



Statlig program for forurensningsovervåking

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

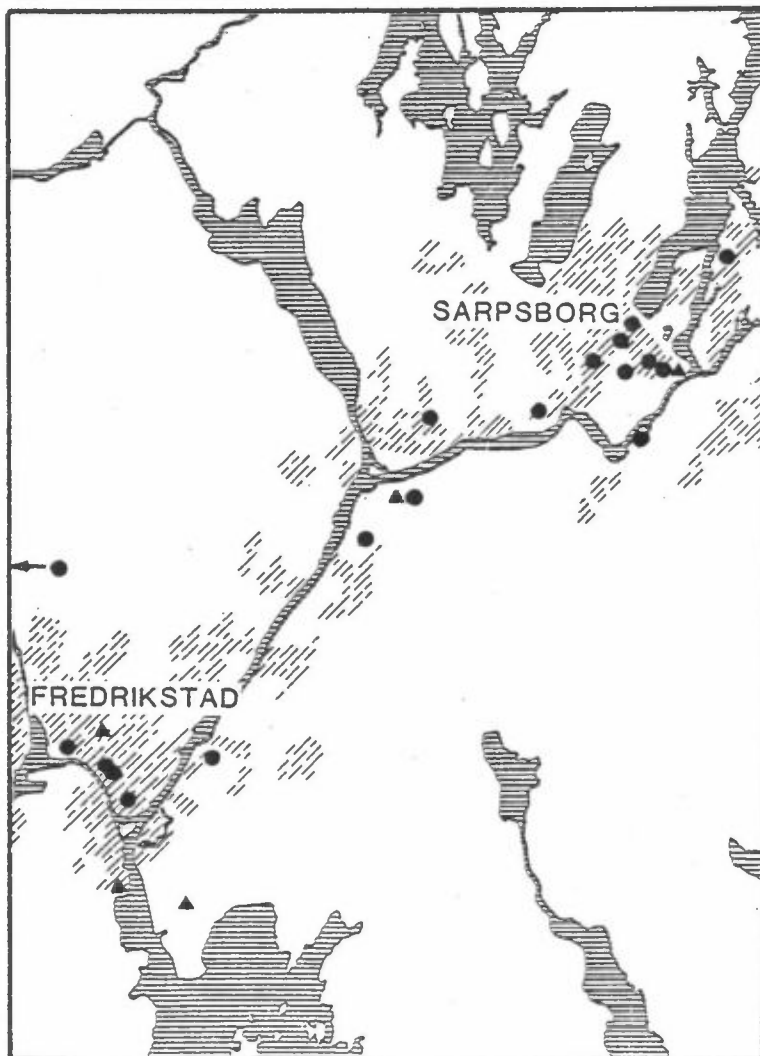
Deltakende institusjon

NILU

RAPPORT NR 177/85

BASISUNDERSØKELSE AV LUFTKVALITETEN I SARPSBORG OG FREDRIKSTAD 1981-1983

HOVEDRAPPORT



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

Postboks 130 - 2001 Lillestrøm

NILU OR : 18/85
REFERANSE: O-8130
DATO : AUGUST 1985

**BASISUNDERSØKELSE AV LUFTKVALITETEN
I SARPSBORG OG FREDRIKSTAD 1981-1983**

HØVEDRAPPORT

Leif Otto Hagen

Utført etter oppdrag av Statens forurensningstilsyn

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
NORGE

ISBN--82-7247-577-4

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	5
KONKLUSJON	7
HOVEDMOMENTER FOR KONKLUSJONEN	11
FAKTAMATERIALE 1 - Luftkvalitet og befolkningens eksponering for luftforurensninger	18
FAKTAMATERIALE 2 - Utslipp til luft og spredning i atmosfæren	31
FAKTAMATERIALE 3 - Beregninger av blymengden i blod	41
FAKTAMATERIALE 4 - Korrosjon og miljø	46
FAKTAMATERIALE 5 - Andre undersøkelser av luftforurensninger i Sarpsborg og Fredrikstad	53
REFERANSER	56
VEDLEGG A - Forslag til framtidige luftforurensnings- undersøkelser	59
VEDLEGG B - Prosjektbeskrivelse	63
VEDLEGG C - Grenseverdier for luftkvalitet	71

FORORD

Etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) har Norsk institutt for luftforskning (NILU) gjennomført en basisundersøkelse av luftkvaliteten i Sarpsborg og Fredrikstad 1981-1983 som et ledd i Statlig program for forurensningsovervåking.

Hensikten med basisundersøkelsen har vært å gi

- informasjon om konsentrasjonsnivåer og befolkningens eksponering for luftforurensninger
- grunnlag for å vurdere tiltak mot luftforurensninger
- grunnlag for å vurdere behovet for rutinemessig overvåking av luftkvaliteten i framtiden.

Undersøkelsen vil bli etterfulgt av en analyse der ulike forurensningsbegrensende tiltak vurderes. Analysen skal munne ut i en prioritert rekkefølge av forurensningsbegrensende tiltak som bør settes iverk. Tiltakene skal vurderes ut fra kostnadseffektivitet.

I tilknytning til hovedrapporten er det utgitt 5 delrapporter. Tidligere er det utgitt 3 framdriftsrapporter. I tillegg er det utgitt en helsevurderingsrapport fra Statens institutt for folkehelse (SIF) - HELSEVIRKNINGER AV LUFTFORURENSNING I SARPSBORG/FREDRIKSTAD OMRÅDET.

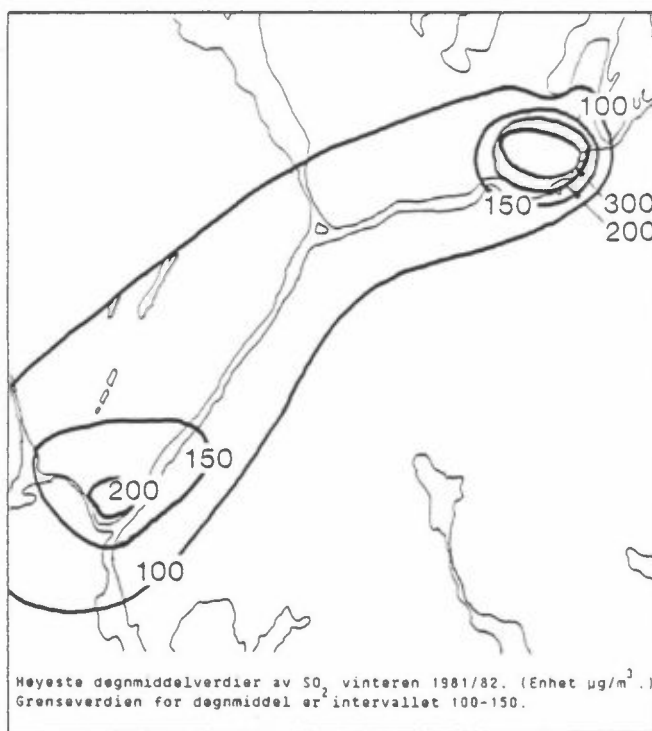
Rapportene kan fåes ved henvendelse til Statens forurensningstilsyn.

KONKLUSJON

Forurensningstyper og - omfang

Konsentrasjonene av svoveldioksid (SO_2), sot, nitrogendioksid (NO_2) og karbonmonoksid (CO) overskred anbefalte grenseverdier* for luftkvalitet i undersøkelsesperioden (1981-83). Tabellen viser at langt flere personer bor i områder hvor grenseverdien for SO_2 ble overskredet enn for de andre stoffene. Grenseverdien for SO_2 ble overskredet mest i byområdene, men også i et område på begge sider langs Glomma mellom byene, slik det framgår av figuren.

Vinteren 1981/82		
Komponent	Sarpsborg	Fredrikstad
SO_2	12.700	38.800
Sot	3.400	14.200
NO_2	0	1.100
CO	200-400	500-750
SO_2 og sot samtidig	2.700	14.200



* Med grenseverdi for et stoff m.h.p. helsevirkninger menes her den mengden av forurensning som en ut fra nåværende viten antar befolkningen kan utsettes for uten at helsevirkninger forekommer. Det er da tatt hensyn til at stoffene samvirker og regnet med at de forekommer i blanding. En beskjedent overskridelse av grenseverdier vil neppe ha virkninger på friske mennesker, men spesielt følsomme grupper i befolkningen vil trolig oppleve en forverring av sin helsetilstand. En kort beskrivelse av grenseverdier, helsevirkninger og kilder for de enkelte komponentene finnes i Vedlegg C.

Undersøkelsen viser at ca 17.000 personer bor i områder hvor det samtidig forekom overskridelser av grenseverdiene for SO₂ og sot.

Selv om grenseverdien for CO ble overskredet hyppig i Brochs gt (gatestasjon), er forholdsvis få personer utsatt for høye konsentrasjoner. Dette skyldes at grenseverdien overskrides bare i de mest trafikkerte gatene og at konsentrasjonen avtar raskt med avstanden fra gata.

Om sommeren er konsentrasjonene av luftforurensninger vesentlig lavere enn om vinteren, slik at færre personer bor i områder hvor grenseverdiene overskrides. Dette har sammenheng både med større utslipp og dårligere spredningsforhold om vinteren. De høyeste konsentrasjonene av luftforurensning måles vanligvis i kuldeperioder når samtidig vindstyrken er lav og temperaturen øker med høyden over bakken (inversjon).

Statens institutt for folkehelse (SIFF) har vurdert den helsemessige konsekvensen av luftforurensningen i Sarpsborg/Fredrikstad og trukket følgende konklusjoner:

Det er høy forurensning av SO₂ med samtidig tilstedeværelse av sot over store deler av regionen. Som følge av dette vil man forvente øket sykkelighet hos utsatte grupper som eldre og pasienter med hjerte- eller lungelidelser.

Videre finner man hyppige høye verdier av CO i trafikkerte gater. I tillegg til dem som bor langs disse gatene, vil yrkessjåfører kunne eksponeres for periodevise høye CO-nivåer. Disse nivåer vil kunne bli så høye at det kan forventes effekter som nedsatt konsentrasjonsevne, og at pasienter med hjerte-/karlidelser vil ha øket ubehag av sin sykdom.

Selv om situasjonen med hensyn på luftens innhold av kreftfremkallende stoffer synes å være litt bedre i Sarpsborg/Fredrikstad enn i Oslo-området, indikerer forekomstene av benzo(a)pyren (BaP) en forurensningssituasjon som ikke er tilfredsstillende. Våre mangelfulle kunnskaper gir imidlertid ikke holdepunkter for å angi nærmere hvordan dette påvirker risikoen for lungekreft i området.

Benzo(a)pyren(BaP) kan brukes som en indikator på luftens innhold av kreftfremkallende stoffer. Det finnes imidlertid ingen anbefalt grenseverdi for BaP. Undersøkelsene tyder på at gjennomsnittsnivået i Sarpsborg og Fredrikstad om vinteren bare er litt lavere enn i Oslo.

Undersøkelsen har også omfattet en beregning av befolkningens blybelastning. Resultatene tyder på at konsentrasjonen av bly i blod gjennomgående er vesentlig lavere enn de nivåer som kan gi helseskader.

Det er store korrosjonsproblemer i området rundt Borregaard, hvor korrosjonshastigheten er 2-3 ganger raskere enn i Sarpsborg sentrum. I sentrumsområdene i Sarpsborg og Fredrikstad er korrosjonen 50-100% raskere enn utenfor byene. Hovedårsaken til korrosjonsøkningen er forurensninger av SO_2 i luft.

Kartlegging av andre forurensninger enn de som er nevnt ovenfor er ikke foretatt. Dette skyldes at undersøkelsen ble begrenset til å omfatte de forurensninger som kunne tenkes å være av betydning i området.

Tidligere undersøkelser og generell kunnskap indikerer følgende: I området rundt Denofa i Fredrikstad og Borregaard i Sarpsborg forekommer det luktulempere. I tillegg gir vegtrafikk lukt og nedsmussing av et visst omfang. I et lite område rundt Norsk Leca i Borge er det et støvfallsproblem. Lav i Sarpsborg-området er tidligere til dels utslettet på grunn av SO_2 -utslippene, som imidlertid den gang var vesentlig høyere enn nå.

Kilder til luftforurensning

Industriutslipp bidro i 1981 med vel 90% av det totale SO_2 -utslippet i området. Utslippet fra lave industriskorsteiner, hovedsakelig ved Borregaard, utgjorde bare 10% av de totale utslippene i området, men var likevel hovedkilden til de høye luftkonsentrasjonene som ble målt i Sarpsborg. At de øvrige industriutslippene (80% av de totale utslippene i området) ikke påvirker luftkonsentrasjonen lokalt i nevneverdig grad skyldes at utslipp fra høye skorsteiner spres effektivt over et stort område og derfor gir lite bidrag til bakkekonsentrasjonene.

I Fredrikstad var utslippene fra mange mindre fyringsanlegg (hovedsakelig boligoppvarming og småindustri) hovedkilden til de høye SO₂-nivåene.

Samtidige høye nivåer av både SO₂ og sot forekom hovedsakelig i Fredrikstad sentrum. Kildene til sot er fyringsanlegg og vegtrafikk.

Vegtrafikken gir størst bidrag til de høye nivåene av nitrogendioksid og karbonmonoksid.

Luftens innhold av kreftfremkallende stoffer skyldes fyringsanlegg og vegtrafikken.

Usikkerhet, behov for ytterligere undersøkelser og videre overvåking

Overskridelsene av grenseverdier for luftkvalitet var betydelig større vinteren 1981/82 enn året etter, spesielt for SO₂. Dette skyldes at den første vinteren både var kaldere, noe som medførte større utslipp, og hadde dårligere spredningsforhold. En gjennomsnittsvinter vil ha meteorologiske forhold som ligger mellom de to vintrene undersøkelsen omfatter.

Undersøkelsen har avdekket behov for følgende ytterligere forurensningskartlegging i området:

- jevnlig oppdatering av utslippsoversikter
- bedre kartlegging av enkeltutslipp på Borregaard-området
- kartlegging av luktproblemer
- kartlegging av vegetasjonsskader

Det foreslås at den rutinemessige overvåkingen fortsetter som før, eventuelt at målestasjonen ved Alvim flyttes til Sarpsborg sentrum.

HOVEDMOMENTER FOR KONKLUSJONEN

Luftkvalitet og eksponering

Målinger av luftkvalitet viste overskridelser av grenseverdier satt ut fra helsevirkninger (Faktamateriale 1). Dette gjelder stoffene SO₂, sot, NO₂ og CO, som alle har norske forslag til grenseverdier (Vedlegg C). Amerikanske og vesttyske grenseverdier for bly ble ikke overskredet.

Som vist i Faktamateriale 1 ble grenseverdier for SO₂ overskredet ved 13 av 15 stasjoner vinteren 1981/82. Det ble registrert overskridelser i begge byene og i området mellom byene i et belte på begge sider av Glomma. De største og fleste overskridelsene ble målt på St. Olavs Vold i Sarpsborg, som ligger nær Borregaard. Her var det overskridelser av nedre grenseverdi om lag hver tredje dag, og grenseverdien ble overskredet med opptil en faktor på åtte.

For stasjoner i sentrumsområdene var det vanlig med overskridelser av nedre grenseverdi for SO₂ mer enn 10% av tiden. Grenseverdien ble overskredet med en faktor på ca tre i Sarpsborg og ca to i Fredrikstad.

Frekvensen og størrelsen av overskridelsene var mindre vinteren 1982/83 enn vinteren 1981/82. Dette henger sammen med bedre meteorologiske spredningsforhold vinteren 1982/83 og også reduserte utslipp fra oljefyring.

Helsevirkninger av de to stoffene SO₂ og sot forsterker hverandre. Nedre grenseverdi for døgnmiddel for sot ble overskredet ved 5 av 15 stasjoner. Bortsett fra ved gatestasjonen Brochs gt i Fredrikstad var overskridelsene få og små. Vinteren 1982/83 hadde også Brochs gt bare få overskridelser. Flere gater i Sarpsborg og Fredrikstad sentrum kan ha like høye konsentrasjoner som Brochs gt på grunn av biltrafikken.

Faktamateriale 1 viser videre at grenseverdier for NO₂ ble overskredet noen få ganger i Fredrikstad sentrum vinteren 1981/82. Derimot ble grenseverdien for 8 timer for CO overskredet oftere enn hver tredje dag i Brochs gt, men bare to dager på City hotell, som ligger 30-40 m fra en sterkt trafikkert gate i Fredrikstad sentrum. Amerikanske og vesttyske grenseverdier for bly

ble ikke overskredet ved noen stasjoner. På grunn av redusert blyinnhold i bensin høsten 1983, er blykonsentrasjonen i luft nå redusert med mer enn 50% siden basisundersøkelsen ble avsluttet.

Til tross for overskridelser av grenseverdier var forurensningsnivået pga biltrafikk lavere i Fredrikstad sentrum enn på tilsvarende stasjoner i Oslo sentrum. Dette gjelder både sommer og vinter og skyldes mindre biltrafikk og bedre spredningsforhold i Fredrikstad.

På grunnlag av luftkvalitetsmålinger, spredningsberegninger basert på utslippsregistreringer og data for befolkningsfordelingen i området er det beregnet hvor mange mennesker som bor i områder med luftkonsentrasjoner av forurensninger over visse nivåer. For SO_2 og sot er det lagt vekt på samtidige konsentrasjoner av de to stoffene, da det er antatt at de forsterker hverandre med hensyn til mulige helsevirkninger.

Faktamateriale 1 viser at det ikke var områder hvor halvårsmiddelverdien både av SO_2 og sot var over nedre grenseverdi. Derimot bor 2.500 personer i Sarpsborg og 1.400 personer i Fredrikstad i områder med halvårsmiddelverdier av SO_2 over nedre grenseverdi vinteren 1981/82.

Mange personer bor i områder med høyeste døgnmiddelverdier av SO_2 og sot over grenseverdiene. Tabellen viser antall personer som bor i områder der døgnmiddelverdien av SO_2 og sot hver for seg og samtidig én eller flere ganger var over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nedre grenseverdi) om vinteren. Forskjellen mellom de to vintrene skyldes bedre meteorologiske spredningsforhold og reduserte utslipp vinteren 1982/83.

By	Vinter	$\text{SO}_2 > 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Sot $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	SO_2 og sot samtidig $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Sarpsborg	1981/82	12.700	3.400	2.700
Sarpsborg	1982/83	12.300	0	0
Fredrikstad	1981/82	38.800	14.200	14.200
Fredrikstad	1982/83	13.200	900	0

Rundt 1.000 personer var eksponert for høyeste døgnmiddelverdi av NO_2 over nedre grenseverdi og over 8-timers grenseverdien for CO. De øvrige grenseverdiene for NO_2 og CO ble ikke overskredet.

Som tidligere nevnt ble ikke grenseverdiene for bly i luft overskredet. Ved vurdering av mulige helseeffekter av bly er det imidlertid blymengden i blodet som er avgjørende. Betjening på bensinstasjoner hadde høyest beregnet blykonsentrasjon i blodet (opptil 17-18 $\mu\text{g}/\text{dl}$, se Faktamateriale 3). Halvparten av befolkningen hadde under 7 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Dette er vesentlig lavere enn de verdier som antas å medføre helseeffekter (over 30 $\mu\text{g}/\text{dl}$).

Parallelt med basisundersøkelsen ble det tatt en del prøver av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) for undersøkelse av mutagene stoffer. (Mutagene stoffer kan framkalle endringer i arvestoffmassen). Prøver ble tatt både i byer (Fredrikstad og Oslo) og i bakgrunnsområder. PAH-nivået var vesentlig høyere i byene enn i bakgrunnsområdene og vesentlig høyere om vinteren enn om sommeren. Det var ingen nevneverdig forskjell på nivåene i Oslo og Fredrikstad. Den mutagene aktiviteten viste de samme forskjellene mellom stasjoner og årstider som PAH-konsentrasjonene. Den mutagene aktiviteten i bakgrunnsprøvene var lavere enn deteksjonsgrensen om våren og sommeren.

