



# Statlig program for forurensningsovervåking

RAPPORT NR 280/87

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjoner

NILU

## BASISUNDERSØKELSE AV LUFTKVALITETEN I DRAMMEN 1984-1986

DELRAPPORT F  
EKSPONERINGS-  
BEREGNINGER OG  
KORROSJON



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

Postboks 64 - 2001 Lillestrøm



## Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

luft og nedbør  
grunnvann  
vassdrag og fjorder  
havområder

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)

Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)

Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)

Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Norsk institutt for vannforskning (NIVA)

Statens forurensningstilsyn (SFT)

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter vil bli publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.

NILU OR :50/87  
REFERANSE: O-8342  
DATO : SEPTEMBER 1987  
ISBN : 82-7247-841-2

BASISUNDERSØKELSE AV LUFTKVALITETEN  
I DRAMMEN 1984-1986

DELRAPPORT F

Eksponeringsberegninger og korrosjon

Leif Otto Hagen, Jan F. Henriksen,  
Kari Hoem og Steinar Larssen

Utført etter oppdrag fra  
Statens forurensningstilsyn

## FORORD

Etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) har Norsk institutt for luftforskning (NILU) gjennomført en basisundersøkelse av luftkvaliteten i Drammen i perioden 1984-1986, som en del av Statlig program for forurensningsovervåking. Undersøkelsen var i hovedsak finansiert av SFT, med mindre bidrag fra NILU og Drammen kommune.

Denne delrapporten presenterer resultater av beregninger av befolkningens eksponering for luftforurensninger i Drammen og av en undersøkelse av korrosjonsforholdene i området. Eksponeringsberegningene er viktige for vurdering av mulige helsevirkninger av luftforurensninger (Delrapport G). Hensikten med korrosjonsundersøkelsen var å finne sammenhengen mellom miljøvariable og korrosjon.

Eksponeringsberegningene og korrosjonsundersøkelsen er gjennomført av NILU.

Resultatene fra basisundersøkelsen i Drammen er presentert i rapportene på listen nedenfor. Rapportene kan skaffes ved henvendelse til NILU og Statens forurensningstilsyn. Rapportene fra Statens Institutt For Folkehelse(SIFF) og Transportøkonomisk Institutt (TØI) kan også fås ved direkte henvendelse til instituttene.

### Rapportliste

|   |                 |        |
|---|-----------------|--------|
| Hovedrapport.                             | SFT-rapport     | 272/87 |
|   | NILU-rapport OR | 51/87  |
| Delrapport A Lavvegetasjon på bjørk.      | SFT-rapport     | 275/87 |
|   | NILU-rapport OR | 45/87  |
| Delrapport B Meteorologi og luftkvalitet. | SFT-rapport     | 276/87 |
|   | NILU-rapport OR | 46/87  |

|  |  |                   |        |
|--|--|-------------------|--------|
| Delrapport C   | Utslippsdata.                          | SFT-rapport       | 277/87 |
|  |  | NILU-rapport OR   | 47/87  |
| Delrapport D   | Spredningsberegninger.                 | SFT-rapport       | 278/87 |
|  |  | NILU-rapport OR   | 48/87  |
| Delrapport E   | Sporstoffundersøkelser.                | SFT-rapport       | 279/87 |
|  |  | NILU-rapport OR   | 49/87  |
| Delrapport F   | Eksponeringsberegninger og korrosjon.  | SFT-rapport       | 280/87 |
|  |  | NILU-rapport OR   | 50/87  |
| Delrapport G   | Helsevirkninger av luftforurensninger. | SFT-rapport       | 281/87 |
|  |  | SIFF/TOKS-rapport | 01/87  |
| Framdriftsrapport nr. 1.   | Pr. 1. oktober 1985.                   | SFT-rapport       | 213/86 |
|  |  | NILU-rapport OR   | 5/86   |
| Framdriftsrapport nr. 2.   | Pr. 1. august 1986.                    | SFT-rapport       | 244/86 |
|  |  | NILU-rapport OR   | 70/86  |
| Virkninger av luftforurensning på folks dagligliv, helse og trivsel. Resultater fra en intervjuundersøkelse i Drammen. |  | TØI-rapport       | 1987   |
| Innsamling av utslippsdata til basisundersøkelsen i Drammen.   |  | NILU-rapport OR   | 20/85  |
| Plan for basisundersøkelse i Drammen 1984-1986.  |  | NILU-rapport OR   | 78/85  |

## KONKLUSJON

### Befolkningens eksponering for luftforurensninger

På grunnlag av målinger av luftkvalitet, beregninger av konsentrasjoner av luftforurensninger i hele Drammensområdet og bosetningsfordelingen, er det beregnet hvor mange personer som på sitt bosted er utsatt for luftkonsentrasjoner over norske forslag til grenseverdier (se tabellen nedenfor). Med grenseverdi for et stoff med hensyn på helsevirkninger menes her den mengden av forurensning som en ut fra nåværende viten antar befolkningen kan utsettes for uten at helsevirkninger forekommer. Helsevurderingene er utført av Statens Institutt For Folkehelse (SIFF), se Delrapport G.

Antall bosatte i områder der grenseverdiene ble overskredet vinterstid.

| Stoff                           | Antall bosatte |
|---------------------------------|----------------|
| SO <sub>2</sub>                 | 7.000          |
| Sot                             | 23.600         |
| SO <sub>2</sub> og sot samtidig | 7.000          |
| NO <sub>2</sub>                 | 18.000         |
| CO <sup>2</sup>                 | 4.600*         |

\* Gjelder personer som bor eller arbeider tett ved hovedveinettet.

### Korrosjon

Hensikten var å finne sammenhenger mellom miljøvariable og korrosjon, samt å sammenlikne resultatene med tilsvarende målinger i Sarpsborg og Fredrikstad. Målingene viste at korrosjonshastigheten ble bestemt av fuktighetsforholdene og SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen. I de kaldeste vintermånedene hadde SO<sub>2</sub> - konsentrasjonen mindre innflytelse enn ventet, fordi temperaturen var for lav for elektrokjemiske reaksjoner. En fant best samsvar mellom korrosjon og SO<sub>2</sub> - belastning ved bare å ta hensyn til SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene ved temperaturer over -4<sup>0</sup>C for måneds-korrosjon på stål og over 0<sup>0</sup>C for årskorrosjon for alle metallene.

For å beskrive korrosjonsforholdene på månedsbasis tilfredsstillende trengs økt forskningsinnsats med enfaktor- og flerfaktorforsøk i klimaskap. Dette er nødvendig for å øke kunnskapene om de fysikalske/kjemiske prosessene på overflaten.

Korrosjon på årsbasis i Drammen kan beskrives tilfredsstillende ut fra de sammenhenger vi fant under basisundersøkelsen i Sarpsborg og Fredrikstad i 1981-1983.

## SAMMENDRAG

### Befolkningens eksponering for luftforurensninger

I basisundersøkelsen er det målt konsentrasjoner av luftforurensede stoffer på sju stasjoner og beregnet konsentrasjoner over hele undersøkelsesområdet av to komponenter. Ut fra befolkningsfordelingen i området er det utført eksponeringsberegninger som gir et bilde av den luftforurensning befolkningen utsettes for på sitt bosted. Vi har i denne undersøkelsen ikke kunnet ta hensyn til at befolkningen flytter seg innenfor området og opplever ulik grad av forurensning, og heller ikke at innendørs luftkvalitet kan avvike fra utendørs.

Statens Institutt For Folkehelse (SIF) har på grunnlag av luftkvalitetsdata og eksponeringsberegningene vurdert helsevirkningene av luftforurensningene i Drammen, se Delrapport G.

Eksponeringsberegningene viser at halvårsgrenseverdiene for svoveldioksid ( $\text{SO}_2$ ) og sot ( $40\text{-}60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ikke er overskredet samtidig i noen del av Drammens-området. Henholdsvis ca 1.000 og ca 2.000 personer bodde i områder hvor nedre grenseverdi for  $\text{SO}_2$  og sot ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ble overskredet hver for seg vinteren 1984/85.

Vinteren 1984/85 bodde ca 7.000 personer i områder der døgnmiddelverdiene av  $\text{SO}_2$  og sot begge samtidig overskred nedre grenseverdi på  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nærmere 5.000 personer bodde i områder der øvre grenseverdi for sot på  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ble overskredet. Lavere forurensningsgrad medførte at færre personer ble eksponert for høye døgnmiddelverdier vinteren 1985/86.

Målingene vinteren 1984/85 viste at de høyeste verdiene på alle stasjonene hovedsakelig forekom i forurensningsepisoden 10-12 februar.

Grenseverdien for halvårsmiddel for nitrogendioksid ( $\text{NO}_2$ ) på  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ble ikke overskredet i Drammen i måleperioden. Derimot bodde 18.000 personer i områder der nedre grenseverdi for døgnmiddel på  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ble overskredet. Det var ingen overskridelser av øvre grenseverdi på  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Beregninger viser at 1.300 mennesker bor eller arbeider tett ved veier der øvre grenseverdi av  $\text{NO}_2$  for timesmiddel ( $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) overskrides utendørs. Tilsvarende tall for nedre grenseverdi ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) er 4.400 personer.

Målinger og beregninger viste at konsentrasjonen av karbonmonoksid (CO) overskred grenseverdien på  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  for 8 timer langs de mest trafikkerte veiene. Rundt 4.600 personer bor eller arbeider ved disse veiene. Snaut en firedel av disse personene kan være eksponert for CO-konsentrasjoner 2-3 ganger over grenseverdien.

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) viste omtrent samme nivå i Drammen som i Fredrikstad, men lavere verdier enn på en gatestasjon i Oslo. En av PAH-komponentene, benzo(a)pyren (BaP), benyttes vanligvis for vurdering av helseeffekter. Det er beregnet at ca 15.000 personer i Drammen bor i områder der konsentrasjonen av BaP var over  $3 \text{ ng}/\text{m}^3$  vinteren 1985/86. Dette anslaget er relativt usikkert, da det er basert på et lite antall målinger.

### Korrosjon

Som en del av basisundersøkelsen i Drammen ble det gjennomført et korrosjonsmåleprogram. Hovedhensikten med dette var å finne sammenhenger mellom miljøvariable og korrosjon. Resultatene i Drammen skulle også sammenlignes med tilsvarende målinger i Sarpsborg og Fredrikstad.

Korrosjonsmålinger ble bare utført på Strømsø. Månedskorrosjon for stål ble målt i perioden 1.12.1984-1.3.1986, mens årskorrosjon for stål, aluminium, sink og kopper ble målt i perioden 1.12.1984-1.12.1985.

Målingene viste at korrosjonshastigheten i Drammen ble bestemt av fuktighetsforholdene og  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen. I de kaldeste vintermånedene hadde  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen mindre innflytelse enn ventet fordi temperaturen var for lav for elektrokjemiske reaksjoner.

Ved å se på sammenhengen mellom  $\text{SO}_2$ -konsentrasjon og temperatur har vi beregnet en effektiv  $\text{SO}_2$ -belastning på måneds- og årsbasis.

Den beste funksjonen for månedskorrosjon fant vi ved å beregne en effektiv  $\text{SO}_2$ -belastning ut fra at  $\text{SO}_2$  er ineffektiv ved temperatur under  $-4^\circ\text{C}$ . Ved lavere temperatur stopper korrosjonsprosessen opp fordi elektrolytten fryser på prøveplatene.

En sammenligning med resultatene fra Sarpsborg og Fredrikstad viste dårlig overensstemmelse for månedskorrosjon, selv om vi benyttet en effektiv  $\text{SO}_2$ -belastning, mens det var tilfredsstillende overensstemmelse for årskorrosjonen. For å beskrive korrosjonsforholdene på månedsbasis trengs bedre kunnskaper om de fysikalske/kjemiske prosessene på overflaten. For å oppnå dette er det nødvendig med en betydelig økt innsats på forskningssiden med enfaktor- og flerfaktorforsøk i klimaskap.



## INNHOLD

|   | Side |
|---|------|
| FORORD .....  | 1    |
| KONKLUSJON .....  | 3    |
| SAMMENDRAG .....  | 5    |
| 1 BEFOLKNINGENS EKSPONERING FOR LUFTFORURENSNINGER .....                    | 11   |
| 2 BEREGNET FORURENSNING OG EKSPONERING LANGS GATER/VEIER I<br>DRAMMEN ..... | 31   |
| 3 KORROSJONSUNDERSØKELSE .....  | 37   |
| 4 REFERANSER .....  | 46   |



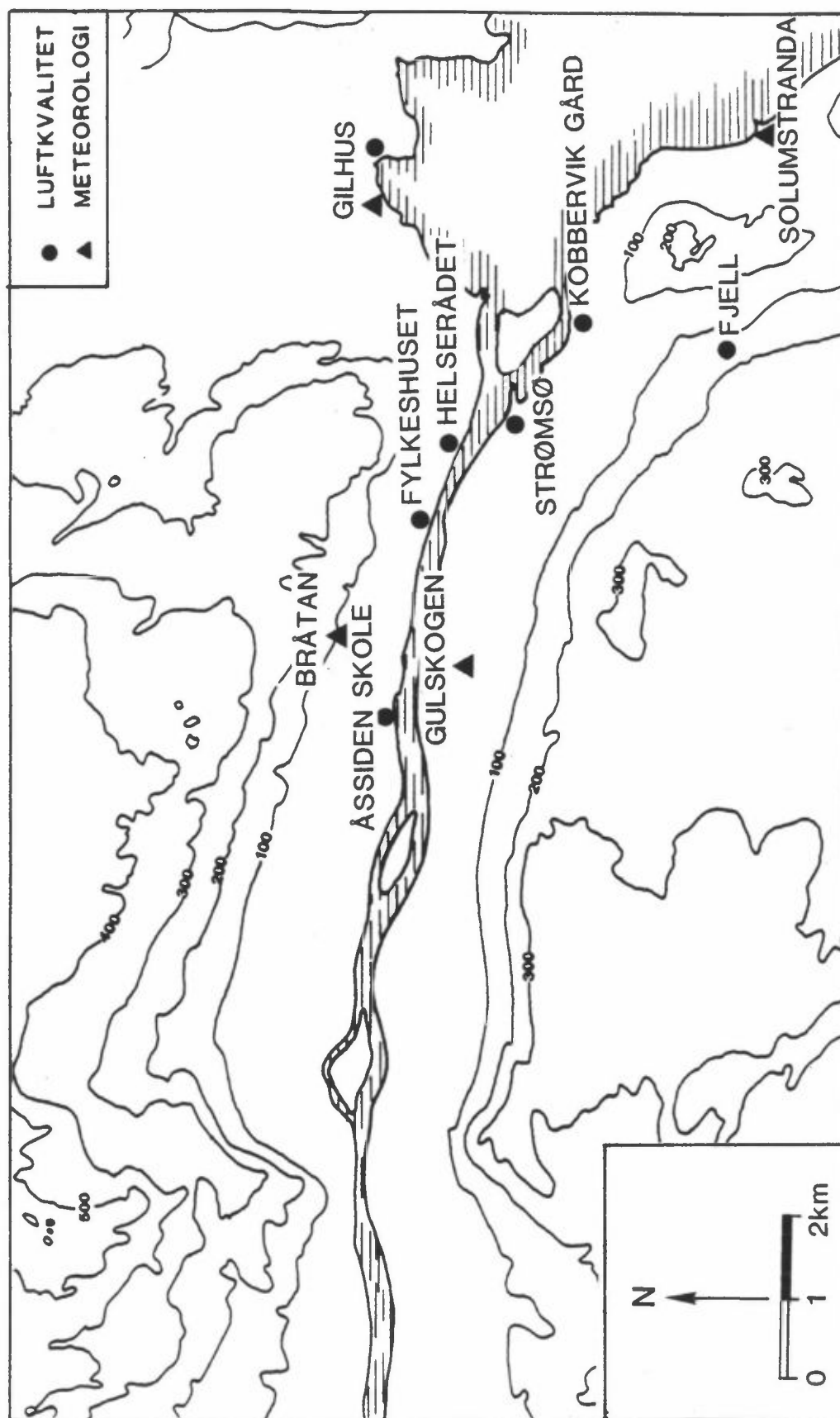
## 1 BEFOLKNINGENS EKSPONERING FOR LUFTFORURENSNINGER

Befolkningens eksponering for luftforurensninger er beregnet på grunnlag av målt luftkvalitet, beregnede forurensningsfelter og bosetningsfordelingen. En vurdering av mulige helsevirkninger av denne eksponeringen er utført av Statens Institutt For Folkehelse (Delrapport G).

