



Statlig program for forurensningsovervåking

RAPPORT NR 236/86

Oppdragsgiver

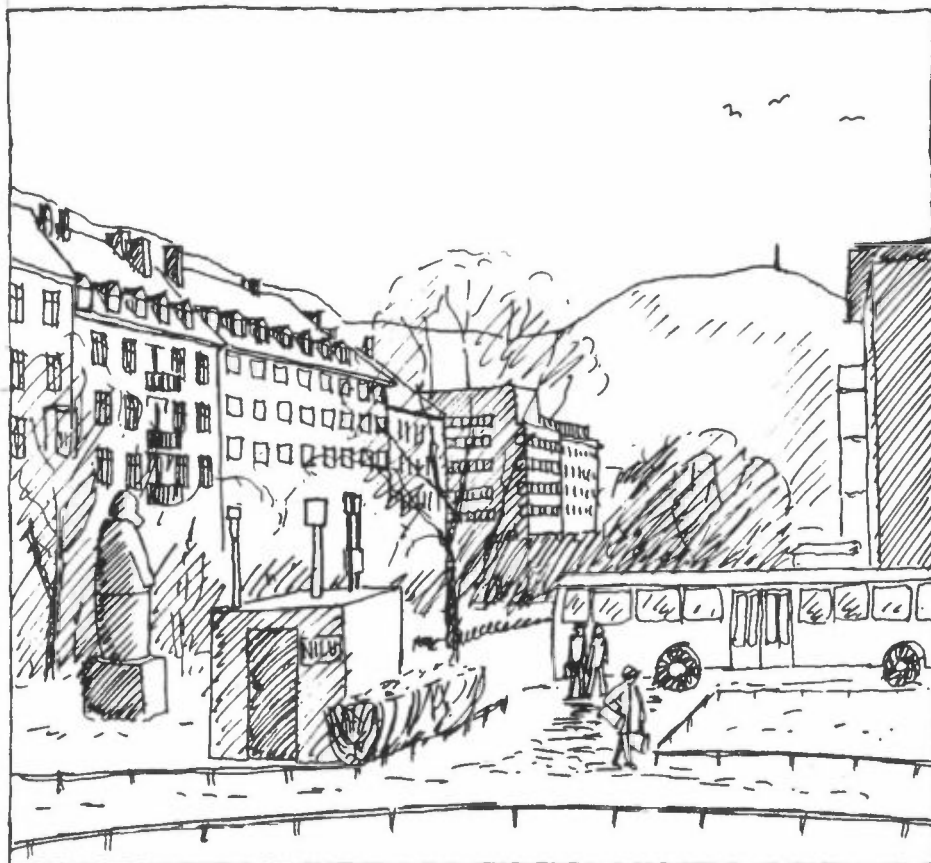
Statens forurensningstilsyn

Deltagende institusjon

NILU

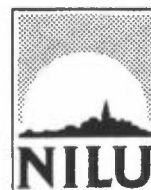
BASISUNDERSØKELSE AV LUFTKVALITETEN I BERGEN, 1983 – 1985

HOVED-
RAPPORT



Norsk institutt for luftforskning

Postboks 130 – 2001 Lillestrøm





Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder
skog**

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

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

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

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

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

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

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

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

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

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter publiseres i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo 1, tlf. 22 57 34 00.

NILU OR : 58/86
REFERANSE: O-8249
DATO : DESEMBER 1986
ISBN : 82-7247-732-7

BASISUNDERSØKELSE AV LUFTKVALITETEN
I BERGEN 1983-85

HOVEDRAPPORT

Steinar Larssen

Utført etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 64, 2001 LILLESTRØM
NORGE

FORORD

Etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) har Norsk institutt for luftforskning (NILU) gjennomført en basisundersøkelse av luftkvaliteten i Bergen i perioden 1983-1985, 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 var i hovedsak finansiert av SFT, med mindre bidrag fra NILU og Bergen kommune.

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

Resultatene av undersøkelsen dokumenteres med rapportene på listen nedenfor.

Hovedrapporten og Delrapport A er skrevet med aktive overskrifter som oppsummerer resultatene av hvert delement i undersøkelsen. Disse understrekede avsnitt gir en oversikt over hovedresultatene av undersøkelsen.