I 1981 ble det gjennomført en kort prøvetakingsserie av luktende komponenter som H_2S , CS_2 , SO_2 og Cl_2 i Borregaards nærområde. Klor kunne ikke påvises med målemetoden, mens luktterskelen for de øvrige komponentene ble overskredet, oftest for H_2S .

Øvrige miljøvirkninger

Basisundersøkelsen har vist at korrosjonsproblemene er omfattende, særlig i Borregaards nærområde og inne på fabrikkens område (Faktamateriale 4). Korrosjonshastigheten i dette området er 5-6 ganger raskere enn utenfor Sarpsborg byområde. I sentrum av Sarpsborg og Fredrikstad er korrosjonen 50-100% raskere enn utenfor byene.

For de metallene som er undersøkt, stål, sink, kopper og aluminium, er det funnet likeartede dose-effektrelasjoner. Relasjonene er utviklet ved multippel regresjonsanalyse og har høye korrelasjonskoeffisienter (ca 0,9). De viser at korrosjonen utgjøres av et bidrag som skyldes SO₂ i luft og et bidrag som skyldes de naturlige klimavariablene uttrykt ved våttiden (den tiden den relative fuktigheten er høyere enn 80% og temperaturen samtidig er over 0°C).

Korrosjonsbidraget fra SO₂ er betydelig, men varierer med materialtypen, lokaliteten (dvs SO₂-konsentrasjonen) og eksponeringstiden. På Borregaard-stasjonen, som har den klart høyeste SO₂-konsentrasjonen, varierer SO₂-bidraget til den totale årskorrosjonen mellom 70% og 85% for de ulike metallene. På bakgrunnsstasjonen Hoff, som har meget lave SO₂-konsentrasjoner, varierer SO₂-bidraget til korrosjonen mellom 15% og 30%.

Grenseverdiene for SO₂ som er foreslått ut fra virkninger på vegetasjon, er klart lavere enn tilsvarende for helsevirkninger (Vedlegg C). Siden grenseverdiene for helseeffekter er overskredet ofte og med god margin, er grenseverdiene for vegetasjon overskredet enda hyppigere og med enda større margin. En kan derfor ikke se bort fra negative effekter på vegetasjonen i området som følge av høye SO₂-konsentrasjoner. Gjennomførte lavtransplanteringsforsøk i 1971/72 viste fra total til lettere skade på lav, som følge av høye SO₂-konsentrasjoner (Faktamateriale 5). Den gangen var imidlertid forurensningsnivået høyere enn nå.

I Faktamateriale 5 er det også redegjort for flere undersøkelser av mulige støvproblemer (svevestøv og støvfall) i området. Bortsett fra høyt støvfall i et mindre område omkring Norsk Leca i Borge, synes det ikke å være spesielle støvproblemer i området. Målinger er gjennomført i Skjeberg kommune, rundt Hafslund og i Øra-området. Støvfall er oftest mer et sjanse- enn helseproblem.

Forurensningskilder.

Hovedårsaken til luftforurensningsproblemene i Sarpsborg og Fredrikstad er lokale utslipp. I basisundersøkelsen var en av hovedoppgavene å kartlegge disse utslippene og å undersøke hvilket bidrag de forskjellige kildene gav til luftkvaliteten.

Utslippsoversikten for 1981 viste at det totale SO₂-utslippet i området var ca 9.060 tonn (Faktamateriale 2). Dette tilsvarte om lag 7.5% av Norges totale utslipp. Lokal industri bidro med ca 90%, Borregaard alene ca 60%. 80% av de totale utslippene kom fra høye piper og ca 10% fra lave piper. Bare rundt 8% skyldes de samlede utslippene fra boligoppvarming, småindustri, dieserbiler og skipstrafikk. Viktigste av disse mindre kildene er boligoppvarming (knappt 4%).

Utslippsoversikten viser en markert nedgang i perioden 1979-83. Særlig ble SO₂-utslippet fra fyrhuspipa på Borregaard vesentlig redusert (fra 392 kg/h vinteren 1981/82 til 95 kg/h vinteren 1982/83).

Biltrafikken er hovedkilden til nitrogenoksider, karbonmonoksid og hydrokarboner. Disse utslippene ble lite endret i årene 1979-83.

Spredning av utslipp fra lave skorsteiner og fra biltrafikk er undersøkt ved spesielle sporstoff-forsøk. Disse undersøkelsene gav data for utbredelsen av utslipp fra lave skorsteiner ved ulike meteorologiske forhold. Spesielt bidro de til å kartlegge spredningen av utslipp fra Borregaards spraytørkeanlegg mot Sarpsborg sentrum.

Spredningsberegningene viste at høye piper med rundt 80% av de totale SO₂-utslippene bare bidro til lave konsentrasjoner i bakkenivå (Faktamateriale 2). Dette skyldes det meget store luftvolumet disse utslippene blandes i før de når bakken. Selv om utslippet fra fyrhuspipa er betydelig redusert de siste årene, er ikke luftkvaliteten i Sarpsborg bedret vesentlig, noe som er i overensstemmelse med målingene. Dette skyldes at utslippet fra fyrhuspipa spres meget godt og gir lave bakkekonsentrasjoner over et stort område.

Utslippene fra lave skorsteiner virvles lett ned bak bygninger. Lave industrikilder, som totalt utgjør ca 10% av de totale SO₂-utslippene, kan derfor medføre høye bakkekonsentrasjoner, særlig i Borregaards nærområde.

Mindre fyringsanlegg (hovedsakelig kontor- og boligoppvarming) gir det største bidraget til SO₂-konsentrasjonen i Fredrikstad og gir et vesentlig bidrag i Sarpsborg sentrum, selv om disse kildene totalt bare bidrar med knapt 4% av det totale SO₂-utslippet i området.

Usikkerheter. Behov for videre arbeid.

Spredningsberegningene av SO_2 viste rimelig god overensstemmelse med målinger. Både målinger og beregninger viste lavere konsentrasjoner vinteren 1982/83 enn vinteren 1981/82. Dette skyldes bedre meteorologiske spredningsforhold og mindre utslipp.

I en "normal" vinter vil spredningsforholdene være omtrent midt mellom de to vintrene. Det må imidlertid understrekes at spredningsforhold som en hadde vinteren 1981/82 kan forekomme med visse mellomrom. Eksempelvis hadde vinteren 1984/85 tilsvarende lange kuldeperioder med dårlige spredningsforhold.

Beregningene beskriver karakteristiske konsentrasjoner i km^2 -ruter. Utslippene fra biltrafikken er konsentrert i noen få sterkt trafikkerte gater. Utbredelsen av forurensninger fra disse gatene er ikke tilfredsstillende beskrevet i beregningene. Observerte CO- og NO_x -verdier fra City hotell i Fredrikstad (30-40 m fra Thorbjørnsgt) er høyere enn beregnede konsentrasjoner i km^2 -ruter.

Ved vurderingen av forurensning fra biltrafikken er det derfor lagt mer vekt på målinger enn beregninger. Nyttige data er også trafikk-tallene langs de ulike veiene i området.

Overgangen fra NO_x til NO_2 kan også representere en feilkilde ved beregningene. Vanligvis antas det at 1/3 av NO_x -konsentrasjonene foreligger som NO_2 . Ved lavt forurensningsnivå, dvs. lite trafikkerte veier, kan denne faktoren være betydelig høyere ifølge målinger fra andre områder.

Når det gjelder luftkvalitet og befolkningens eksponering for forurensninger, synes undersøkelsen å ha gitt rimelige gode resultater for SO_2 , sot, benzo(a)pyren og bly i blod. En mangel er likevel at beregningene av bly i blod ikke er sammenlignet med målinger. Eksponeringsdata for CO og NO_2 kan være usikre på grunn av dårlige overensstemmelser mellom målinger og beregninger. Det er derfor nødvendig å arbeide videre med spredningsbeskrivelsen av utslipp fra biltrafikk.

I senere basisundersøkelser vil det bli lagt mer vekt på virkninger av forurensninger. I Sarpsborg/Fredrikstad ville dette f.eks. innebære en videreføring av tidligere begrensede undersøkelser av mulige skader på vegetasjon og en kartlegging av hvordan befolkningen opplever luftforurensningen. I Vedlegg A er det foreslått en kartlegging av luktproblemer og mulige skader på vegetasjon.

I tillegg til mer spesielle oppgaver bør de nåværende rutinemessige målingene av luftkvalitet og korrosjonsforhold fortsette (Vedlegg A). Målestasjonen som nå står på Alvim kan eventuelt flyttes til Sarpsborg sentrum, hvor industri- og fyringsutslipp samlet gir en høyere luftkonsentrasjon av SO_2 enn på Alvim. Beregninger av korrosjonsskadene vil bli utført i 1985/86 innenfor et nordisk prosjekt. Utslippene i området bør også oppdateres med visse mellomrom (f.eks. hvert femte år).

FAKTAMATERIALE 1 - LUFTKVALITET OG BEFOLKNINGENS EKSPONERING FOR LUFTFORURENSNING

Omfattende målinger av luftkvalitet er utført under basisundersøkelsen i Sarpsborg og Fredrikstad i perioden oktober 1981 - september 1983.

Målinger av luftkvalitet er utført på ialt 18 stasjoner i Sarpsborg- og Fredrikstad-området (Vedlegg B). Målingene har omfattet stoffene svovel-dioksid (SO_2), nitrogenoksider (NO , NO_2 , NO_x), karbonmonoksid (CO), sot, bly, svevestøv, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), benzen og benzenderivater (toluen og xylener). Ikke alle stoffer er målt på alle stasjoner. Luftkonsentrasjonene er dels registrert som gjennomsnittsverdier over 24 timer, dels som gjennomsnittsverdier over 1 time.

Luftkvaliteten er vurdert i hovedsak ut fra et forslag til norske grenseverdier utarbeidet av en arbeidsgruppe oppnevnt av SFT (Vedlegg C).

Grenseverdier for SO_2 , NO_2 , sot og CO er overskredet. Vinteren 1981/82 hadde 13 av 15 stasjoner overskridelser av grenseverdiene for SO_2 . De hyppigste overskridelsene ble målt på St. Olavs Vold i Sarpsborg (SO_2) og i Brochs gt i Fredrikstad (CO).

Tabell 1 viser prosent av antall dager med overskridelser av nedre grenseverdi for døgnmiddel av SO_2 , NO_2 og sot og av grenseverdien for 8 timer for CO i periodene desember 1981 - februar 1982 og desember 1982 - februar 1983. Ved St. Olavs Vold i Sarpsborg ble grenseverdiene for SO_2 overskredet i gjennomsnitt hver tredje dag om vinteren. Et flertall av stasjonene hadde overskridelser oftere enn hver tiende dag. Færre overskridelser den andre vinteren skyldes mindre utslipp og bedre meteorologiske spredningsforhold. Vinteren 1981/82 ble nedre grenseverdi for SO_2 overskredet ved 13 av de 15 stasjonene som hadde målinger.

Grenseverdiene for NO_2 er bare overskredet noen få ganger ved to av stasjonene vinteren 1981/82.

For sot forekom de fleste overskridelsene ved stasjoner som er påvirket av biltrafikk. Den siste vinteren ble overskridelser bare målt på gatestasjonen i Brochs gt.

Grenseverdien for 8 timer for CO overskrides vel så ofte i Brochs gt som SO₂-grenseverdien på St. Olavs Vold. På City hotell, som ligger i Fredrikstad sentrum, men som ikke direkte er påvirket av biltrafikk, ble grenseverdien for CO overskredet noen få ganger i løpet av vinteren.

Tabell 1: Prosent av antall dager med overskridelser av nedre grenseverdi for døgnmiddel for SO₂, NO₂ og sot og av 8-timers grenseverdien for CO i periodene desember 1981 - februar 1982 og desember 1982-februar 1983.

Stasjon	SO ₂		NO ₂		Sot		CO	
	Des-feb 1981/82	Des-feb 1982/83	Des-feb 1981/82	Des-feb 1982/83	Des-feb 1981/82	Des-feb 1982/83	Des-feb 1981/82	Des-feb 1982/83
Brannstasjonen, Sarpsborg	1	1			0	0		
Fellesbanken, Sarpsborg	12	3	0	0	0	0		
Sarpsborghallen, Sarpsborg	12		1		3			
Adm.boligen, Borregaard, Sarpsborg	6	1			0	0		
Kirkegt., Sarpsborg	19	3						
St. Olavs Vold, Sarpsborg	34	33			0	0		
Alvim, Sarpsborg	0	2			0	0		
Torp-Hafslund, Skjeberg		4						
Greåker, Tune	1							
Østli, Leca, Borge	4	2			0	0		
Nabbetorp, Fredrikstad	13	6			0	0		
Phønix, Fredrikstad	13		0		3			
City hotell, Fredrikstad	14	0	2	0	2	0	2	2
Brochs gt., Fredrikstad	11	0			16	3	38	
Teglverksvn., Fredrikstad	13				6			
Hoff, Onsøy	0	0	0	0	0	0		

Ved St. Olavs Vold ble det målt døgnmiddelverdier av SO₂ opptil 8 ganger over nedre grenseverdi. Overskridelsene av grenseverdiene for NO₂, sot og CO (utenom gatestasjonen) var små.

Mens tabell 1 viser hyppigheten av overskridelser av grenseverdiene, har en i tabell 2 vist hvor mye grenseverdiene er overskredet.

Tabellen viser at vinteren 1981/82 ble nedre grenseverdi for SO₂ (døgnmiddel) overskredet med en faktor på åtte på St. Olavs Vold. Flere andre stasjoner i Sarpsborg har overskredet nedre grenseverdi for SO₂ med mer enn en faktor på tre. I Fredrikstad var de høyeste døgnverdiene omlag dobbelt så høye som den nedre grenseverdien.

For NO_2 har det vært noen få overskridelser av nedre grenseverdi, men ingen av øvre grenseverdi. For sot er nedre grenseverdi overskredet vel 50% på noen stasjoner, mens øvre grenseverdi ble knapt overskredet på tre stasjoner.

Alle blyverdiene var under grenseverdiene, men Brochs gt. lå nær opp til grenseverdien. Derimot ble grenseverdien for 8 timer for CO overskredet med en faktor på to-tre i Brochs gt. På City hotell var overskridelsen liten.

Tabell 2: Forholdstall mellom høyeste målte døgnverdi for SO_2 , NO_2 , sot og bly og høyeste målte 8-timers-verdier for CO og tilsvarende grenseverdier. (For SO_2 , NO_2 og sot er valgt nedre grenseverdi. Sammenligning med øvre grenseverdi fås ved å dividere tallene i tabellen med 1.5.)

Tallene er normalisert ved å dividere med grenseverdien.

* betyr bare sommermålinger.

Stasjon	SO_2	NO_2	Sot	Pb	CO
Hafslundsøy, Tune	0.51*	0.49*			
Brannstasjonen, Sarpsborg	0.61		0.78	0.24	
Fellesbanken, Sarpsborg	2.48	0.90	0.95	0.15	
Sarpsborghallen, Sarpsborg	3.40	1.01	1.74	0.49	
Adm.boligen, Borregaard, Sarpsborg	3.73		0.87	0.20	
Kirkegt., Sarpsborg	1.52				
St. Olavs Vold, Sarpsborg	8.11		0.91	0.38	
Alvim, Sarpsborg	2.05		0.97	0.16	
Torp-Hafslund, Skjeberg	1.23				
Greåker, Tune	1.04				
Nordre Moum, Borge	0.20*				
Østli, Leca, Borge	1.66		0.96	0.16	
Nabbetorp, Fredrikstad	2.06		1.14	0.26	
Phønix, Fredrikstad	2.10	0.83	1.31	0.36	
City hotell, Fredrikstad	2.03	1.13	1.31	0.56	1.27
Brochs gt., Fredrikstad	1.57		1.60	0.96	2.74
Teglverksvn, Fredrikstad	1.88		0.61	0.34	
Hoff, Onsøy	0.50	0.60	0.36	0.05	

Bedre meteorologiske spredningsforhold medførte færre og mindre overskridelser av grenseverdiene vinteren 1982/83 enn vinteren 1981/82.

Tabellene 1 og 2 viser at både overskridelsene og frekvensen av overskridelser av grenseverdier for luftkvalitet var høyere vinteren 1981/82 enn vinteren 1982/83. Dette henger sammen med at de meteorologiske forholdene

har meget stor betydning for forurensningsnivået. Vinteren 1981/82 var vesentlig kaldere enn vinteren 1982/83, spredningsforholdene dårligere og utslippene av forurensende stoffer høyere. I en "normal" vinter vil spredningsforholdene være bedre enn i 1981/82, men dårligere enn i 1982/83. For detaljer om de meteorologiske forholdene henvises det til Delrapport A.

Luftforurensning fra biltrafikk var lavere i Fredrikstad sentrum enn i Oslo sentrum.

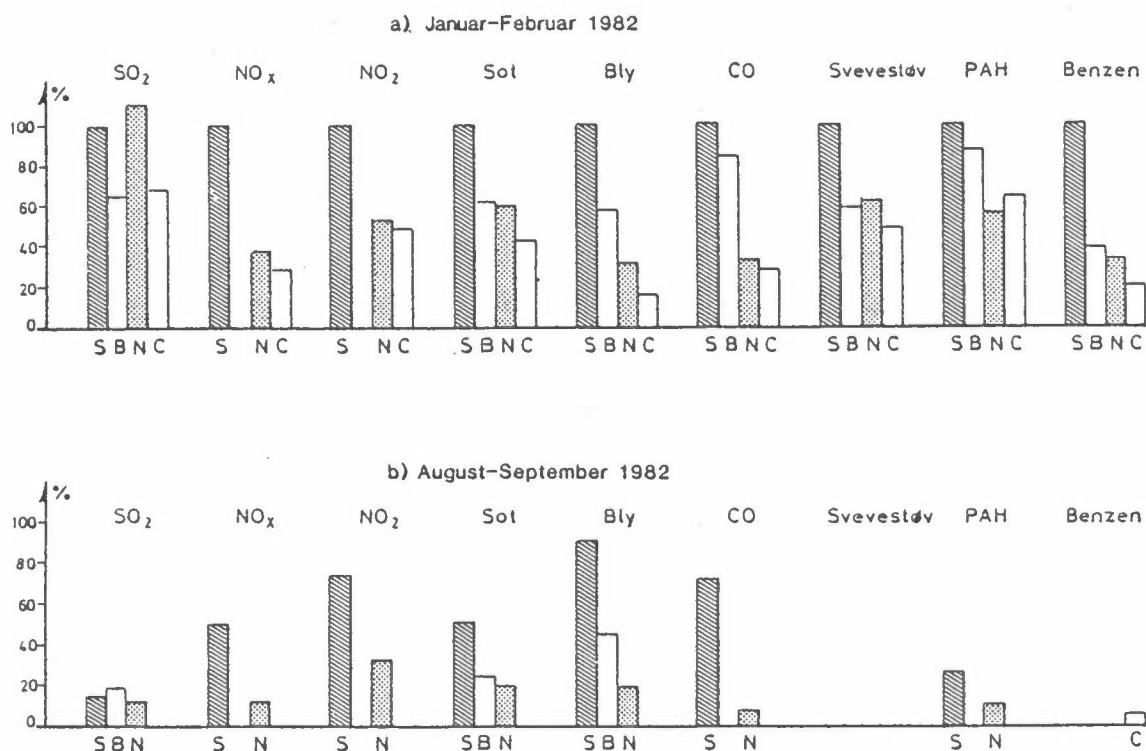
I Fredrikstad er de to stasjonene Brochs gt. og City hotell plassert på samme måte som overvåkingsstasjonene St. Olavs gate og Nordahl Bruns gt. i Oslo. Brochs gt. er plassert i en sterkt trafikkert gate, mens City hotell er ment å gi det mer generelle forurensningsnivået i Fredrikstad sentrum.

Figur 1 viser at for alle stoffer var luftkonsentrasjonene lavere i Fredrikstad enn i Oslo både om vinteren og sommeren, unntatt for SO_2 , hvor det var liten forskjell om sommeren. For SO_2 var det liten forskjell i nivået mellom gate- og områdestasjonen i de to byene. For de andre komponentene viste gatestasjonen høyest nivå. Biltrafikken er en vesentlig kilde til alle stoffer unntatt SO_2 , som hovedsakelig skyldes oljefyring.