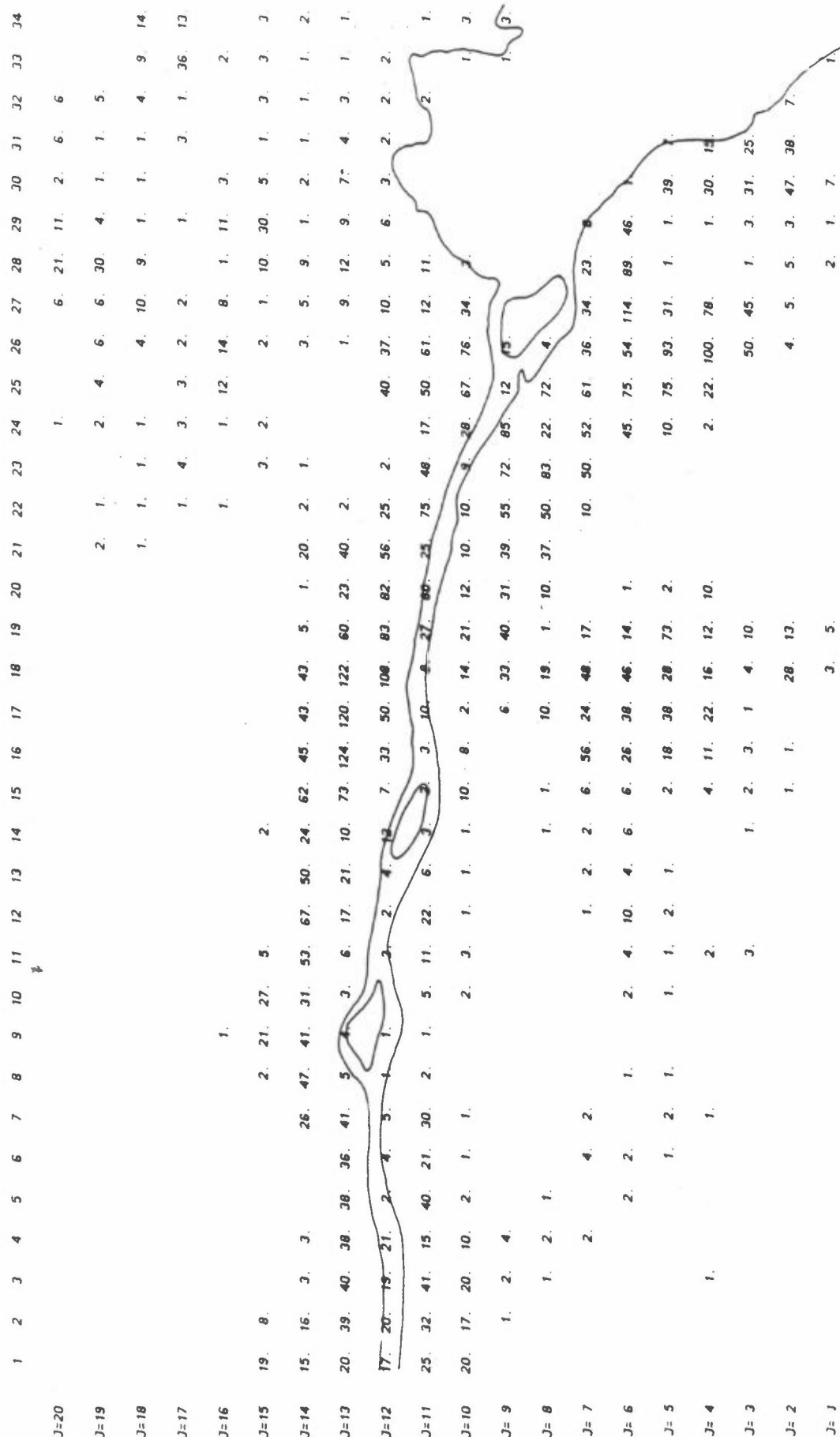
Befolkningen er fordelt i ruter på 500 x 500 m over hele prosjektområdet, på grunnlag av folketellingen i 1980 (figur 1 og 2). Dette gir totalt ca 65.600 innbyggere. Fordelingen på rutene innen hver grunnkrets er anslått på grunnlag av hustettheten og data fra Statistisk sentralbyrå om gjennomsnittlig antall beboere pr hus. Luftkvalitetsmålingene har sammen med beregninger av forurensningsfelter gitt grunnlag for å fastsette utstrekningen av områder som har forurensninger over visse nivåer. Det er utført eksponeringsberegninger for  $\text{SO}_2$ , sot,  $\text{NO}_2$ , CO og benzo(a)pyren (BaP).

Ved eksponeringsberegningene for  $\text{SO}_2$ , sot,  $\text{NO}_2$  og BaP har vi regnet at konsentrasjonen av forurensning ikke varierer innenfor hver rute. I realiteten varierer konsentrasjonen en del innenfor hver rute, avhengig av avstanden fra kilder (skorsteiner, veier etc). Når det gjelder CO, er det eksponeringen til dem som bor eller oppholder seg langs gater, som er av størst betydning. Her er området inndelt i delområder avhengig av avstand til gatene. Eksponering for høye korttidskonsentrasjoner av  $\text{NO}_2$  er også beregnet for dem som bor langs de mest trafikkerte gatene.

Det ligger også en usikkerhet i å regne med en statisk befolkningsfordeling. Det enkelte individ flytter seg innenfor området og opplever ulik grad av forurensning. Mens kartleggingen baserer seg på utendørs luftkvalitet, vil det enkelte individ i stor grad oppholde seg innendørs og i noen grad i biler og andre transportmidler. Innendørs luftkvalitet vil skille seg fra utendørs. Tetning, ventilasjon og innendørs kilder (f.eks. røyking) er her viktige faktorer. Vi har i denne undersøkelsen ikke kunnet ta hensyn til disse forholdene.



Figur 1: Kart over undersøkelsesområdet for basisundersøkelsen i Drammen 1984-86 med målestasjoner.



Figur 2: Kart over befolkningsfordeling i Drammensdistriktet.  
 Enhet: 10 personer.  
 Sum for hele området: 65.588 personer.



Både vinteren 1984/85 og vinteren 1985/86 var kaldere enn normalt. Maksimumskonsentrasjonene av luftforurensninger i de verste forurensningsepisodene var antagelig nær det høyeste en kan få i Drammen med nåværende utslippsforhold. Det innebærer at eksponeringsresultatene som beskrives i det følgende, er over det normale når det gjelder døgnmiddelverdier. Eksponering av CO og NO<sub>2</sub> langs veier kan derimot gjenta seg hver vinter.

Virkingen av de to komponentene svoveldioksid (SO<sub>2</sub>) og sot forsterker hverandre.

Både for SO<sub>2</sub> og sot er følgende grenseverdier for helsevirkninger foreslått (SFT, 1982):

6 mnd.: 40- 60 µg/m<sup>3</sup>  
1 døgn: 100-150 µg/m<sup>3</sup>

Virkingen av de to komponentene forsterker hverandre. Forslaget til grenseverdier forutsetter at den forurensede luften inneholder begge komponenter. En ekspertgruppe oppnevnt av Verdens helseorganisasjon (WHO) har imidlertid anbefalt at forurensningsnivået for hver av disse komponentene burde ligge under de fastsatte grenseverdiene.

Halvårsgrenseverdien for SO<sub>2</sub> og sot er ikke overskredet samtidig i noe område. Henholdsvis ca 1.000 og ca 2.000 personer bor i områder hvor sot- og SO<sub>2</sub>-grenseverdien overskrides hver for seg.

Målinger av SO<sub>2</sub> og sot er gjennomført på sju stasjoner (Delrapport B). Vinteren 1984/85 hadde seks stasjoner målinger bare i månedene desember-februar, mens Helserådet målte hele vinterhalvåret oktober-mars. Vinteren 1985/86 hadde alle stasjonene målinger i perioden oktober-mars. Ut fra forholdet mellom konsentrasjonene i periodene desember 1985 - februar 1986 og oktober 1985 - mars 1986 på hver stasjon, har vi anslått konsentrasjonene i perioden oktober 1984 - mars 1985. Resultatene er gitt i tabell 1.

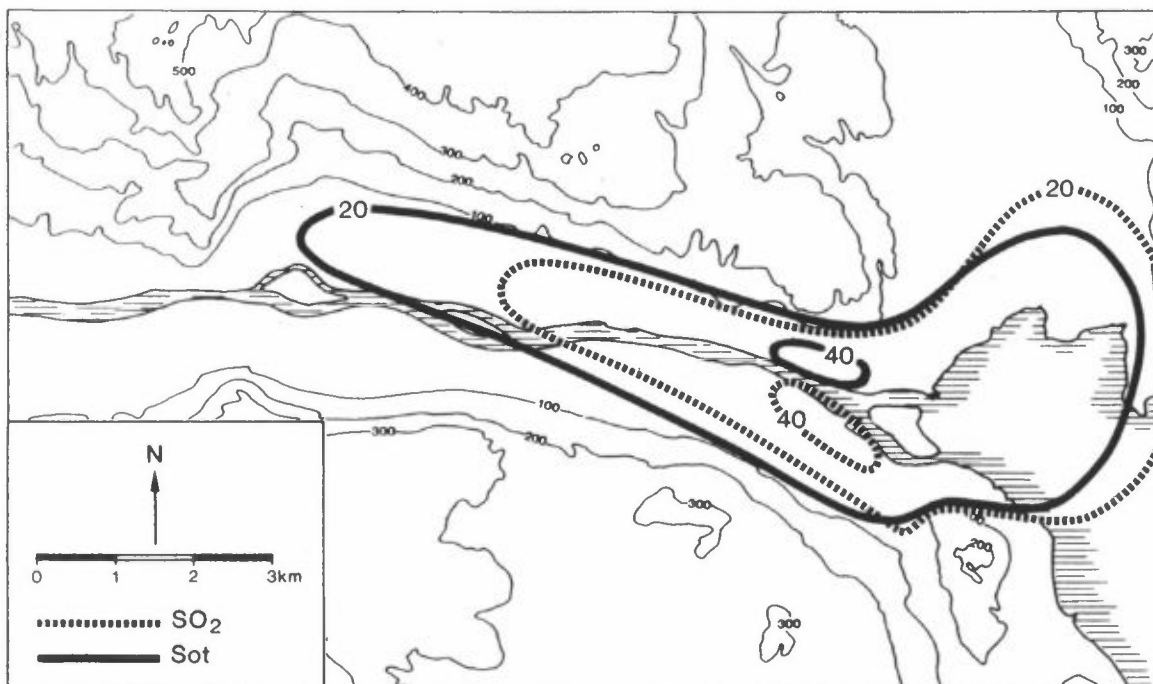
Tabell 1: Halvårsmiddelverdier (oktober-mars) av  $\text{SO}_2$  og sot i Drammen vintrene 1984/85 og 1985/86 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

| Vinter         | 1984/85       |     | 1985/86       |     |
|----------------|---------------|-----|---------------|-----|
| Stasjon        | $\text{SO}_2$ | Sot | $\text{SO}_2$ | Sot |
| Strømsø        | 42            | 31  | 40            | 28  |
| Fylkeshuset    | 27            | 36  | 24            | 39  |
| Åssiden skole  | 24            | 29  | 20            | 25  |
| Gilhus         | 28            | 24  | 24            | 24  |
| Helserådet     | 34            | 42  | 30            | 42  |
| Kobbervik gård | 33            | 31  | 32            | 26  |
| Fjell          | 15            | 13  | 12            | 13  |

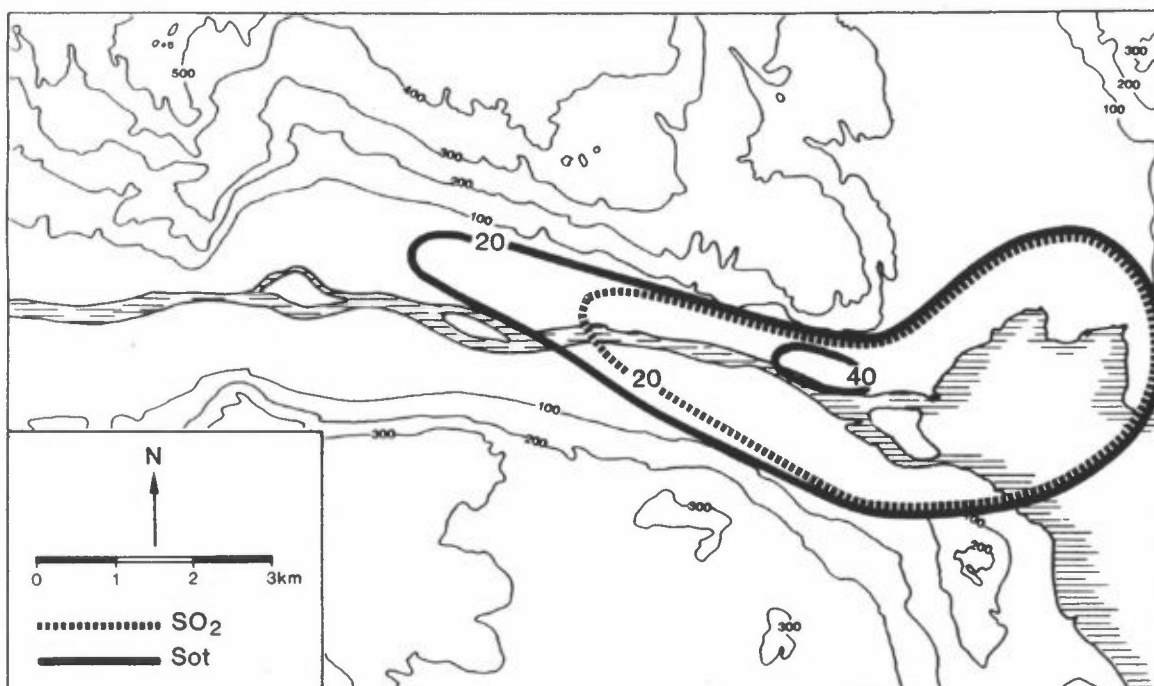
Målingene av  $\text{SO}_2$  viser at middelveidien på Strømsø var litt over nedre grenseverdi vinteren 1984/85 og lik nedre grenseverdi vinteren 1985/86. De øvrige stasjonene lå klart under nedre grenseverdi. Fjell, som ligger ca 150 m høyere enn dalbunnen, viste meget lave verdier. Sotmålingene viste middelveidier litt over nedre grenseverdi på Helserådet i sentrum. Fylkeshuset lå nær nedre grenseverdi, mens de øvrige stasjonene lå langt under. Fjell hadde de klart laveste verdiene også for sot.

