angitt i tabell A1 (se referanse 8). Grenseverdiene for CO anbefales også av WHO.

Virkningen av trafikkreguleringer på CO-konsentrasjon er godt egnet til å vurdere virkningen på luftkvaliteten, fordi karmonmonoksyd er en av de viktigste forurensningskomponentene ved trafikkerte veier og fordi variasjoner med kjøreforholdene skjer på samme måte som for andre komponenter (f.eks. hydrokarboner).



Tabell A1: Føderale normer for luftkvalitet i USA.

| Forurensningskomponent             | Midlingstid      | Konsentrasjon ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |            |
|------------------------------------|------------------|--|------------|
| Karbonmonoksyd (CO)                | 1 time           | 40 000                                     | (35 ppm)   |
| Karbonmonoksyd (CO)                | 8 timer          | 10 000                                     | ( 9 ppm)   |
| Nitrogendioksyd (NO <sub>2</sub> ) | 1 år             | 100  | (0.05 ppm) |
| Svevestøv                          | 1 år             | 75   |            |
| Svevestøv                          | 1 døgn           | 260  |            |
| Hydrokarboner (untatt metan)       | 3 timer (06-09h) | 160  | (0.24 ppm) |
| Fotokjemiske oksydanter            | 1 time           | 160  | (0.08 ppm) |

I Tyskland har en angitt en norm for bly (Pb) i svevestøv: 3  $\mu\text{g Pb}/\text{m}^3$  målt som 24 timers middelvei eller 1.5  $\mu\text{g Pb}/\text{m}^3$  som årsmiddelvei (9).

Normene for støvfall varierer også betydelig fra land til land. En vil ved NILU anbefale å benytte rådgivende støvfallsnormer fra Sverige eller Finland (10), ved vurdering av ulempen av nedsmussing nær en veibane.

Rådgivende støvfallsnormer i Finland:

|  | <u>Månedsmiddel</u>                     |
|--|---|
| Ren luft   | under 0.2 $\text{g}/\text{m}^2$ 30 døgn |
| Relativt ren luft, bra for boligstrøk                  | 0.2 - 2 $\text{g}/\text{m}^2$ 30 døgn   |
| Svakt skittent. Tilfredsstillende for boligstrøk       | 2 - 5 " " "                             |
| Middels forurenset luft. Tolerabelt for boligstrøk     | 5 - 10 " " "                            |
| Skittent område. Ikke tilfredsstillende for boligstrøk | 10 - 15 " " "                           |
| Meget skittent område. Uakseptabelt for boligstrøk     | over 15 " " "                           |

REFERANSER

- (1) Air Quality Criteria for Carbon Monoxide. Washington D.C., 1970.  
(US Environmental Protection Agency. Publ. No. AP-62).
- (2) Nordisk Seminar: Forurensninger og de hjerte- og lungesyke. *Nordisk Medisin*, 89, 313-328 (1974).
- (3) Air Quality Criteria for Nitrogen Oxides. Wash. D.C. 1971.  
(US Environmental Protection Agency, Publ. No. AP-84).
- (4) EPAs position on Health Implications of Airborne Lead. Washington D.C., 1973.  
(US Environmental Protection Agency).
- (5) Griffin, T.B. et al. Clinical studies on men continuously exposed to airborne particulate lead. Institute of Comparative and Human Toxicology, Albany Medical College, Albany, New York, 1972.
- (6) Health Consequences of Sulfur Oxides: A report from CHESS, 1970-1971. Research Triangle Park, North Carolina, 1974.  
(US Environmental Protection Agency, Publ. No. EPA-650/1-74-004).
- (7) Bilavgasser - En sammenfattende rapport. Del 1. Kommunikationsdepartementets ledningsgrupp rörande utvecklingsarbete på bilavgasområdet. Stockholm 1970.

- (8) U.S. Environmental Protection Agency                      National Primary and Secondary Ambient Air Quality Standards. *Federal Register* (1971), 36, No 84.
- (9) Verein Deutsche Ingenieure                      Maximale Immissions- Werte. Düsseldorf 1974. (VDI Richtlinien 2310).
- (10) Laamanen, A.                      Particulates in the outdoor air of Finland. *Work - Environment - Health*, 6 no. 1 (1969).

## VEDLEGG B

BEREGNINGSMETODENE - FORMLER

BEREGNINGSMETODENE - FORMLER

Ved beregning av spredningen nær en åpen vei eller over hus-  
takene i et byområde, bruker en formlene som er gitt i  
likningene B.1-B.4.

$$\text{lign. B.1: } c = \frac{q_e}{u} \int_0^D f \, d\ell$$

$$\text{lign. B.2: } f = \frac{1}{2\pi\sigma_Y\sigma_Y} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{Y}{\sigma_Y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\}$$

Numerisk beregning:

$$\text{lign B.3: } c = \frac{q_e \Delta\ell}{u} \left[ \frac{1}{2} (f_0 + f_N) + \sum_{i=1}^{N-1} f_i \right]$$

$\Delta\ell, \quad \frac{\Delta\ell}{2}, \quad \frac{\Delta\ell}{4} \dots\dots\dots$  2% forskjell fra siste  
estimat.

$$\text{lign. B.4: } \sigma_Y = 465.1(x+b) \tan \theta_p \quad \sigma_z = g \left(\frac{x+a}{x_0}\right)^h$$

$$\theta_p = c - d \ln \left(\frac{x+b}{x_0}\right)$$

|   | c<br>deg | d<br>deg | g<br>m | h    |
|---|----------|----------|--------|------|
| A | 24       | 2.5      | 123    | 0.94 |
| B | 18       | 1.8      | 91     | 0.93 |
| C | 12.5     | 1.1      | 61     | 0.91 |
| D | 8        | 0.7      | 34     | 0.87 |
| E | 6        | 0.5      | 24     | 0.84 |
| F | 4        | 0.4      | 15     | 0.82 |