Statens institutt for folkehelse (SIF) har i egen rapport vurdert mulige helseeffekter av luftforurensninger i Sarpsborg/Fredrikstad-området. Et viktig grunnlag for vurderingen er hvor mange personer som bor i områder med luftforurensning over bestemte nivåer.

Det er gjennomført beregninger som viser hvor mange personer i Sarpsborg/Fredrikstad-området som på sitt bosted er eksponert for luftforurensningskonsentrasjoner over visse verdier. Som grunnlag for beregningene er det benyttet befolkningsfordelingen i området, meteorologiske forhold, utslippsfordelingen i området, samt målinger og beregninger av luftkonsentrasjoner av forurensninger.

På grunnlag av disse eksponeringsdata har Statens institutt for folkehelse (SIF) utarbeidet en egen rapport om helsevirkninger av luftforurensninger i Sarpsborg- og Fredrikstad-området (6).



Figur 1: Sammenligning av forurensningsnivået i Fredrikstad og Oslo vinteren og sommeren 1982. For hver komponent er nivået satt lik 100% i St. Olavs gt i Oslo om vinteren. (S = St. Olavs gt, Oslo; B = Brochs gt, Fredrikstad; N = Nordahl Bruns gt, Oslo; C = City hotell, Fredrikstad.)

Helseeffekter av de to komponentene SO_2 og sot forsterker hverandre. Vinteren 1981/82 var ca 4.000 personer eksponert for halvårsmiddelverdier av SO_2 over nedre grenseverdi. Ingen var imidlertid eksponert for tilsvarende sotverdier.

Både for SO_2 og sot er følgende grenseverdier for helsevirkninger foreslått:

1 døgn: 100 - 150 $\mu g/m^3$
6 mnd.: 40 - 60 $\mu g/m^3$

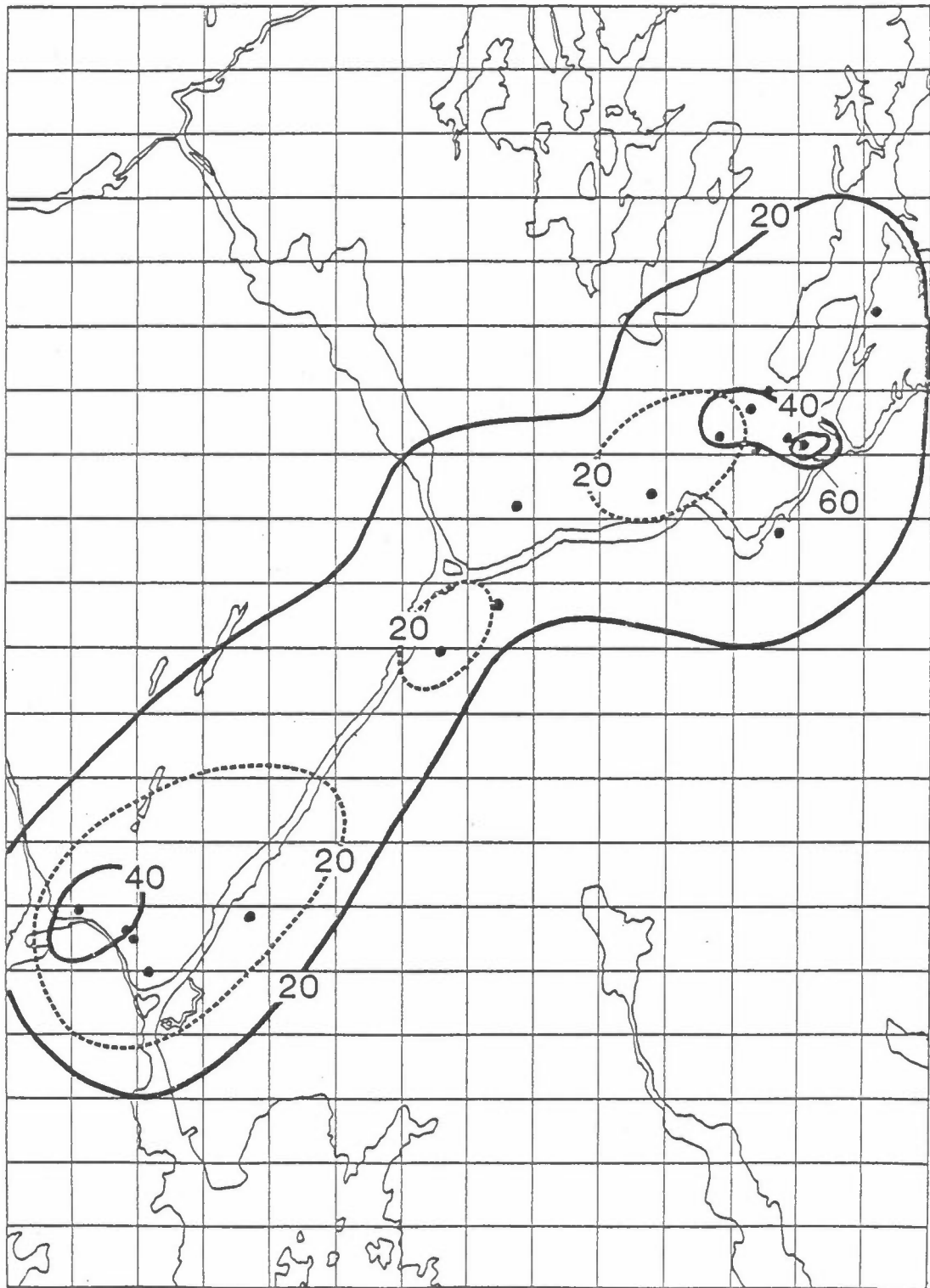
Virkingen av de to komponentene forsterker hverandre. Forslaget til grenseverdier forutsetter at den forurensede luften inneholder begge komponenter (det gjør den jo alltid i byer som Sarpsborg og Fredrikstad). "WHO-ekspertgruppen" har anbefalt at forurensningsnivået for hver av disse komponentene burde ligge under de fastlagte grenseverdiene.

Ut fra målinger av SO_2 og sot og beregninger av konsentrasjonsfelt av SO_2 ved hjelp av spredningsmodeller har en kommet fram til konsentrasjonsfelt som det er vist et eksempel på i figur 2. På grunnlag av dette og befolkningsfordelingen i området har en beregnet eksponering for SO_2 og sot (halvårsverdier) i Sarpsborg- og Fredrikstad-området som vist i tabell 3. (Sarpsborg regnes til og med Greåker.)

Tabell 3: Antall personer som bor i områder med gitte halvårsmiddel-konsentrasjoner av SO_2 og sot.

Område og vinter	Middelverdi av SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Middelverdi av sot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Sum antall eksponerte personer
		<20	20-40	>40	
Sarpsborg 1981/82	20-40	25.700	2.500	0	28.200
	40-60	1.900	500	0	2.400
	>60	100	0	0	100
Sarpsborg 1982/83	20-40	9.700	900	0	10.600
	40-60	400	0	0	400
	>60	100	0	0	100
Fredrikstad 1981/82	20-40	17.500	16.500	0	34.000
	40-60	0	1.400	0	1.400
	>60	0	0	0	0
Fredrikstad 1982/83	20-40	2.400	9.700	0	12.100
	40-60	0	0	0	0
	>60	0	0	0	0

Område og vinter	Middelverdi av sot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Middelverdi av SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Sum antall eksponerte personer
		<20	20-40	>40	
Sarpsborg 1981/82	20-40	0	2.500	500	3.000
Sarpsborg 1982/83	20-40	0	900	0	900
Fredrikstad 1981/82	20-40	0	16.500	1.400	17.900
Fredrikstad 1982/83	20-40	3.000	9.700	0	12.700



Figur 2: Halvårsmiddelværdier av SO_2 og sot vinteren 1981/82 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

SO_2 —————

sot

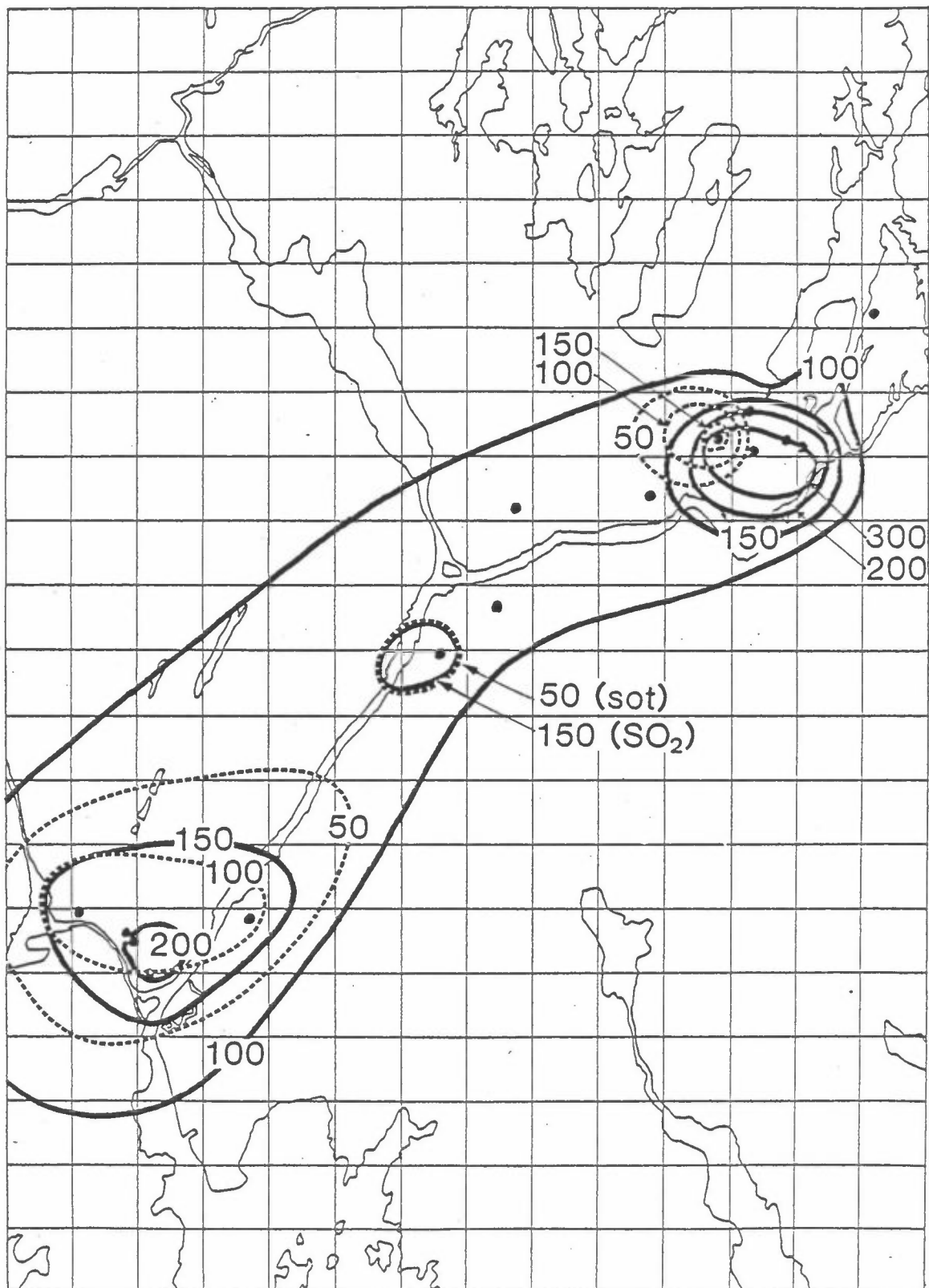
Tabellen viser eksempelvis at tilsammen ca 2.500 personer i Sarpsborg og ca 1.400 personer i Fredrikstad vinteren 1981/82 på sitt bosted var eksponert for SO_2 -konsentrasjoner over $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I Sarpsborg var 100 av disse personene eksponert for over $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, men samtidig eksponert for mindre enn $20 \mu\text{g}$ sot/ m^3 .

Langt flere personer er eksponert for maksimale døgnmiddelverdier av SO_2 og sot over grenseverdiene enn for tilsvarende halvårsmiddelverdier. Vinteren 1981/82 bor mer enn 50.000 personer i områder med høyeste døgnmiddelverdi av SO_2 over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Den samtidige døgneksposeringen for SO_2 og sot er vanskeligere å beregne enn halvårsmiddeleksponeringen. Dette skyldes at de maksimale døgnverdiene av SO_2 og sot vanligvis inntreffer på forskjellige dager på de ulike stasjonene og heller ikke på samme dag for begge stoffer på hver stasjon. En har kommet til at den beste måten å estimere befolkningens eksponering for SO_2 og sot er følgende:

- a) SO_2 - Det tas utgangspunkt i de maksimale døgnmiddelverdiene for SO_2 på hver stasjon i løpet av vinterhalvåret og de samtidige sotverdiene (som da vanligvis ikke er de maksimale i løpet av vinterhalvåret).
- b) Sot - På tilsvarende måte som for SO_2 tas det nå utgangspunkt i de maksimale døgnmiddelverdiene for sot på hver stasjon i løpet av vinterhalvåret og de samtidige SO_2 -verdiene.

På denne måten fås konsentrasjonsfelt som det er vist eksempel på i figur 3, som viser høyeste døgnmiddelverdier av SO_2 og samtidige sotverdier vinteren 1981/82. Ut fra denne og tilsvarende figurer er det beregnet eksponeringsdata som vist i tabell 4.



Figur 3: Høyeste døgnmiddelverdier av SO₂ og samtidige sotverdier vinteren 1981/82 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

SO₂ —————
 sot
 200
 100

Tabell 4: Antall personer som bor i områder med gitte døgnmiddelkonsentrasjoner av SO₂ og sot.

Område og vinter	Høyeste døgnmiddelverdi av SO ₂ (µg/m ³)	Samtidig døgnmiddelverdi av sot (µg/m ³)				Sum antall eksponerte personer
		<50	50-100	100-150	>150	
Sarpsborg 1981/82	100-150	8.500	800	200	0	9.500
	150-200	700	200	300	0	1.200
	200-300	700	200	200	100	1.200
	>300	400	200	100	100	800
Sarpsborg 1982/83	100-150	7.800	0	0	0	7.800
	150-200	3.200	0	0	0	3.200
	200-300	1.100	0	0	0	1.100
	>300	200	0	0	0	200
Fredrikstad 1981/82	100-150	19.400	10.200	200	0	29.800
	150-200	1.000	2.400	5.000	0	8.400
	200-300	0	0	600	0	600
Fredrikstad 1982/83	100-150	12.200	0	0	0	12.200
	150-200	800	0	0	0	800
	200-300	200	0	0	0	200

Område og vinter	Høyeste døgnmiddelverdi av sot (µg/m ³)	Samtidig døgnmiddelverdi av SO ₂ (µg/m ³)				Sum antall eksponerte personer
		<50	50-100	100-150	>150	
Sarpsborg 1981/82	50-100	0	20.500	900	0	21.400
	100-150	0	700	1.300	900	2.900
	150-200	0	0	0	500	500
Sarpsborg 1982/83	50-100	0	2.800	3.300	0	6.100
Fredrikstad 1981/82	50-100	0	14.100	13.300	0	27.400
	100-150	0	0	9.200	4.000	13.200
	150-200	0	0	0	1.000	1.000
Fredrikstad 1982/83	50-100	15.400	2.800	0	0	18.200
	100-150	900	0	0	0	900

Tabellen viser eksempelvis at ialt 51.500 personer (12.700 i Sarpsborg og 38.800 i Fredrikstad) bor i områder hvor høyeste døgnmiddelverdi av SO_2 var høyere enn $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nedre grenseverdi) vinteren 1981/82. Av disse var 6.800 personer (1.000 i Sarpsborg og 5.800 i Fredrikstad) samtidig eksponert for en døgnmiddelverdi av sot over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nedre grenseverdi). Høyest eksponering hadde 100 personer i Sarpsborg med maksimal døgnmiddelverdi av SO_2 over $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og samtidig sotverdi over $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 2.700 personer i Sarpsborg sentrum og 14.200 personer i Fredrikstad sentrum var samme vinter eksponert for en maksimal sotverdi over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og en samtidig SO_2 -verdi over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tallene gjelder befolkningens eksponering i sin bolig. På Borregaard arbeider ca 2.000 personer. Disse er sannsynligvis utsatt for minst $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ av SO_2 én eller flere arbeidsdager i vinterhalvåret. Selv om de skulle bo i områder med SO_2 -konsentrasjoner under $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vil de få en døgneksposering på over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, i de fleste tilfellene over $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabellen viser langt lavere eksponeringstall vinteren 1982/83 enn vinteren 1981/82. Dette skyldes vesentlig bedre meteorologiske spredningsforhold og noe mindre utslipp av luftforurensninger. I en "normal" vinter vil ventelig færre personer være eksponert for høye konsentrasjoner enn i 1981/82, mens flere personer vil være eksponert for høye konsentrasjoner enn i 1982/83.

1.100 personer i Fredrikstad bor i områder hvor høyeste døgnmiddelverdi av NO_2 var over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vinteren 1981/82.

For NO_2 er følgende grenseverdier foreslått:

1 time:	200-350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1 døgn:	100-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6 mnd :	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Målingene viser at timesverdien på $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ikke ble overskredet i avstander på 30-40 m fra gater i Fredrikstad sentrum. Halvårsmiddelverdien var under halvparten av grenseverdien.

Døgnmiddelverdien av NO_2 på $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble overskredet vinteren 1981/82 i Fredrikstad. Antall eksponerte personer er gitt i tabell 5.

Tabell 5: Antall personer som bor i områder med gitte døgnmiddelkonsentrasjoner av NO_2 .

Høyeste døgnmiddelverdi av NO_2 vinteren 1981/82	Fredrikstad-området	Sarpsborg-området
75-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	17.300	15.600
> 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.100	0

Rundt 1.000 personer tilsammen i Fredrikstad og Sarpsborg sentrum bor i områder med CO-konsentrasjoner over grenseverdien for 8 timer.

For CO er følgende grenseverdier foreslått:

1 time : 25 mg/m^3

8 timer: 10 mg/m^3

Målingene viser at grenseverdien for en time bare ble overskredet ved veikanten langs sterkt trafikkerte gater. Derimot ble grenseverdien for 8 timer overskredet langs gater i sentrum med gjennomsnittlig døgntrafikk over 5000 biler.

En samlet vurdering viser at 500-750 personer i Fredrikstad sentrum og 200-400 personer i Sarpsborg sentrum ble eksponert for CO-konsentrasjoner over grenseverdien for 8 timer én eller flere ganger i løpet av vintermånedene.

Nærmere 59.000 personer bor i områder med konsentrasjoner av benzo(a)pyren over $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ vinteren 1981/82. 5.200 personer var eksponert for mer enn $3 \text{ ng}/\text{m}^3$.

BaP er en av mange PAH-komponenter. PAH står for polysykliske aromatiske hydrokarboner (tjærestoffer). Utslipp kommer fra biltrafikk og forbrenning av olje.

Målingene antyder en god sammenheng mellom BaP og sot. Konsentrasjonsfeltene for sot er derfor lagt til grunn for bestemmelse av de tilsvarende BaP-feltene.

Eksponeringsdata for BaP er gitt i tabell 6. Tabellen viser at nærmere 59.000 mennesker vinteren 1981/82 bor i områder hvor BaP-konsentrasjonen var over 1 ng/m^3 . Det tilsvarende tallet for vinteren 1982/83 er vel 40.000 personer.

Tabell 6: Antall personer som bor i områder med gitte halvårsmiddelkonsentrasjoner av BaP.

Halvårs middel- verdi	Fredrikstad-området		Sarpsborg-området	
	Vinter 1981/82	Vinter 1982/83	Vinter 1981/82	Vinter 1982/83
1-2 ng/m^3	20.600	16.000	13.600	15.300
2-3 ng/m^3	12.800	7.900	8.000	0
> 3 ng/m^3	3.900	1.300	0	0

FAKTAMATERIALE 2 - UTSLIPP TIL LUFT OG SPREDNING I ATMOSFÆREN

Utslipp til luft er kartlagt innenfor km²-ruter ved opplysninger fra bedrifter og institusjoner i området, samt oppgaver over oljeselskapenes salgstall for ulike oljeprodukter.