Det var ingen vesentlige forskjeller i konsentrasjonene av  $\text{SO}_2$  og sot de to vintrene, selv om tendensen var litt lavere  $\text{SO}_2$ -verdier vinteren 1985/86. Begge vintrene var kaldere enn normalt og hadde dårlige spredningsforhold.

Ut fra målingene av  $\text{SO}_2$  og sot og beregninger av konsentrasjonsfelt av  $\text{SO}_2$  ved hjelp av spredningsmodeller har vi kommet fram til konsentrasjonsfelt på halvårsbasis som vist i figur 3 og 4. Ut fra disse figurene og befolkningsfordelingen i området har vi beregnet eksponeringen for  $\text{SO}_2$  og sot, som vist i tabell 2.



Figur 3: Halvårsmiddelværdier av SO<sub>2</sub> og sot vinteren 1984/85 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Figur 4: Halvårsmiddelværdier av SO<sub>2</sub> og sot vinteren 1985/86 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

I hele prosjektområdet bor det vel 65.000 personer. Av disse var 19.000- 22.000 personer eksponert for samtidige middelveirdier av  $\text{SO}_2$  og sot over  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (halve nedre grenseverdi) vinterstid. Vinteren 1984/85 bodde 2.300 personer i et område (Strømsø) hvor  $\text{SO}_2$  lå knapt over nedre grenseverdi, mens sot-verdien var over halve nedre grenseverdi. Begge vintrene bodde ca 1.000 personer i et område (Bragernes) hvor sotverdien var over nedre grenseverdi og  $\text{SO}_2$ -verdien var over halve nedre grenseverdi. Begge grenseverdiene ble ikke overskredet samtidig i noe område.

Tabell 2: Samtidig eksponering for  $\text{SO}_2$  og sot, halvårsmiddelveirdier (antall eksponerte personer<sup>3</sup>).

| Vinterhalvår | Middelveirdi av $\text{SO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Middelveirdi av sot ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |        |       |
|--------------|--|--|--------|-------|
|              |  | < 20   | 20-40  | > 40  |
| 1984/85      | < 20   | 33.000   | 10.000 | 0     |
|              | 20-40  | 200  | 19.000 | 1.100 |
|              | > 40   | 0  | 2.300  | 0     |
| 1985/86      | < 20   | 39.000   | 7.500  | 0     |
|              | 20-40  | 0  | 18.000 | 1.100 |
|              | > 40   | 0  | 0      | 0     |

Vinteren 1984/85 bodde rundt 7.000 personer i områder der døgnmiddelveirdiene av  $\text{SO}_2$  og sot begge overskred nedre grenseverdi på  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nærmere 5.000 personer bodde i områder der øvre grenseverdi for sot ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ble overskredet denne vinteren. Lavere forurensningsgrad medførte at færre personer ble eksponert for høye døgnmiddelveirdier vinteren 1985/86.

Samtidig eksponering for høye døgnmiddelveirdier av  $\text{SO}_2$  og sot er vanskeligere å beregne enn samtidig eksponering for halvårsmiddelveirdier. Dette skyldes at de maksimale døgnmiddelveirdiene av  $\text{SO}_2$  og sot kan inntreffe på forskjellige dager på de ulike stasjonene og nødvendigvis ikke på samme dag for begge stoffer på hver stasjon. Tabell 3 viser imidlertid at vinteren 1984/85, som hadde høyere maksimalverdi enn vinteren 1985/86, forekom de høyeste verdiene på alle stasjonene hovedsakelig i en forurensningsepisode på 2-3 dagers varighet i februar.

I tabellene 4-6 er alle samtidige døgnmiddelverdier av  $\text{SO}_2$  og sot gruppert i ulike konsentrasjonsnivåer. Tabell 4 viser eksempelvis at én dag på Strømsø vinteren 1984/85 var  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen i intervallet 101-150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , og sotkonsentrasjonen var over 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Siden denne stasjonen bare hadde én verdi over 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  av både  $\text{SO}_2$  og sot denne vinteren, er det klart fra tabell 3 at disse verdiene forekom den 12.2.1985.

Informasjonen i tabellene 3-6 er benyttet til å utarbeide konsentrasjonsfelt av samtidige antatte høyeste døgnmiddelverdier av  $\text{SO}_2$  og sot for vintrene 1984/85 og 1985/86, se figur 5 og 6.

Ut fra disse figurene har vi beregnet eksponeringsdata for maksimale samtidige døgnmiddelverdier av  $\text{SO}_2$  og sot, som vist i tabell 7.

Tabellen viser at langt flere personer var eksponert for høye døgnmiddelverdier av sot og  $\text{SO}_2$  enn for høye halvårsmiddelverdier. Høyere konsentrasjoner vinteren 1984/85 medførte vesentlig flere eksponerte personer denne vinteren enn vinteren 1985/86. F.eks. var ca 7.000 personer eksponert for samtidige døgnmiddelverdier av sot og  $\text{SO}_2$  over nedre grenseverdi vinteren 1984/85. Ytterligere nesten 17.000 personer var eksponert for maksimal døgnmiddelverdi av sot over nedre grenseverdi denne vinteren.

Tabell 3: Maksimale døgnmiddelkonsentrasjoner av henholdsvis SO<sub>2</sub> og sot (µg/m<sup>3</sup>), dato verdiene opptrer på og døgnmiddelkonsentrasjoner av henholdsvis sot og SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) de samme dagene, for vintrene 1984/85 og 1985/86.

| Periode        | Vinteren 1984/85 (desember - februar) |      |                      |                 |      |                                   |
|----------------|---------------------------------------|------|----------------------|-----------------|------|-----------------------------------|
| Stoff          | SO <sub>2</sub>                       |      |                      | Sot             |      |                                   |
| Stasjon        | Maks. SO <sub>2</sub> -verdi          | Dato | Tilhørende sot-verdi | Maks. sot-verdi | Dato | Tilhørende SO <sub>2</sub> -verdi |
| Strømsø        | 146                                   | 12.2 | 151                  | 151             | 12.2 | 146                               |
| Fylkeshuset    | 88                                    | 28.1 | 91                   | 151             | 12.2 | 74                                |
| Åssiden skole  | 84                                    | 12.2 | 118                  | 118             | 12.2 | 84                                |
| Gilhus         | 93                                    | 12.2 | 120                  | 120             | 12.2 | 93                                |
| Helserådet     | 113                                   | 12.2 | 187                  | 187             | 12.2 | 113                               |
| Kobbervik gård | 137                                   | 12.2 | 109                  | 159             | 11.2 | 101                               |
| Fjell          | 66                                    | 29.1 | 27                   | 47              | 10.2 | 29                                |

| Periode        | Vinteren 1985/86 (oktober - mars) |                |                      |                 |              |                                   |
|----------------|-----------------------------------|----------------|----------------------|-----------------|--------------|-----------------------------------|
| Stoff          | SO <sub>2</sub>                   |                |                      | Sot             |              |                                   |
| Stasjon        | Maks. SO <sub>2</sub> -verdi      | Dato           | Tilhørende sot-verdi | Maks. sot-verdi | Dato         | Tilhørende SO <sub>2</sub> -verdi |
| Strømsø        | 97                                | 25.11<br>30.12 | 61<br>57             | 80              | 17.1         | 90                                |
| Fylkeshuset    | 65                                | 11.2           | 92                   | 118             | 17.1         | 61                                |
| Åssiden skole  | 72                                | 4.2            | 15                   | 73              | 8.11         | 14                                |
| Gilhus         | 71                                | 30.12          | 96                   | 96              | 30.12        | 71                                |
| Helserådet     | 76                                | 17.1           | 83                   | 114             | 8.11         | 22                                |
| Kobbervik gård | 91                                | 13.2           | 50                   | 86              | 12.2         | 86                                |
| Fjell          | 47                                | 19.3           | 50                   | 50              | 12.2<br>19.3 | 24<br>47                          |

Tabell 4: Antall samtidige døgnmiddelverdier av SO<sub>2</sub> og sot i perioden desember 1984 - februar 1985 fordelt i ulike forurensningsintervaller.

| Des. 1984-feb. 1985                             |         | Sot ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |        |         |      |     |
|---|---------|----------------------------------|--------|---------|------|-----|
|   |         | 0-50                             | 51-100 | 101-150 | >150 | Sum |
| <b>STRØMSØ</b>                                  |         |                                  |        |         |      |     |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0- 50   | 37                               | 3      |         |      | 40  |
|   | 51-100  | 29                               | 12     |         |      | 41  |
|   | 101-150 | 1                                | 6      |         | 1    | 8   |
|   | Sum     | 67                               | 21     |         | 1    | 89  |
| <b>FYLKESHUSET</b>                              |         |                                  |        |         |      |     |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0- 50   | 59                               | 15     |         |      | 74  |
|   | 51-100  | 2                                | 10     | 3       | 1    | 16  |
|   | Sum     | 61                               | 25     | 3       | 1    | 90  |
| <b>ÅSSIDEN SKOLE</b>                            |         |                                  |        |         |      |     |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0- 50   | 68                               | 12     | 1       |      | 81  |
|   | 51-100  | 3                                | 5      | 1       |      | 9   |
|   | Sum     | 71                               | 17     | 2       |      | 90  |
| <b>GILHUS</b>                                   |         |                                  |        |         |      |     |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0- 50   | 68                               | 5      |         |      | 73  |
|   | 51-100  | 10                               | 6      | 1       |      | 17  |
|   | Sum     | 78                               | 11     | 1       |      | 90  |
| <b>HELSE RÅDET</b>                              |         |                                  |        |         |      |     |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0- 50   | 51                               | 14     | 1       |      | 66  |
|   | 51-100  | 3                                | 16     | 2       |      | 21  |
|   | 101-150 |                                  |        |         | 2    | 2   |
|   | Sum     | 54                               | 30     | 3       | 2    | 89  |
| <b>KOBBERVIK GÅRD</b>                           |         |                                  |        |         |      |     |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0- 50   | 46                               | 5      |         |      | 51  |
|   | 51-100  | 11                               | 14     |         |      | 25  |
|   | 101-150 |                                  | 2      | 1       | 1    | 4   |
|   | Sum     | 57                               | 21     | 1       | 1    | 80  |
| <b>FJELL</b>                                    |         |                                  |        |         |      |     |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0- 50   | 89                               |        |         |      | 89  |
|   | 51-100  | 1                                |        |         |      | 1   |
|   | Sum     | 90                               |        |         |      | 90  |

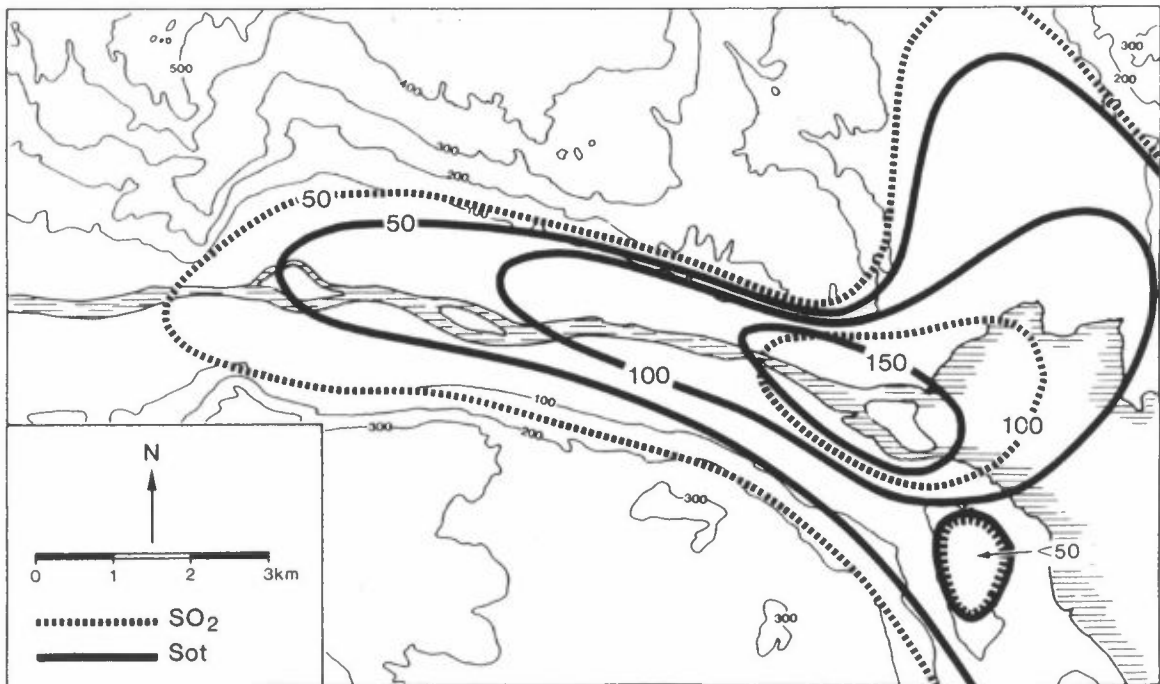
Tabell 5: Antall samtidige døgnmiddelverdier av SO<sub>2</sub> og sot i perioden desember 1985 - februar 1986 fordelt i ulike forurensningsintervaller.

| Des. 1985-feb. 1986                     |        | Sot (µg/m <sup>3</sup> ) |        |         |     |
|---|--------|--------------------------|--------|---------|-----|
| STRØMSØ                                 |        | 0-50                     | 51-100 | 101-150 | Sum |
| SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> ) | 0- 50  | 36                       |        |         | 36  |
|   | 51-100 | 39                       | 15     |         | 54  |
|   | Sum    | 75                       | 15     |         | 90  |
| FYLKESHUSET                             |        | 0-50                     | 51-100 | 101-150 | Sum |
| SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> ) | 0- 50  | 52                       | 29     | 1       | 82  |
|   | 51-100 |                          | 7      | 1       | 8   |
|   | Sum    | 52                       | 36     | 2       | 90  |
| ÅSSIDEN SKOLE                           |        | 0-50                     | 51-100 | 101-150 | Sum |
| SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> ) | 0- 50  | 76                       | 8      |         | 84  |
|   | 51-100 | 4                        | 2      |         | 6   |
|   | Sum    | 80                       | 10     |         | 90  |
| GILHUS                                  |        | 0-50                     | 51-100 | 101-150 | Sum |
| SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> ) | 0- 50  | 79                       | 5      |         | 84  |
|   | 51-100 | 1                        | 5      |         | 6   |
|   | Sum    | 80                       | 10     |         | 90  |
| HELSE RÅDET                             |        | 0-50                     | 51-100 | 101-150 | Sum |
| SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> ) | 0- 50  | 56                       | 20     | 1       | 77  |
|   | 51-100 |                          | 13     |         | 13  |
|   | Sum    | 56                       | 33     | 1       | 90  |
| KOBBERVIK GÅRD                          |        | 0-50                     | 51-100 | 101-150 | Sum |
| SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> ) | 0- 50  | 51                       | 4      |         | 55  |
|   | 51-100 | 15                       | 13     |         | 28  |
|   | Sum    | 66                       | 17     |         | 83  |
| FJELL                                   |        | 0-50                     | 51-100 | 101-150 | Sum |
| SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> ) | 0- 50  | 90                       |        |         | 90  |
|   | Sum    | 90                       |        |         | 90  |