Rapportliste

Hovedrapport		SFT rapport	236/86
		NILU rapport	OR 58/86
Delrapport A.	Målinger av meteorologi og luftkvalitet. Eksponering og helsevirkninger	SFT rapport	232/86
		NILU rapport	OR 54/86
Delrapport B.	Korrosjon og miljø.	SFT rapport	233/86
		NILU rapport	OR 56/86

Delrapport C. Spredningsberegninger.	SFT rapport 234/86 NILU rapport OR 49/86
Delrapport D. Utslippskartlegging.	SFT rapport 235/86 NILU rapport OR 57/86
Datarapport I. Måleresultater januar- august 1983. Kartlegging av oljeforbruk 1982.	SFT rapport 198/85 NILU rapport OR 55/85
Datarapport II. Måleresultater september- februar 1983-84. Kartlegging av oljeforbruk 1983.	SFT rapport 212/86 NILU rapport OR 6/86
Parameterisering av nettostrålingen og den følbare varmeflux i Bergen.	NILU rapport TR 12/86
A numerical model suitable for the simulation of a broad class of circulation systems on the atmospheric mesoscale.	NILU rapport (under arbeid 1986)
Forslag til plan for basisundersøkelsen i Bergen 1983-1985.	NILU rapport OR 4/83

Rapportene kan skaffes ved henvendelse til NILU og Statens forurensningstilsyn.

Under basisundersøkelsen har NILU hatt samarbeide med og betydelig hjelp fra følgende institusjoner i Bergen:

- Geofysisk institutt ved Universitetet i Bergen,
- Kjemiavd. ved Bergen Ingeniørhøgskole,
- Helseseksjonen og Feiervesenet i Bergen kommune,
- Hordaland fylkeslaboratorium og Vervarslinga på Vestlandet.

Disse institusjonenes innsats var svært viktig for prosjektets gjennomføring og økonomi.

Statens institutt for folkehelse (SIFF) har utført vurderingen av helse-effekter. Konklusjoner og grunnlagsmateriale vedrørende helse-effekter er skrevet av laboratoriesjef Jon E. Dahl og forsker Jan Hongslo ved SIFF.

INNHOLD

	Side
FORORD	3
KONKLUSJON	7
HOVEDMOMENTER FOR KONKLUSJONEN	13
FAKTAMATERIALE 1 - Luftkvalitet	25
FAKTAMATERIALE 2 - Befolkningens eksponering for luftforurensninger	37
FAKTAMATERIALE 3 - Helsevirkninger av luftforurensningene	47
FAKTAMATERIALE 4 - Utslipp til luft	51
FAKTAMATERIALE 5 - Spredning i atmosfæren	57
FAKTAMATERIALE 6 - Atmosfærisk korrosjon og miljø	73
FAKTAMATERIALE 7 - Andre undersøkelser av luftforurensninger i Bergen	79
REFERANSER	81
VEDLEGG A - Forslag til framtidige luftforurensningsundersøkelser	85
VEDLEGG B - Prosjektbeskrivelse	91
VEDLEGG C - Grenseverdier for luftkvalitet	103

KONKLUSJON

FORURENSNINGSTYPER OG -OMFANG

Konsentrasjonen av forurensning er i Bergen høyest i vinterhalvåret. I gjennomsnitt (middelverdi for vinterhalvår) kan luften i store deler av Bergen klassifiseres som "lite" forurenset, sett i forhold til norske forslag til grenseverdier for luftkvalitet*. Deler av Bergen sentrum og Kronstad-Minde ligger på grensen mot "middels" forurenset som gjennomsnitt. Dette gjelder områder i en viss avstand fra hovedveinettet. Belter langs hovedveinettet med bredde 10-40 meter fra veikant kan klassifiseres som "middels" og "mye" forurenset avhengig av trafikkmengden på veien.

I perioder med ugunstige meteorologiske forhold kan luften i noen områder klassifiseres som "mye" forurenset. Spesielt gjelder dette deler av Bergen sentrum og Kronstad-Minde. Slike forurensningsepisoder opptrer på et antall dager om vinteren. Fra vinter til vinter kan antallet slike dager variere mellom 0 og ca 15.

De største problemene er knyttet til stoffene NO_2 og CO, samt til sot i kombinasjon med SO_2 . Tabellen på neste side viser hvor mange mennesker som bor i områder der luften var "mye" forurenset vinteren 1983-84. Figuren viser de områder som i visse perioder kan klassifiseres som "mye" forurenset med hensyn på NO_2 .