For å registrere og kartlegge utslipp fra industrielle prosesser samt oljefyring, ble det i samarbeid med SFT sendt ut spørreskjema til bedrifter og institusjoner med antatt relativt stort forbruk av fyringsoljer. Et forbruk på minst 50 m³ ble registrert som punktkilde. De øvrige kilder ble kartlagt innenfor km²-ruter i UTM-systemet. For å sammenligne registrert forbruk med det aktuelle salget, ble de enkelte oljeselskapene (Esso, Fina, Mobil, Norol, Shell og Texaco) kontaktet for å gi salgstall for de oljeprodukter som inngikk i registreringene.

For å beregne biltrafikkens andel av luftforurensede utslipp er det tatt utgangspunkt i salgstall for bensin og diesellolje, trafikktegninger og utslippsfaktorer. Utslippene blir kartfestet ved at det innenfor hver km²-rute er målt opp lengden av alle veger. På vegstrekninger der det er foretatt trafikktegninger vil dette tallmaterialet danne grunnlaget for beregning av trafikkarbeid (produktet av veglengde og årsdøgntrafikk) innen de enkelte km²-ruter. Salgstallene er benyttet til anslag av trafikken der en ikke har trafikk-tegninger. Ut fra trafikkarbeidet og utslippsfaktorer beregnes utslippene av de enkelte stoffene.

I 1981 var industrien kilde til over 90% av SO₂-utslippene i regionen. Borregaard stod alene for rundt 60%. Biltrafikken var den største kilden til nitrogenoksider, karbonmonoksid og hydrokarboner.

De samlede utslippene av svoveldioksid (SO₂), nitrogenoksider (NO_x), partikler/støv, karbonmonoksid (CO) og hydrokarboner (HC) i Sarpsborg/-Fredrikstad-området i 1981 er gitt i tabell 7.

Tabell 7: Samlede utslipp i Sarpsborg/Fredrikstad-området i 1981 (tonn/år).

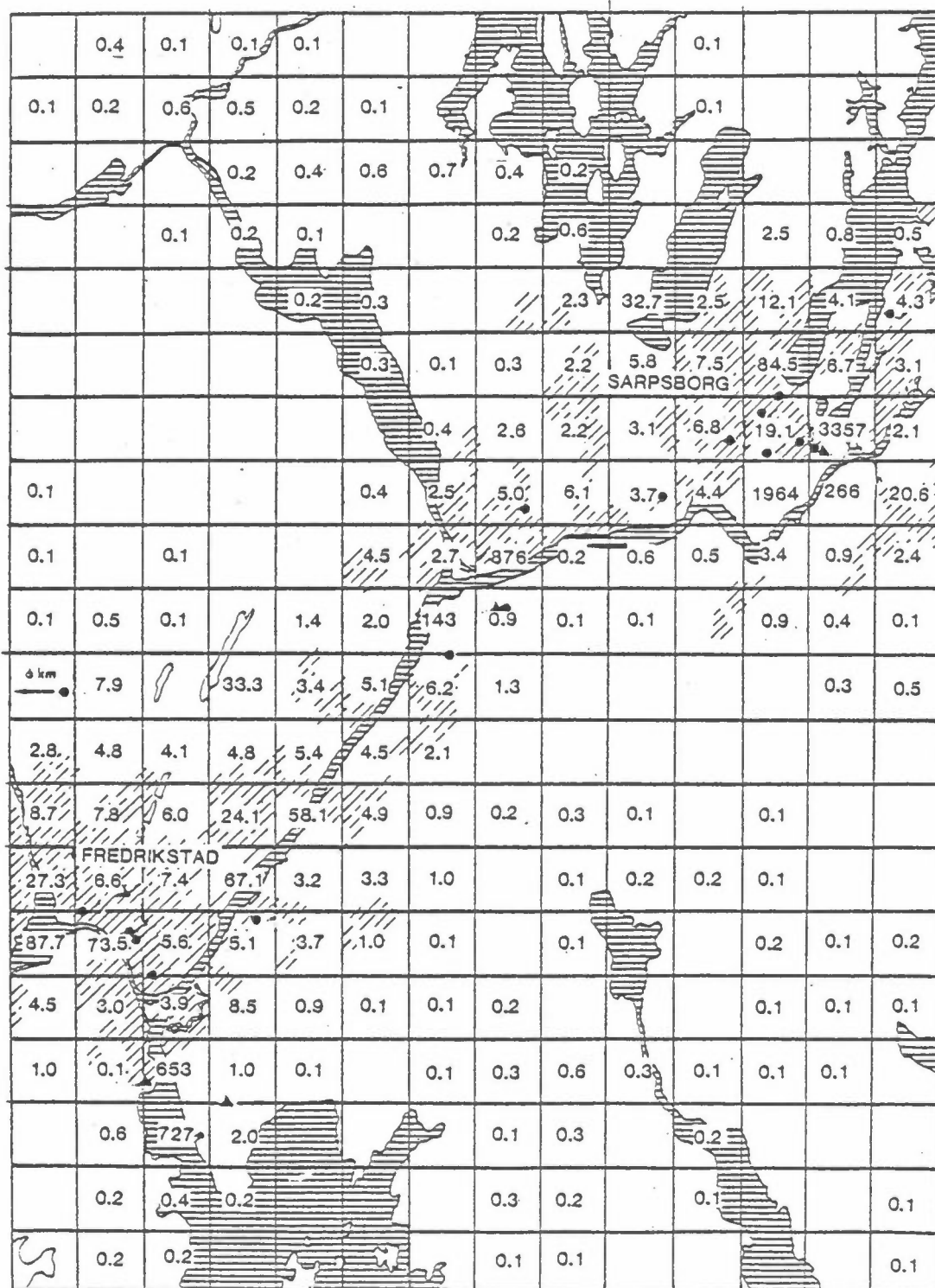
Kilde	SO ₂	NO _x	Partikler/støv	CO	HC
Bensin	4	1.109	55	14.170	1.243
Diesel	105	644	60	492	101
Biltrafikk	109	1.753	115	14.662	1.344
Skipstrafikk	128	19	4	5	1
Industri	8.489	1.146	350	89	57
Boligoppvarm.	334	142	21	94	21
Sum	9.060	3.060	490	14.850	1.423

Til sammenligning har SFT beregnet de samlede SO₂-utslipp i Norge til 117.000 tonn i 1981. Utslipet i Sarpsborg-Fredrikstad-regionen utgjorde da vel 7.5% av Norges totale utslipp. Utslipet fra Borregaard utgjorde ca 4.5% av Norges totale utslipp.

Over 90% av SO₂-utslippene kommer fra industrien, der Borregaard i 1981 hadde rundt 60% av det totale utslippet i regionen. Andre større industriutslipp er registrert på Øra ved Fredrikstad, Kråkerøy-nord, i Greåker og i Borge.

De største utslippene av nitrogenoksider, karbonmonoksid og hydrokarboner skyldes biltrafikk. Derimot er biltrafikk en liten kilde til SO₂.

Figur 4 viser eksempel på et utslippskart. SO₂-utslippene i 1981 er fordelt på km²-ruter. Utenfor tettstedene og industriområdene er utslippene meget lave.



Figur 4: Totalt utslipp av SO_2 i Sarpsborg/Fredrikstad-området i 1981 (tonn/år). (I ruter med 2 over 100 tonn/år er desimaler ikke angitt).

SO₂-utslippet fra industrien er vesentlig redusert i løpet av basisundersøkelsen. Den store nedgangen i utslippet fra fyrhuspipa på Borregaard har imidlertid bedret luftkvaliteten i Sarpsborg lite.

Salgsoppgaver for petroleumsprodukter viser en vesentlig reduksjon i Østfold fylke i perioden 1979-83, slik det framgår av tabell 8. Salgsoppgavene viser en stor nedgang for fyringsparafin og fyringsoljer, mens bensin og autodiesel har hatt liten endring. Salget av tung fyringsolje viser en markert nedgang. Det er en overgang fra normalsvovlig til lavsvovlig tungolje i perioden. Noe av nedgangen i oljeforbruket skyldes økt bruk av elektrokjeler.

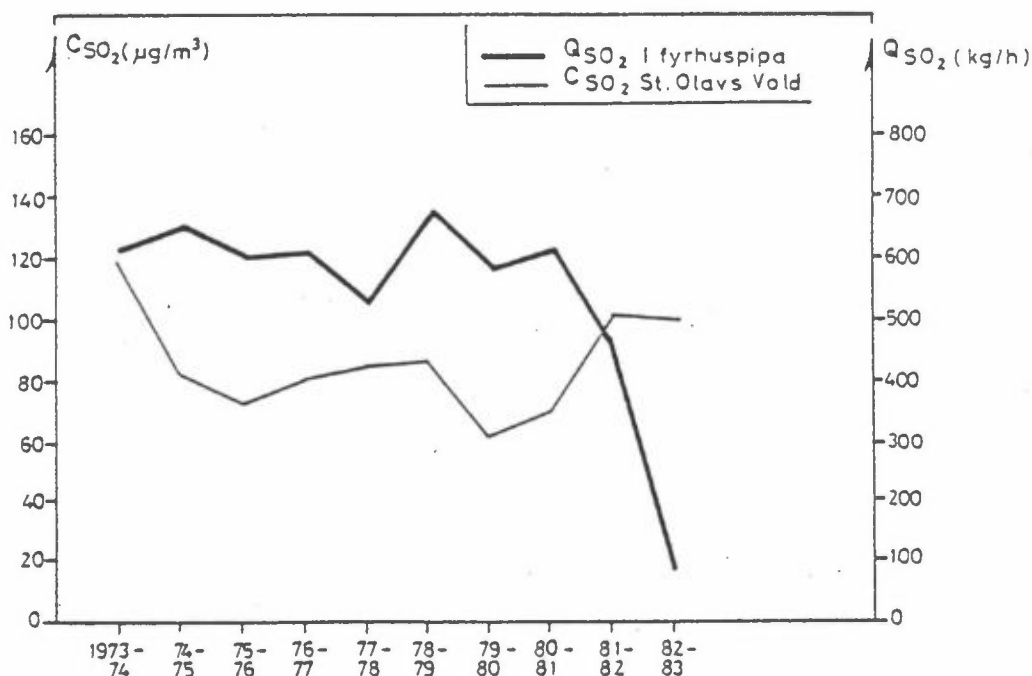
Tabell 8: Salg av petroleumsprodukter i Østfold 1979-83 (m³/år) og beregnet SO₂-utslipp (eksklusive prosessutslipp) (tonn/år). (Prosessutslippene i Sarpsborg/Fredrikstad var ca 1.500 tonn i 1981).

	1979	1980	1981	1982	1983
Fyringsparafin	55.937	43.208	32.368	24.712	18.393
Fyringsolje 1	95.960	84.830	78.297	64.829	55.353
Fyringsolje 2	42.740	37.042	33.930	29.269	22.604
Tung fyringsolje LS ¹	598	657	1.541	23.675	27.665
Tung fyringsolje NS ²	289.702	281.272	181.766	132.850	66.785
Bilbensin	111.724	109.612	109.057	105.243	100.817
Autodiesel	47.392	47.717	47.931	46.386	47.645
Svarer til SO ₂ - utslipp	14.000	13.500	9.100	7.200	4.300

¹ Lavsvovlig

² Normalsvovlig

Ved vurdering av endringen i SO₂-utslippet er det særlig viktig å merke seg nedgangen i salget av tung fyringsolje. I løpet av den tiden basisundersøkelsen har pågått har det vært en vesentlig reduksjon av SO₂-utslippet. Det er særlig verdt å merke seg reduksjonen i SO₂-utslippet fra fyrhuspipa ved Borregaard, slik det fremgår i figur 5. Figuren viser også at SO₂-konsentrasjonene på St.Olavs Vold ikke er redusert i samme tidsrom. Nedgangen i SO₂-utslippet fra fyrhuspipa skyldes dels produksjonsendringer og dels bruk av elektrokjeler. Grunnen til at det reduserte utslippet fra fyrhuspipa ikke bedrer luftkvaliteten i Sarpsborg merkbart, er at utslippet fra den 146 m høye skorsteinen spres meget godt og gir lave bakkekonsentrasjoner.



Figur 5: Midlere SO_2 -konsentrasjon (C_{SO_2} i $\mu g/m^3$) målt på St. Olavs Vold nær Borregaard i vinterhalvåret sammenliknet med tilsvarende utslipp fra fyrhuspipa (Q_{SO_2} i kg/h).

Det er utført beregninger av luftkonsentrasjoner av forurensninger på grunnlag av data for utslipp og spredning. Resultater av spesielle spredningsforsøk i Sarpsborg-området er innarbeidet i beregningsmodellene.

Ved hjelp av data for utslipp og spredningsforhold er det beregnet konsentrasjonsfelt av luftforurensning i hele undersøkelsesområdet. Sammen med luftkvalitetsmålingene har dette gitt grunnlag for å klarlegge sammenhengen mellom utslipp og forurensningsnivå.

De innledende beregningene av konsentrasjonsfelt av SO_2 viste dårlig overensstemmelse med målinger i Borregaards nærområde. Dette var bakgrunnen for å gjennomføre sporstoffundersøkelser for å kartlegge spredningsforholdene ved kjente kilder på fabrikkområdet bedre.

Sporstoffundersøkelsene ble utført i nært samarbeid med Miljøvernkontoret på Borregaard. Ved en sporstoffundersøkelse registreres utbredelsen av kjente utslipp av én eller flere gasser som kan registreres i meget lave konsentrasjoner og som ikke forekommer naturlig i atmosfæren.

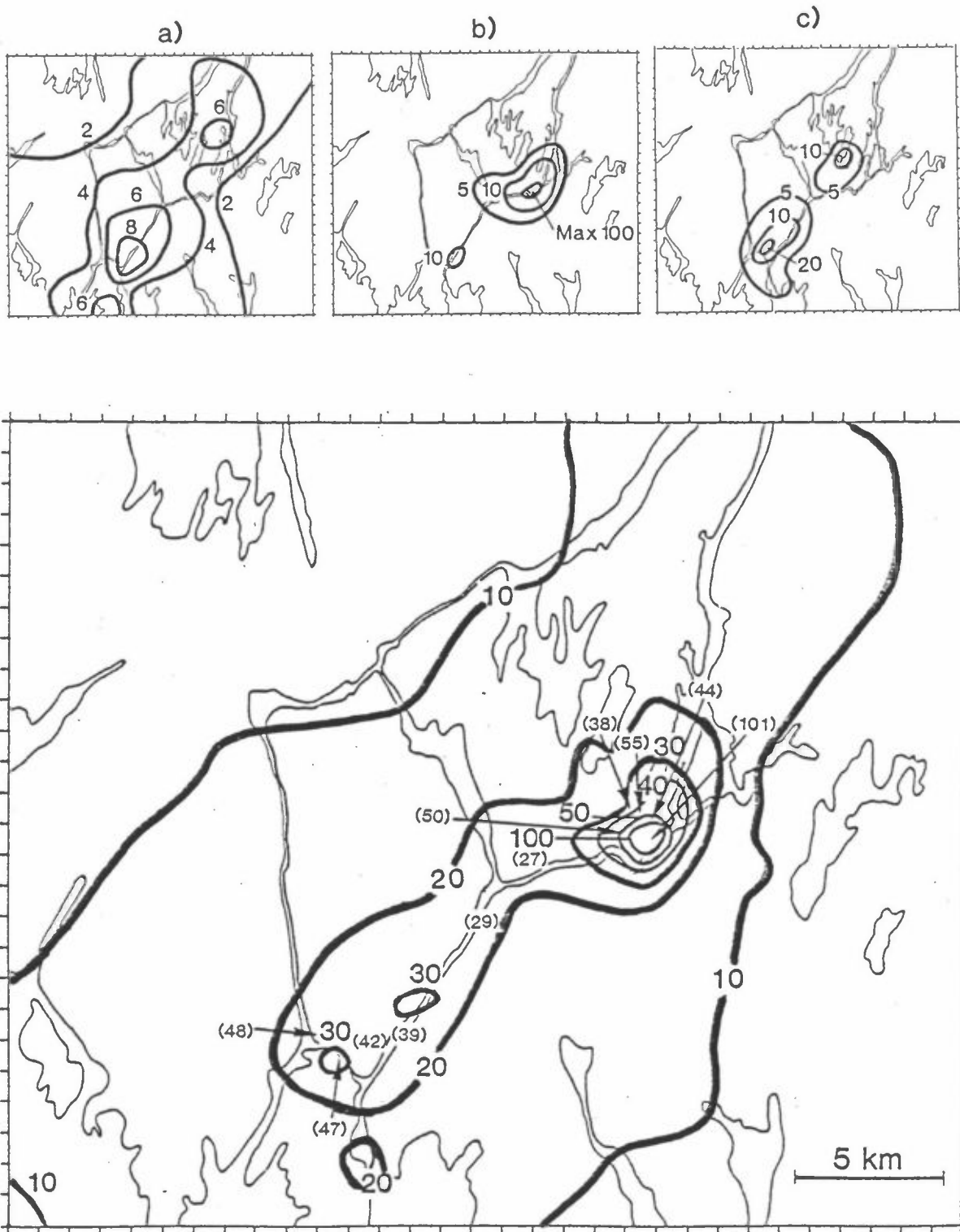
Sporstofforsøkene viste at utslipp fra lave skorsteiner over tak virvles effektivt ned bak bygninger på grunn av turbulensen rundt bygningene. På samme måte fortynnes utslipp ved bakken raskt. Maksimalkonsentrasjonene ved utslipp fra lave skorsteiner forekom betydelig nærmere kilden enn det tidligere beregninger viste.

Innarbeiding av disse resultatene i spredningsberegningene førte til at en beregnet høyere SO_2 -konsentrasjoner. Det ble dermed bedre samsvar med målingene.

Som følge av variasjoner eller uhell i driftsforholdene kan det tidvis forekomme utslipp i lav høyde på Borregaards område. Årsaken til flere av disse utslippene er klarlagt, og de er redusert. Det er imidlertid vanskelig å unngå alle slike utslipp. Utslippsmengdene er vanligvis små, men de skjer i lav høyde over bakken, slik at nærsonen (St. Olavs Vold) kan belastes med høye konsentrasjoner. Det er f.eks. sannsynlig at utslipp fra kokesyretanken var en av kildene til de høye SO_2 -konsentrasjonene som ble målt på St. Olavs Vold.

Beregninger av konsentrasjonsfelt for SO_2 (halvårsmiddelverdier) viser rimelig overensstemmelse med målinger. Relativt små industriutslipp fra piper med lav utslipphøyde er av vesentlig betydning for SO_2 -belastningen i den delen av Sarpsborg som ligger nærmest Borregaard. I Fredrikstad gir små fyringsutslipp i lav høyde det største bidraget til SO_2 -konsentrasjonen.

Figur 6 viser fordelingen av midlere SO_2 -konsentrasjon i området i vinterhalvåret oktober 1981 - mars 1982. I figuren vises også bidraget til SO_2 -konsentrasjonen i området fra tre kildegrupper:



Figur 6: Midlere beregnet SO_2 -konsentrasjon i perioden oktober 1981 - mars 1982. De enkelte kildegruppers bidrag (a-c) og det samlede resultat av beregningene er vist. Målte konsentrasjoner er avsatt ved målestasjonene med små tall på nederste figur. Måleresultatene er satt i parentes fordi målte middelverdier gjelder for perioden november 1981 - mars 1982. Sannsynligvis er målte verdier litt høyere enn halvårsmiddelverdier i området.

- a) Høye industriutslipp (dvs piper med utslipp over bygningers turbulenssone).
- b) Lave industriutslipp (dvs piper med utslipp i bygningers turbulenssone).
- c) Små fyringsanlegg (bidraget fra disse er beregnet på grunnlag av middelutslipp over km^2 -ruter).