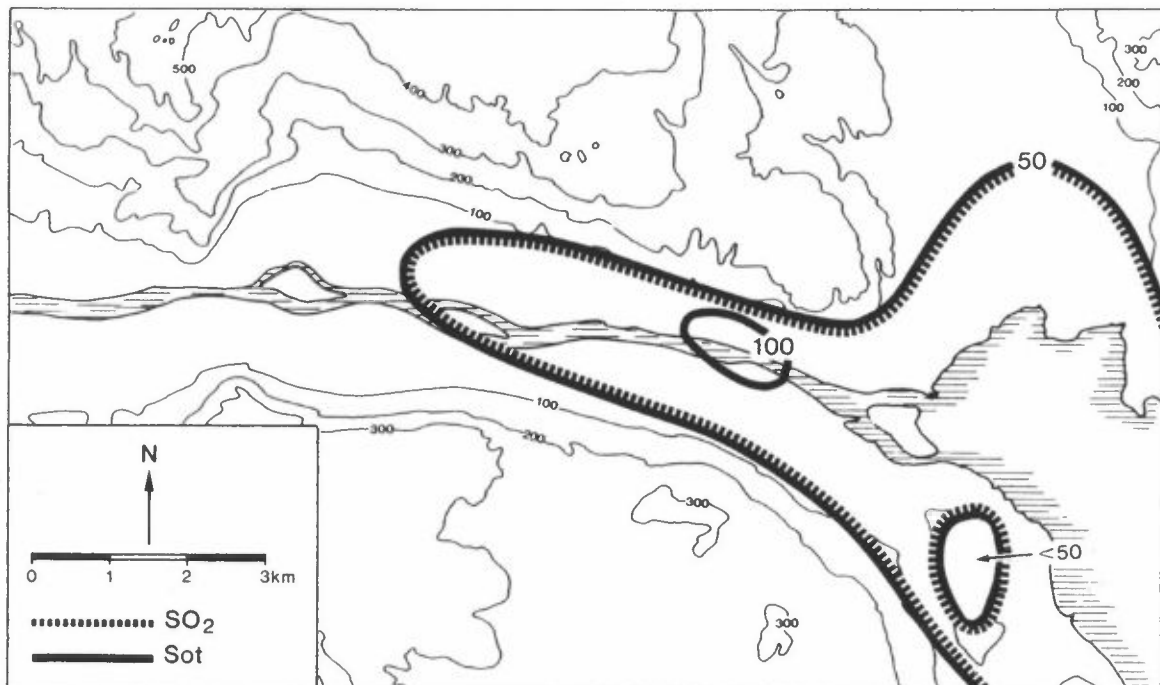


Tabell 6: Antall samtidige døgnmiddelverdier av SO<sub>2</sub> og sot i perioden oktober 1985 - mars 1986 fordelt i ulike forurensningsintervaller.

| Okt. 1985 - mar.1986                            |        | Sot ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |        |         |     |
|---|--------|----------------------------------|--------|---------|-----|
| STRØMSØ   |        | 0-50                             | 51-100 | 101-150 | Sum |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0- 50  | 114                              | 4      |         | 118 |
|   | 51-100 | 47                               | 17     |         | 64  |
|   | Sum    | 161                              | 21     |         | 182 |
| FYLKESHUSET                                     |        | 0-50                             | 51-100 | 101-150 | Sum |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0- 50  | 131                              | 41     | 1       | 173 |
|   | 51-100 |                                  | 8      | 1       | 9   |
|   | Sum    | 131                              | 49     | 2       | 182 |
| ÅSSIDEN SKOLE                                   |        | 0-50                             | 51-100 | 101-150 | Sum |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0- 50  | 165                              | 10     |         | 175 |
|   | 51-100 | 4                                | 3      |         | 7   |
|   | Sum    | 169                              | 13     |         | 182 |
| GILHUS  |        | 0-50                             | 51-100 | 101-150 | Sum |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0- 50  | 167                              | 7      |         | 174 |
|   | 51-100 | 1                                | 6      |         | 7   |
|   | Sum    | 168                              | 13     |         | 181 |
| HELSE RÅDET                                     |        | 0-50                             | 51-100 | 101-150 | Sum |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0- 50  | 120                              | 37     | 2       | 159 |
|   | 51-100 |                                  | 14     |         | 14  |
|   | Sum    | 120                              | 51     | 2       | 173 |
| KOBBERVIK GÅRD                                  |        | 0-50                             | 51-100 | 101-150 | Sum |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0- 50  | 131                              | 5      |         | 136 |
|   | 51-100 | 24                               | 15     |         | 39  |
|   | Sum    | 155                              | 20     |         | 175 |
| FJELL   |        | 0-50                             | 51-100 | 101-150 | Sum |
| SO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0- 50  | 176                              |        |         | 176 |
|   | Sum    | 176                              |        |         | 176 |



Figur 5: Samtidige antatte høyeste døgnmiddelverdier av SO<sub>2</sub> og sot vinteren 1984/85 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Figur 6: Samtidige antatte høyeste døgnmiddelverdier av SO<sub>2</sub> og sot vinteren 1985/86 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Tabell 7: Samtidig eksponering for SO<sub>2</sub> og sot, høyeste døgnmiddelverdier (antall eksponerte personer).

| Vinter-<br>halvår | Høyeste<br>døgnmiddel-<br>verdi av sot<br>(µg/m <sup>3</sup> ) | Samtidig høyeste døgnmiddel-<br>verdi av SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> ) |        |         | Sum antall<br>eksponerte<br>personer |
|-------------------|--|--|--------|---------|--------------------------------------|
|                   |  | 0 - 50   | 51-100 | 101-150 |                                      |
| 1984/85           | 0 - 50   | 15.000   | 9.000  | 0       | 24.000                               |
|                   | 51 - 100   | 0  | 18.000 | 0       | 18.000                               |
|                   | 101 - 150  | 0  | 16.000 | 3.000   | 19.000                               |
|                   | 151 - 200  | 0  | 600    | 4.000   | 4.600                                |
| 1985/86           | 0 - 50   | 28.000   | 0      | 0       | 28.000                               |
|                   | 51 - 100   | 0  | 36.500 | 0       | 36.000                               |
|                   | 101 - 150  | 0  | 1.100  | 0       | 1.100                                |

For NO<sub>2</sub> er det foreslått grenseverdier for halvår, døgn og time.

For NO<sub>2</sub> er følgende grenseverdier foreslått (SFT, 1982):

6 mnd. :           75 µg/m<sup>3</sup>  
 1 døgn : 100 - 150 µg/m<sup>3</sup>  
 1 time : 200 - 350 µg/m<sup>3</sup>

Døgnmålinger er utført på Strømsø, Åssiden skole og Fylkeshuset, på Fylkeshuset bare vinteren 1985/86. Fylkeshuset hadde dessuten kontinuerlige målinger begge vintrene (verdier gitt som timesmiddelverdier).

Grenseverdien for halvårsmiddel for NO<sub>2</sub> ble ikke overskredet i Drammen. Anslagsvis 28.000 personer bor i områder der halvårsmiddelverdien var over 40 µg/m<sup>3</sup> vinteren 1985/86

Middelverdiene av NO<sub>2</sub> de to vintrene 1984/85 og 1985/86 er gitt i tabell 8.

Tabell 8: Middelerverdier av NO<sub>2</sub> de to vintrene 1984/85 (desember-februar) og 1985/86<sup>2</sup> (oktober-mars og desember-februar) (µg/m<sup>3</sup>).

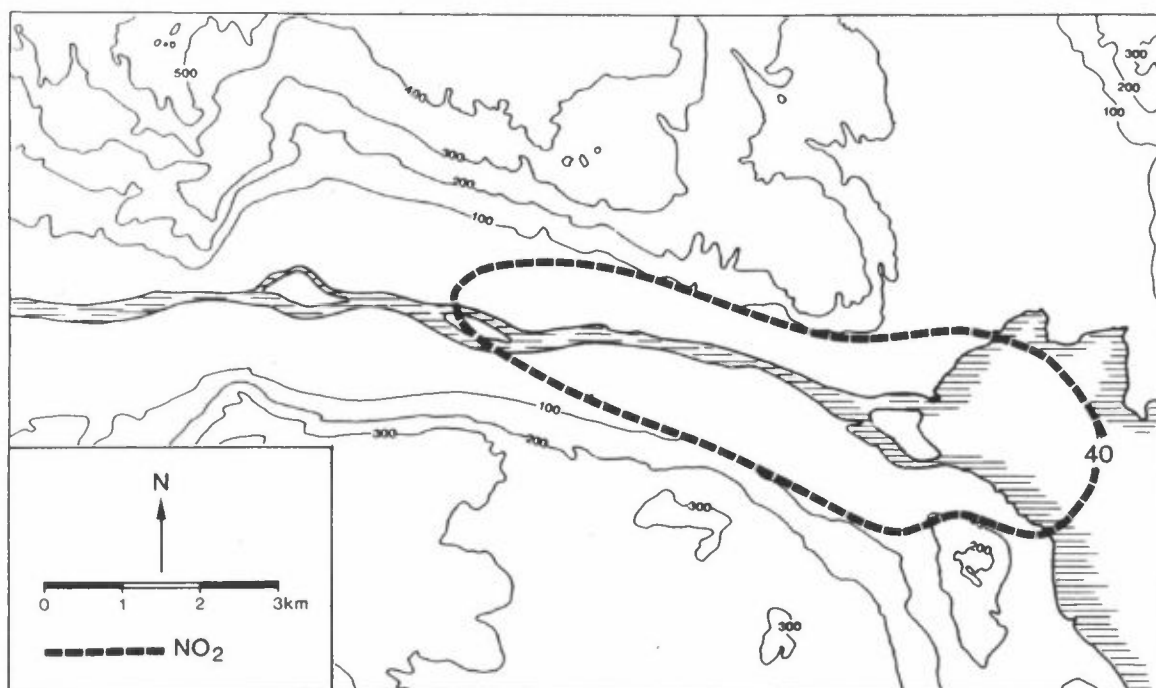
| Stasjon       | 1984/85   | 1985/86   |           |
|---------------|-----------|-----------|-----------|
|               | Des - feb | Okt - mar | Des - feb |
| Strømsø       | 59        | 59        | 71        |
| Fylkeshuset   | 43*       | 63        | 72 (59*)  |
| Assiden skole | 46        | 48        | 54        |

\* På grunnlag av kontinuerlig registrerende instrument.

På grunnlag av målingene vinteren 1985/86, da målingene dekket hele halvåret, har vi i figur 7 vist hvilket område som antas å ha middelverdi over 40 µg/m<sup>3</sup> (omtrent halve grenseverdien). Utstrekningen av området er mer usikker enn for SO<sub>2</sub> og sot, fordi det bare er målt på tre stasjoner, og alle disse hadde konsentrasjoner over 40 µg/m<sup>3</sup>. Alle stasjonene hadde imidlertid verdier klart under grenseverdien på 75 µg/m<sup>3</sup>. På grunnlag av figur 7 har vi beregnet at ca 28.000 personer bor i områder hvor middelkonsentrasjonen er over 40 µg/m<sup>3</sup>.

Ca. 18.000 personer bor i områder der nedre grenseverdi for døgnmiddelverdi av NO<sub>2</sub> overskrides. Ingen målinger har vist overskridelser av øvre grenseverdi.

Tabell 9 viser høyeste døgnmiddelverdi av NO<sub>2</sub> hver av de to vintrene 1984/85 (desember-februar) og 1985/86 (oktober-mars) og antall verdier i ulike konsentrasjonsnivåer. Begge vintrene hadde alle de tre stasjonene maksimale døgnmiddelverdier over 100 µg/m<sup>3</sup>, men under 150 µg/m<sup>3</sup>. Strømsø og Fylkeshuset hadde langt flere døgnmiddelverdier over 100 µg/m<sup>3</sup> vinteren 1985/86 enn vinteren 1984/85.



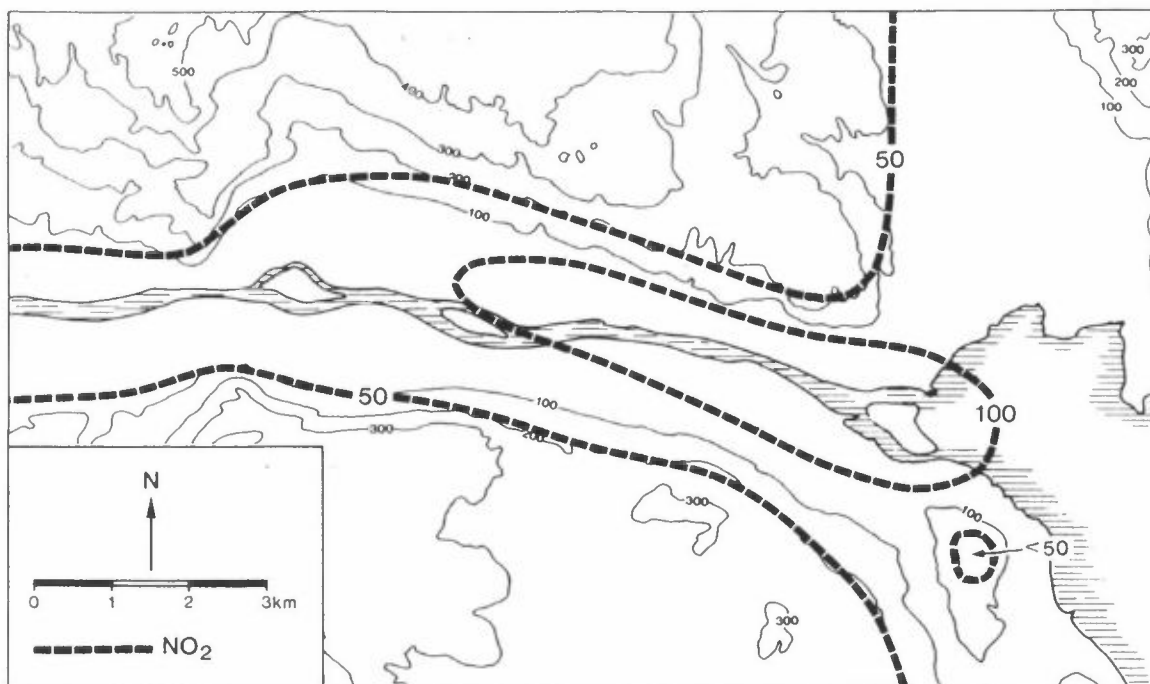
Figur 7: Halvårsmiddelerdi av  $\text{NO}_2$  vinteren 1985/86 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Tabell 9: Maksimale døgnmiddelkonsentrasjoner av  $\text{NO}_2$  og antall observasjoner i ulike konsentrasjonsintervaller<sup>2</sup> vinteren 1984/85 (desember-februar) og vinteren 1985/86 (oktober-mars).

| Stasjon       | Høyeste døgnmiddelerdi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |         | $\text{NO}_2$ -konsentrasjon ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |         |          |         |           |         | Sum antall observasjoner |         |
|---------------|---|---------|---|---------|----------|---------|-----------|---------|--------------------------|---------|
|               |   |         | 0 - 50  |         | 51 - 100 |         | 101 - 150 |         |                          |         |
|               | 1984/85   | 1985/86 | 1984/85   | 1985/86 | 1984/85  | 1985/86 | 1984/85   | 1985/86 | 1984/85                  | 1985/86 |
| Strømsø       | 135   | 116     | 38  | 69      | 49       | 88      | 3         | 12      | 90                       | 169     |
| Fylkeshuset   | 110*  | 128     | 55  | 63      | 23       | 105     | 1         | 14      | 79                       | 182     |
| Assiden skole | 113   | 109     | 56  | 111     | 26       | 69      | 1         | 2       | 83                       | 182     |

\*På grunnlag av kontinuerlig registrerende instrument.