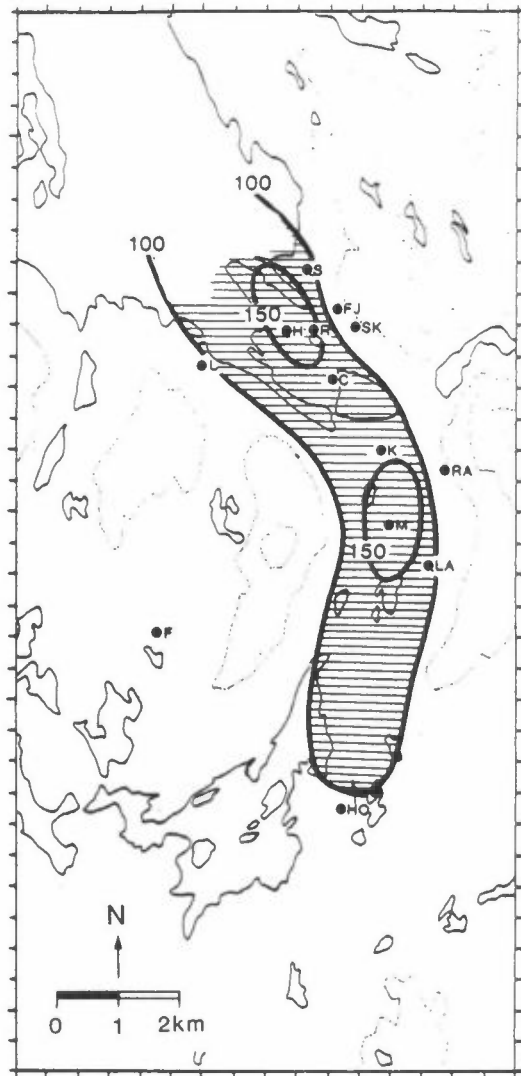
* Med grenseverdi for et stoff med hensyn på helsevirkninger menes her den mengden av forurensning som en ut fra nåværende viten antar befolkningen kan utsettes for uten at helsevirkninger forekommer.

Antall bosatte i områder der grenseverdier ble overskredet vinteren 1983-84.

Komponent	Antall bosatte
NO ₂	46.000
CO	15.000*
Sot	39.000
SO ₂	13.000
SO ₂ og sot	13.000

* Gjelder personer som bor/arbeider tett ved hovedveinettet. I tillegg vil befolkningen i deler av sentrum forøvrig oppleve overskridelser av grenseverdi i sterke forurensningsepisoder.

Det skraverte området ble vinteren 1983-84 klassifisert som mye forurenset m.h.p. NO₂.



Luftkvaliteten vinteren 1983-84 var som helhet slik en normalt vil vente. Vintre med høyere gjennomsnittlig forurensningsgrad vil inntruffe. Når det gjelder døgnverdier og kortere belastning, vil det med de nåværende utslippsforholdene bare sjelden opptre verdier som er høyere enn de en hadde under forurensningsepisodene i januar 1984. Det området som kan få overskridelser av grenseverdier vil derfor bare sjelden kunne bli større enn det skraverte området i figuren over.

Luftas samlede innhold av organiske stoffer (PAH) i Bergensområdet tilsvarer det som er registrert i andre norske byer. Noen av disse stoffene er registrert som kreftfremkallende.

Konsentrasjonen av blypartikler i luft har blitt redusert i Bergen i takt med reduksjonen i innholdet av bly i bensin. Dette har blitt redusert med vel 60% siden 1979. Blynivået i luft er en god del lavere enn utenlandske grenseverdier (norske grenseverdier er ikke foreslått) bortsett fra tett ved de sterkest trafikkerte veiene.

Kartleggingen har vært begrenset til de stoffene som er nevnt foran. Disse stoffene gir et godt grunnlag for å vurdere de kjente virkninger av luftforurensningen og de ulike kildegruppers betydning for eksponeringen.

HELSEEFFEKTER OG TRIVSELSULEMPER

Forurensningen med NO_2 og CO synes å være det som har størst helsemessig betydning. Det var langt hyppigere overskridelser av grenseverdiene for NO_2 enn det som anbefales i kommentarene til grenseverdiene, og enkelte timesverdier var på et nivå hvor det er registrert helseeffekter i kontrollerte forsøk med friske individer fra andre undersøkelser. Det er beregnet CO-konsentrasjoner langs en del gater/veier som kan gi helseeffekter hos friske mennesker, samtidig som pasienter med framskredet åreforkalkning vil kunne føle økt ubehag av sin sykdom. Det har vært enkelte overskridelser av grenseverdiene for SO_2 og sot. I slike episoder er det øket sjanse for at helseeffekter opptrer blant de mest sårbare gruppene, pasienter med hjerte- og lungelidelser og eldre.

I Bergen er det som i andre byer et merkbart støvproblem i tørre perioder om våren som i hovedsak skyldes oppvirvlet støv fra veier på grunn av piggdekkenes slitasje. Dette støvet utgjør et sjenanse- og nedsmussingsproblem. En del av det oppvirvlete veistøvet er inhalerbart.