Bidraget fra biltrafikk er beregnet på samme måte som for små fyringsanlegg. For SO_2 var dette bidraget mindre enn $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

På grunnlag av målinger på Hoff (st.nr.10) har en anslått at SO_2 -konsentrasjonen i området som ikke skyldes utslipp innenfor området var $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Når det gjelder bidraget fra ulike kildegrupper kan følgende konklusjoner trekkes:

- a) De ni største industriutslippene fra piper med utslippshøyde over bygningenes turbulenssone hadde et samlet utslipp på 856 kg SO_2 pr time (vel 80% av det totale utslippet i området) i vinterhalvåret 1981/82. Utslippene fordeles med knapt 80% i Sarpsborg og vel 20% i Fredrikstad. Disse utslippene spres over store avstander (mange km) før forurensningene når bakken (maksimal bakkekonsentrasjon $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Målte verdier tyder også på lave konsentrasjoner på grunn av disse utslippene. Utslippet fra Borregaards fyrhuspipe er redusert betydelig i løpet av basisundersøkelsen, fra 392 kg/time til 95 kg/time . Denne reduksjonen ble knapt registrert på luftkvalitetsmålingene i Sarpsborg, slik det tidligere er vist i figur 5.

Industriutslipp i gruppe a) i Sarpsborg gir et bidrag på $3-4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Fredrikstad, dvs omtrent samme bidrag som Fredrikstad-kildene selv. I Sarpsborg er det ubetydelig bidrag fra kilder i Fredrikstad.

- b) Det samlede utslippet fra større industrikilder med lav utslippshøyde er ca 110 kg/h (vel 10% av det totale utslipp i området), men fører til høye konsentrasjoner ved bakken. Disse kildene er av vesentlig betydning for SO_2 -belastningen i den delen av Sarpsborg som ligger nærmest Borregaard. Over 90% av utslippene i denne kategorien skjer i Sarpsborg.

c) De mange små SO_2 -kildene i Sarpsborg/Fredrikstad-området (boligoppvarming, småindustri, dieserbiler ...) hadde et samlet utslipp på ca 80 kg SO_2 pr time (knappt 8% av det totale utslippet i området). Utslippene er noenlunde jevnt fordelt mellom Sarpsborg og Fredrikstad. Forurensningsbelastningen på grunn av disse kildene forekom i den nærmeste omegn av utslippet. De høyeste konsentrasjonene er beregnet i Fredrikstad.

Tilsvarende beregninger er utført for vinterhalvåret 1982/83. Denne vinteren viste både målinger og beregninger lavere verdier enn vinteren 1981/82. Dette skyldes reduserte utslipp og bedre spredningsforhold på grunn av mildt vær og høyere vindstyrke vinteren 1982/83. Det er sannsynlig at spredningsforholdene om vinteren vanligvis vil være mellom de forholdene som ble registrert de to vintrene. For nærmere informasjon henvises det til Delrapport A (meteorologiske målinger) og Delrapport D (spredningsberegninger).

Beregninger av korttidskonsentrasjoner av SO_2 i forurensningsepisoder viste også god overensstemmelse med målingene. Beregningene av NO_2 og CO gir km^2 -konsentrasjoner som ikke direkte kan sammenlignes med målinger nær trafikkerte gater.

I tillegg til halvårsmiddelverdier av SO_2 er det også utført en rekke andre beregninger av konsentrasjonsfelt av luftforurensninger. For detaljert informasjon henvises det til Delrapport D. Følgende punkter oppsummerer hovedresultatene:

- Beregninger av halvårsmiddelverdier av nitrogenoksider (NO_x) viste omtrent samme verdier som observerte nitrogendioksid (NO_2)-konsentrasjoner. Dersom det antas at 1/3 av NO_x -konsentrasjonene foreligger som NO_2 , vil de beregnede NO_2 -konsentrasjonene bli for lave. Målinger fra andre områder har vist at denne faktoren kan være høyere ved lave konsentrasjoner, dvs langt fra trafikkerte gater.
- Beregninger av døgnmiddelverdier av SO_2 i perioden 11-13 januar 1982, som var en betydelig forurensningsepisode, viste verdier av samme størrelse som de observerte, men konsentrasjonsfeltet var noe mer utglattet enn det observerte.

- Variasjonen av SO_2 fra time til time på Kirkegaten i Sarpsborg er beskrevet meget godt i forurensningsepisoden 11-13 januar 1982. De høyeste timesverdiene skyldes akkumulering av forurensning fra lave kilder som ved bestemte vindforhold ble transportert inn over Sarpsborg. Årsaken til slike forurensningsepisoder må tilskrives flere kilder. Samtlige utslipp fra skorsteiner lavere enn 30-50 m gav et bidrag proporsjonalt med utslippet.
- Beregninger av NO_x -konsentrasjonen i Fredrikstad sentrum fra time til time i den samme episoden indikerte en grov samvariasjon med de observerte verdiene fra City hotell (ca 30-40 m fra Thorbjørns gt.). De beregnede verdiene er gjennomsnitt for km^2 -ruter og derfor lavere enn de observerte.
- Beregninger av 99-prosentil (som overskrides 1% av tiden) av 8-timers CO-konsentrasjon og 1-times NO_2 -konsentrasjon viste lavere verdier enn observert. Beregningene tydet imidlertid på at CO-konsentrasjonen er av størst forurensningsmessig betydning i de sterkt trafikkerte gatene i Fredrikstad. Dette var i samsvar med målingene.

FAKTAMATERIALE 3 - BEREGNINGER AV BLYMENGDEN I BLOD

Langvarig blyeksponering kan gi helsevirkninger som f.eks. hyperaktivitet, nedsatt intelligens og økt risiko for abort.

Ifølge SFT-rapport nr 38 begrenser skadevirkningene av blybelastning i det ytre miljøet seg til mulige helseeffekter av langvarig påvirkning. Blykonsentrasjonen i blodet er en indikator på denne blybelastningen. Blant eventuelle helsevirkninger av for høyt blyinnhold i blodet kan nevnes; skader på det perifere nervesystemet, nedsatt befruktningsdyktighet hos menn, svakt nedsatt intelligens, anemi, økt risiko for abort, og forandringer i adferdsmønsteret som hyperaktivitet, nedsatt konsentrasjonsevne og stemningslabilitet.

Det antas at nedre grense for helseeffekter ligger på følgende blodblynivåer:

30-40 µg/dl hos barn og gravide

40-50 µg/dl hos voksne forøvrig

Det er utarbeidet en metode for å beregne befolkningens konsentrasjon av bly i blod. Metoden gjør det også mulig å anslå forskjellige kildegrupperes relative betydning for befolkningseksposeringen i området.

Det er foretatt beregninger av befolkningens konsentrasjon av bly i blod i Sarpsborg/Fredrikstad-området. Målet med beregningene har vært å:

- utarbeide og teste modeller for eksponering via luft og matvarer,
- anslå befolkningens totaleksponering av bly i blod,
- vurdere betydningen av inhalasjon i forhold til inntak via matvarer,
- estimere forskjellige kildegrupperes relative betydning for befolknings-eksponeringen i området.

Inngangsdata til slike beregninger inneholder bl.a. informasjon om befolkningsfordeling, levemønster, arealbruk, forbruk av matvarer, forurensningskilder, meteorologiske spredningsforhold og bidraget fra langtransporterte forurensninger til området.

En vesentlig del av befolkningens totalinntak av bly skyldes inntak fra de mest vanlige matvarene.

For å beregne blyinntaket fra forskjellige matvarer er det ved hjelp av enkle modeller etablert sammenhenger mellom likevektskonsentrasjoner i de forskjellige media ("overføringsfaktorer").

Ved hjelp av slike overføringsfaktorer kan en direkte beregne det relative inntaket av én veldefinert opptaksvei, når luftkonsentrasjonen er kjent. Inntaket ved direkte inhalasjon er også beregnet. En viktig del av arbeidet har vært å verifisere overføringsfaktorer mot målte konsentrasjoner i forskjellige media. Det er i denne sammenheng samlet konsentrasjonsdata for luft, nedfall, jord, vann, samt en del matvarer.

De viktigste opptaksveiene gjennom matvarer er først undersøkt på en enkel måte gjennom en grovsortering basert på tidligere kjente undersøkelser. Resultatet av en slik grovsortering, relevant for tettbygde strøk på Østlandet, er vist i tabell 9.

Tabell 9: Totalinntak av bly fra matvarer grovt estimert basert på midlere konsentrasjoner og konsum i tettbygde strøk på Østlandet.

Produkt	Midlere konsentrasjon (ppm)	Konsum (g/dag)	Inntak ($\mu\text{g Pb/dag}$)
Korn, mel, brød	0.1	214	21.4
Frukt, bær	0.1	127	12.7
Kjøtt	0.1	105	10.2
Melkeprodukter	0.02	497	9.9
Poteter	0.05	182	9.1
Grønnsaker (overfl.)	0.02-0.05	28	0.9
Fisk	0.16	55	8.7

Av et beregnet totalinntak på 86 $\mu\text{g Pb}$ pr dag fra matvarer, utgjør de angitte matvarene ca 85%.

Beregningene viste at av den blymengden befolkningen har i blodet skyldes direkte inhalasjon via lungene bare 11-28% om de bor i byene, 6-15% om de bor på landet. For betjening på en bensinstasjon kan imidlertid opptil 80% av bly i blod skyldes inhalasjon.

Tabell 10 viser den delen av eksponeringen (i %) som skyldes inhalasjon.

Tabell 10: Prosentvis andel bly i blodet som skyldes inhalasjon (luft-lunge-blod).

	By	Land
Voksne menn	11 - 28	6 - 15
kvinner	16 - 28	12 - 15
Skolebarn	15 - 18	6 - 7
Pensjonister	16 - 25	5 - 8
Høyt eksp. industriarb.	48 - 56	35 - 51
bensinstasjon	≈ 80	
taxisjåfør	≈ 52	

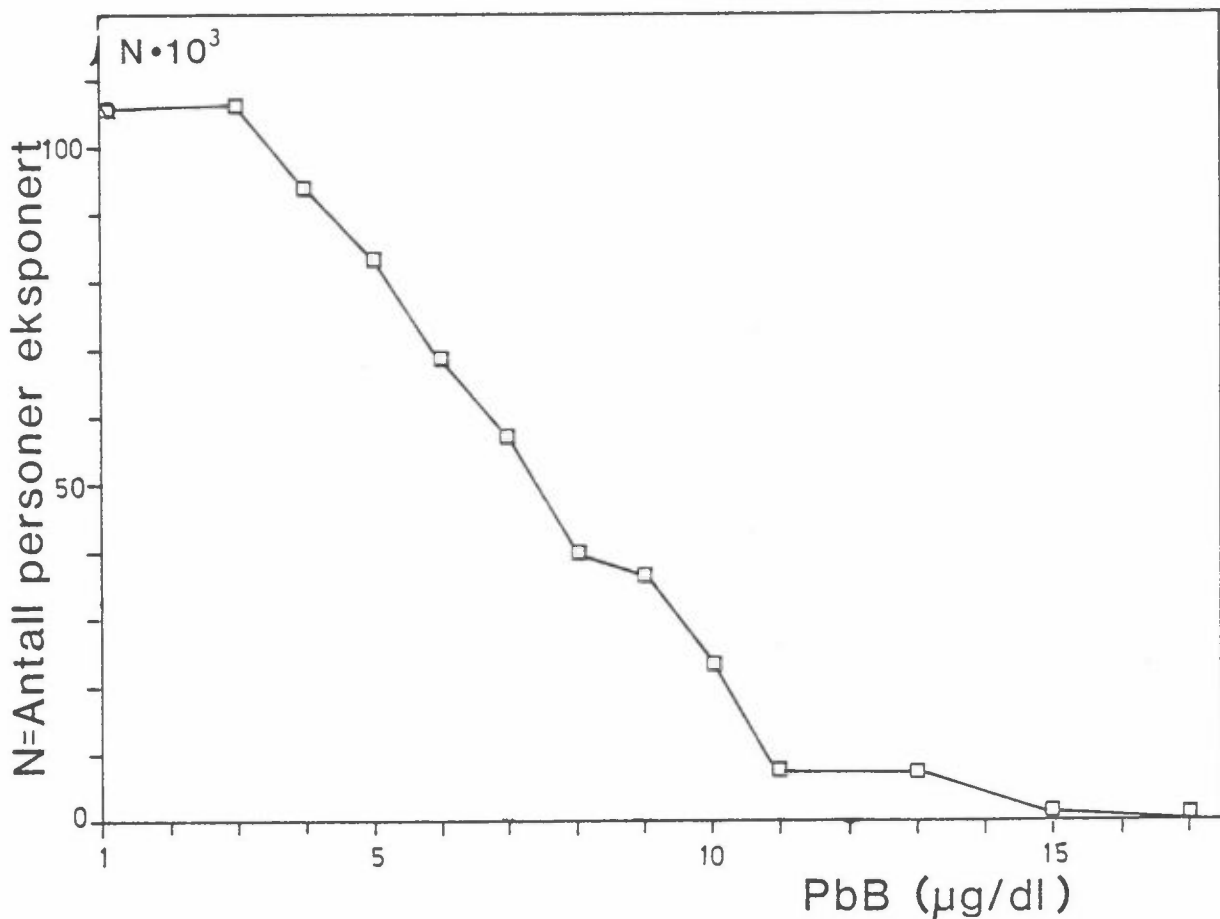
For voksne kvinner og menn som ikke arbeidet i industri og dermed var yrkeseksponert, representerte inhalasjonen bare 11-28% av eksponeringen om disse bodde i byen, 6-15% om de bodde på landet. Resten av blyeksponeringen skrev seg fra opptak via matvarer. Mennesker som arbeidet i industri og dermed var utsatt for høyere blyeksponering i arbeidsmiljøet, fikk en større andel av totaleksponeringen via inhalasjon (35-56%, avhengig av bl.a. bomiljø). Den gruppen som ble beregnet å få mest bly via inhalasjon var betjening på en bensinstasjon som fikk opptil 80% av blyeksponeringen ved direkte inhalasjon.

Blynivået i blodet hos befolkningen i Sarpsborg og Fredrikstad er beregnet å være vesentlig lavere enn ved de nivåene det kan forventes noen helsemessig virkning. Biltrafikken i området er den kildegruppen som bidrar mest til de beregnede blykonsentrasjonene i blod.

Basert på kjennskap til antallet personer i hver befolkningsgruppe og beregnet årsmidlet individeksponering, er befolkningseksponeringen beregnet. Beregningene er utført for alle forurensningskildene som bidrar til bly-

eksponeringen og for en del utvalgte kildegrupper. Resultatet er presentert i figur 7, som gir antall personer med blykonsentrasjoner i blodet over verdiene angitt på abscissen.

Figuren viser at ca 50.000 mennesker hadde blykonsentrasjoner i blodet over 7 $\mu\text{g}/\text{dl}$, mens bare de som ble eksponert i forbindelse med spesielle yrker (eks.: betjening på bensinstasjon) hadde blykonsentrasjoner over 15 $\mu\text{g}/\text{dl}$. De maksimalt beregnede verdiene var 17-18 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Dette er ikke alarmerende høye konsentrasjoner. SFT-rapport nr 38 konkluderer som nevnt med at nedre grense for helseeffekter er et blodblynivå på 30-40 $\mu\text{g}/\text{dl}$ hos barn og gravide og 40-50 $\mu\text{g}/\text{dl}$ hos voksne forøvrig.



Figur 7: Antall personer i Sarpsborg-Fredrikstad-området med beregnede blykonsentrasjoner i blodet over gitte verdier.

Beregninger for hver enkelt kildegruppe viste at biltrafikken i området bidro til 38% av blykonsentrasjonen i blodet hos befolkningen. Langtransporterte forurensninger (bakgrunnsnivået over store arealer hvor det dyrkes korn, poteter, matvarer) bidro til 26% av belastningen, mens industrien (inklusive yrkeseksponering) bare representerte 14% av den beregnede belastningen. Resten skyldes hovedsaklig matvarer fra utlandet.

Det er ikke gjennomført målinger av blykonsentrasjonen i blodet hos befolkningen i Sarpsborg/Fredrikstad. Beregningene bekreftes imidlertid av målinger i Holmestrand før tunnelen ble åpnet. Det ville vært av betydning også å ha målt nivået i Sarpsborg/Fredrikstad. Etter at basisundersøkelsen ble avsluttet er blyinnholdet i bensin vesentlig redusert. Dette har sannsynligvis medført reduserte blykonsentrasjoner i blodet hos befolkningen i området.

FAKTAMATERIALE 4 - KORROSJON OG MILJØ

Hovedhensikten med korrosjonsundersøkelsen har vært å bestemme omfanget av korrosjonen og dens årsaker.

Tidligere målinger på Borregaard (bedriftsområdet) og Alvim har vist at det er korrosjonsproblemer i området. I basisundersøkelsen har en ønsket å kartlegge korrosjonen i hele Sarpsborg/Fredrikstad-regionen og å etablere sammenhenger (dose-effektrelasjoner) mellom miljøvariable (luftkvalitet og meteorologiske parametre) og korrosjon. Dose-effektsammenhenger er nødvendige for å beregne skadevirkninger og for å vurdere tiltak for reduksjon av slike. Det antas at området er så lite og ensartet at klimaet er tilnærmet det samme for hele området (denne hypotesen er undersøkt, se Delrapport B). Da vil variasjonen i korrosjonen måtte skyldes variasjon i et fåtall forurensningsparametre.

Målinger av korrosjon og SO₂ i luft er utført på 15 stasjoner, mens nedbørkvalitet er bestemt på 3 stasjoner. I tillegg er det benyttet meteorologiske data både fra basisundersøkelsen og Meteorologisk institutts stasjoner.

Korrosjonsmålinger på stål, sink, kopper og aluminium samt SO₂-målinger er utført på 15 stasjoner i perioden november 1981 - oktober 1983. For stasjonsplassering henvises det til vedlegg B. Målingene har omfattet årseksponeringer av stål, sink, kopper og aluminium, samt kvartalseksponering av stål i to år. I perioden november 1981 - oktober 1982 ble det dessuten foretatt månedseksponeringer av stål. Plater av de ulike metallene ble eksponert åpent i 45⁰ vinkel med horisontalplanet, vendt mot sør.

Nedbørkvalitet (pH, SO₄, Cl og ledningsevne) og kloridbelastning fra luft ble målt på de tre stasjonene Hoff (bakgrunn), Borregaard (utkanten av bedriftsområdet) og Alvim (utkanten av Sarpsborg).

I tillegg er det benyttet meteorologiske data fra Alvim, Borregaard, Hoff, brannstasjonen i Fredrikstad, Kalnes, Rygge og Nordre Moum i Borge. Kalnes og Rygge er Meteorologisk institutts klimastasjoner i området.

Statistiske testmetoder viste at hypotesen om samme klima i området er tilnærmet oppfylt. Imidlertid er nedbørkvaliteten klart dårligst på Borregaard og best på Hoff. Luftkonsentrasjonen av SO_2 var høyest på Borregaard (målinger på St. Olavs Vold) og lavest på Hoff.

For å teste hypotesen om felles klima i området ble flere statistiske testmetoder benyttet. Det ble testet på ulikheter både i enkeltvariablers middelerverdier og i koeffisienter i lineære regresjonsligninger. Sammenligningen av temperatur, relativ fuktighet, våttid, nedbørmengde og -varighet viste at hypotesen om samme klima for området var tilnærmet riktig. Med våttid menes den tiden hvor lufttemperaturen var over $0^{\circ}C$, samtidig som luftfuktigheten var over 80%.