- c : konsentrasjonen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  
q<sub>e</sub> : kildestyrken for en enkelt linjekilde  
(kjørebane) ( $\text{g}/\text{m}\cdot\text{s}$ )  
f : spredningsfaktoren som avhenger av avstanden, høyden  
og spredningsforholdene ( $\text{m}^{-2}$ )  
 $\sigma_y$  : standardavvik av konsentrasjonsfordelingen  
 $\sigma_z$  : horisontalt og vertikalt (m)  
Z : målepunktets høyde over bakken (m)  
H : effektiv kildehøyde (m)

Konsentrasjonen C beregnes ved integralet vist i lign. B.1. Numerisk finnes konsentrasjonen ved å dele veien opp i segmenter med lengde  $\Delta l$  og beregne integralet (lign. B.1) ved trapesmetoden. Oppdelingen gjøres ved å dele hvert av segmentene i to og beregne et nytt estimat for integralet (se lign. B.3). Når forskjellen fra siste estimat er mindre enn 2% avsluttes beregningene. Spredningsparametrene  $\sigma_y$  og  $\sigma_z$  beregnes ved lign. B.4 hvor verdiene avhenger av sprednings/turbulensforholdene (A-F). A representerer ekstremt gode spredningsforhold som forekommer ved sterk sol og liten vind om sommeren. F representerer ekstremt dårlige spredningsforhold som forekommer om natten vinterstid ved klarvær og liten vind.

Ved beregning av konsentrasjonene i et gatetverrsnitt bruker en formlene som er gitt i ligningene B.5-B.6.

lign. B.5: 
$$\begin{array}{l} \text{Konsentrasjon} \\ \text{på "leeward"-} \\ \text{siden:} \end{array} \Delta C_L = \frac{K Q_s}{(u+0.5) ((x+z)^{\frac{1}{2}} + L_0)}$$

K og  $L_0$  bestemmes ved målinger

lign. B.6:      Konsentrasjon  
                 på "windward"-  
                 siden:      
$$\Delta C_W = \frac{K Q_S (H - z)}{W(u + 0.5) H}$$

- u    : vindhastigheten over hustakene (m/s)
- C<sub>b</sub> : bakgrunnskonsentrasjonen (mg/m<sup>3</sup>)
- ΔC<sub>L</sub> : forurensningsbidraget fra biltrafikken i  
         gaten på "leeward"-siden (se figur 2.6)
- Q<sub>S</sub> : kildestyrken langs gaten (g/sm)
- x    : avstanden fra nærmeste kjørebane til målepunktet (m)
- z    : målestedets høyde over bakken (m)
- H    : høyden av husene som begrenser gatetversnittet (m)
- W    : bredden av gatetverrsnittet (m)
- K    : proporsjonallitetsfaktor (ca 7) som bør bestemmes  
         empirisk
- L<sub>o</sub> : angir spredningseffekten av bilenes egenturbulens  
         (ca 2m).

## VEDLEGG C

- C1 UTGANGSPUNKT FOR UTSLIPPSBEREGNINGENE
- C2 METEOROLOGISKE DATA
- C3 CO-KONSENTRASJONEN SOM FUNKSJON AV  
TRAFIKK- OG VINDFORHOLD



C1 UTANGSDATA FOR UTSLIPPSBEREGNINGENE

Tabellene C1 og C2 viser middel-utslippet av CO pr. tidsenhet fra henholdsvis en bensinbil og en dieselbil.

Tabell C1: CO-emmisjon fra en bensinbil i mg/sek.

| hastighet km/h \ acceleration m/s <sup>2</sup> | acceleration m/s <sup>2</sup> |              |              |              |              |              |       |
|--|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|
|  | <-1,5                         | -1,5<br>-0,9 | -0,9<br>-0,3 | -0,3<br>+0,3 | +0,3<br>+0,9 | +0,9<br>+1,5 | >1,5  |
| 0  |                               |              |              | 119          |              |              |       |
| 0 - 15   | 117                           | 117          | 124          | 237          | 270          | 316          | 318   |
| 15 - 30  | 117                           | 117          | 124          | 280          | 327          | 405          | 449   |
| 30 - 45  | 119                           | 119          | 144          | 285          | 302          | 425          | 517   |
| 45 - 60  | 119                           | 119          | 144          | 306          | 305          | 693          | 1 034 |