Problemerkene med atmosfærisk korrosjon er små i Bergensområdet. Korrosjonen skyldes hovedsakelig den høye fuktbelastningen i området, og i mindre grad luftforurensningen.

FORURENSNINGSKILDER

Hovedkildene til luftforurensning i Bergen er eksosutslipp fra biler og utslipp fra oljeforbrenning. Hovedveinettet representerer en av de mest betydelige forurensningskilder. Enkelte munninger av veitunneler representerer punkter med høy forurensningsgrad og belaster nærliggende eiendommer.

Oljeforbrenning er den største SO_2 -kilden. Små fyringsanlegg med lave skorsteiner (utslipp 10-30 meter over bakken) gir totalt sett større utslipp enn de større forbrenningsanlegg tilsammen. Utslipp fra industrivirksomhet gir totalt sett mindre bidrag til SO_2 og sot. Noen av de største fyringsanleggene gir imidlertid i enkelte situasjoner betydelige forurensningsbidrag i sine nærområder.

Sjøpelforbrenning er totalt sett av mindre betydning for luftkvaliteten i Bergen, men gir i noen tilfeller merkbar innvirkning på luftkvaliteten i nærområder ved kildene.

Vedfyring gir bidrag til luftas innhold av sot og støv, anslått til ca. 10% av samlet utslipp fra bileksos og olje/koks-fyring.

Biltrafikken gir det største bidraget til luftens samlede innhold av organiske stoffer (PAH). Også fyring med ved og kull/koks gir vesentlige bidrag til utslippene av slike stoffer.

Tabellen på neste side gir et anslag over hvor mye den enkelte hovedkildetype betyr for eksponeringen for noen forurensningskomponenter.

Når det gjelder svevestøv er trolig veistøv den største kilden, fulgt av bensinbiler, dieselbiler, olje og koks, og ved.

Kildenes bidrag (anslag i prosent) til eksponeringen i 1983-84.

Kildetype	NO ₂	CO	Sot	SO ₂
Bensin	90*	95	10	0
Diesel		0-5	45	20
Olje og koks	10	0-5	35	80
Ved	-	-	10	-

* Anslagsvis halvparten av hver på bensin og diesel

VIDERE OVERVÅKING OG UNDERSØKELSER

Det foreslås at den rutinemessige overvåkingen av luftkvalitet i Bergen fortsetter med tre målestasjoner. Måleprogrammet foreslås utvidet til å omfatte NO₂ og svevestøv i tillegg til SO₂, sot og bly som nå måles. En av målestasjonene foreslås flyttet til et trafikk-eksponert område i sentrum. På denne stasjonen bør måleprogrammet også omfatte CO, NO_x og NO₂.

Etter basisundersøkelsen er det behov for følgende undersøkelser i området:

- Kartlegging av vindforholdene i Kronstad-Minde-området.
- Undersøkelse av trafikkavviklingsforholdene i sentrumsområdet.
- Videre beregninger med dynamisk spredningsmodell for forurensningsepisoder.
- Jevnlig oppdatering av utslippsoversikter.
- Beregning av virkningene av planlagt nytt hovedveisystem på luftkvaliteten.

HOVEDMOMENTER FOR KONKLUSJONEN

LUFTKVALITET

Luftkvalitet og meteorologiske forhold ble målt i perioden januar 1983 til februar 1984 (Faktamateriale 1). Svoveldioksid (SO_2) og sotinnholdet i svevestøv er forøvrig målt på 3 faste overvåkningsstasjoner siden 1970. Blymålinger startet i 1977. Prosjektbeskrivelse av basisundersøkelsen er gitt i Vedlegg B.

Det gjennomsnittlige forurensningsnivået er om vinteren høyest over Bergen sentrum og oppover Bergensdalen til Minde. De mest forurensete områdene er nordvest for Lille Lungegårdsvann og på Kronstad-Minde, samt belter langs de mest trafikkerte veiene. Laksevåg og Sandviken og i større grad høyereliggende områder er mindre forurenset enn sentrum. Forurensningen avtar også raskt sørover Bergensdalen fra Minde.

Forurensningen av SO_2 og sot er redusert vesentlig siden begynnelsen av 70-årene, som et resultat av reduksjon i oljeforbruket. Forurensningen fra biltrafikk (CO , NO_x , NO_2) har økt siden da. Blyforurensningen er blitt mer enn halvert siden 1980, på grunn av reduksjonen i blytilsetning i bensin fra ca. 0.4 g/l til ca. 0.15 g/l.