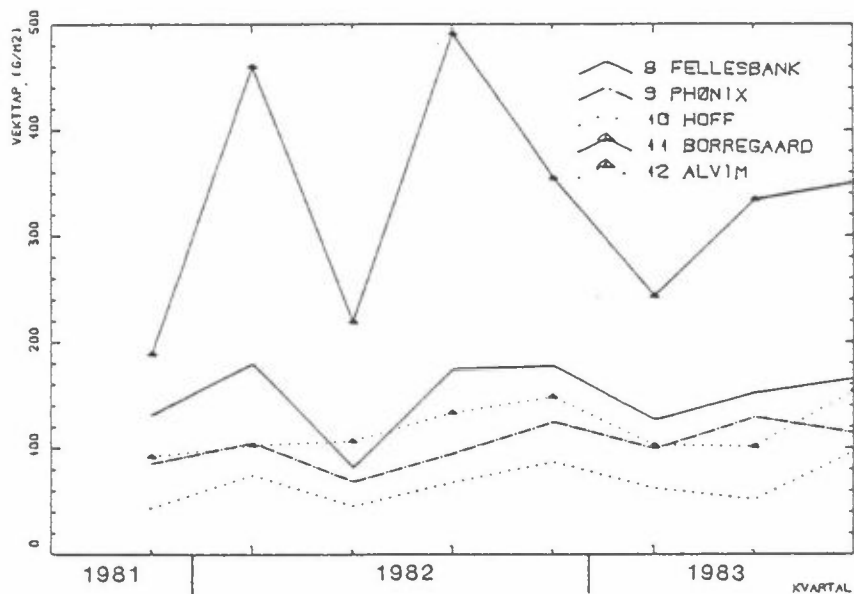
Analysene viste dårligst nedbørkvalitet på Borregaard, mens Hoff og Alvim var tilnærmet like (Delrapport B). I regresjonsanalysene ved utviklingen av dose-effektrelasjonene settes nedbørkvaliteten på alle stasjonene utenom Hoff og Borregaard lik med Alvim.

Målinger av SO_2 -konsentrasjonene i luft viste at stasjonene kunne grupperes i 3 nivåer (Delrapportene A og B): bakgrunnstasjonen Hoff, industristasjonen Borregaard, og resten av stasjonene som grupperer seg omkring SO_2 -nivået på Alvim. SO_2 -målingene viste gjennomgående høyere verdier i 1981/82 enn i 1982/83.

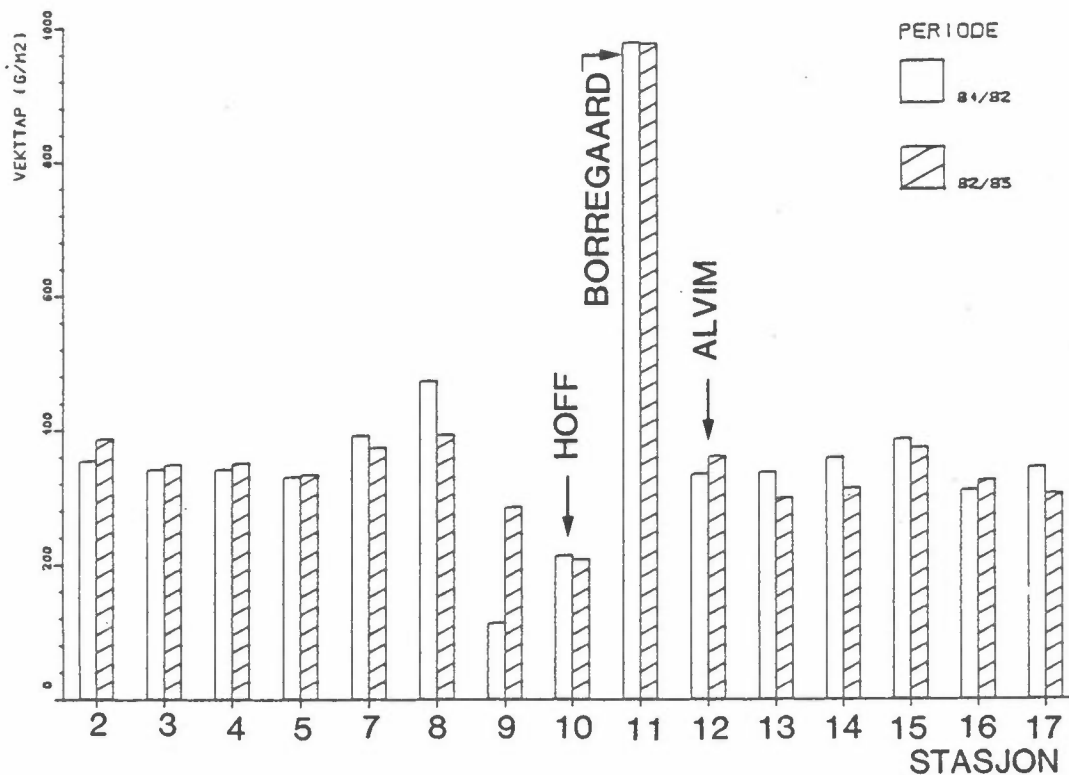
Målingene viste at korrosjonshastigheten på de forskjellige stasjonene varierte på samme måte som SO_2 -konsentrasjonen.

Figurene 8 og 9 viser kvartals- og årskorrosjon av stål. Korrosjonshastigheten uttrykkes ved vekttapet pr m^2 pr år for de eksponerte platene. (For stasjonsnavn henvises det til Vedlegg B).

For stål viste både måneds-, kvartals- og årseksponeringen at korrosjonshastigheten på stasjonene grupperte seg i de tre nivåene: bakgrunns- (Hoff), industri- (Borregaard) og byatmosfære (Alvim). Forholdstallene mellom korrosjonshastigheten i de 3 områdene var ca 1:5:2. Disse forholdstallene er om lag de samme som for årsmiddelerverdiene av SO_2 -konsentrasjonen i luft i de tre områdene. Dette viser at SO_2 i luft er av vesentlig betydning for korrosjonshastigheten.



Figur 8: Kvartalskorrosjon av stål i perioden november 1981 - oktober 1983 (g/m²).



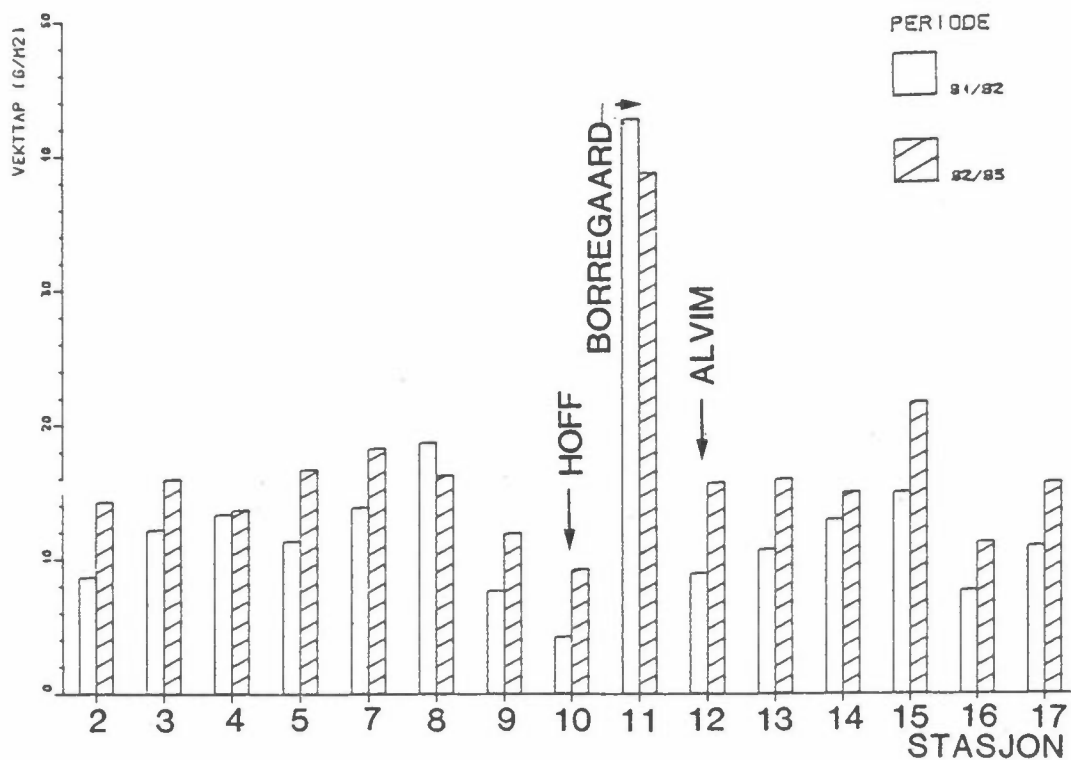
Figur 9: Årskorrosjon av stål i perioden november 1981 - oktober 1983 (g/m²).

Ved korte eksponeringstider varierte korrosjonshastigheten for stål mer fra måned til måned og fra kvartal til kvartal enn forskjeller i SO_2 -konsentrasjonen skulle tilsi.

Den lave korrosjonen i kvartal 1 (november 1981 - januar 1982) i figur 8 skyldes kort våttid på grunn av kaldt vær. I kvartal 2 (februar-april 1982) var våttiden lang. Kvartal 3 (mai-juni 1982) hadde ikke spesielt kort våttid, men nedbørmengden var meget liten. Det har derfor vært meget liten tid med påtakelig fuktighet på overflaten av platene. Den lave korrosjonshastigheten skyldes trolig mangel på tilstrekkelig fuktighet.

For sink, kopper og aluminium var årskorrosjonen høyere i 1982/83 enn i 1981/82.

Årskorrosjonen av sink var også lavest på Hoff og høyest på Borregaard, men mange av stasjonene hadde høyere korrosjon enn Alvim (figur 10).



Figur 10: Årskorrosjon av sink i perioden november 1981 - oktober 1983 (g/m^2).

Årskorrosjonen av kopper var klart høyest på Borregaard, mens de andre stasjonene var noenlunde like. Korrosjonen var ca dobbelt så stor i 1982/83 som i 1981/82.

Årskorrosjonen av aluminium var også høyest på Borregaard, men ellers var det ingen klar gruppering mellom stasjonene. Også for aluminium var det vesentlig høyere korrosjon i 1982/83. Både for kopper og aluminium synes derfor våttiden å hatt større betydning enn en liten nedgang i SO_2 -konsentrasjonen.

Det er utviklet dose-effektrelasjoner for stål, sink, kopper og aluminium. Korrosjonsbidraget på grunn av SO_2 -konsentrasjonen i luft er betydelig unntatt i bakgrunnsatmosfære.

Dose-effektrelasjonene er basert på multippel lineær regresjonsanalyse. Tabell 11 viser de årlige dose-effektrelasjonene. Ligningene inneholder kun SO_2 -konsentrasjonen i luft og våttid (TOW). Årskorrosjonen av stål var best korrelert med SO_2 . Rustproduktenes skjermende virkning gjør at de årlige våttidsvariasjonene ikke har gitt noen forskjell i årskorrosjonen av stål. Derfor blir heller ikke våttiden noen styrende variabel i doseeffektrelasjonen. Korrelasjonskoeffisienten var 0.93, dvs den uforklarte variasjonen var 13%. Restvariansen skyldes både usikkerhet i måledataene, ved at en har antatt det samme klima for hele området, hvilket ikke er strengt riktig, samt eventuelle korrosjonsbidrag fra andre, ikke målte klimavariabler og forurensninger.

Tabell 11: Årlige dose-effektrelasjoner for stål, sink, kopper og aluminium, basert på årsdata fra 15 stasjoner.

Dose-effektrelasjon	Korrelasjonskoeffisient R (30 data)	Uforklart variasjon ($1-R^2$) (%)
$K_{\text{Fe}} = 7.6 \cdot (\text{SO}_2) + 172$	0.93	13
$K_{\text{Zn}} = 0.35 \cdot (\text{SO}_2) + 0.01 \cdot (\text{TOW}) - 21.8$	0.94	12
$K_{\text{Cu}} = 0.14 \cdot (\text{SO}_2) + 0.007 \cdot (\text{TOW}) - 16.9$	0.91	17
$K_{\text{Al}} = 0.01 \cdot (\text{SO}_2) + 0.005 \cdot (\text{TOW}) - 1.2$	0.78	39

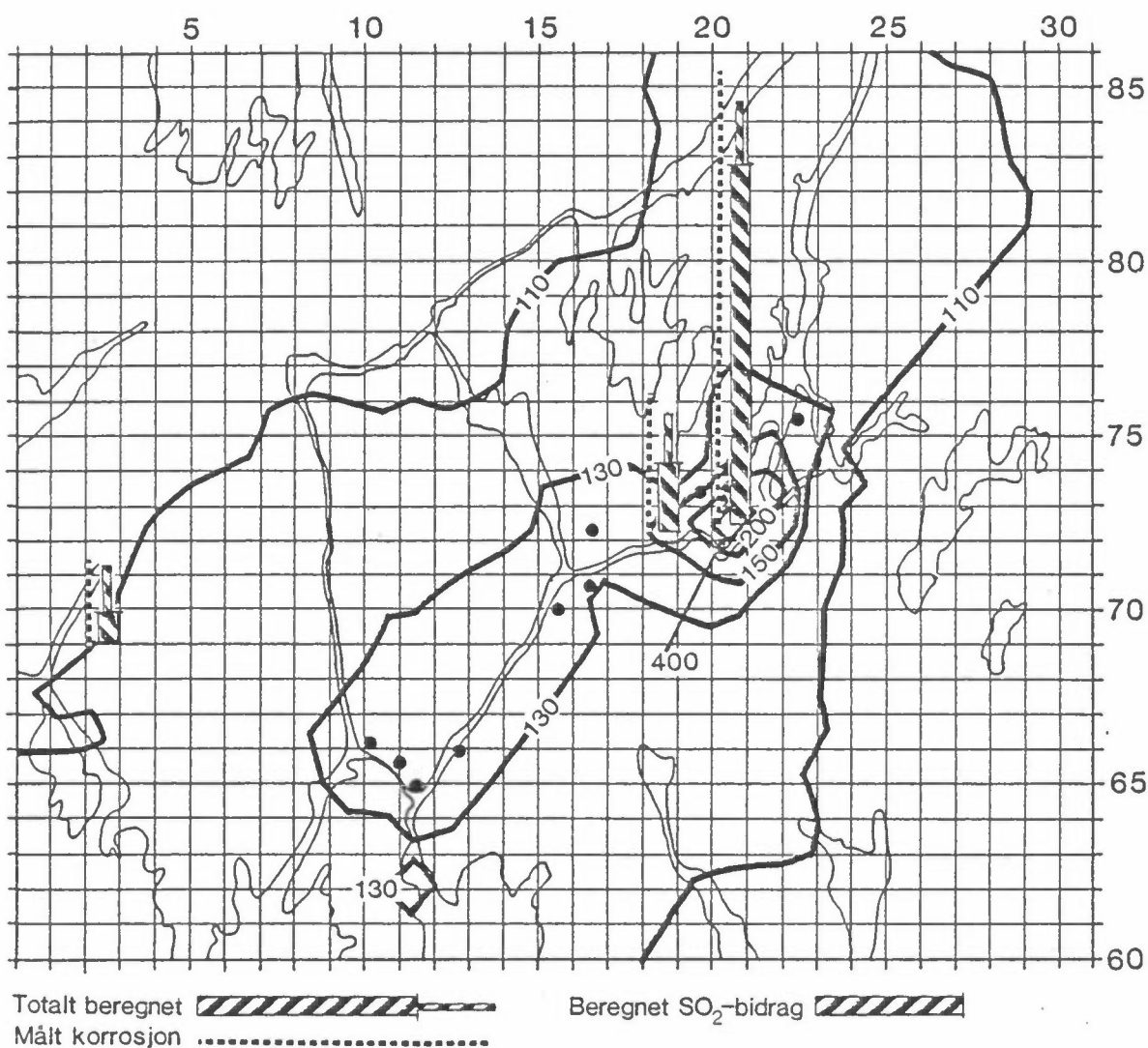
Arskorrosjonen av de tre materialene sink, kopper og aluminium er godt beskrevet av relasjoner med summen av SO_2 og våttid med korrelasjonskoeffisienter henholdsvis 0.94 (sink), 0.91 (kopper) og 0.78 (aluminium). Dette gav en uforklart varians for de tre metallene på henholdsvis 12, 17 og 39%. Restvariansen skyldes som for stål usikkerhet i måledata og eventuelle korrosjonsbidrag fra andre klimavariabler og forurensninger. Større usikkerhet for aluminium skyldes flere forhold. For det første er korrosjonen av aluminium lav og mye mindre følsom både for SO_2 og våttid. For det andre korroderer aluminium flekkvis og ikke jevnt over flaten. Disse forholdene gjør at det blir en større tilfeldig spredning i korrosjonshastighetene.

Korrosjonsbidraget fra SO_2 var betydelig, men varierte med materialtypen, lokaliteten og eksponeringstiden. For stål, sink, kopper og aluminium var SO_2 -bidraget til den totale korrosjonen på Hoff (meget lave SO_2 -verdier) h.h.v. ca 15%, ca 30%, ca 20% og ca 15%, som gjennomsnitt for to års-eksponeringer. På Borregaard (høye SO_2 -konsentrasjoner) var de tilsvarende tallene ca 75%, ca 85%, ca 75% og ca 70%.

SO_2 -bidraget til korrosjonen var høyere i 1981/82 enn i 1982/83 vesentlig på grunn av høyere luftkonsentrasjoner. For sink var eksempelvis SO_2 -bidraget på Borregaard i 1981/82 og 1982/83 h.h.v. 93% og 78% av den totale korrosjonen.

Modellberegninger viste at korrosjonshastigheten nær Borregaard var 2-3 ganger høyere enn i Sarpsborg sentrum. I sentrumsområdene i Sarpsborg og Fredrikstad var korrosjonen 50-100% høyere enn på bakgrunnstasjonen.

Ved hjelp av beregnede SO_2 -konsentrasjoner i området vinteren 1981/82 (nærmere beskrevet i Delrapport D) og dose-effektrelasjonen for stål på kvartalsbasis $K_{\text{Fe}} = 2.43 (\text{SO}_2) + 0.11 (\text{TOW}) - 21.7$ ($R = 0.9$) har en beregnet korrosjonen av stål i hele Sarpsborg/Fredrikstad-området. Det er antatt at kvartalsrelasjonen også gjelder for halvårskorrosjonen. Kartet i figur 11 viser en økning av korrosjonen inn mot bysentrum i Fredrikstad og inn mot Borregaard fabrikker i Sarpsborg. Ved Borregaard var korrosjonshastigheten ca 5-6 ganger høyere enn på bakgrunnstasjonen. Slike kart kan brukes til å beregne omfanget av korrosjonsskadene og til å vurdere valg av korrosjonsbeskyttelse og effekten av utslippsreduksjoner på korrosjonen.



Figur 11: Beregnet isofelt for halvårlig korrosjon av stål (g/m^2) i Sarpsborg og Fredrikstad vinteren 1981/82. Målt korrosjon og beregnet SO₂-bidrag til korrosjonen er vist for Borregaard, Alvim og Hoff.

Korrosjonsundersøkelsen vil bli fulgt opp med beregninger av skadekostnader. Rutinemessig overvåking fortsetter.

Beregninger av korrosjonsskadene i Sarpsborg/Fredrikstad vil bli utført i 1985/86 som en delundersøkelse innenfor et nordisk prosjekt om beregning av reduserte korrosjonsskader som følge av reduserte SO₂-utslipp i Norden. Prosjektet er finansiert av Miljøverndepartementet og Statens forurensningstilsyn. Dessuten fortsetter korrosjonsundersøkelsene i Sarpsborg/Fredrikstad-regionen med rutinemessig overvåking av korrosjonen på de tre stasjonene Hoff, Borregaard og Alvim som et ledd i Statlig program for forurensningsovervåking.

FAKTAMATERIALE 5 - ANDRE UNDERSØKELSER AV LUFTFORURENSNINGER I SARPSBORG OG FREDRIKSTAD

Undersøkelser av luftforurensninger i Sarpsborg og Fredrikstad har foregått i en årrekke.

NILU har helt siden instituttet ble opprettet i 1969 vært engasjert i undersøkelser av luftforurensninger i Sarpsborg. Målinger av SO_2 har vært utført i hele denne perioden i samarbeid med Borregaard og Sarpsborg kommune (næringsmiddelkontrollen). Senere ble det opprettet et tilsvarende samarbeid med Fredrikstad kommune (næringsmiddelkontrollen).