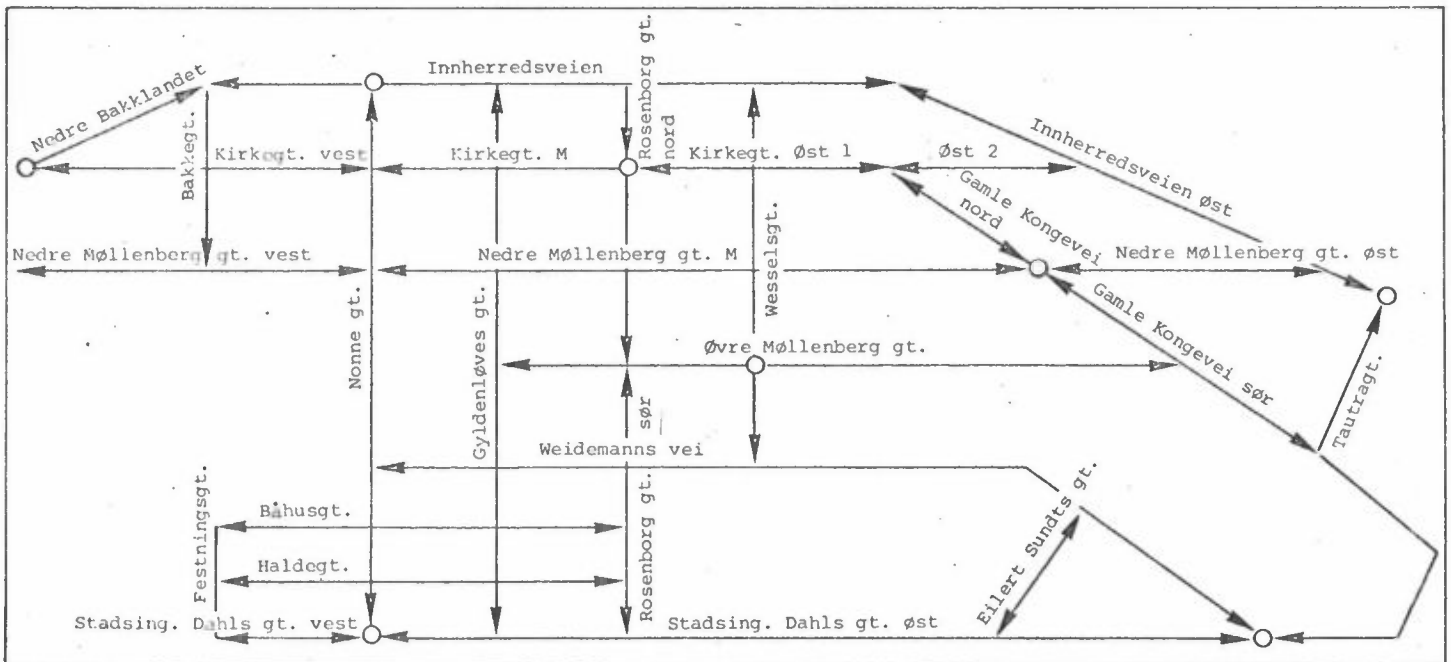
Tabell C2: CO-emmisjon fra en dieselbil i mg/sek.

| hastighet km/h \ acceleration m/s <sup>2</sup> | acceleration m/s <sup>2</sup> |              |              |              |              |              |      |
|--|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
|  | <-1,5                         | -1,5<br>-0,9 | -0,9<br>-0,3 | -0,3<br>+0,3 | +0,3<br>+0,9 | +0,9<br>+1,5 | >1,5 |
| 0  |                               |              |              | 18           |              |              |      |
| 0 - 15   | 20                            | 20           | 18           | 40           | 40           | 125          | 125  |
| 15 - 30  | 5                             | 5            | 15           | 45           | 45           | 145          | 145  |
| 30 - 45  | 5                             | 5            | 18           | 50           | 50           | 155          | 155  |
| 45 - 60  | 5                             | 5            | 20           | 60           | 60           | 165          | 165  |

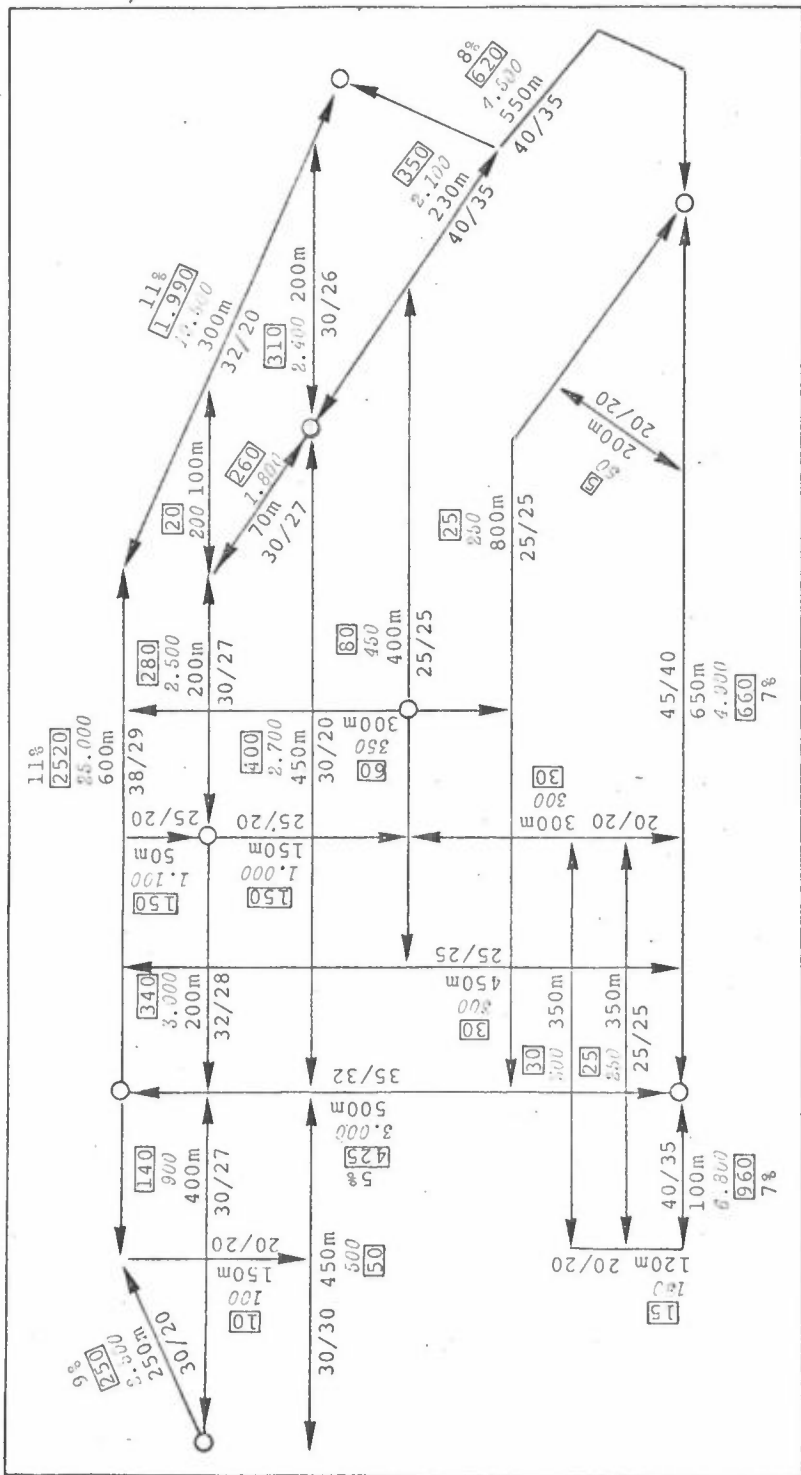
Navnene på de forskjellige gatestrekningene i Rosenborg/Møllenberg-området er vist i figur C1.