Det gjennomsnittlige forurensningsnivå i Bergen (gjennomsnitt over vinterhalvår) ligger lavere enn foreslåtte norske grenseverdier for luftkvalitet satt ut fra helsevirkninger (om grenseverdier, se Vedlegg C). SO_2 -nivået ligger under halvparten av grenseverdien, sot-nivået på noe over halvparten og NO_2 -nivået opp mot 75% av grenseverdien.

Grenseverdi for middelverdier over 1 døgn eller kortere blir imidlertid overskredet i Bergen med en hyppighet som avhenger av hyppigheten av perioder med stille, klart vær om vinteren. Vinteren 1983-84 var det i alt 7 døgn med overskridelse av minst ett stoff på minst én målestasjon.

Tabellen på neste side viser omfanget av overskridelser av NO_2 -, sot- og SO_2 -grenseverdier vinteren 1983-84. Vinteren 1983 var

overskridelsene av mindre omfang (se detaljer i Faktamateriale 1). Overskridelsene vinteren 1983-84 skjedde i forbindelse med 3 perioder på 2-3 dager i desember og januar.

Oversikt over omfang av overskridelser av foreslåtte grenseverdier (døgnmiddelverdi) for NO_2 , sot og SO_2 vinteren 1983-84.

Stoff	Sentrum		Kronstad - Minde	
	Antall døgn over nedre grenseverdi	Høyest målte verdi dividert med grenseverdien	Antall døgn over nedre grenseverdi	Høyest målte verdi dividert med grenseverdien
NO_2	4-7	1.8	7	1.9
Sot	3	1.4	7	1.8
SO_2	1	1.1	2	1.1

Overskridelser av grenseverdiene var størst for NO_2 og sot. Amerikanske og EF-grenseverdier for bly ble ikke overskredet på noen av målestasjonene. Overskridelser av bly kan imidlertid forekomme langs de sterkest trafikkerte veiene.

På hovedmålestasjonen i Teaterparken ble det også utført målinger av CO og NO_2 med kontinuerlig registrerende instrumenter. Her ble også korttidsgrenseverdier for NO_2 (timesmiddelverdi) og CO (8-timers middelverdi) overskredet 5 av dagene i måleperioden. Disse målingene indikerer at slike grenseverdier overskrides i områder langs en rekke av de mest trafikkerte gatene i Bergen. Beregninger som er utført for hele gatenettet ga som resultat at grenseverdien for CO til tider overskrides på fortau langs tilsammen 16 km fortaustrekning langs gater med sammenhengende fasaderekker i sentrum, og i tillegg langs anslagsvis 50 km fortau langs veier med spredt bebyggelse (se Faktamateriale 5).

Målestasjonene var plassert slik at de skulle gi et representativt mål for forurensningen i området nær stasjonene. Noen av stasjonene var eksponert for bilforurensning fra sterkt trafikkerte veier 30-40 meter fra stasjonene. I områder enda nærmere de sterkest trafikkerte veiene vil overskridelser av grenseverdier for CO, NO_2 og sot være større enn der målestasjonene var plassert.

Vinteren 1982-83 hadde mindre forurensning fordi spredningsforholdene var bedre og temperaturen høyere enn normalt. Om sommeren var forurensningsnivået mindre enn halvparten av vinter-nivået bortsett fra nitrogendioksid (NO_2), som var bare 20-30% lavere om sommeren enn om vinteren.

I Bergen sentrum er forurensningen fra fyringsutslipp (representert ved SO_2) vesentlig lavere enn på målestasjoner i sentrum av Oslo, Sarpsborg og Fredrikstad. Forurensningen fra biltrafikk (representert ved CO og NO_x) på stasjonen i Teaterparken var i 1983-84 imidlertid større enn på tilsvarende målestasjoner i sentrum av Oslo og Fredrikstad (i 1982-83).

EKSPONERING

På grunnlag av luftkvalitetsmålinger, spredningsberegninger og data for bosettingsfordelingen i området er det beregnet hvor mange mennesker som bor i områder med konsentrasjoner av forurensninger over visse nivåer (se Faktamateriale 2).

Tabellen på neste side gir en oversikt over beregnet omfang av befolkningens eksponering for luftforurensning over foreslåtte grenseverdier.

I tillegg til disse kommer en del personer, høyst 4-5000, som bor nær (<20-30 meter fra) sterkt trafikkerte innfartsårer utenfor sentrum. Også 1-times grenseverdi for NO_2 overskrides sannsynligvis i vesentlige deler av sentrum og opp dalen til Minde. CO-overskridelsene skjer hovedsakelig i områder nær hovedveinettet i sentrumsområdet (se figur 23), samt generelt i sentrum i sterke forurensningsepisoder.