Det er også gjennomført luftforurensningsundersøkelser for flere andre oppdragsgivere som Skjeberg kommune, Norsk Leca, Denofa og Lilleborg Fabriker, Kronos Titan og Fredrikstad og omegn avløpsanlegg (FOA).

Resultatene av alle disse undersøkelsene er gitt i referansene 11-21. Nedenfor er det gjengitt utdrag av hovedkonklusjonene.

Målinger av SO_2 er utført siden 1966 i Sarpsborg og har hele tiden vist høye verdier. Tidligere undersøkelser har vist SO_2 -skader på lav som varierte fra total til lettere skade.

I rapportene (11) og (12) konkluderes det med at det er målt meget høye SO_2 -verdier i området nær Borregaard i årene 1966-1973. Korttidsmålinger (15-30 minutters midlingstid) viste at de viktigste kildene var på CS_2 -området, kokeriet og fyrhus/syretårn-området. Det ble målt korttidsverdier over $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ både på St. Olavs Vold, Borregaardsvn 3 og Stjernebygget vinteren 1969/70. I mai 1973 ble det målt en døgnmiddelverdi på $1900 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på St. Olavs Vold.

Sommeren 1971 og vinteren 1971/72 ble frisk lav transplantert inn i Sarpsborg-området (10 steder). Undersøkelsene viste SO_2 -skader på laven som varierte fra total til lettere skade (13). Det synes som forurensningene fra Sarpsborg-området hadde merkbar innflytelse på lavens svovelinnhold selv i stor avstand fra forurensningskildene. Også innholdet av kvikksølv i laven økte til opptil det 20-dobbelte på stasjoner nærmest Borregaard etter 16 ukers eksponering (12).

I et lite område rundt Norsk Leca i Borge kan støvfall være et sjenanseproblem. Øvrige støvfalls- og svevestøvmålinger har vist lave verdier i hele regionen.

Målinger av støvfall er gjennomført rundt Norsk Leca i Borge (14) og de to bedriftene Denofa og Lilleborg Fabriker (16), (20) og Kronos Titan (21) på Øra ved Fredrikstad. Dessuten er støvfallsmålinger i regi av Næringsmiddelkontrollen i Fredrikstad gjennomført i en årrekke på flere steder i Fredrikstad-området (upublisert). Rundt Kronos Titan er det også gjennomført målinger av totalt svevestøv i en kortere periode.

Det er konkludert med at i en avstand av mer enn ca 500 m fra Norsk Leca i hovedvindretningene og mer enn 300 m på tvers av disse, kan støvfallet fra bedriften neppe sies å være til sjenanse. Alle de øvrige målingene har vist til dels meget lave måleresultater. Også korte måleserier i Skjeberg og nær Hafslund har vist lavt støvfall.

Beregninger har vist at utslipp fra søppelforbrenningsanlegget på Øra vil gi meget lave konsentrasjoner i området.

I 1983 gjennomførte NILU beregninger av maksimale bakkekonsentrasjoner av luftforurensninger fra det planlagte søppelforbrenningsanlegget på Øra utenfor Fredrikstad (17). Det konkluderes med at utslippet fra det planlagte anlegget vil gi meget lave konsentrasjoner av forurensende stoffer.

Bidraget til forsureningen blir betydelig mindre enn bidraget fra langtransporterte forurensninger, med et mulig unntak for utvasking av hydrogenklorid under nedbør.

Målinger nær Borregaard har vist at kjente lukterskler for flere svovelforbindelser ble overskredet.

I en kort periode i mai 1981 foretok NILU målinger av hydrogensulfid (H_2S), karbondisulfid (CS_2), svoveldioksid (SO_2) og klor (Cl_2) (15). Bakgrunnen var klager over luktplager i området nær Borregaard.

Ved samtlige fem målesteder ble svovelforbindelsene påvist, mens klor ikke kunne påvises noen steder med den målemetoden som ble brukt.

Kjente luktterskler ble overskredet oftest for H_2S som har en meget lav terskelverdi. H_2S -konsentrasjonen lå ofte over det som anses som akseptabelt i uteluft i Canada, som sannsynligvis er bestemt på grunn av luktulemper.

Den mutagene aktivitet i PAH-prøver er vesentlig høyere om vinteren enn om sommeren. Biltrafikk og fyring er hovedkilder.

I et samarbeidsprosjekt mellom Sentralinstitutt for industriell forskning (SI) og NILU er luftens innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og mutagene forbindelser undersøkt i tettsteder og bakgrunnsområder (18). Målinger er gjennomført i Oslo, Fredrikstad (City hotell), Grenland (As), Birkenes i Aust-Agder og Kårvatn i Møre og Romsdal. Prøvene i Fredrikstad er tatt i forbindelse med PAH-prøvetakingen under basisundersøkelsen. Målingene er utført i perioden høsten 1981 - sommeren 1982.

Innholdet av PAH er ca 10 ganger høyere i byluft og ca 2 ganger høyere i bakgrunnsområdene om vinteren enn om sommeren. PAH-konsentrasjonen på bakgrunnstasjonene var meget lav i forhold til i tettstedene i begge måleperiodene.

Den mutagene aktiviteten i prøvene var vesentlig høyere om vinteren og tydet på størst innhold av indirekte-virkende mutagene forbindelser om vinteren og direkte-virkende mutagene forbindelser om sommeren.

Undersøkelsen tyder på at trafikk og fyring er dominerende kilder til PAH og mutagen aktivitet i Oslo og Fredrikstad.

REFERANSER

Denne hovedrapporten gir et sammendrag av resultatene av basisundersøkelsen i Sarpsborg og Fredrikstad. Den bygger på følgende delrapporter:

- | | | |
|-----|--|--|
| (1) | Hagen, L.O. | Delrapport A.
Målinger av meteorologi og luftkvalitet. (Til denne rapporten hører også et datavedlegg som kan fås ved henvendelse til NILU.)
Lillestrøm 1984. (NILU OR 22/84.) |
| (2) | Haagenrud, S.E.
Henriksen, J.F.
Gram, F. | Delrapport B.
Korrosjon og miljø.
Lillestrøm 1984. (NILU OR 28/84.) |
| (3) | Haugsbakk, I.
Gram, F. | Delrapport C.
Utslippsdata.
Lillestrøm 1984. (NILU OR 26/84.) |
| (4) | Grønskei, K.E.
Gram, F. | Delrapport D.
Spredningsberegninger.
Lillestrøm 1984. (NILU OR 41/84.) |
| (5) | Sivertsen, B. | Delrapport E.
Beregning av blyeksponering.
Lillestrøm 1984. (NILU OR 39/84.) |

Statens institutt for folkehelse (SIFF) har utarbeidet en rapport om helsevirkninger av luftforurensninger i Sarpsborg og Fredrikstad:

- | | | |
|-----|---------------------------|---|
| (6) | Dahl, J.E.
Hongslo, J. | Helsevirkninger av luftforurensning i Sarpsborg-Fredrikstad området.
Oslo, Statens institutt for folkehelse, 1985. |
|-----|---------------------------|---|

Tidligere er det utgitt følgende rapporter fra basisundersøkelsen i Sarpsborg og Fredrikstad:

- | | | |
|-----|---|--|
| (7) | Hagen, L.O. | Forslag til basisundersøkelse i Sarpsborg/Fredrikstad-regionen 1981-1984.
Lillestrøm 10. juli 1981, oppdatert 1. februar 1982. |
| (8) | Hagen, L.O.
Grønskei, K.E.
Haagenrud, S.E.
Sivertsen, B. | Basisundersøkelse i Sarpsborg og Fredrikstad.
Framdriftsrapport oktober 1981 - mars 1982.
Lillestrøm 1982. (NILU OR 44/82.) (Rapport nr. 59/82 i Statlig program for forurensningsovervåking.) |

- (9) Hagen, L.O. Basisundersøkelse i Sarpsborg og Fredrikstad.
Grønskei, K.E. Framdriftsrapport nr. 2 pr. 1. mars 1983.
Haugsbakk, I. Lillestrøm 1983. (NILU OR 25/83.) (Rapport nr.
Haagenrud, S.E. 76/83 i Statlig program for forurensningsover-
Sivertsen, B. våking.)
- (10) Hagen, L.O. Basisundersøkelse i Sarpsborg og Fredrikstad.
Grønskei, K.E. Framdriftsrapport nr. 3 pr. 1. oktober 1983.
Haugsbakk, I. Lillestrøm 1983. (NILU OR 57/83.) (Rapport nr.
Haagenrud, S.E. 117/83 i Statlig program for forurensningsover-
Sivertsen, B. våking.)

Som grunnlag for en del av konklusjonene i denne rapporten henvises det til følgende rapporter fra andre prosjekter i området:

- (11) Skogvold, O.F. En undersøkelse av SO₂-immisjonen ved Borregaard
Fabrikker, Sarpsborg i perioden 1.12.69-31.1.70.
Kjeller 1970. (NILU OR 5/70.)
- (12) Magnus, A.J. Luftforurensningsundersøkelser i Sarpsborg.
Kjeller 1973. (NILU OR 66/73.)
- (13) Krog, H. Lav som indikatorplante ved studiet av luftforu-
Brandt, N. rensninger. Et utdrag av noen prosjekter ved NILU
i tiden 1970-72.
Kjeller 1973.
- (14) Hagen, L.O. Støvnedfallsmålinger ved A/S Norsk Leca, Borge.
Kjeller 1975. (NILU OR 13/75.)
- (15) Hanssen, J.E. Målinger av svovelforbindelser omkring Borregaard
fabrikker, Sarpsborg, mai 1981.
Lillestrøm 1982. (NILU OR 18/82.)
- (16) Hagen, L.O. Støvfallsmålinger ved A/S Denofa og Lilleborg
Anda, O. Fabrikker på Øra i Fredrikstad 1981/82.
Lillestrøm 1983. (NILU OR 15/83.)
- (17) Gotaas, Y. Luftforurensning og miljøbelastning fra planlagt
forbrenningsanlegg for avfall på Øra.
Lillestrøm 1983. (NILU OR 20/83.)
- (18) Mikalsen, A. Organiske luftforurensninger i byer og bakgrunns-
Joranger, E. områder.
Hagen, I. Lillestrøm 1983. (NILU OR 65/83.)
Ramdahl, T. (Rapport nr 103/83 i Statlig program for foru-
Becher, G. rensningsovervåking.)

- (19) Grønskei, K.E. Registrering av spredning ved sporstoff i Sarpsborg.
Lillestrøm 1984. (NILU OR 24/84.)
- (20) Haugsbakk, I. Støvfallsmålinger ved A/S Denofa og Lilleborg
Anda, O. Fabrikker på Øra i Fredrikstad mai 1983 - april
1984.
Lillestrøm 1984. (NILU OR 31/84.)
- (21) Haugsbakk, I. Støvmålinger ved Kronos Titan A/S på Øra i
Fredrikstad.
Lillestrøm 1985. (NILU OR 6/85.)

Som grunnlag for luftforurensningers virkninger på helse og miljø henvises det til følgende rapport fra Statens forurensningstilsyn:

- (22) Luftforurensning. Virkninger på helse og miljø. En utredning om sammenhengen mellom konsentrasjoner og virkninger av noen vanlige forurensningskomponenter.
Oslo 1982. (Statens forurensningstilsyn. SFT-rapport nr. 38.)

VEDLEGG A - FORSLAG TIL FRAMTIDIGE LUFTFORURENSINGSUNDERSØKELSER

Det nåværende rutinemessige overvåkingsprogrammet skal revurderes på grunnlag av resultatene fra basisundersøkelsen.

Det nåværende statlige rutinemessige overvåkingsprogrammet skal endres i henhold til resultatene fra basisundersøkelsen. Det er rimelig at fremtidige målinger konsentreres til de steder og stoffer hvor grenseverdiene overskrides. Som vist er overskridelser av SO₂-grenseverdiene registrert én eller flere ganger på samtlige stasjoner unntatt bakgrunnstasjonen i Onsøy. I tillegg er grenseverdier for CO, NO₂ og sot overskredet hovedsakelig på stasjoner som er påvirket av utslipp fra biltrafikken.

De nåværende rutinemessige målingene av luftkvalitet og korrosjon bør fortsette.

For å følge utviklingen i luftkvaliteten er det nødvendig bare med et begrenset antall stasjoner, f.eks. to i Sarpsborg og én i Fredrikstad. Det foreslås derfor at de nåværende rutinemessige stasjonene St. Olavs Vold i Sarpsborg og Brochs gt. i Fredrikstad fortsetter. St. Olavs Vold dekker et maksimalt belastet område, mens Brochs gt. står i Fredrikstad sentrum. Ut fra målingene bør det vurderes om den andre stasjonen i Sarpsborg skal plasseres i sentrumsområdet. Et viktig moment for å beholde stasjonen på Alvim er at en der har mange års målinger. Det bør vurderes å inkludere NO₂-målinger på stasjonen i Fredrikstad og på en eventuell stasjon i Sarpsborg sentrum. Basisundersøkelsen viste maksimale døgnmiddelverdier av NO₂ rundt nedre grenseverdi.

Målingene i Fredrikstad har vist høye konsentrasjoner på grunn av utslipp fra biltrafikk. Når det likevel ikke foreslås rutinemessige målinger av CO er det fordi nivået er lavere enn i Oslo og fordi det i Oslo er omfattende overvåkingsmålinger av bilforurensning. De to stasjonene i Oslo er i hovedsak plassert på samme måte som i Fredrikstad, og det er trolig at forurens-

ningen vil følge samme mønster i framtida. En viss kontroll på dette fås imidlertid ved det nåværende programmet for sot og bly. Disse målingene og analysene er enkle, og en kan sammenligne måleresultatene direkte med f.eks. data fra Oslo.

Undersøkelsen av korrosjonsforholdene har vist at det særlig i Sarpsborg-området er høy korrosjonshastighet. Det foreslås derfor at målingene på de tre nåværende stasjonene Borregaard, Alvim og Hoff fortsetter. Hoff representerer det regionale bakgrunnsnivået i området. De tre stasjonene inngår idag i en landsomfattende overvåking av korrosjon.

Utslippsoversikten bør oppdateres med jevne mellomrom. Spredningsberegninger bør gjennomføres og sammenlignes med målinger når det skjer markerte endringer i utslipp og konsentrasjonsnivå.

Utslippskartleggingen viste at Sarpsborg og Fredrikstad i 1981 hadde rundt 7.5% av landets totale SO₂-utslipp. Av dette skyldes over 90% industriutslipp. Biltrafikken er hovedkilden til utslipp av CO, NO_x, hydrokarboner og partikler.

Det foreslås at utslippene i regionen kartlegges og oppdateres med jevne mellomrom, f.eks. hvert femte år. Spredningsberegninger bør også gjennomføres og sammenlignes med målinger dersom det skjer vesentlige endringer i utslipp og konsentrasjonsnivå.

Det er fortsatt behov for en bedre kartlegging av enkeltutslippene på Borregaard-området og deres betydning for luftkvaliteten i nærområdet.

Basisundersøkelsen har vist at det er mange og betydelige utslipp av SO₂ fra lave skorsteiner på Borregaard-området som ennå ikke er godt nok kartlagt. Det er derfor ønskelig med kontinuerlige registrerende målinger av SO₂ og vind inne på Borregaard-området. Hensikten med dette er å kartlegge bedre

hvilke kilder som forårsaker overskridelser av grenseverdier og å bedømme størrelsen på utslippene. Dette vil gi bedre informasjon om hvor utslippsbegrensende tiltak bør settes inn, og hvilken virkning slike tiltak vil få.

For å bedre luftkvaliteten i Sarpsborg må tiltakene settes inn på de mange mindre utslippene i lav høyde på Borregaards område. Det er derfor av avgjørende betydning å ha best mulig kunnskap om de enkelte kildenes bidrag til luftkvaliteten.

Luktproblemene i Sarpsborg bør kartlegges bedre. Eventuelle luktproblemer i Øra-området i Fredrikstad bør også undersøkes.

Det er tidligere i rapporten referert til en mindre luktundersøkelse i Sarpsborg-området (15). Bakgrunnen for undersøkelsen var klager over lukt. Ifølge Statens forurensningstilsyn er det også klager over luktproblemer i Øra-området ved Fredrikstad.

Det synes således å være grunnlag for å gjennomføre en mer omfattende kartlegging av luktproblemene i Sarpsborg og Fredrikstad. Dette kan enten gjennomføres ved en intervju-undersøkelse eller ved at et begrenset antall personer gjennom en viss periode gjør nedtegnelser av lukt og luktstyrke.

Det bør gjennomføres en undersøkelse av vegetasjonsskader i området.

De grenseverdiene for SO_2 som er foreslått for å beskytte vegetasjonen er betydelig lavere enn for helsevirkninger (se Vedlegg C). I Faktamateriale 1 er det vist at grenseverdiene for helsevirkninger er overskredet både hyppig og mye i absolutte verdier. Det kan derfor konkluderes med at overskridelser av grenseverdier for vegetasjon er enda hyppigere og større.

I Faktamateriale 5 er det kort redegjort for en lavtransplant-undersøkelse i Sarpsborg i 1971/72. Skadene på grunn av SO_2 varierte fra total til lettere. Forurensningene fra Sarpsborg-området hadde merkbar innflytelse på lavens svovelinnhold selv i stor avstand fra forurensningskildene.

Det synes derfor å være behov for en kartlegging av eventuelle skader på ulike typer vegetasjon i Sarpsborg/Fredrikstad-regionen.

VEDLEGG B - PROSJEKTBEKRIVELSE

Basisundersøkelser og rutinemessig overvåking er viktige elementer i det statlige programmet for forurensningsovervåking som administreres av Statens forurensningstilsyn. Basisundersøkelsene skal gi det nødvendige grunnlaget for utformingen av det framtidige rutinemessige overvåkingsprogrammet.

Et statlig opplegg for overvåking av luftforurensningstilstanden i Norge startet i januar 1977 etter oppdrag fra Miljøverndepartementet/Statens forurensningstilsyn. Norsk institutt for luftforskning (NILU) har ansvaret for den faglige og praktiske gjennomføringen av programmet. Målingene foregår ved 35 stasjoner i 29 byer og tettsteder og omfatter døgnmålinger av svoveldioksid (SO_2), sot, partikulært sulfat (SO_4) og bly.

Den rutinemessige overvåkingen inngår nå som en del av Statlig program for forurensningsovervåking som administreres av Statens forurensningstilsyn. I overvåkingsprogrammet inngår også basisundersøkelser. Dette er omfattende undersøkelser for å kartlegge forurensningstilstanden, skaffe oversikt over meteorologiske og andre naturgitte forhold av betydning, samt kunnskap om eksponeringssituasjonen. Basisundersøkelsene skal bl.a. avgjøre i hvilken grad framtidig rutinemessig overvåking er nødvendig og gi grunnlaget for utformingen av denne overvåkingen. Etter hvert som basisundersøkelser gjennomføres i byer og tettsteder, er det meningen at det nåværende rutinemessige overvåkingsprogrammet skal endres i henhold til de resultater en kommer fram til.

Basisundersøkelsen i Sarpsborg/Fredrikstad var den første av flere konsentrerte og målrettede undersøkelser.

Grunnen til at en valgte Sarpsborg og Fredrikstad som første undersøkelsesområde, er at en der har alle de viktigste hovedkildene til luftforurensning representert; industri, husoppvarming og trafikk. Dessuten er landskapsformen enkel og homogen, og fra før hadde en noe kjennskap til utslippsfordelingen av SO_2 i området.

I basisundersøkelsen ble utslipp, spredning og virkninger av forurensning studert i detalj.

I Sarpsborg og Fredrikstad omfattet undersøkelsen følgende deloppgaver:

- kartlegging av utslippene
- måling av meteorologiske forhold
- måling av luftkvalitet
- beregning av konsentrasjonsfelt ved hjelp av modeller
- virkninger av luftforurensning (effektregistrering)
- vurdering av resultatene og rapportering

Ved dette opplegget kunne luftkvaliteten i området bestemmes. Målinger i enkeltpunkter gav data for luftkvaliteten og dens variasjoner i tid på målestedene. De ble benyttet til test av beregningsmetodene og vurdering av utgangsdata. Sammenligning mellom målte verdier av forurensning og beregnede verdier gav mulighet for endring, tilpasning og forbedring av spredningsmodellene og inngangsdata.