Data for trafikk tetthet, midlere kjørehastighet, andel av dieselbiler og veilengder, nødvendig for å beregne CO-utslippet i området er gitt for

- førsituasjonen den 31. august 1976.  
(se figur C2)
- kort tid etter reguleringen den 5. oktober 1976.  
(se figur C3)
- lang tid etter reguleringen den 6. og 7. september 1977.  
(se figur C4).



Figur C1: Navn på gatestrekningene i Rosenborg/Møllenberg-området.

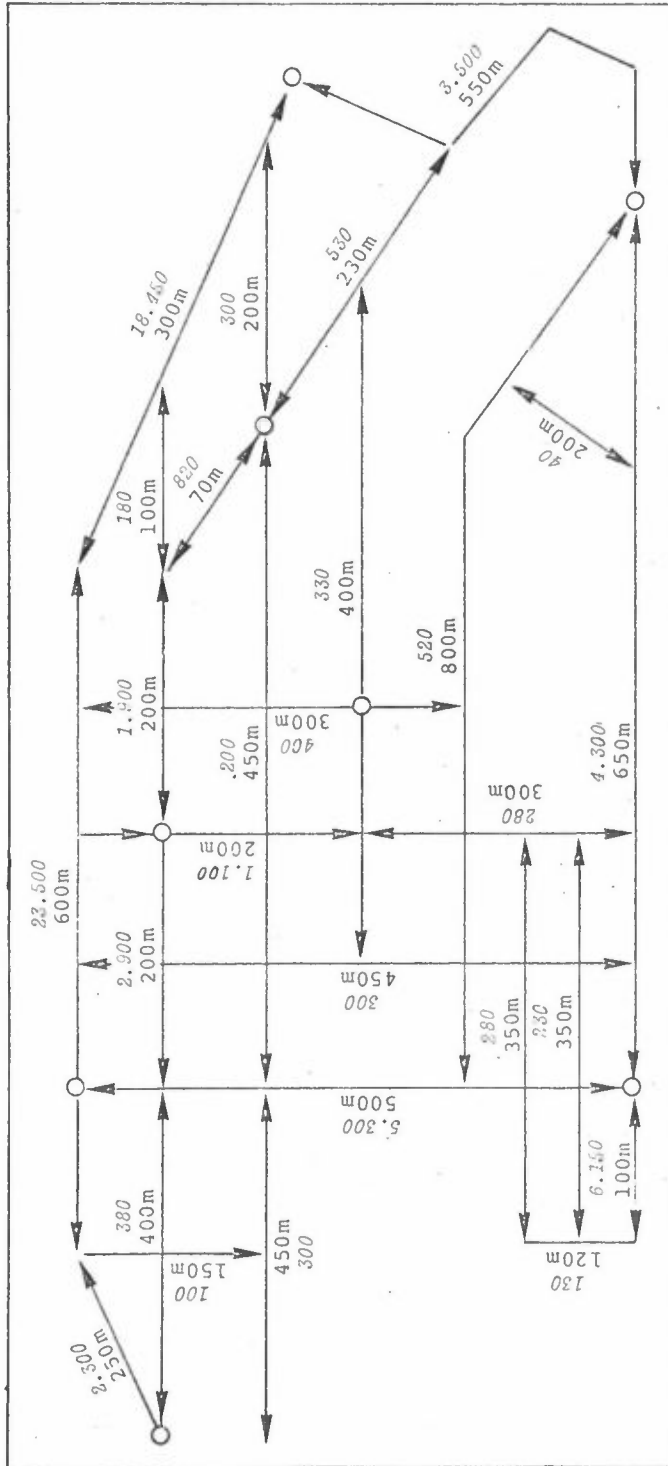


- 400 ~ Maksimal timetrafiikk (1t om morgenen, 2t om ettermiddagen)
- 4.100 ~ Årdsøgnetrafiikk (ÅDT), ant kj.t.
- 200m ~ Lengde på gatenlenke
- ↔ ~ Gatenlenke
- → ~ Kryss hvor tellinger er utført
- 30/25 ~ Gjennomsnittlig strekningshast. ikke rush/rush

5% ~ Andel tung trafikk av tot. ant. kj.t.  
 OBS: For alle gatenlenker som ikke har oppgitt andel, skal andelen være 5%.

Figur C.2: Gatenettet i Rosenborg/Møllenberg - oversikt over trafikkmengder i ulike gatenlenker - på grunnlag av registreringer 31. august 1976.





TEGNFORKLARING

- 300 ~ Årsdøgnetrafikk (ÅDT)
- 200m ~ Lengde på gateleuken
- ↔ ~ Gateleuke
- ~ Kryss hvor tellinger er utført

NB:1) Samme forhold mellom maksimal timetraffikk og ÅDT som i situasjonen 31.8.

2) Samme hastigheter som i situasjonen 31.8.

Andel tunge kjøt. samme som før situasjonen 5.10.76.

Figur C 4: Gatene i Rosenborg/Møllenberg - oversikt over trafikkmengder i ulike gateleuken - på grunnlag av registreringer 6. og 7. september 1977.

C2 METEOROLOGISKE DATA

Resultatet av vindmålingene ved Nidelv bru er vist i tabell C3 som frekvensfordelingen av vindobservasjoner i hver 30°-sektor som funksjon av tid på døgnet. Videre viser en frekvensfordelingen av vindstyrkeobservasjoner som funksjon av vindretningen.