15-20.000 personer reiser hver dag inn til sentrum. I tillegg til det som er angitt i tabellen, vil en del av disse på reise til/fra sentrum i bil eller buss oppleve overskridelser av korttidsgrenseverdier (middelverdi over 1 time) for CO og NO_2 .

Oversikt over beregnet omfang av befolkningens eksponering til luftforurensning over foreslåtte grenseverdier. Tabellen gjelder døgnmiddelverdier vinteren 1983-84.

Stoff	Omfang av overskridelser av nedre grenseverdi		Antall bosatte i områder der nedre og øvre grenseverdier ble overskredet	
	Antall dager over verdien	Maksimal verdien dividert med grenseverdien	Nedre grenseverdi	Øvre grenseverdi
NO ₂	7	1.9	46.000	13.000
Sot	7	1.8	39.000	10.000
CO	5	1.4		15.000
SO ₂	2	1.1	13.000	0
SO ₂ og sot samtidig			13.000	0

* For SO₂, sot og NO₂ er det gitt to grenseverdier, en lav (nedre) og en høy (øvre), se vedlegg C.

For SO₂ og sot er det lagt vekt på samtidig forekomst av høye konsentrasjoner av begge stoffer, da det er antatt at de forsterker hverandre med hensyn til mulige helsevirkninger. SO₂-forurensningen i Bergen er lav, og omfanget av samtidige overskridelser av grenseverdier for sot og SO₂ er relativt lite.

VIRKNINGER PÅ HELSE OG TRIVSEL

Det ble registrert et relativt høyt halvårsmiddelnivå av NO₂ samtidig som det under vintermånedene var flere episoder med overskridelser av times- og døgnmiddelverdier. Enkelte timesmiddelverdier lå på et nivå hvor det er registrert helseeffekter i kontrollerte forsøk med mennesker. Det var langt hyppigere overskridelser av grenseverdiene enn det som anbefales i kommentarer til disse. Disse høye verdiene opptrer i områder hvor det tilsammen bor ca 50.000 mennesker. Vi finner at NO₂-forurensningen i Bergensområdet ligger på et helsemessig betenkelig nøytt nivå.

Beregninger av CO-nivåer langs gater/veier i Bergensområdet viser at de maksimale 8-timers middelverdier kan bli relativt høye, noe som

tildels bekreftes av målingene. Ca 10.000 mennesker bor og oppholder seg langs veier med CO-konsentrasjoner som kan forventes å gi helseeffekter hos friske individer og at pasienter med fremskreden åreforkalkning vil oppleve øket ubehag av sin tilstand. Imidlertid vet man ikke hvor ofte slike høye verdier opptrer. Vi er likevel noe betenkt over forurensningen med CO i Bergensområdet.

Vurdert mot de gjeldende forslag til grenseverdier for luftkvalitet synes forurensningen av SO₂ og sot i Bergensområdet ikke å representere noen helsefare for befolkningen i området. Det har imidlertid vært enkelte døgnmiddelverdier av SO₂ og sot over grenseverdi. Spesielt utsatte grupper (eldre med hjerte- og lungelidelser, astmatikere) vil kunne ha øket ubehag av sin sykdom ved slike verdier av luftforurensning.

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er en generell miljøforurensning. Nivåene i Bergensområdet tilsvarer det som er registrert i andre norske byer. PAH-eksponering er satt i forbindelse med kreftutvikling, og spesielt er enkelte PAH-forbindelser vist å være kreftfremkallende i forsøk med dyr. Det er imidlertid svært vanskelig å vurdere hvilken helsemessig betydning PAH-luftforurensning spiller. Trolig vil en høyere PAH-eksponering i byer og tettsteder kunne være en av flere faktorer som er med på å forklare en høyere lungekreftfrekvens blant by- befolkningen sammenlignet med dem som bor på landsbygda.

Det er i Bergen et påtakelig støvproblem i tørre perioder om våren. Dette skyldes vindens og trafikkens oppvirvling av tørt bakkestøv og veistøv. I slike tørre episoder dannes det brunlig dis over hele sentrumsområdet. Tilsvarende forhold observeres også f.eks. i Oslo. At denne forurensning spres relativt effektivt opp til minst 50 meters høyde dokumenteres av målinger utført på taket av Rådhuset.