Figur 8 viser konsentrasjonsfeltet for maksimale døgnmiddelkonsentrasjoner av  $\text{NO}_2$  som gjennomsnitt for de to vintrene 1984/85 og 1985/86. Den tegnede kurven for  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  er nokså usikker, fordi stasjonene som har hatt målinger har vist langt høyere maksimale verdier. Det er imidlertid relativt få verdier under  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på målestasjonene sammenlignet med f.eks.  $\text{SO}_2$ . Dette tyder på at kurven for  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $\text{NO}_2$  dekker et større område enn tilsvarende kurve for  $\text{SO}_2$ .



Figur 8: Maksimale døgnmiddelverdier av  $\text{NO}_2$  som gjennomsnitt for vintrene 1984/85 og 1985/86 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Ut fra figur 8 er det beregnet hvor mange personer som har vært eksponert for døgnmiddelverdier av  $\text{NO}_2$  i ulike konsentrasjonsintervaller de to vintrene 1984/85 og 1985/86 i gjennomsnitt, se tabell 10.

Tabell 10: Eksponering for  $\text{NO}_2$  som gjennomsnitt for vintrene 1984/85 og 1985/86, høyeste døgnmiddelverdi (antall eksponerte personer).

| Høyeste døgnmiddelverdi av $\text{NO}_2$ vintrene 1984/85 og 1985/86 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). | Antall eksponerte personer |
|--|----------------------------|
| 0 - 50   | 8.600                      |
| 51 - 100   | 39.000                     |
| 101 - 150  | 18.000                     |

Nedre grenseverdi for 1-times middelveirdi av NO<sub>2</sub> overskrides sannsynligvis bare langs de mest trafikkerte veiene og gatene

Et sammendrag av timesverdiene ved Fylkeshuset er gitt i tabell 11.

Tabell 11: Resultater av målinger av timesmiddelveirdier av NO<sub>2</sub> på Fylkeshuset.

| Periode           | Høyeste timesmiddelveirdi (µg/m <sup>3</sup> ) | Antall timer           |                        | Antall times-obs. totalt |
|-------------------|--|------------------------|------------------------|--------------------------|
|                   |  | >100 µg/m <sup>3</sup> | >200 µg/m <sup>3</sup> |                          |
| Des 1984-feb 1985 | 246  | 79                     | 2                      | 2.054                    |
| Des 1985-feb 1986 | 249  | 125                    | 3                      | 1.935                    |

Målingene viser at nedre grenseverdi for NO<sub>2</sub> for én time ble overskredet to ganger vinteren 1984/85 og tre ganger vinteren 1985/86, dvs 0,1-0,2 % av tiden. De høyeste verdiene var opp mot 250 µg/m<sup>3</sup>. Overskridelsene må således sies å være små og få. Da denne stasjonen er markert påvirket av biltrafikken, er det mest sannsynlig at grenseverdien overskrides bare langs de mest trafikkerte veiene og gatene, i alle fall i et mindre område enn der nedre grenseverdi for døgnmiddel overskrides.

I kapittel 2 er det utført beregninger av maksimale timesmiddelveirdier av NO<sub>2</sub> langs gater og veier i beregningsområdet. Her er det også beregnet hvor mange personer som er eksponert for konsentrasjoner over grenseverdiene.

CO-konsentrasjonen i Drammen overskrider grenseverdien for 8 timer langs de mest trafikkerte hovedveiene.

For CO er følgende grenseverdier foreslått (SFT, 1982):

8 timer: 10 mg/m<sup>3</sup>

1 time : 25 mg/m<sup>3</sup>

CO-målinger er bare utført på stasjonen ved Fylkeshuset. De ga resultater som vist i tabell 12.

Tabell 12: Resultater av CO-målingene på Fylkeshuset.

| Periode           | Maks. times-middel <sub>3</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | Antall timer >25 mg/m <sup>3</sup> | Maks. 8-timers middel <sub>3</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | Ant. dager med 8-timers middel <sub>3</sub> >10 mg/m <sup>3</sup> | Antall times-obs. totalt |
|-------------------|--|------------------------------------|---|---|--------------------------|
| Des 1984-feb 1985 | 14,9   | 0                                  | 11,7  | 3   | 2.043                    |
| Des 1985-feb 1986 | 16,5   | 0                                  | 12,1  | 2   | 1.985                    |

Målingene viser at de høyeste timesmiddelverdiene var klart lavere enn grenseverdien. Derimot ble grenseverdien for 8 timer overskredet 2-3 dager hver av de to vintrene. Overskridelsene må sies å være få og små.

Det er utført beregninger av hvor høyt CO-nivet er langs gate/veinettet i prosjektområdet og hvor mange personer som er eksponert for konsentrasjoner over grenseverdiene. Disse beregningene er nærmere beskrevet i kapittel 2.

Omtrent 15.000 personer bor i områder der konsentrasjonen av benzo(a)-pyren var over 3 ng/m<sup>3</sup> vinteren 1985/86

Grenseverdier for benzo(a)pyren (BaP) finnes ikke i Norge. Målinger er utført på Strømsø og Fylkeshuset hver 8. dag i periodene desember 1984 - februar 1985, mai - juli 1985 og oktober 1985 - mars 1986. For å redusere analysekostnadene er 1-3 prøver slått sammen ved analysen, fortrinnsvis dager med samme vær- og forurensingsforhold.

Resultatene av BaP-målingene er gitt i tabell 13.

Tabell 13: Middelerverdier av BaP-målingene (ng/m<sup>3</sup>).

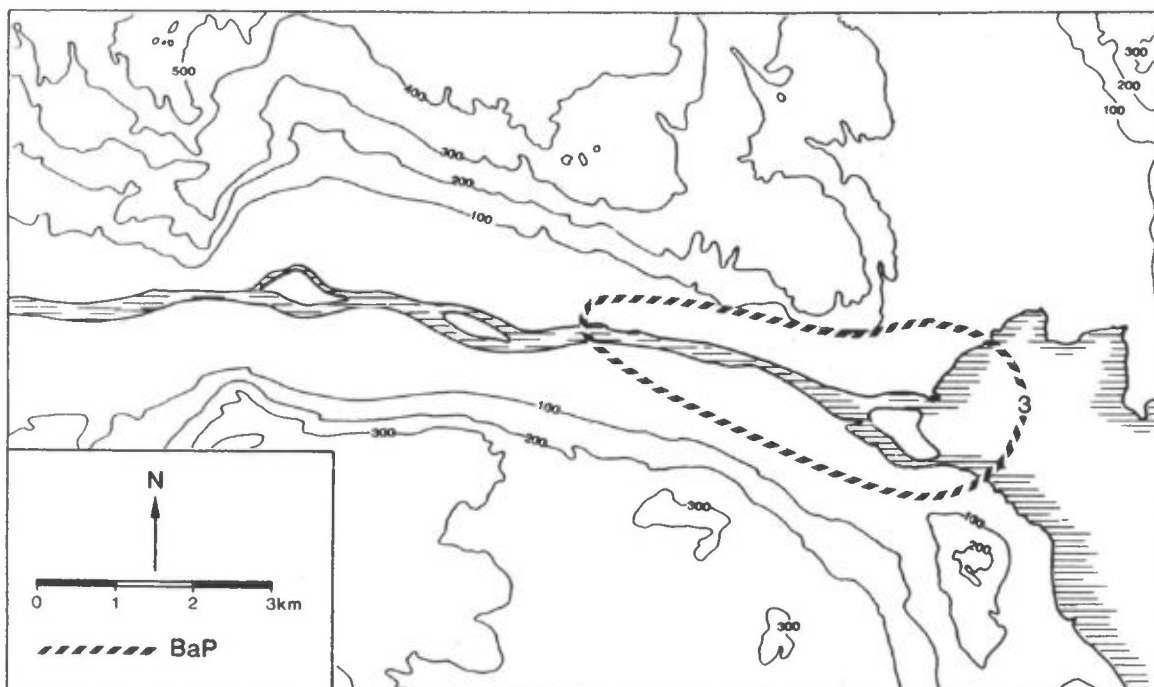
| Stasjon     | Desember 1984 - februar 1985 | Desember 1985 - februar 1986 | Oktober 1985 - mars 1986 |
|-------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Strømsø     | 1,3                          | 6,8                          | 4,7                      |
| Fylkeshuset | 2,9                          | 10,7                         | 6,9                      |



Målingene av BaP og sot i perioden oktober 1985 - mars 1986 antyder en relativt god samvariasjon mellom disse stoffene, på samme måte som tidligere funnet i Sarpsborg/Fredrikstad og Bergen. Vinteren 1984/85 var BaP-verdiene forholdsvis lave i Drammen. Ved eksponeringsberegningene har vi lagt målingene fra vinteren 1985/86 til grunn. Vi har lagt mer vekt på målingene fra Strømsø enn fra Fylkeshuset, fordi Fylkeshuset er påvirket av biltrafikken på E-76.

Som i Sarpsborg, Fredrikstad og Bergen har vi tegnet isolinje for en BaP-konsentrasjon på  $3 \text{ ng/m}^3$ , se figur 9. Ut fra sotmålingene vil det området hvor BaP er over  $3 \text{ ng/m}^3$  være større enn det området hvor sot er over  $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ , men mindre enn det området der sot er over  $20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ .

Det er beregnet at ca 15.000 personer bor i områder hvor BaP-konsentrasjonen var over  $3 \text{ ng/m}^3$  i perioden oktober 1985 - mars 1986. Anslaget må betraktes som relativt usikkert på grunn av forhold som er nevnt foran.



Figur 9: Middelerdi av BaP vinteren 1985/86 ( $\text{ng/m}^3$ ).

## 2 BEREGET FORURENSNING OG EKSPONERING LANGS GATER/VEIER I DRAMMEN

Det er beregnet CO- og NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner langs veier med årsdøgntrafikk (ÅDT) større enn 3.000 kjøretøy/døgn

Forurensningsnivået langs gate/vei-nettet i Drammen er beregnet med Nordisk beregningsmetode for bilavgasser (Larssen et al., 1984). Beregningsresultatet er presentert i tabell 14. Med denne metoden beregnes høye korttidsverdier av CO og NO<sub>2</sub> innenfor en avstand på 15 meter fra veikanten, basert på data for trafikk og veigeometri. Metoden er utviklet for veier med tette fasaderekker, og vil overvurdere forurensningen en del langs veier med spredt bebyggelse. Det er tatt hensyn til dette i vurderingen av resultatene.

Trafikkdata er innhentet fra Byplankontoret i Drammen og Vegkontoret i Buskerud. Byplankontoret har foretatt en rekke målinger de siste årene og ut fra disse anslått verdier for årsdøgntrafikken. Beregningene gjelder for trafikksituasjonen i 1984.

Tilsvarende beregninger ble foretatt for Bergen i forbindelse med basisundersøkelsen der (Larssen et al., 1986, Larssen og Hoem, 1986). På oppdrag fra Vegdirektoratet er det i tillegg utført beregninger for riks- og fylkesvei-nettet i en rekke andre byer i Norge (Larssen og Hoem, 1984).

Metoden gir 99-prosentilverdier på årsbasis av 8-timers glidende CO-konsentrasjoner og 1-times NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner. Denne verdien (99-prosentilverdien) overskrides i 1% av tiden i et år, dvs i ca 90 tilfeller. I praksis er det oftest i rushtiden om ettermiddagen at de høyeste forurensningsverdiene opptrer. I løpet av en tid med svak vind og mye forurensning vil høye verdier erfaringsmessig kunne opptre i 2-4 timer rundt kl 16.00. Dette innebærer da at 99-prosentilverdien vanligvis vil bli overskredet 20-40 dager i løpet av et år. Overskridelsene vil i hovedsak forekomme om vinteren.

De maksimale konsentrasjonene av CO og NO<sub>2</sub> vil som oftest ligge 40-60% høyere enn 99-prosentilverdiene.

Tabell 14: Beregnet forurensningsnivå av CO og NO<sub>2</sub> ved kjørebane kant, inklusiv bakgrunnskonsentrasjoner.

CO : 99-prosentil av glidende 8-timers middelerverdier på årsbasis (mg/m<sup>3</sup>).

NO<sub>2</sub> : 99-prosentil av 1-timers middelerverdier på årsbasis. (µg/m<sup>3</sup>).

| Nr | Gate/vei    | Fra         | Til         | Bredde | Trafikk | CO   | NO <sub>2</sub> |
|----|-------------|-------------|-------------|--------|---------|------|-----------------|
| 1  | E18         | Grense N    | Brakerøy    | 22,0   | 18.000  | 3,3  | 140             |
| 2  | E18         | Brakerøya   | Frydenhaug  | 11,0   | 8.000   | 2,8  | 90              |
| 3  | E18         | Frydenhaug  | Kobbervikd  | 11,0   | 6.000   | 2,3  | 80              |
| 4  | E18         | Kobbervikd  | Grense S    | 11,0   | 12.500  | 3,8  | 130             |
| 5  | Avkj E18    | E18 Braker  | Rundkjør.   | 5,0    | 6.000   | 2,8  | 90              |
| 6  | Nye Strand  | Runkjør.    | Holmenbrua  | 15,0   | 27.000  | 8,1  | 240             |
| 7  | Oscarsgt.   | Holmenbrua  | Engene      | 13,2   | 15.000  | 9,4  | 170             |
| 8  | Engene      | Oscarsgate  | Børresensg  | 8,0    | 13.500  | 9,6  | 160             |
| 9  | Engene      | Børresensg  | St.Olavsgt. | 8,0    | 20.000  | 17,9 | 270             |
| 10 | E76, Hauges | St.Olavsgt  | Dronningg.  | 8,0    | 15.500  | 14,3 | 220             |
| 11 | E76, Rosenk | Dronningg   | Lajordgata  | 8,0    | 15.500  | 9,9  | 180             |
| 12 | E76, Lajord | Rosenkrant  | Øvre Storg  | 10,5   | 17.000  | 10,8 | 200             |
| 13 | E76, Strand | Øvre Storg  | St.Olavsgt. | 8,0    | 17.000  | 15,5 | 230             |
| 14 | E76, Strand | St.Olavsgt  | Børresensg  | 8,0    | 24.500  | 21,5 | 320             |
| 15 | E76, Strand | Børresensg  | Holmenbrua  | 8,0    | 14.000  | 9,9  | 170             |
| 16 | E76, Rosenk | Lajordgata  | O.Bergersv  | 14,0   | 30.000  | 9,4  | 270             |
| 17 | E76, Rosenk | O.Bergersv  | Vårveien    | 14,0   | 25.000  | 7,8  | 230             |
| 18 | E76, Rosenk | Vårveien    | Yrkesskole  | 14,0   | 20.000  | 5,3  | 180             |
| 19 | E76         | Yrkesskole  | Krokstade.  | 10,0   | 17.000  | 4,0  | 170             |
| 20 | Børreseng   | Strandgata  | Engene      | 10,0   | 10.500  | 8,6  | 100             |
| 21 | Børreseng   | Engene      | Cappelensg  | 10,0   | 4.500   | 4,3  | 60              |
| 22 | Albumsgate  | Engene      | Cappelensg  | 6,6    | 4.000   | 4,3  | 60              |
| 23 | St.Olavsgt  | Engene      | Strandgata  | 7,0    | 8.000   | 7,6  | 90              |
| 24 | Kirkeplass  | Strandgata  | Haugesgate  | 5,0    | 3.500   | 4,5  | 60              |
| 25 | Ø.Storgate  | Lajordgata  | Kirkeplass  | 7,0    | 3.900   | 4,2  | 60              |
| 26 | Dronningg.  | Haugesgate  | Lajordgata  | 6,6    | 3.500   | 4,0  | 60              |
| 27 | Løkkebergv  | Rebbansbk   | Nøsteveien  | 6,6    | 3.100   | 3,4  | 50              |
| 28 | Nøsteveien  | Løkkebergv  | Sandåker    | 7,0    | 4.000   | 2,0  | 70              |
| 29 | R282+T.E18  | Rundkjør.   | 500 m       | 7,0    | 20.500  | 7,6  | 230             |
| 30 | R282        | Brakerøya   | R285        | 12,0   | 11.000  | 3,5  | 110             |
| 31 | R282        | R285        | Grense øst  | 9,0    | 6.100   | 2,5  | 80              |
| 32 | Ø.Storgate  | Lajordgate  | Hotvetalle  | 7,0    | 3.300   | 2,1  | 60              |
| 33 | Landfalløy  | Hotvetalle  | Landf. bru  | 7,0    | 3.900   | 2,3  | 70              |
| 34 | Landf.bru   | Bergersvei  | Eiker vei   | 7,0    | 10.000  | 6,1  | 130             |
| 35 | Bergersvei  | Landf.bru   | E76         | 9,0    | 6.000   | 3,9  | 90              |
| 36 | Buskerudv.  | E76         | Rybergsgt.  | 7,0    | 6.000   | 2,6  | 80              |
| 37 | Buskerudv.  | Rybergsgt.  | E76, Bygr.  | 7,0    | 5.000   | 2,3  | 70              |
| 38 | Bjørhusvei  | Brennersv.  | Åslyveien   | 6,6    | 3.100   | 3,4  | 50              |
| 39 | Holmenbrua  | Strandgata  | Bjørnsonsg. | 10,0   | 12.500  | 7,8  | 150             |
| 40 | Svelvikv.   | O.Kjærsv    | Pålbakken   | 6,0    | 3.500   | 1,9  | 60              |
| 41 | Svelvikv.   | Pålbakken   | Tordensgt.  | 7,0    | 4.600   | 2,5  | 70              |
| 42 | Tordensgt.  | Svelvikv.   | Merket      | 7,0    | 6.600   | 3,1  | 90              |
| 43 | Havnegata   | Merket      | Skippergt.  | 7,0    | 4.000   | 2,3  | 70              |
| 44 | Havnegata   | Skippergt.  | Bjørnsonsg. | 7,0    | 7.000   | 3,9  | 100             |
| 45 | Tollbugata  | Havnegata   | Aabys gate  | 6,0    | 7.700   | 3,6  | 100             |
| 46 | Tollbugata  | Aabys gate  | Langes gt.  | 5,0    | 4.900   | 4,0  | 80              |
| 47 | Tollbugata  | Langes gate | Strømsø     | 5,0    | 6.000   | 5,6  | 100             |
| 48 | Tordenskj.  | Konnerudg   | Bjørnsonsg. | 5,0    | 5.500   | 5,0  | 80              |
| 49 | Tordenskj.  | Bjørnsonsg. | Knoffsgate  | 6,0    | 5.600   | 5,7  | 100             |