Tabell C3: Vindrose og vindanalyse fra Nidelvbru

| VINDROSE FRA NIDELVBRUA        |              |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 18/10-77 - 21/11-77 FRA TAPE 1 |              |      |      |      |      |      |      |      |      |
| SEKTOR                         | VINDROSE KL. |      |      |      |      |      |      |      | DØGN |
|                                | 1            | 4    | 7    | 10   | 13   | 16   | 19   | 22   |      |
| 20- 40                         | 0.0          | 0.0  | 6.5  | 0.0  | 6.3  | 6.5  | 3.2  | 0.0  | 3.1  |
| 50- 70                         | 0.0          | 0.0  | 0.0  | 3.2  | 3.1  | 9.7  | 0.0  | 0.0  | 2.3  |
| 80-100                         | 6.5          | 6.5  | 12.9 | 9.7  | 6.3  | 6.5  | 12.9 | 9.7  | 7.8  |
| 110-130                        | 6.5          | 9.7  | 0.0  | 12.9 | 3.1  | 6.5  | 6.5  | 6.5  | 6.1  |
| 140-160                        | 9.7          | 3.2  | 9.7  | 9.7  | 3.1  | 3.2  | 0.0  | 3.2  | 5.2  |
| 170-190                        | 6.5          | 16.1 | 9.7  | 6.5  | 12.5 | 6.5  | 9.7  | 25.8 | 9.9  |
| 200-220                        | 45.2         | 35.5 | 19.4 | 32.3 | 31.3 | 29.0 | 48.4 | 22.6 | 33.7 |
| 230-250                        | 6.5          | 3.2  | 0.0  | 3.2  | 3.1  | 6.5  | 6.5  | 6.5  | 3.9  |
| 260-280                        | 3.2          | 6.5  | 9.7  | 3.2  | 9.4  | 3.2  | 0.0  | 3.2  | 6.3  |
| 290-310                        | 0.0          | 3.2  | 3.2  | 3.2  | 3.1  | 3.2  | 0.0  | 3.2  | 2.1  |
| 320-340                        | 0.0          | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 3.1  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 7    |
| 350- 10                        | 0.0          | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 3.1  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1    |
| STILLE                         | 16.1         | 16.1 | 29.0 | 16.1 | 12.5 | 19.4 | 12.9 | 19.4 | 18.9 |
| ANT. OBS.                      | 31           | 31   | 31   | 31   | 32   | 31   | 31   | 31   | 748  |
| MIDL. VIND                     | 2.0          | 1.9  | 1.6  | 1.8  | 2.0  | 1.9  | 2.0  | 2.1  | 2.0  |

| VINDANALYSE    |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |        |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| DØGNMIDDEL     | 30  | 60  | 90  | 120 | 150 | 180 | 210  | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 | TOTAL  |
| STILLE         |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     | 18.9   |
| 0.6- 2.0 M/S   | 2.4 | 1.9 | 5.3 | 4.4 | 2.7 | 4.1 | 13.8 | 1.6 | 2.0 | 1.1 | 7   | 1   | 40.1   |
| 2.1- 4.0 M/S   | 7   | 4   | 2.3 | 5   | 1.9 | 2.7 | 17.1 | 1.5 | 2.0 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 30.1   |
| 4.1- 6.0 M/S   | 0.0 | 0.0 | 1   | 1.2 | 7   | 1.6 | 2.1  | 5   | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.6    |
| OVER 6.0 M/S   | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 7    | 3   | 9   | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.3    |
| TOTAL          | 3.1 | 2.3 | 7.8 | 6.1 | 5.2 | 9.9 | 33.7 | 3.9 | 6.3 | 2.1 | 7   | 1   | 1100.0 |
| MIDL. VIND M/S | 1.5 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.2 | 3.1 | 2.4  | 3.0 | 3.4 | 1.9 | 9   | 6   | 2.0    |
| ANT. OBS.      | 23  | 17  | 58  | 46  | 39  | 74  | 252  | 29  | 47  | 16  | 5   | 1   | 748    |

MIDLERE VINDSTYRKE FOR HELE DATASETTET ER 2.0 M/S, BASERT PÅ 748 OBSERVASJONER

C3 CO-KONSENTRASJONEN SOM FUNKSJON AV TRAFIKK- OG VINDFORHOLD

De registrerte CO-konsentrasjonene ble avlest som timesverdier og samlet i grupper avhengig av vindretningen, vindhastigheten og trafikk tettheten. I tabellene C4 og C5 viser en resultatene for henholdsvis målingene i Innherredsveien 64 og i Nedre Møllenberggt. 61. Første del av tabellene angir frekvensen av observasjoner i hver av klassene. Den andre del angir midlere CO-konsentrasjon i hver av klassene.

Tabell C4: CO-konsentrasjonen i Innherredsveien som funksjon av vindretning, vindhastighet og trafikk tettheten på Innherredsveien.

| FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNINGEN ENHET: PROSENT  |      |      |       |                |      |      |      |                |      |      |      |               |      |      |      |      |       |
|---|------|------|-------|----------------|------|------|------|----------------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|-------|
| STABILITETSKLASSE:  |      |      |       |                |      |      |      |                |      |      |      |               |      |      |      |      |       |
| 1: UNDER 200.0 DEG/100M   |      |      |       |                |      |      |      |                |      |      |      |               |      |      |      |      |       |
| 2: 200.0-500.0 DEG/100M   |      |      |       |                |      |      |      |                |      |      |      |               |      |      |      |      |       |
| 3: 500.0-1000.0 DEG/100M  |      |      |       |                |      |      |      |                |      |      |      |               |      |      |      |      |       |
| 4: OVER 1000.0 DEG/100M   |      |      |       |                |      |      |      |                |      |      |      |               |      |      |      |      |       |
| 0.00- 1.00 M/S  |      |      |       | 1.01- 2.00 M/S |      |      |      | 2.01- 4.00 M/S |      |      |      | OVER 4.00 M/S |      |      |      | ROSE |       |
| 1   | 2    | 3    | 4     | 1              | 2    | 3    | 4    | 1              | 2    | 3    | 4    | 1             | 2    | 3    | 4    |      |       |
| 30  | .00  | .00  | .79   | 1.11           | .00  | .00  | .95  | .32            | .00  | .16  | .32  | .32           | .00  | .00  | .00  | .00  | 3.97  |
| 60  | .32  | .00  | .16   | .48            | .00  | .00  | .32  | .64            | .00  | .00  | .00  | .16           | .00  | .00  | .00  | .00  | 2.06  |
| 90  | .48  | .48  | 1.27  | .64            | .64  | .32  | .95  | .64            | .00  | .48  | .64  | .64           | .00  | .00  | .16  | .00  | 7.30  |
| 120   | .48  | .16  | .95   | 1.11           | .48  | .16  | .95  | .48            | .00  | .00  | .16  | .00           | .00  | .00  | .00  | .00  | 4.92  |
| 150   | .79  | .64  | .95   | .95            | .16  | .16  | .00  | .64            | .48  | .00  | .32  | .16           | .00  | .00  | .00  | .00  | 5.24  |
| 180   | 1.11 | .16  | .64   | .48            | .95  | .32  | 1.11 | .32            | .32  | .16  | .64  | .64           | .32  | .79  | 1.11 | 1.27 | 10.32 |
| 210   | 1.59 | 1.75 | 3.02  | 1.59           | 2.54 | 1.75 | 4.29 | 1.43           | 4.13 | 2.22 | 4.60 | 5.40          | .95  | .32  | 1.11 | 6.43 | 7.30  |
| 240   | .32  | .00  | 1.75  | 1.11           | .32  | .00  | .48  | .32            | .16  | .16  | .48  | .79           | .00  | .32  | .48  | .16  | 6.83  |
| 270   | .48  | .48  | 1.75  | 1.75           | .00  | .32  | .00  | .48            | .48  | .00  | .32  | 1.11          | .95  | .32  | .95  | .48  | 9.84  |
| 300   | .48  | .16  | 1.11  | 1.11           | .00  | .00  | .16  | .00            | .32  | .00  | .64  | .00           | .00  | .00  | .00  | .00  | 3.97  |
| 330   | .00  | .00  | .16   | 1.27           | .00  | .16  | .00  | .00            | .00  | .00  | .00  | .00           | .00  | .00  | .00  | .00  | 1.59  |
| 360   | .00  | .00  | .00   | .16            | .00  | .00  | .00  | .00            | .00  | .00  | .00  | .00           | .00  | .00  | .00  | .00  | .16   |
| STILLE  | 1.75 | 2.38 | 1.59  | .79            | .00  | .00  | .00  | .00            | .00  | .00  | .00  | .00           | .00  | .00  | .00  | .00  | 6.51  |
| TOTAL   | 7.78 | 6.19 | 14.13 | 12.54          | 5.08 | 3.17 | 9.21 | 5.24           | 5.87 | 3.17 | 8.10 | 9.21          | 2.22 | 1.75 | 3.81 | 2.54 | 100.0 |
| FORDELING PÅ VINDHASTIGHET                                      |      |      |       |                |      |      |      |                |      |      |      |               |      |      |      |      |       |
| 0.00- 1.00 M/S  |      |      |       | 1.01- 2.00 M/S |      |      |      | 2.01- 4.00 M/S |      |      |      | OVER 4.00 M/S |      |      |      |      |       |
| 40.63   |      |      |       | 22.70          |      |      |      | 26.35          |      |      |      | 10.32         |      |      |      |      |       |
| FORDELING AV STABILITETSKLASSENE                                |      |      |       |                |      |      |      |                |      |      |      |               |      |      |      |      |       |
| 20.95   |      |      |       | 14.29          |      |      |      | 35.24          |      |      |      | 29.52         |      |      |      |      |       |
| BELASTNING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING OG STABILITET. ENHET: CO |      |      |       |                |      |      |      |                |      |      |      |               |      |      |      |      |       |
| 0.00- 1.00 M/S  |      |      |       | 1.01- 2.00 M/S |      |      |      | 2.01- 4.00 M/S |      |      |      | OVER 4.00 M/S |      |      |      | ROSE |       |
| 1   | 2    | 3    | 4     | 1              | 2    | 3    | 4    | 1              | 2    | 3    | 4    | 1             | 2    | 3    | 4    |      |       |
| 30  | I    | I    | 10.   | 14.            | I    | I    | 7.   | 12.            | I    | 6.   | 9.   | 7.            | I    | I    | I    | I    | 10.   |
| 60  | 1.   | I    | 8.    | 13.            | I    | I    | 12.  | 13.            | I    | I    | I    | 6.            | I    | I    | I    | I    | 10.   |
| 90  | 1.   | 3.   | 6.    | 17.            | 0.   | 1.   | 6.   | 11.            | I    | 3.   | 6.   | 12.           | I    | I    | 3.   | I    | 6.    |
| 120   | 3.   | 5.   | 6.    | 13.            | 1.   | 2.   | 6.   | 12.            | I    | I    | 5.   | I             | I    | I    | I    | I    | 7.    |
| 150   | 2.   | 5.   | 13.   | 14.            | 2.   | 11.  | I    | 8.             | 1.   | I    | 6.   | 3.            | I    | I    | I    | I    | 8.    |
| 180   | 1.   | 6.   | 8.    | 20.            | 0.   | 6.   | 5.   | 12.            | 1.   | 0.   | 1.   | 5.            | 1.   | 2.   | 2.   | 2.   | 4.    |
| 210   | 2.   | 5.   | 10.   | 14.            | 1.   | 3.   | 7.   | 9.             | 0.   | 3.   | 3.   | 4.            | 1.   | 1.   | 2.   | 2.   | 4.    |
| 240   | 2.   | I    | 5.    | 11.            | 1.   | I    | 4.   | 9.             | 0.   | 0.   | 6.   | 7.            | I    | 1.   | 3.   | 3.   | 6.    |
| 270   | 1.   | 9.   | 9.    | 14.            | I    | 8.   | I    | 9.             | 1.   | I    | 3.   | 6.            | 0.   | 0.   | 6.   | 6.   | 7.    |
| 300   | 1.   | 10.  | 7.    | 16.            | I    | 1    | 10.  | I              | 0.   | I    | 7.   | I             | I    | I    | I    | I    | 8.    |
| 330   | I    | I    | 6.    | 8.             | I    | 4.   | I    | I              | I    | I    | I    | I             | I    | I    | I    | I    | 8.    |
| 360   | I    | I    | I     | 8.             | I    | I    | I    | I              | I    | I    | I    | I             | I    | I    | I    | I    | 8.    |
| STILLE  | 2.   | 8.   | 9.    | 12.            | I    | 1    | I    | I              | I    | I    | I    | I             | I    | I    | I    | I    | 7.    |
| TOTAL   | 2.   | 7.   | 8.    | 13.            | 1.   | 4.   | 6.   | 10.            | 0.   | 3.   | 4.   | 5.            | 1.   | 1.   | 3.   | 3.   | 6.    |
| FORDELING PÅ VINDHASTIGHET                                      |      |      |       |                |      |      |      |                |      |      |      |               |      |      |      |      |       |
| 0.00- 1.00 M/S  |      |      |       | 1.01- 2.00 M/S |      |      |      | 2.01- 4.00 M/S |      |      |      | OVER 4.00 M/S |      |      |      |      |       |
| 8.3   |      |      |       | 5.6            |      |      |      | 3.5            |      |      |      | 2.1           |      |      |      |      |       |
| FORDELING AV STABILITETSKLASSENE                                |      |      |       |                |      |      |      |                |      |      |      |               |      |      |      |      |       |
| 9   |      |      |       | 4.6            |      |      |      | 6.2            |      |      |      | 9.4           |      |      |      |      |       |
| ANTALL TIMER = 940, ANTALL OBSERVASJONER = 630                  |      |      |       |                |      |      |      |                |      |      |      |               |      |      |      |      |       |