I hovedsak består det vindblåste støvet av partikler som er for store til at de inhaleres, men oppvirvlet støv fra veiene gir også et merkbart bidrag til inhalerbart støv. Konsentrasjonen av inhalerbart svevestøv er om våren ikke større enn om vinteren fordi spredningsforholdene er bedre om våren. Støvforurensningen i tørre perioder

representerer et betydelig sjenanse- og nedsmussingsproblem. Undersøkelser av mulig helseeffekt av slitasjestøv fra veidekke er i gang.

Det kan være problemer med lukt og støv i nærheten av enkelte industrianlegg.

ØVRIGE MILJØVIRKNINGER

Problemene med atmosfærisk korrosjon er små i Bergensområdet (Faktamateriale 6). Korrosjonshastigheten er noe høyere enn i bakgrunnsområdet ved Sarpsborg-Fredrikstad og noe lavere enn i sentrum av Sarpsborg og Fredrikstad (når en ser bort fra Borregaard). Atmosfærisk korrosjon i Bergen skyldes hovedsakelig den høye fuktbelastningen i området, og i mindre grad forurensningen.

Grenseverdiene for SO_2 som er foreslått ut fra virkningene på vegetasjon er klart lavere enn grenseverdiene for helsevirkninger (Vedlegg C). SO_2 -grenseverdiene for skader på vegetasjon overskrides i Bergen sentrum og Kronstad- Minde om vinteren, men ikke om sommeren. Overskridelser kan også intreffe i nærområdet ved noen av de større industribedrifter.

FORURENSNINGSKILDER

Hovedårsaken til luftforurensningsproblemene i Bergen er lokale utslipp. I basisundersøkelsen var en av hovedoppgavene å kartlegge utslippene og undersøke de ulike kildetyper bidrag til forurensningen. Utslippene er fordelt i 500-meter-ruter over hele prosjektområdet. (Faktamateriale 4).

Oljeforbrenning er hovedkilden til SO_2 . Små fyringsanlegg gir totalt sett større utslipp enn de større forbrenningsanlegg tilsammen. Biltrafikken gir det aller meste av NO_x - og CO-utslippet. Biltrafikken er også hovedkilden til svevestøv og sot (spesielt dieserbiler), men her gir også små fyringsanlegg et betydelig bidrag.

Tabellen under gir en oversikt over utslippene fra biltrafikken og forurensning av oljeprodukter og kull/koks (relative bidrag).

Beregnete utslippsbidrag i prosjektområdet i Bergen, 1983 (prosent).

Kilde	SO ₂	NOx	CO	Partikler	Sot
<u>Biltrafikk</u>					
- Bensin	2	46	95	37	9
- Diesel	15	46	2.5	30	44
<u>Forbrenning av olje, parafin, kull/koks</u>					
Småforbrukere olje, parafin, kull/ koks	52	5] 2.5	27	39
Større forbrukere (>500 m ³ /år)*					
- Lettoljer*	11	1		1	1
- Tungoljer**	20	2		5	7

* Oljetyper 1, 2, 3A, 4A (lett fyringsolje og tungdistillat)

** Oljetyper 6LS og 6NS (lavsvovlig og normalsvovlig tungolje)

Mens fyringsutslippets største bidrag til forurensningsbelastningen skjer gjennom utslipp fra mindre fyringsanlegg fordelt over større områder, er eksosutslippet fra biler konsentrert langs gatene og veiene. Ca. 70% av eksosutslippet skjer på innfartsårene og hovedveinettet for øvrig. Dette innebærer at hovedveinettet representerer en av de mest betydelige forurensningskildene i Bergen.

Samlet SO₂-utslipp i Hordaland fylke er redusert med ca. 60% fra 1973-75 til 1982-84, fordi oljeforbruket er gått ned. Biltrafikkens utslipp av både CO og NOx var noe høyere i 1982-84 enn i 1973-75. NOx-utslippet har økt jevnt hele tiden, både fordi trafikkarbeidet har økt, og fordi utslippet pr kjørt km har økt. En venter at denne utviklingen vil fortsette inntil eventuelle strengere avgass-krav får gjennomslag i bilparken. Samlet CO-utslipp økte fra 1973 til omtrent 1978. Senere har CO-utslippet blitt redusert fordi den motortekniske

utvikling har gitt stadig lavere CO-utslipp pr kjørt kilometer. Denne utvikling ventes å fortsette, og vil forsterkes av eventuelle strengere avgass-krav for bensinbiler.

På grunnlag av utslippsoversikten er forurensningen over hele prosjektområdet beregnet ved hjelp av spredningsmodeller og meteorologiske måledata. Beregningene viser at hovedbidraget til forurensning i luft fra oljeforbrenning skyldes utslipp fra små fyringsanlegg med lave skorsteiner (utslipp 10-30 meter over bakken).