Tabell 14, forts.:

| Nr | Gate/vei   | Fra         | Til         | Bredde | Trafikk | CO   | NO <sub>2</sub> |
|----|------------|-------------|-------------|--------|---------|------|-----------------|
| 50 | Tordenskj. | Knoffsgate  | Telthusg.   | 6,0    | 4.800   | 3,9  | 80              |
| 51 | Tordenskj. | Telthusg.   | Aabys gate  | 6,0    | 3.000   | 2,6  | 60              |
| 52 | Holmestran | E-18-Kobber | Havnegata   | 8,0    | 7.500   | 2,9  | 90              |
| 53 | Bjørnsonsg | Holmestran  | Telthusgt.  | 12,0   | 10.000  | 3,9  | 110             |
| 54 | Bjørnsonsg | Telthusgt.  | Langesgate  | 10,0   | 12.500  | 7,8  | 150             |
| 55 | Bjørnsonsg | Langesgate  | Strømsø T.  | 10,0   | 12.500  | 11,5 | 180             |
| 56 | Bybrua     | Strømsø T.  | Strandgata  | 6,0    | 20.000  | 17,7 | 270             |
| 57 | Grønland   | Strømsø T.  | Parkering   | 7,0    | 7.500   | 7,0  | 120             |
| 58 | Grønland   | Parkering   | Sundhaugg.  | 7,0    | 7.500   | 3,8  | 100             |
| 59 | N.Eikervei | Sundhaugg.  | Landfallb.  | 7,0    | 11.000  | 4,5  | 140             |
| 60 | Ø.Eikervei | Landfallb.  | Rødgata     | 7,0    | 7.400   | 3,4  | 100             |
| 61 | Ø.Eikervei | Rødgata     | Grense V.   | 7,0    | 4.700   | 2,5  | 70              |
| 62 | Rødgata    | Ø.Eikervei  | Smiths Ale  | 7,0    | 3.600   | 3,7  | 50              |
| 63 | Smiths ale | Rødgata     | Smithestr.  | 7,0    | 3.400   | 2,6  | 50              |
| 64 | Smithestr. | Smiths ale  | N.Eikervei  | 7,0    | 3.400   | 2,4  | 60              |
| 65 | Smiths ale | Smithestr.  | Konnerudg.  | 7,0    | 5.500   | 3,4  | 70              |
| 66 | Konnerudg. | Smiths ale  | Danvikgata  | 7,0    | 13.000  | 5,9  | 150             |
| 67 | Konnerudg. | Danvikgata  | Strømsø T.  | 7,0    | 13.000  | 10,6 | 170             |
| 68 | Gramsborgv | Jarlsbergv  | Konnerudg.  | 7,0    | 5.400   | 3,6  | 70              |
| 69 | Stubberudv | Gramsborgv. | Konnerudg.  | 7,0    | 5.600   | 3,6  | 70              |
| 70 | Konnerudg. | Gramsborgv. | Gamleveien  | 7,0    | 5.600   | 3,6  | 70              |
| 71 | Konnerudg. | Gamleveien  | Seterveien  | 8,0    | 8.300   | 4,1  | 90              |
| 72 | Konnerudg. | Seterveien  | Strøm ter.  | 8,0    | 8.300   | 3,9  | 90              |
| 73 | Strøm ter. | Konnerudg.  | Collettbk.  | 7,0    | 3.700   | 2,6  | 60              |
| 74 | Strøm ter. | Collettbk.  | Fagerlibk.  | 7,0    | 5.000   | 3,1  | 70              |
| 75 | Schwartzg. | Ingebrigts  | Knoffs gt.  | 7,0    | 4.600   | 3,0  | 60              |
| 76 | Schwartzg. | Knoffs gt.  | Austadgata  | 7,0    | 3.900   | 2,7  | 60              |
| 77 | Møllebekkv | Styrmoesv.  | Vestfoldv.  | 6,0    | 3.500   | 2,5  | 60              |
| 78 | Lunds gate | Vestfoldv.  | Bjørnsonsg. | 6,0    | 5.000   | 2,7  | 80              |

Langs veier med overskridelse av grenseverdiene er det bestemt antall fortau-km med hhv tett fasade og spredt bebyggelse.

Befolkningens eksponering (antall personer som berøres) av luftforurensninger langs veier anslås på følgende måte:

- 1 Der det er tette fasaderekker, er det hovedsakelig fasadene langs veien som får høy forurensning. Områdene bak er skjermet av fasadene. Det anslås at hver fasade-meter representerer ca 0,8 boende/arbeidende i de laveste 2 etasjer (2 leiligheter/kontorer/forretninger à 4 personer pr 10 meter fasadelengde). Estimater på ca 0,8 boende/arbeidende i de to laveste etasjer pr fortau-meter svarer til et lignende estimat brukt i tilsvarende eksponeringsberegninger for Oslo og Bergen.

- 2 Der det er spredt bebyggelse, gir beregningene konsentrasjoner som er anslagsvis 50% for høye ved veikanten. I tillegg ligger husene et stykke fra veien. En halvering av de beregnede konsentrasjonene gir et bilde av hvor overskridelser opptrer inntil ca 10 meter fra veien. Ut fra kart over bebyggelsen fåes et estimat over hvor mange personer er som blir eksponert for forurensning over grenseverdiene.

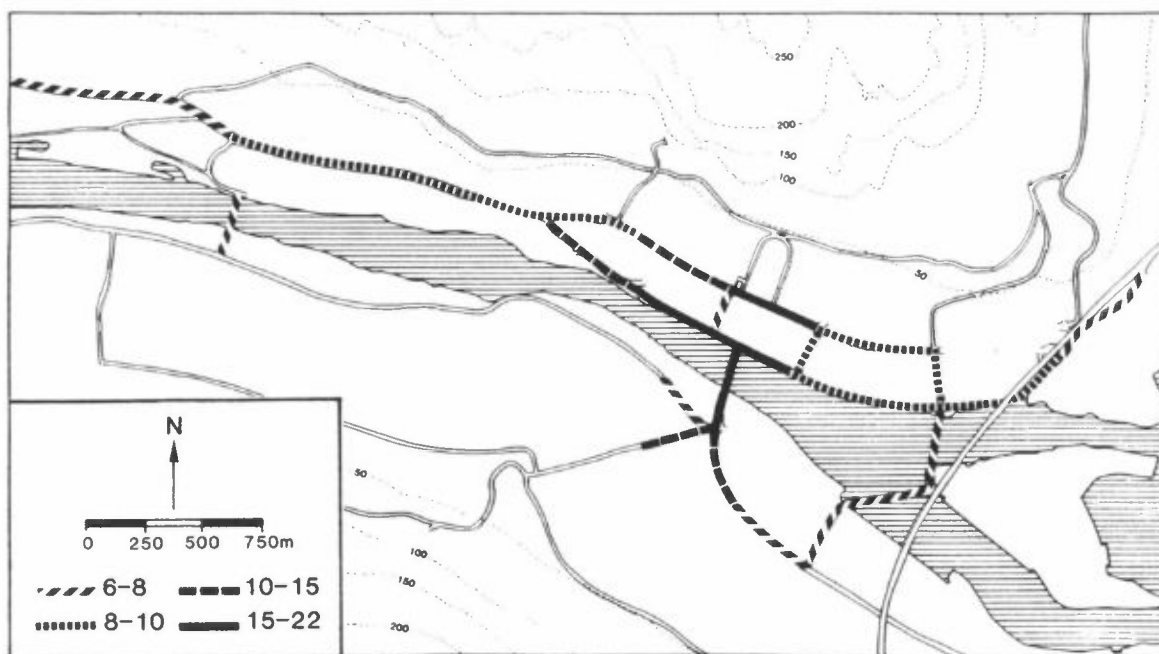
Anslagsvis 4.600 mennesker bor eller arbeider tett ved veier der grenseverdien for 8 timer for CO er beregnet å bli overskredet.

For CO er grenseverdien for 8-timers middelvei 10 mg/m<sup>3</sup>. Dette tilsvarer en 99-prosentilverdi på 6-7 mg/m<sup>3</sup>. CO-nivået ved kjørebane kanten er beregnet å overskride grenseverdien for 8-timers middelvei langs ca 10 km veistrekninger (figur 10). Her er også alle strekninger med spredt bebyggelse tatt med. Som tidligere nevnt er dette et overestimat. I tabell 15, som viser antall fortau-km med CO-overskridelser, er det justert for dette overestimatet. I alt anslås det at rundt 4.600 personer i Drammen blir utsatt for CO-konsentrasjoner over grenseverdien (tabell 16).

Tabell 15: Antall fortau-km i prosjektområdet med CO-nivå som overskrider grenseverdien.

| Maksimal 8-timers middelvei (99-prosentilnivå* i parentes). | Ant. fortau-km med sammenhengende fasaderekke | Ant. km hvor grenseverdi overskrides ut til 10 m (spredt bebyggelse) | Sum |
|---|---|--|-----|
| 10-13 ( 6- 8) mg/m <sup>3</sup>                             | 1,2   | 1,1  | 2,3 |
| 13-15 ( 8-10) mg/m <sup>3</sup>                             | 2,2   | 0,3  | 2,5 |
| 15-23 (10-15) mg/m <sup>3</sup>                             | 1,0   | 0,1  | 1,1 |
| 23-33 (15-22) mg/m <sup>3</sup>                             | 1,2   |  | 1,2 |
| Sum   | 5,6   | 1,5  | 7,1 |

\*99-prosentil, på årsbasis, av 8-timers middelvei (dvs det nivå som overskrides i 1% av tiden).



Figur 10: Beregnede 99-prosentilverdier av 8-timers middelkonsentrasjoner av CO langs gater og veier i Drammen i 1984 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

Tabell 16: Antall CO-eksponerte personer fordelt på intervaller av høyeste 8-timers middelvei.

| Maks. CO-konsentrasjon<br>8-timers middelvei<br>( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) | Tett fasade | Spredt<br>bebyggelse | Sum   |
|--|-------------|----------------------|-------|
| 10-13  | 1.000       | 100                  | 1.100 |
| 13-15  | 1.700       |                      | 1.700 |
| 15-23  | 800         |                      | 800   |
| 23-33  | 1.000       |                      | 1.000 |
| Sum  | 4.500       | 100                  | 4.600 |

Anslagsvis 1.300 mennesker bor eller arbeider tett ved veier der øvre grenseverdi for  $\text{NO}_2$  (1-times middelvei) overskrides. Tilsvarende tall for nedre grenseverdi er 4.400 personer.

Grenseverdien for 1-times middelvei for  $\text{NO}_2$  er gitt som et intervall, fra 200 til 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dette tilsvarer 99-prosentilverdier fra 130 til 230  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tabell 17 viser antall fortau-km med overskridelser av nedre og øvre grenseverdi for  $\text{NO}_2$ .

Overskridelser av grenseverdien for  $\text{NO}_2$  skjer stort sett langs de samme gatene som for CO. Forskjellen ligger i at  $\text{NO}_2$ -utslippet (i motsetning til CO) ikke avtar med økt hastighet. Veiene med overskridelser av 1-times grenseverdien for  $\text{NO}_2$  strekker seg derfor lenger ut fra sentrum. Ved sammenligning av de to komponentene CO og  $\text{NO}_2$ , er CO den dominerende forurensningskomponenten fra biltrafikk langs veier med dårlig trafikkavvikling og høy kaldstartandel.  $\text{NO}_2$  blir mest fremtredende der en har høye hastigheter og høy dieselandel.

I tabell 18 er det satt opp anslag av hvor mange personer som bor eller arbeider tett ved veier der grenseverdien for  $\text{NO}_2$  (1-times middelferdi) overskrides.

I anslagene er det bare sett på personer som bor/arbeider tett ved gater med overskridelse av grenseverdier. En del av disse personene og også en del andre personer vil i tillegg kunne bli utsatt for korttidsbelastninger høyere enn grenseverdiene på vei til/fra arbeidet.

Tabell 17: Antall fortau-km i prosjektområdet med  $\text{NO}_2$ -nivå som overskrider grenseverdien.

| Maksimal 1-times middelferdi (99-prosentil-nivå* i parentes). | Antall fortau-km med sammenhengende fasaderekke | Antall km hvor grenseverdi overskrides ut til 10 m (spredt bebyggelse) | Sum |
|---|---|--|-----|
| 200-350 (130-230) $\mu\text{g}/\text{m}^3$                    | 3,6   | 3,1  | 6,7 |
| $\geq 350$ ( $\geq 230$ ) $\mu\text{g}/\text{m}^3$            | 1,6   |  | 1,6 |
| Sum   | 5,2   | 3,1  | 8,3 |

\*99-prosentil, på årsbasis, av 1-times middelferdi (dvs det nivå som overskrides i 1% av tiden).