Systemet gav bl.a. følgende informasjon om luftkvaliteten i området:

- geografisk fordeling av midlere forurensningskonsentrasjoner, basert på et rutenett med oppløsning 1 km.
- geografisk fordeling av forurensninger i typiske og ekstreme vær-situasjoner.
- frekvensfordeling av forurensningen i gitte "punkter" (km²-ruter).
- antall personer i området som utsettes for forurensninger over visse nivåer.

Målinger av luftkvalitet, korrosjon og meteorologi er utført på henholdsvis 18, 15 og 5 stasjoner.

Hovedhensikten med luftkvalitetsmålingene har vært å karakterisere luftkvaliteten i utvalgte enkeltpunkter, og å gi grunnlag for sammenligning med spredningsberegninger for å klarlegge årsaksammenhengen mellom utslipp og forurensningsnivå. De meteorologiske data ble benyttet til beskrivelse av vindfeltet og spredningsparametrene.

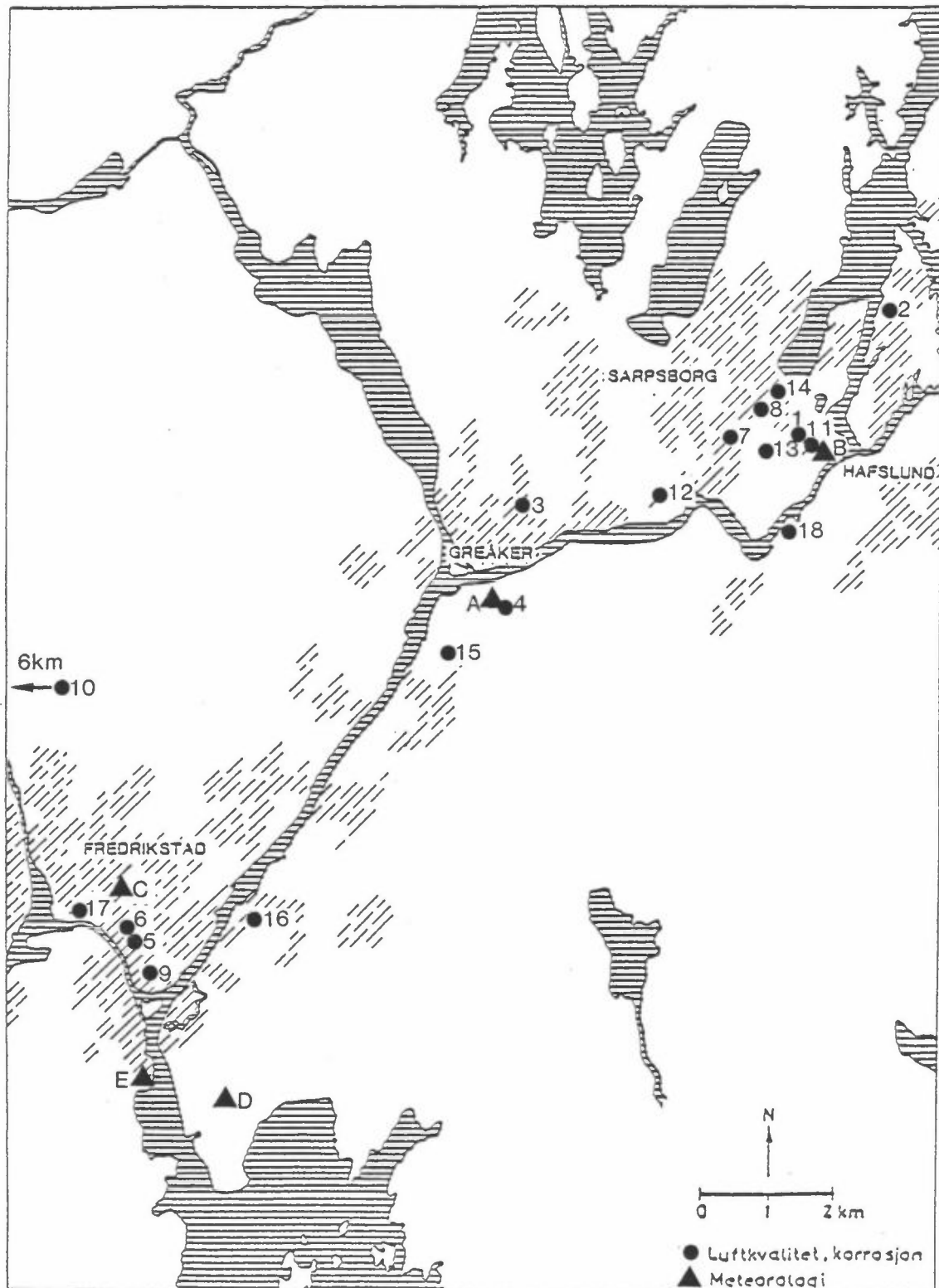
Plasseringen av målestasjonene er vist i figur 12. Stasjonsnavn er gitt nedenfor. Korrosjonsmålinger er ikke utført på stasjonene 1, 6 og 18.

Luftkvalitet og korrosjon:

1. Kirkegt. parkeringsplass, Sarpsborg
2. Hafslundsøy, Tune
3. Greåker, Tune
4. Nordre Moum, Borge
5. City hotell, Fredrikstad
6. Brochs gt., Fredrikstad
7. Sarpsborghallen, Sarpsborg
8. Fellesbanken, Sarpsborg
9. Phønix, Fredrikstad
10. Hoff, Onsøy (bakgrunnstasjon)
11. St. Olavs Vold, Sarpsborg
12. Alvim, Sarpsborg
13. Adm.boligen, Borregaard, Sarpsborg
14. Brannstasjonen, Sarpsborg
15. Østli, Leca, Borge
16. Nabbetorp, Fredrikstad
17. Teglverksveien, Fredrikstad
18. Torp-Hafslund, Skjeberg

Meteorologi:

- A. Nordre Moum, Borge (hovedstasjon)
- B. St. Olavs Vold, Sarpsborg
- C. St. Hansfjellet, Fredrikstad
- D. Øra, Fredrikstad
- E. Kråkerøy



Figur 12: Målestasjoner for meteorologi, luftkvalitet og korrosjon i Sarpsborg og Fredrikstad.

Måleprogrammet for luftkvalitet på den enkelte stasjon var forskjellig, avhengig av formålet med undersøkelsen.

- Stasjon 1 : Målinger i maksimalt belastet område for lave SO₂-kilder på Borregaard.
- Stasjon 2 : Målinger i nedslagsområdet for utslippet fra fyrhuspipa på Borregaard.
- Stasjon 3 : Målinger i maksimalt belastet område for lave SO₂-kilder på Greåker.
- Stasjon 4 : Målinger mellom bedriftene på Greåker og Borge.
- Stasjon 5 : Målinger i maksimalt belastet område for arealkilder i Fredrikstad.
- Stasjon 6 : Målinger på fortau ved sterkt trafikkert gate i Fredrikstad (i samme område som stasjon 5).
- Stasjon 7 : Målinger i boligområde i Sarpsborg med forurensningsbelastning hovedsakelig fra arealkilder.
- Stasjon 8 : Målinger i maksimalt belastet område for arealkilder i Sarpsborg.
- Stasjon 9 : Målinger i boligområde i Fredrikstad med forurensningsbelastning hovedsakelig fra arealkilder.
- Stasjon 10 : Målinger av bakgrunnsforurensninger på sted som påvirkes i liten grad av byområdet Sarpsborg/Fredrikstad.
- Stasjon 11-17: Målinger av rutinemessig karakter som går året rundt (SO₂, med mulighet for bestemmelse av sot og bly). Stasjonene 11, 13 og 15 er vesentlig påvirket av industriutslipp. De øvrige er mest belastet av arealkilder.
- Stasjon 18 : Målinger i belastet område øst for Glomma for bedre å kunne skille mellom ulike kilder på Borregaard-området. Målingene er kommet i tillegg til det opprinnelig foreslåtte programmet.

Luftkvalitetsmålingene har omfattet en rekke stoffer. Måleprogrammet har variert fra stasjon til stasjon.

Målingene har omfattet en rekke stoffer som vist på neste side. Ikke alle stoffer er målt på alle stasjoner.

- svoveldioksid (SO_2)
- nitrogenoksider (NO , NO_x , NO_2)
- karbonmonoksid (CO)
- sot
- bly
- svevestøv (fordelt på små og større partikler)
- polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)
(opptil 34 komponenter i både gass- og partikkelfase)
- benzen og benzenderivater (toulen og xylener)

Luftkonsentrasjonene er dels registrert som gjennomsnittsverdier over 24 timer, dels som gjennomsnittsverdier over 1 time.

Korrosjonshastigheten er målt ved å eksponere plater av stål, sink, kobber og aluminium i forskjellige bestemte tidsperioder.

Korrosjonsmålingene omfattet måneds- og kvartalsvise eksponeringer av stål i henholdsvis 1 og 2 år, samt årseksponeringer av stål, sink, kobber og aluminium i 2 år. Platene ble eksponert i 45° med horisontalplanet, vendt mot sør. På stasjonene 10, 11 og 12 ble dessuten korrosjonen registrert på plater eksponert horisontalt og under tak. Utviklingen av det beskyttende patinabelegget på kobber påvirkes av forurensningsnivået. Dette ble registrert ved utstrakt fotografering hvert kvartal.

Den meteorologiske hovedstasjonen på Nordre Moum hadde et omfattende måleprogram. På de øvrige stasjonene var det kun vindmålinger.

På de meteorologiske stasjonene B-E har målingene omfattet vindretning og vindhastighet 10 meter over bakken (m.o.b.). På hovedstasjonen A er følgende parametre registrert:

- vindretning (10 og 36 m.o.b.)
- vindhastighet (10 og 36 m.o.b.)
- temperatur (3 og 10 m.o.b.)
- temperaturdifferansen mellom 36 og 10 m.o.b.
(termisk stabilitet)
- turbulens (36 m.o.b., fluktuasjon i vindretningen)
- relativ fuktighet (3 m.o.b.)

Alle meteorologiske data er lagret som gjennomsnittsverdier over 1 time.

Målinger av luftkvalitet og meteorologi er utført i perioden oktober 1981 - september 1983. For luftkvalitet var målingene mest omfattende i vinterperiodene desember-februar.

For mer detaljert beskrivelse av måleprogrammet henvises det til Delrapport A (1).

VEDLEGG C - GRENSEVERDIER FOR LUFTKVALITET

Nedenfor har en gjenqitt sammendraget i SFT-rapport nr 38: "Luftforurensninger. Virkninger på helse og miljø".

En arbeidsgruppe ble opprettet av Statens forurensningstilsyn i 1979. Gruppen har på grunnlag av litteraturstudier beskrevet sammenhengen mellom luftforurensning og skadevirkninger på helse og miljø (dose-effektforhold) for stoffene svoveldioksyd (SO₂), svevestøv, nitrogendioksyd (NO₂), karbonmonoksyd (CO), fotokjemiske oksydanter, bly og fluorider. For samtlige stoffer, unntatt bly, har gruppen angitt luftkvalitetsgrenseverdier for helsevirkninger. For noen av komponentene oppstår skade på dyr eller vegetasjon ved tilsvarende eller lavere nivåer enn for helseskade. For disse stoffer har gruppen angitt grenseverdier også for slike virkninger. Grenseverdier for vegetasjonsskade er angitt for SO₂, fotokjemiske oksydanter og fluorid og grenseverdier for skade på dyr er angitt for fluorid.

Med "grenseverdier for helsevirkninger" for et stoff menes her et eksponeringsnivå (den mengden av forurensning) som man ut fra nåværende viten antar befolkningen kan utsettes for uten at helsevirkninger forekommer. Det er regnet med samvirke mellom stoffet og vanlig forekomst av de andre omtalte forurensninger. Det er tatt hensyn til spesielt følsomme grupper i befolkningen.

Grenseverdiene for skade på vegetasjon og dyr skal oppfattes på tilsvarende måte.

Gruppens oppgave har ikke vært å legge fram forslag til nasjonale bestemmelser om luftkvalitet (normer), men å presentere det kunnskapsgrunnlag om virkninger på helse og miljø som er nødvendig for å fastsette slike bestemmelser.

Arbeidsgruppen ønsker å fremheve at dagens kunnskaper om de ovennevnte stoffers dose-effektforhold er mangelfulle. Ved valget av de foreslåtte grenseverdier er det derfor benyttet en sikkerhetsfaktor på mellom 2 og 5 for de ulike forurensningskomponenter. Dette betyr at man må opp i 2-5 ganger høyere eksponeringsnivåer enn de angitte grenseverdier før det med sikkerhet er konstatert skadelige effekter. Selv ved dette terskelnivået, er effektene på grensen av hva man kan påvise med dagens teknikk. De angitte grenseverdier bør derfor ikke tolkes slik at nivåer over grensen er definitivt farlige, mens lavere nivåer ikke kan medføre skader.

Arbeidsgruppen gjør videre oppmerksom på at forurenset luft vanligvis også inneholder andre skadelige komponenter enn de som her er omtalt. At grenseverdiene overholdes er derfor ingen garanti for at den forurensede luft er uten skadevirkninger.

I de tilfeller gruppen ikke har funnet grunnlag for å fastsette en bestemt verdi, er det angitt et konsentrasjonsområde.

I det etterfølgende oppsummeres de angitte grenseverdier i tabellform. Tallverdiene bør ikke anvendes uten at dette skjer i sammenheng med den ledsagende tekst i rapporten.

OVERSIKT OVER GRENSEVERDIER FOR LUFTKVALITET ANGITT AV ARBEIDSGRUPPEN

Stoff	Måleenhet/ metode	Virkning på	Midlingstid					
			1 h	8 h	24 h	30 d	6 mndr.	
Svoveldioksyd (SO ₂) ^{a)}	µg/m ³	Helse			100-150		40-60	
Svevestøv a)	"				100-150		40-60	
Svoveldioksyd (SO ₂)	"	Vegetasjon	150		50		25	
Nitrogendioksyd (NO ₂)	µg/m ³	Helse	200-350		100-150		75	
Karbonmonoksyd (CO)	mg/m ³	Helse	25	10				
Fotokjemiske oksydanter	µg/m ³	Helse	100-200					
"	målt ved ozon- innholdet	Vegetasjon	200					
Fluorider ^{b)}	µg F pr. m ³	Helse			25		10	
" ^{b)}		Dyr				0,2-0,4 ^{d)}		
" ^{c)}		Vegetasjon			1,0		0,3	

a) Virkningen av de to komponenter forsterker hverandre når de kommer i luften. Forslaget til grenseverdier forutsetter at den forurensede luften inneholder begge komponenter.

b) Grenseverdi for totalfluorid.

c) Grenseverdi for gassformig fluorid.

d) Utgangspunktet for luftkvalitetsgrenseverdien er at høy og beitegras bare unntaksvis bør inneholde mer enn 30 mg fluor pr. kg tørrstoff. Dette er anslått å svare til en konsentrasjon av totalfluorid av størrelsesorden 0,2 - 0,4 µg F pr. m³ luft.

Bly

For bly har gruppen ikke funnet grunnlag for å angi en grenseverdi for luftkvalitet. Årsaken til dette er at blybelastningen ved direkte innånding bare representerer en mindre del av den totale blybelastning hos en person.

Blyinnholdet i blod kan benyttes som en indikator på den samlede blybelastning. Det datamaterialet gruppen har samlet inn tyder på at nedre grense for helseeffekter ligger på følgende blod-blynivåer:

Hos barn og gravide	30-40 µg/100 ml
Hos voksne for øvrig	40-50 µg/100 ml

Utslipp av bly til luft kan føre til økt blybelastning både ved direkte innånding av bly i svevestøv og ved inntak av avsatt blyholdig støv i gater, forretninger, boliger, på gjenstander og matvarer. Især vil småbarn lett få i seg slikt blyholdig støv. Barn som vokser opp i bymiljøer der gjennomsnittskonsentrasjonene av bly i luften over lang tid er mer enn $2-3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vil ha påvisbar økning av blynivået i blodet og hos enkelte vil det forekomme blypåvirkning av betydning for helsen.

Fra St.meld. nr 51 (1984-85) "Om tiltak mot vann- og luftforurensninger og om kommunalt avfall" har en tatt med følgende om virkninger av og årsaker til luftforurensning (side 26-27):

- Svoveldioksid (SO_2) stammer først og fremst fra forbrenning av olje og kull, men også fra enkelte typer industri som treforedling, raffinerier og smelteverk. SO_2 virker irriterende på slimhinner og øker risikoen for luftveissykdommer. I høye konsentrasjoner kan SO_2 medføre økt sykkelighet og dødelighet for eldre og personer med kroniske luftveislidelser. Virkningen av SO_2 forsterkes av høye konsentrasjoner av svevestøv og sot.
- Svevestøv og sot stammer først og fremst fra forbrenningsprosesser, men i enkelte områder kan industriprosesser også gi betydelige bidrag. Særlig de minste partiklene anses å kunne gi helsevirkninger, ettersom de kan trekkes helt ned i lungene, og ofte fungerer som bærere av stoffer som virker kreftfremkallende eller kan gi arvelige skader.
- Nitrogenoksider (NO_x) kommer først og fremst fra forbrenningsprosesser, og vegtrafikk er i Norge den dominerende kilde. Produksjon av salpetersyre og kunstgjødsel medfører lokalt betydelige utslipp. Nitrogendioksid (NO_2) gir økt luftveismotstand og økt fare for luftveisinfeksjoner.
- Karbonmonoksid (kullos, CO) kommer først og fremst fra bensinbiler. Ved høye konsentrasjoner reduseres blodets evne til å ta opp oksygen. Dette medfører redusert oppmerksomhet og konsentrasjonsevne og nedsatt arbeidsevne og utholdenhet. Hjertekrampepasienter kan få økt risiko for anfall.
- Bly kan påvirke menneskers helse gjennom direkte innånding eller ved inntak av drikkevann og mat. Blyet kommer i all hovedsak fra bruk av blyholdig bensin. Bly akkumuleres i kroppen og ved lengre tids eksponering kan virkninger som endret atferd, nedsatt intelligens og fruktbarhet, anemi og økt risiko for spontan abort opptre.
- Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) slippes ut i atmosfæren fra biltrafikk, aluminiumverk, koksverk, samt anlegg for forbrenning av fossilt brensel, ved og avfall. Flere av tjærestoffene kan være kreftfremkallende.

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)
NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH

(NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FORSKNINGSRÅD)

POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM (ELVEGT. 52), NORGE

RAPPORTTYPE Oppdragsrapport	RAPPORTNR. OR 18/85	ISBN-82-7247-577-4	
DATO August 1985	ANSV. SIGN. <i>H. H. H. H.</i>	ANT. SIDER 75	PRIS kr 60,00
TITTEL Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Sarpsborg og Fredrikstad 1981-1983. Hovedrapport		PROSJEKTLEDER L.O. Hagen	
		NILU PROSJEKT NR. O-8130	
FORFATTER(E) Leif Otto Hagen		TILGJENGELIGHET A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. T. Syversen, SFT	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens forurensningstilsyn Postboks 8100, Dep 0032 Oslo 1			
3 STIKKORD (å maks. 20 anslag) Basisundersøkelse Luftforurensning Sarpsborg			
REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer) SO ₂ er det største luftforurensningsproblemet i Sarpsborg/ Fredrikstad-regionen. Grenseverdiene overskrides mest og hyppigst i Borregaards nærområde. Her er også korrosjonen betydelig høyere enn ellers i regionen. Lokale industriutslipp er hovedkilden til SO ₂ , mens biltrafikk gir størst utslipp av NO _x , CO og HC.			

TITLE Air pollution evaluation in Sarpsborg and Fredrikstad 1981-1983
ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines) The main air pollution problem in the Sarpsborg/Fredrikstad region is SO ₂ . The highest and most frequent exceedences of air quality guidelines are observed near the Borregaard pulp and paper plant. In this area the corrosion is also very high. Local industries are the main sources of SO ₂ in the area, while motor traffic is the main source of NO _x , CO ₂ and HC.

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