Tabell C5: CO-konsentrasjonen i Nedre Møllenbergt som funksjon av vindretning, vindhastighet og trafikk tettheten på Innherredsveien.

| FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNINGEN ENHET: PROSENT  |      |      |      |                |      |      |      |                |      |      |       |               |      |      |      |      |       |
|---|------|------|------|----------------|------|------|------|----------------|------|------|-------|---------------|------|------|------|------|-------|
| STABILITETSKLASSE:  |      |      |      |                |      |      |      |                |      |      |       |               |      |      |      |      |       |
| 1: UNDER 200.0 DEG/100M   |      |      |      |                |      |      |      |                |      |      |       |               |      |      |      |      |       |
| 2: 200.0-500.0 DEG/100M   |      |      |      |                |      |      |      |                |      |      |       |               |      |      |      |      |       |
| 3: 500.0-1000.0 DEG/100M  |      |      |      |                |      |      |      |                |      |      |       |               |      |      |      |      |       |
| 4: OVER 1000.0 DEG/100M   |      |      |      |                |      |      |      |                |      |      |       |               |      |      |      |      |       |
| 0.00- 1.00 M/S  |      |      |      | 1.01- 2.00 M/S |      |      |      | 2.01- 4.00 M/S |      |      |       | OVER 4.00 M/S |      |      |      | ROSE |       |
| 1   | 2    | 3    | 4    | 1              | 2    | 3    | 4    | 1              | 2    | 3    | 4     | 1             | 2    | 3    | 4    |      |       |
| 30  | .00  | .00  | .65  | 1.53           | .00  | .00  | 1.31 | .65            | .00  | .22  | .44   | .44           | .00  | .00  | .00  | .00  | 5.23  |
| 60  | .00  | .00  | .00  | .44            | .00  | .00  | .65  | .87            | .22  | .22  | .00   | .22           | .00  | .00  | .00  | .00  | 2.62  |
| 90  | .44  | .00  | .44  | .87            | .65  | .65  | .87  | 1.09           | .44  | .22  | .44   | .65           | .00  | .00  | .00  | .00  | 6.75  |
| 120   | .00  | .22  | .00  | 1.53           | .44  | .00  | .65  | .65            | .22  | .00  | .44   | .00           | .00  | .00  | .00  | .44  | 4.58  |
| 150   | .87  | .44  | .44  | .87            | .22  | .22  | .00  | .22            | .44  | .22  | .44   | .22           | .00  | .00  | .00  | .44  | 5.01  |
| 180   | .44  | .22  | .22  | .44            | .65  | .44  | 1.09 | .22            | .44  | .44  | 2.18  | .87           | .22  | .87  | .44  | .22  | 9.37  |
| 210   | .44  | 1.74 | 1.53 | 1.09           | 2.62 | 2.40 | 4.14 | .87            | 6.10 | 5.67 | 6.54  | 4.58          | .65  | .22  | 1.74 | 4.44 | 40.74 |
| 240   | .00  | .00  | 1.09 | .44            | .44  | .00  | .22  | .22            | .22  | .22  | .87   | .65           | .00  | .44  | .65  | .00  | 5.45  |
| 270   | .22  | .44  | 1.09 | 1.74           | .00  | .44  | .22  | .44            | .65  | .00  | 1.09  | .87           | 1.31 | .44  | 1.09 | .65  | 10.68 |
| 300   | .65  | .22  | 1.53 | .65            | .00  | .00  | .00  | .00            | .65  | .00  | 1.09  | .00           | .00  | .00  | .00  | .00  | 4.79  |
| 330   | .00  | .00  | .22  | .22            | .00  | .22  | .00  | .00            | .00  | .00  | .00   | .00           | .00  | .00  | .00  | .00  | .65   |
| 360   | .00  | .00  | .00  | .22            | .00  | .00  | .00  | .00            | .00  | .00  | .00   | .00           | .00  | .00  | .00  | .00  | .22   |
| STILLE  | .87  | 1.09 | 1.53 | .44            | .00  | .00  | .00  | .00            | .00  | .00  | .00   | .00           | .00  | .00  | .00  | .00  | 3.92  |
| TOTAL   | 3.92 | 4.36 | 8.71 | 10.46          | 5.01 | 4.36 | 9.15 | 5.23           | 9.37 | 7.19 | 13.51 | 8.50          | 2.18 | 1.96 | 3.92 | 2.18 | 100.0 |
| FORDELING PÅ VINDHASTIGHET                                      |      |      |      |                |      |      |      |                |      |      |       |               |      |      |      |      |       |
| 0.00- 1.00 M/S  |      |      |      | 1.01- 2.00 M/S |      |      |      | 2.01- 4.00 M/S |      |      |       | OVER 4.00 M/S |      |      |      |      |       |