Tabell 18: Antall  $\text{NO}_2$ -eksponerte personer fordelt på intervaller av høyeste 1<sup>2</sup>-times middelferdi.

| Maks. $\text{NO}_2$ -konsentrasjon 1-times middelferdi | Tett fasade | Spredt bebyggelse | Sum   |
|--|-------------|-------------------|-------|
| 200-350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                       | 2.900       | 200               | 3.100 |
| $\geq 350$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$                    | 1.300       |                   | 1.300 |
| Sum  | 4.200       | 200               | 4.400 |

### 3 KORROSJONSUNDERSØKELSE

Hovedhensikten med korrosjonsundersøkelsen i Drammen var å finne sammenhenger mellom miljøvariable og korrosjon (dose-effekt). Resultatene i Drammen skulle også sammenlignes med tilsvarende målinger i Sarpsborg og Fredrikstad.

I tillegg til målinger av korrosjonshastighet, er det benyttet data fra måleprogrammet for luft og nedbørkvalitet i basisundersøkelsen. I perioder hvor disse målingene ikke pågikk, ble det foretatt egne målinger av SO<sub>2</sub> og nedbørkvalitet på feltstasjonen på Strømsø.

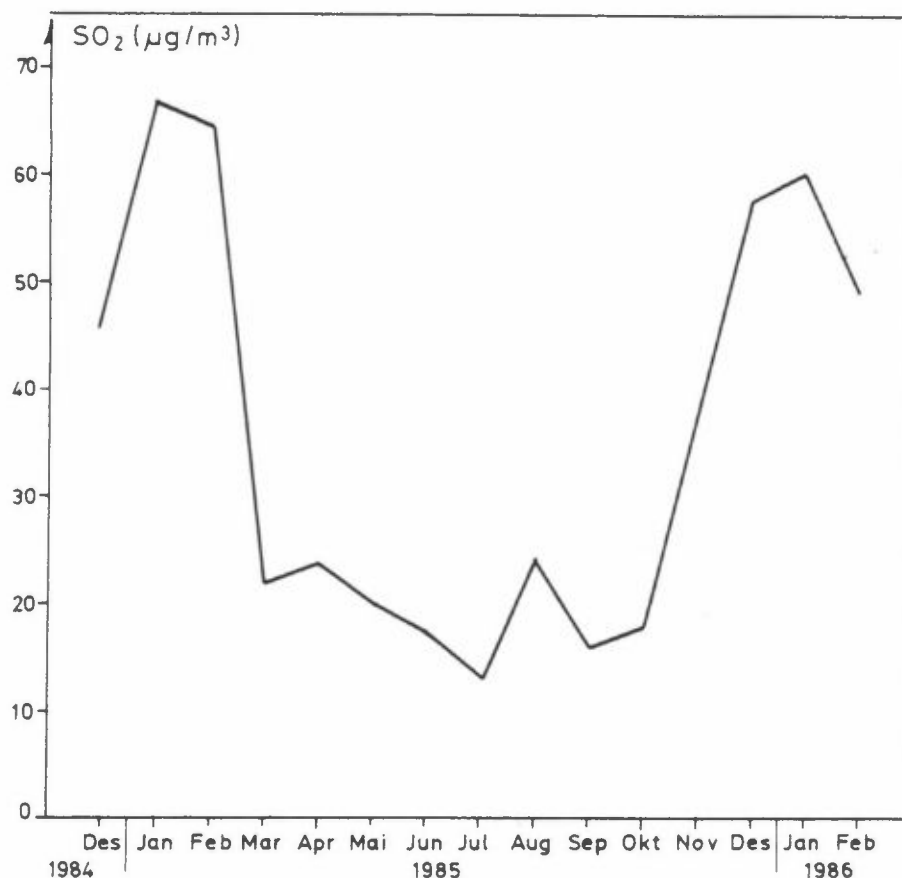
Korrosjonsmålinger ble bare utført på Strømsø. Månedkorrosjonen for stål ble målt i perioden 1. desember 1984-1. mars 1986. Årskorrosjon for stål, aluminium, zink og kopper ble registrert i perioden 1. desember 1984-1. desember 1985.

Korrelasjonsanalyser er utført på månedskorrosjonsverdiene for stål. Årsverdiene er sammenlignet med resultater i Sarpsborg og Fredrikstad. (Haagenrud, Henriksen, Gram 1984), for å se i hvor stor grad resultatene fra ett geografisk område passer i et annet.

Miljømålingene viste at Drammen har høyt SO<sub>2</sub>-nivå om vinteren og lavt om sommeren. SO<sub>2</sub>, nedbør og våttid (TOW) varierte mye gjennom året, de andre miljøparameterene lite. Saltbelastningen var lav gjennom hele året, og aerosolmålingene viste at sjøsaltmengden var liten.

Måned- og årsmidlene av SO<sub>2</sub> er beregnet fra døgnmålingene på Strømsø. I periodene mars-april 1985 og august-september 1985 ble det utført egne målinger av månedsmiddelverdier fordi det i disse månedene ikke var andre målinger på Strømsø. Når en hadde behov for døgnverdier i disse periodene, benyttet en målingene fra Helserådet i Drammen. Månedsmiddelverdiene av SO<sub>2</sub> er gitt i figur 11.





Figur 11: Månedsmiddeler av SO<sub>2</sub> på Strømsø i perioden desember 1984 - februar 1986 (µg/m<sup>3</sup>).

I basisundersøkelsen ble nedbør målt på ukesbasis på Strømsø. I periodene mars - april 1985 og august - september 1985 ble det utført månedsmålinger. Nedbørmengde, pH, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> og Cl<sup>-</sup> er benyttet i korrelasjonsanalysen for korrosjon og miljø. Månedsmiddeler av disse parameterene og Mg<sup>2+</sup> er gitt i tabell 19, som også viser midlere avsetningshastighet av tørrdeponert Cl<sup>-</sup> og Mg<sup>+</sup>. Deponeringsmålinger ble utført i hele perioden med NILUs aerosolfelle.

Temperatur og fuktighet ble målt kontinuerlig på Gulskogen, og beregnet våttid (tid i timer med temperatur over 0°C og fuktighet over 80% relativ fuktighet = TOW) er listet i tabell 19. En antok at målingene på Gulskogen gav de mest representative verdiene for temperatur og fuktighet i nedre deler av Drammen.

Tabell 19: Månedsmiddelverdier av nedbørmengde, TOW, pH,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  og avsetningshastigheter på aerosolfelle av  $\text{Mg}^{2+}$  (MgA) og  $\text{Cl}^-$  (ClA).

| Periode  | Nedbør |       | TOW<br>(timer) | pH   | $\text{SO}_4^{2-}$<br>(mg/l) | $\text{Mg}^{2+}$<br>(mg/l) | $\text{Cl}^-$<br>(mg/l) | MgA<br>(mg/m <sup>2</sup> d) | ClA<br>(mg/m <sup>2</sup> d) |
|----------|--------|-------|----------------|------|------------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
|          | ml     | mm    |                |      |                              |                            |                         |                              |                              |
| Des.1984 | 2194   | 69,9  | 346            | 4,09 | 7,0                          | 0,10                       | 1,4                     | 0,06                         | 1,3                          |
| Jan.1985 | 1652   | 52,6  | 0              | 4,15 | 3,3                          | 0,05                       | 0,5                     | -                            | -                            |
| Feb.     | 834    | 26,6  | 57             | 4,27 | 4,1                          | 0,06                       | 1,1                     | 0,04                         | 1,4                          |
| Mars     | 2580   | 82,2  | 284            | 3,92 | 3,7                          | -                          | 0,6                     | 0,04                         | 1,2                          |
| April    | 2105   | 66,8  | 244            | 6,04 | 1,7                          | -                          | 0,3                     | -                            | 0,2                          |
| Mai      | 665    | 21,2  | 190            | 4,86 | 6,9                          | 0,12                       | 0,6                     | 0,02                         | 0,6                          |
| Juni     | 2091   | 66,6  | 328            | 4,62 | 3,2                          | 0,06                       | 0,2                     | 0,02                         | 0,7                          |
| Juli     | 2946   | 93,8  | 386            | 4,33 | 3,5                          | 0,03                       | 0,2                     | 0,02                         | 0,6                          |
| Aug.     | 4480   | 142,7 | 464            | 4,61 | 0,9                          | -                          | 0,6                     | -                            | 0,6                          |
| Sept.    | 4200   | 133,8 | 283            | 4,88 | 0,7                          | -                          | 0,3                     | 0,03                         | 0,8                          |
| Okt.     | 324    | 10,3  | 327            | 4,08 | 11,7                         | 0,22                       | 2,6                     | 0,03                         | 0,4                          |
| Nov.     | 2537   | 80,8  | 73             | 4,65 | 3,5                          | 0,11                       | 1,3                     | 0,04                         | 0,9                          |
| Des.1985 | 2114   | 67,3  | 25             | 4,49 | 3,0                          | 0,04                       | 0,4                     | 0,03                         | 0,8                          |
| Jan.1986 | 2423   | 77,2  | 20             | 4,26 | 3,1                          | 0,05                       | 0,6                     | 0,02                         | 0,8                          |
| Feb.     | 28     | 0,9   | 0              | 5,18 | 30,2                         | 0,49                       | 1,5                     | 0,02                         | 0,7                          |
| Mars.    | 1831   | 58,3  | 393            | 3,93 | 9,7                          | 0,11                       | 1,8                     | -                            | 0,1                          |

Målingene viste at en hadde lavest korrosjonshastighet i de kaldeste vintermånedene

Månedskorrosjon av stål var liten i de kaldeste vintermånedene og viste et jevnt nivå resten av året (se tabell 20).

Årskorrosjonen i perioden 1. desember 1984 - 1. desember 1985, for stål, kobber, sink og aluminium er vist i tabell 21. Stål hadde den største korrosjonshastigheten av metallene og aluminium den minste.

Tabell 20: Månedseksponeringer av stål i perioden 1.12.1984 - 1.3.1986 som middelveidien av to paralleller.

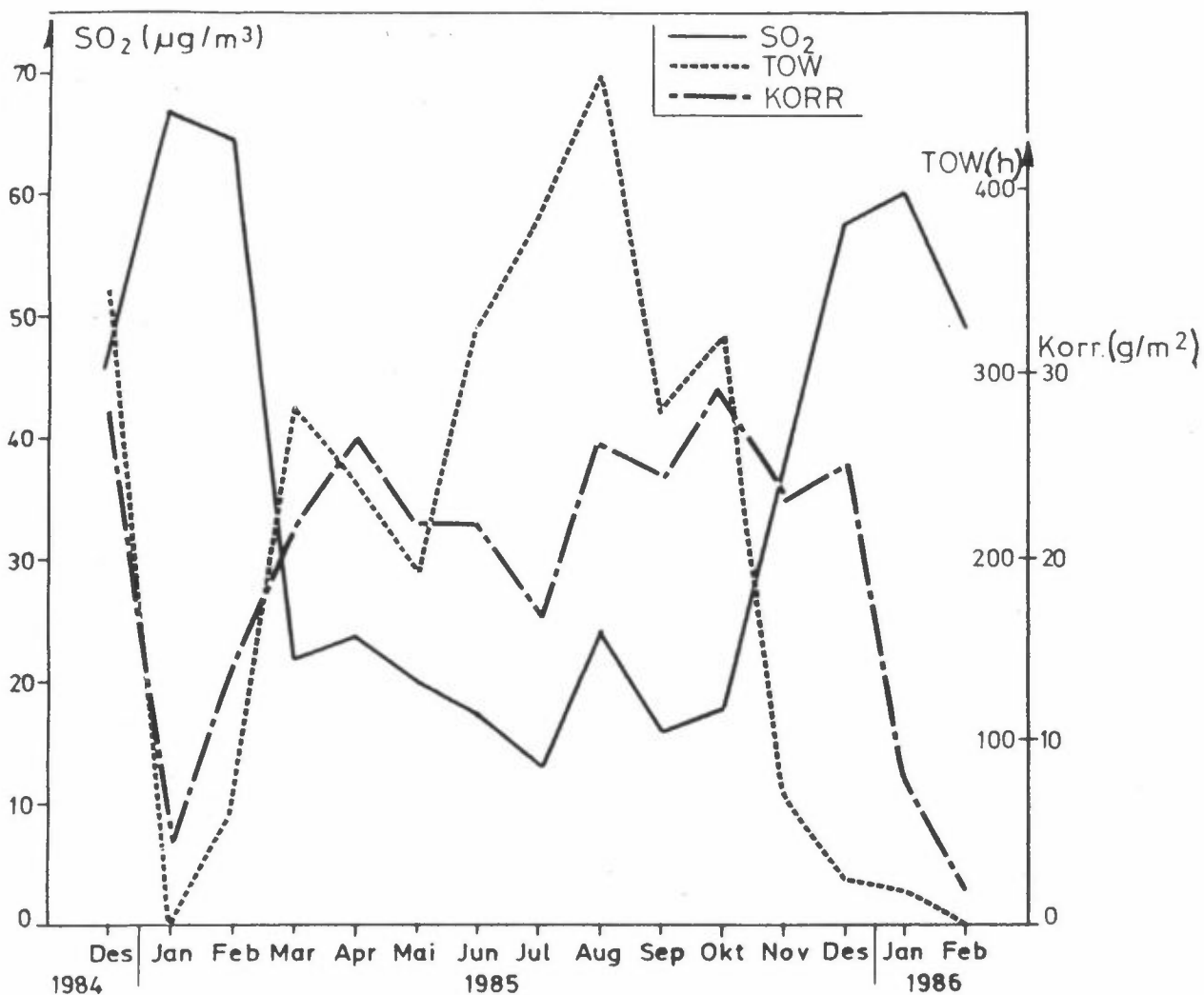
| Periode          | Vekttap<br>(g/m <sup>2</sup> ) |
|------------------|--------------------------------|
| 3.12.- 31.12.84  | 28,0                           |
| 31.12.84 -1.2.85 | 4,7                            |
| 1. 2 - 1. 3.85   | 14,0                           |
| 1. 3 - 1. 4.85   | 22,0                           |
| 1. 4 - 1. 5.85   | 26,7                           |
| 1. 5 - 1. 6.85   | 22,0                           |
| 1. 6 - 1. 7.85   | 22,0                           |
| 1. 7 - 1. 8.85   | 16,7                           |
| 1. 8 - 1. 9.85   | 26,7                           |
| 1. 9 - 1.10.85   | 24,7                           |
| 1.10 - 1.11.85   | 29,3                           |
| 1.11 - 1.12.85   | 23,3                           |
| 1.12 - 30.12.85  | 25,3                           |
| 30.12.85-30.1.86 | 8,0                            |
| 30. 1 - 1. 3-86  | 2,0                            |

Tabell 21: Årskorrosjon i perioden 1. desember 1984-1. desember 1985 for stål, sink, kopper og aluminium

| Periode                 | Metall                    |                           |                           |                           |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                         | Fe<br>(g/m <sup>2</sup> ) | Zn<br>(g/m <sup>2</sup> ) | Cu<br>(g/m <sup>2</sup> ) | Al<br>(g/m <sup>2</sup> ) |
| 1.12.1984-<br>1.12.1985 | 233                       | 12,9                      | 5,7                       | 0,33                      |

Best dose/effekt-korrelasjon mellom korrosjonsverdiene og miljøbelastningen (R=0,77) fikk en med SO<sub>2</sub>, når en tok hensyn til at korrosjonsprosessen stopper opp når elektrolytten fryser på prøven.

Måleresultatene av SO<sub>2</sub>, våttid (TOW) og korrosjon av stål er vist i figur 12 og antyder en tilsynelatende dårlig sammenheng mellom SO<sub>2</sub> og korrosjon og en god sammenheng mellom våttid (TOW) og korrosjon. De andre målte miljødataene har så lave verdier at de ikke påvirker korrosjonshastigheten nevneverdig.



Figur 12: Månedsmiddelverdiene av SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), TOW (timer) og månedskorrosjon av stål (g/m<sup>2</sup>) i perioden desember 1984 - februar 1986.

Korrosjon er en elektrokjemisk prosess som skjer på en fuktet overflate. Det kan derfor settes enkelte krav til miljøet for at korrosjon utvikles. International Organization for Standardization (ISO) har nå kommet med forslag til klimatiske grenser for at korrosjon skal starte (ISO BP 9223):

1. Korrosjon opptrer bare når det er fuktfilm på prøvene. Den relative fuktigheten må derfor være over 80%.
2. Korrosjonen stopper når fuktfilmen fryser. Temperaturen må derfor være høyere enn  $0^{\circ}\text{C}$ .
3. Korrosjonen er avhengig av hvor lang tid metallet er fuktig. Våttiden (TOW) er definert som antall timer med temperatur over  $0^{\circ}\text{C}$  og relativ fuktighet over 80%.

Grensen for TOW er satt på grunnlag av erfaringsdata fra forskjellige land. Det er mulig å forbedre begrepet ved å ta hensyn til den lokale forurensningssituasjonen. Et moment som kan være viktig i Drammen er at forurensingene på flatene kan gi frysepunktdepresjon og at korrosjonen derfor kan fortsette ved temperaturer under  $0^{\circ}\text{C}$ .

I et bymiljø hvor  $\text{SO}_2$ -nivået hovedsakelig skyldes forbrenning av fyringsolje, er korrosjonen avhengig av samvirkningen mellom  $\text{SO}_2$  og TOW. Dager hvor temperaturen er lav vil en ikke få noen virkning av en høy  $\text{SO}_2$ -konsentrasjon fordi elektrolytten er frosset. Ved å se bort fra disse dagene kan en beregne en "effektiv  $\text{SO}_2$ -belastning" pr måned. I tabell 22 er middelbelastningen for hver måned samt årsmidler beregnet for ulike frysepunktdepresjoner i elektrolytten på overflaten. 0, -2, -4, -6 og  $-8^{\circ}\text{C}$  er valgt.

Månedsmiddelbelastningen er beregnet ved å anta at alle timer med temperatur over frysepunktsdepresjonen er reaktive og alle under inaktive. Den "effektive  $\text{SO}_2$ -belastningen" blir derfor uttrykt som en redusert  $\text{SO}_2$ -konsentrasjon ved å multiplisere den målte døgnkonsentrasjonen med brøken  $t/24$ , der t er timer over frysepunktsdepresjonen. Månedsbetlastningen regnes som middel av døgnbetlastningen.

Tabell 22: Måned- og årsbelastninger av  $\text{SO}_2$  på Strømsø uten begrensninger og ved å se bort fra de perioder hvor temperaturen er lavere enn  $0^\circ\text{C}$ ,  $-2^\circ\text{C}$ ,  $-4^\circ\text{C}$ ,  $-6^\circ\text{C}$  og  $-8^\circ\text{C}$  ( $\text{SO}_2$  i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

| Periode | $\text{SO}_2$ uten begrens. | $\text{SO}_2$ Temp over $0^\circ\text{C}$ | $\text{SO}_2$ Temp over $-2^\circ\text{C}$ | $\text{SO}_2$ Temp over $-4^\circ\text{C}$ | $\text{SO}_2$ Temp over $-6^\circ\text{C}$ | $\text{SO}_2$ Temp over $-8^\circ\text{C}$ |
|---------|-----------------------------|---|--|--|--|--|
|         |                             | $\text{SO}_2(0)$                          | $\text{SO}_2(-2)$                          | $\text{SO}_2(-4)$                          | $\text{SO}_2(-6)$                          | $\text{SO}_2(-8)$                          |
| Des. 84 | 46                          | 21  | 28   | 34   | 37   | 41   |
| Jan. 85 | 67                          | 0,3                                       | 5  | 8  | 18   | 25   |
| Feb. 85 | 65                          | 3   | 5  | 8  | 11   | 16   |
| Mars.85 | 22                          | 12  | 16   | 19   | 21   | 22   |
| Apr. 85 | 24                          | 19  | 22   | 23   | 23   | 24   |
| Mai. 85 | 20                          | 20  | 20   | 20   | 20   | 20   |
| Juni.85 | 18                          | 18  | 18   | 18   | 18   | 18   |
| Juli.85 | 13                          | 13  | 13   | 13   | 13   | 13   |
| Aug. 85 | 24                          | 24  | 24   | 24   | 24   | 24   |
| Sep. 85 | 16                          | 15  | 16   | 16   | 16   | 16   |
| Okt. 85 | 18                          | 14  | 17   | 18   | 18   | 18   |
| Nov. 85 | 37                          | 5   | 8  | 13   | 21   | 28   |
| Des. 85 | 57                          | 2   | 6  | 13   | 18   | 22   |
| Jan. 86 | 60                          | 2   | 4  | 7  | 11   | 19   |
| Feb. 86 | 49                          | 0,5                                       | 2  | 7  | 11   | 17   |
| 1.12.84 |                             |   |  |  |  |  |
| 1.12.85 | 31                          | 14  | 16   | 18   | 20   | 22   |

Regresjonsanalyse av korrosjon mot de nye månedsbelastningene viser at den beste korrelasjonen ( $\text{Korrosjon} = 0.91 \text{SO}_2(-4) + 5.3$ )  $R = 0.77$  får en ved å benytte et frysepunkt på  $-4^\circ$  for elektrolytten på overflaten

Tabell 23 viser de mest aktuelle relasjonene med en variabel. En ser at det er liten forskjell mellom korrelasjonskoeffisientene for månedsbelastningene ved å benytte frysepunkt på  $0^\circ\text{C}$ ,  $-2^\circ\text{C}$  og  $-4^\circ\text{C}$ . Siden  $\text{SO}_2$  og TOW er benyttet til beregningene av belastningsverdiene for  $\text{SO}_2$  og de andre målte parameterne varierte lite, vil ikke en introduksjon av flere variable i relasjonsberegningen øke korrelasjonskoeffisientene.

Tabell 23: Beste lineære regresjonsligninger med korrelasjonskoeffisient (R) mellom månedskorrosjon og de mest aktuelle forurensningsparametere.

|             |        |                              |        |     |       |
|-------------|--------|------------------------------|--------|-----|-------|
| Korrosjon = | 0.77   | $\text{SO}_2(0)$             | + 11.2 | R = | 0.73  |
| Korrosjon = | 0.82   | $\text{SO}_2(-2)$            | + 8.7  | R = | 0.76  |
| Korrosjon = | 0.91   | $\text{SO}_2(-4)$            | + 5.3  | R = | 0.77  |
| Korrosjon = | 0.83   | $\text{SO}_2(-6)$            | + 4.3  | R = | 0.62  |
| Korrosjon = | 0.41   | $\text{SO}_2(-8)$            | + 10.9 | R = | 0.32  |
| Korrosjon = | -0.25  | $\text{SO}_2$                | + 28.2 | R = | -0.61 |
| Korrosjon = | 0.04   | TOW                          | + 12.3 | R = | 0.67  |
| Korrosjon = | 1.02   | pH                           | + 15.0 | R = | 0.06  |
| Korrosjon = | 0.0012 | $(\text{SO}_2) : \text{TOW}$ | + 14.5 | R = | 0.55  |

Ligningene for årskorrosjonen i Sarpsborg og Fredrikstad beskriver korrosjonshastigheten i Drammen bra hvis en bruker den beregnede årsbelastningen for SO<sub>2</sub>. Best overensstemmelse får en ved å bruke årsbelastningen med temperaturgrense 0°C

Tabell 24 viser resultatene av årskorrosjonen i Drammen for stål, sink, kopper og aluminium sammen med de beregnede verdiene ut fra ligningene utviklet for Sarpsborg og Fredrikstad. Årsbelastningen for SO<sub>2</sub> er korrigert på samme måte som for månedsprøvene. SO<sub>2</sub>-verdiene i Sarpsborg og Fredrikstad ble ikke redusert for kalde dager. Fordi temperaturen under basisundersøkelsen i Sarpsborg og Fredrikstad i gjennomsnitt var høyere enn i Drammen, er resultatene i Sarpsborg og Fredrikstad mindre influert av frostdager på årsbasis.

Tabell 24: Sammenheng mellom målt årskorrosjon i Drammen og beregnet årskorrosjon ved å bruke ligningene fra Sarpsborg og Fredrikstad og SO<sub>2</sub>-belastning i Drammen.

| Anvendt ligning for korrosjonshastighet | Målt korrosjon | Beregnet korrosjon (g/m <sup>2</sup> ) |                      |                      |                      |
|---|----------------|--|----------------------|----------------------|----------------------|
|   |                | SO <sub>2</sub>                        | SO <sub>2</sub> (-0) | SO <sub>2</sub> (-2) | SO <sub>2</sub> (-4) |
| $K_{Fe} = 7.6 SO_2 + 172$               | 233            | 408                                    | 275                  | 292                  | 306                  |
| $K_{Zn} = 0.35SO_2 + 0.01TOW - 21.8$    | 12.9           | 18.9                                   | 12.7                 | 13.5                 | 14.2                 |
| $K_{Cu} = 0.14SO_2 + 0.007TOW - 16.9$   | 5.7            | 8.3                                    | 5.9                  | 6.2                  | 6.5                  |
| $K_{Al} = 0.01SO_2 + 0.0005TOW - 1.2$   | 0.33           | 0.60                                   | 0.43                 | 0.45                 | 0.47                 |

Månedskorrosjonen i Drammen kan ikke uttrykkes ved ligningene fra Sarpsborg og Fredrikstad.

Det er flere momenter som gjør at en sammenligning mellom månedsverdier er komplisert. For det første er det ingen av ligningene som beskriver de fysikalske/kjemiske reaksjonene ved korrosjonsprosessen. Ligningene som er utviklet fra feltresultater vil bare beskrive innflytelsen av enkelte hovedvariable. Siden de viktigste parameterene

vil variere mye over korte måleperioder blir resultatene i stor grad avhengige av den spesifikke datamengden som bearbeides. Å generalisere denne datamengden til andre steder og til andre tider er derfor vanskelig.

Et annet moment er at stålets første korrosjonsfase, initieringsfasen, betyr mye for den totale korrosjonen i korte perioder.

Et tredje moment er at ligningene for Sarpsborg og Fredrikstad er utviklet i et område hvor  $\text{SO}_2$ -nivået varierer lite fra måned til måned, men mer fra målested til målested. Korrosjonshastigheten på en stasjon er derfor også tilnærmet lik de fleste månedene. En linje gjennom en slik punktmengde blir lett usikker og sterkt avhengig av små variasjoner i  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen. I Sarpsborg og Fredrikstad må en derfor bruke resultatene fra flere stasjoner for å finne en sammenheng, mens det er lettere å finne en ligning for den ene stasjonen i Drammen.

I de senere årene er det flere som har rapportert om problemer med å tolke sammenhengen mellom korrosjon og miljø på månedsprøver (Gullman et al., 1986). For å beskrive korrosjonsforholdene på månedsbasis må en få bedre kunnskaper om de fysikalske/kjemiske prosessene på overflatene. For å oppnå dette trengs det en betydelig økt innsats på forskningssiden med enfaktor- og flerfaktorforsøk i klimaskap.

Korrosjonsmålingene fra langtidseksponeringer på 1 år og lengre beskrives rimelig godt med dagens dose/effekt - ligninger hvis de klimatiske forhold ikke er alt for forskjellige. Det skyldes at miljøpåvirkningen ikke varierer så mye fra år til år. Ved et utvidet målenett hvor en bevisst bruker stasjoner som varierer i et begrenset antall parametere vil det være mulig å finne fram til ligninger som vil gjelde for større områder. Det nye eksponeringsprogrammet for materialer som er startet i regi av ECE og hvor Norge er med, har dette som et hovedmål.



#### 4 REFERANSER

Haagenrud, S.E., Henriksen, J.F., Gram, F. (1984) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Sarpsborg og Fredrikstad 1981-1983. Delrapport B: Korrosjon og miljø. Lillestrøm (NILU OR 28/84).

Gullmann J., Holler, P., Kucera, V., Knotkova, D. (1987) Evaluation of Effects of Climatic Parameters on Corrosion of Steel and Zinc from Periods of Different Length (in press).

International Organization for Standardization (1987) Corrosion of Metals and Alloys. Classification of Corrosivity of Atmospheres (ISO DP 9223).

Larssen, S., Hagen, L.O., Dahl, J.E. og Hongslo, J. (1986) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Bergen 1983-85. Delrapport A: Målinger av meteorologi og luftkvalitet. Eksponering og helsevirkninger. Lillestrøm (NILU OR 54/86).

Larssen, S. og Hoem, K. (1984) Luftforurensning langs veinettet i Norge. Kartlegging langs riksveinettet samt fylkesveinettet i utvalgte byer. Lillestrøm (NILU OR 46/84).

Larssen, S. og Hoem, K. (1986) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Bergen. Datarapport II. Måleresultater september 1983-februar 1984. Kartlegging av oljeforbruk 1983. Lillestrøm (NILU OR 6/86).

Statens forurensningstilsyn (1982) Luftforurensning - virkninger på helse og miljø. Oslo (SFT-rapport nr. 38).

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)  
NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH  
POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM

|   |                                    |                                      |                 |
|---|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| RAPPORTTYPE<br>OPPDRAGSRAPPORT  | RAPPORTNR. OR 50/87                | ISBN-50-7247-841-2                   |                 |
| DATO<br>SEPTEMBER 1987  | ANSV. SIGN.<br><i>J. Schjoldan</i> | ANT. SIDER<br>46                     | PRIS<br>Kr 40,- |
| TITTEL<br>Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Drammen<br>1984-1986.<br>Delrapport F: Eksponeringsberegninger og korrosjon.  |                                    | PROSJEKTLEDER<br>L.O. Hagen          |                 |
|   |                                    | NILU PROSJEKT NR.<br>O-8342          |                 |
| FORFATTER(E)<br>Leif Otto Hagen, Jan F. Henriksen, Kari Hoem og<br>Steinar Larssen  |                                    | TILGJENGELIGHET<br>A                 |                 |
|   |                                    | OPPDRAGSGIVERS REF.<br>M. Steen, SFT |                 |
| OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE)<br>Statens forurensningstilsyn<br>Postboks 8100 Dep<br>0032 Oslo 1  |                                    |                                      |                 |
| 3 STIKKORD (å maks. 20 anslag)<br>Eksponering                              Korrosjon                              Drammen   |                                    |                                      |                 |
| REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer)<br>Rapporten gir resultater av beregninger av befolkningens eksponering for luftforurensning og av et måleprogram for korrosjon. |                                    |                                      |                 |

TITLE Air Pollution Evaluation in Drammen 1984-1986.  
Part F: Estimates of Human Exposures to Air Pollution and Corrosion Studies.

ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines)  
This report presents estimates of human exposures to air pollution and results of corrosion studies in Drammen 1984-1986.

\* Kategorier: Åpen - kan bestilles fra NILU                      A  
                  Må bestilles gjennom oppdragsgiver                    B  
                  Kan ikke utleveres    C