| 27.45   |      |      |      | 23.75          |      |      |      | 38.56          |      |      |       | 10.24         |      |      |      |      |       |
| FORDELING AV STABILITETSKLASSENE                                |      |      |      |                |      |      |      |                |      |      |       |               |      |      |      |      |       |
| 20.48   |      |      |      | 17.86          |      |      |      | 35.29          |      |      |       | 26.36         |      |      |      |      |       |
| BELASTNING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING OG STABILITET. ENHET: CO |      |      |      |                |      |      |      |                |      |      |       |               |      |      |      |      |       |
| 0.00- 1.00 M/S  |      |      |      | 1.01- 2.00 M/S |      |      |      | 2.01- 4.00 M/S |      |      |       | OVER 4.00 M/S |      |      |      | ROSE |       |
| 1   | 2    | 3    | 4    | 1              | 2    | 3    | 4    | 1              | 2    | 3    | 4     | 1             | 2    | 3    | 4    |      |       |
| 30  | I    | I    | 3.   | 4.             | I    | I    | 2.   | 4.             | I    | 5.   | 2.    | 4.            | I    | I    | I    | I    | 3.    |
| 60  | I    | I    | I    | 4.             | I    | I    | 5.   | 5.             | 2.   | 2.   | I     | 3.            | I    | I    | I    | I    | 4.    |
| 90  | 0.   | I    | 2.   | 5.             | 2.   | 3.   | 3.   | 4.             | 1.   | 1.   | 3.    | 5.            | I    | I    | I    | I    | 3.    |
| 120   | I    | 3.   | I    | 2.             | 0.   | I    | 3.   | 6.             | 1.   | I    | 3.    | I             | I    | I    | I    | 2.   | 3.    |
| 150   | 3.   | 2.   | 4.   | 4.             | 2.   | 6.   | I    | 5.             | 1.   | 1.   | 2.    | 2.            | I    | I    | I    | 2.   | 3.    |
| 180   | 0.   | 1.   | 2.   | 3.             | 1.   | 5.   | 2.   | 2.             | 2.   | 2.   | 2.    | 2.            | 0.   | 0.   | 1.   | 1.   | 2.    |
| 210   | 0.   | 3.   | 5.   | 5.             | 1.   | 1.   | 3.   | 2.             | 1.   | 2.   | 2.    | 1.            | 0.   | 1.   | 1.   | 0.   | 2.    |
| 240   | I    | I    | 1.   | 1.             | 0.   | I    | 2.   | 2.             | 0.   | 1.   | 4.    | 2.            | I    | 2.   | 3.   | I    | 2.    |
| 270   | 1.   | 2.   | 1.   | 4.             | I    | 2.   | 1.   | 2.             | 0.   | I    | 1.    | 1.            | 1.   | 1.   | 3.   | 2.   | 2.    |
| 300   | 2.   | 1.   | 2.   | 5.             | I    | I    | I    | I              | 1.   | I    | 1.    | I             | I    | I    | I    | I    | 2.    |
| 330   | I    | I    | 2.   | 3.             | I    | 0.   | I    | I              | I    | I    | I     | I             | I    | I    | I    | I    | 1.    |
| 360   | I    | I    | I    | 6.             | I    | 1    | I    | I              | I    | I    | I     | I             | I    | I    | I    | I    | 6.    |
| STILLE  | 2.   | 3.   | 4.   | 1.             | I    | I    | I    | I              | I    | I    | I     | I             | I    | I    | I    | I    | 3.    |
| TOTAL   | 2.   | 3.   | 3.   | 4.             | 1.   | 2.   | 3.   | 4.             | 1.   | 2.   | 2.    | 2.            | 1.   | 1.   | 2.   | 1.   | 2.    |
| FORDELING PÅ VINDHASTIGHET                                      |      |      |      |                |      |      |      |                |      |      |       |               |      |      |      |      |       |
| 0.00- 1.00 M/S  |      |      |      | 1.01- 2.00 M/S |      |      |      | 2.01- 4.00 M/S |      |      |       | OVER 4.00 M/S |      |      |      |      |       |
| 2.9   |      |      |      | 2.5            |      |      |      | 1.7            |      |      |       | 1.3           |      |      |      |      |       |
| FORDELING AV STABILITETSKLASSENE                                |      |      |      |                |      |      |      |                |      |      |       |               |      |      |      |      |       |
| .9  |      |      |      | 2.2            |      |      |      | 2.4            |      |      |       | 2.9           |      |      |      |      |       |
| ANTALL TIMER = 840, ANTALL OBSERVASJONER = 459                  |      |      |      |                |      |      |      |                |      |      |       |               |      |      |      |      |       |