De fleste større oljefyringsanlegg gir hver for seg bare små bidrag til luftforurensningen. Noen av anleggene gir imidlertid betydelige forurensningsbidrag i sine nærområder, både når det gjelder gjennomsnittlig langtidsbelastning og kortvarige høye forurensningstopper.

SPREDNING AV LUFTFORURENSNINGER I BERGEN

Den kompliserte topografi i Bergen påvirker spredningsforholdene. En av årsakene til å utføre en basisundersøkelse i Bergen var å gi mulighet for å utvikle beregningsmetoder for spredning av utslipp til luft (spredningsmodeller) i områder med komplisert topografi.

Spredningen av utslippene bestemmes i stor grad av vindfordelingen i området i det bakkenære sjikt opp til ca 50 meter. Om vinteren er sørøstlig vind dominerende i kyststrøkene på Vestlandet. Topografien i Bergen kanalisierer vinden nordover gjennom Bergensdalen og mot nordvest ut over sentrum.

Når det opptrer kraftig temperaturinversjon (kaldere ved bakken enn høyere oppe), fører dette i kombinasjon med bratte fjellsider til stagnerende vind og opphopning av forurensninger i dalene. De bratte fjellssidene og en rekke større og mindre kløfter (særlig Isdalen) gir likevel opphav til et komplisert system av fallvinder (drenasjevinder) som gir en viss utlufting. Også den åpne fjorden forårsaker utlufting på grunn av god vertikalutveksling i kombinasjon med fralandsvind.

Konsentrasjoner av forurensninger i luft ble beregnet på grunnlag av data for utslipp og spredningsforhold (Faktamateriale 5). Spredningsmodellene ble modifisert for å ta hensyn til topografien i området.

USIKKERHETER. BEHOV FOR VIDERE ARBEID

Spredningsberegningene for langtids middelveidier av SO₂ ga rimelig god overensstemmelse med målingene. Både målinger og beregninger ga noe lavere konsentrasjoner vinteren 1982-83 enn vinteren 1983-84. Dette skyldes at spredningsforholdene i gjennomsnitt var noe bedre den første vinteren, og at SO₂-utslippet var noe mindre på grunn av høyere temperatur.

Det største avviket mellom målinger og beregninger av SO₂ ble registrert i området Kronstad-Minde, der målte gjennomsnittskonsentrasjoner vinteren 1983-84 var ca. 20 µg/m³, mens beregningen ga ca. 15 µg/m³. Vindmålingene tyder på at det er spesielle vindforhold i dette området på grunn av drenasjevind ned Isdalen og ut over Svartediket. For å få bedre overensstemmelse mellom beregninger og målinger i dette området, bør lokale utslipp og vindforhold studeres i større detalj.

Beregningene gir gjennomsnittskonsentrasjoner i 500 meter-ruter. Utslippene fra biltrafikken er konsentrert langs gater med en avstand seg imellom på typisk 50-100 meter i sentrum. Det er derfor vanskelig å finne et målepunkt som kan representere gjennomsnittsnivået for eksosforurensninger innen en rute. Avviket mellom målte og beregnede verdier av CO og NO_x, tyder på at beregningene undervurderer bilforurensningen. Årsaken til dette kan dels ligge i usikkerhet i de utslippsfaktorene som er benyttet. Det er også knyttet usikkerheter til hvor stor den reelle trafikkhastigheten er i gjennomsnitt over sentrumsområdene (vi har regnet med 30 km/h i gjennomsnitt, med 20 km/h i rushtiden) samt til hvordan utslippet av CO og NO_x varierer med lufttemperaturen.

Det er derfor nødvendig å skaffe bedre data for trafikkforholdene i Bergen. Likeledes er det viktig å få klargjort hvor stor temperatur-effekten er på NO_x-utslippet fra biltrafikken.

En medvirkende årsak til at det beregnes for lave konsentrasjoner av CO, NO_x og andre stoffer i bileksos kan også være at spredningen av eksos fra veiene er noe mindre effektiv enn det som er innebygd i modellene. Det pågår forskning for å søke å forbedre spredningsbeskrivelsen av utslipp fra biltrafikk i byområder (10-100 meter fra veibanen).

Beregning av forurensningen av NO₂ over Bergen forutsetter kunnskap om NO₂ - andelen av NO_x over byområdet. Overgangen fra NO til NO₂ kan representere en feilkilde i beregningene. Undersøkelser er planlagt for å beskrive NO-NO₂ - overgangen og betydningen av temperatur, solstråling og oppholdstid.

Beregningene av vindfelt og forurensningsfordeling i episoder med svak vind, inversjon og høy forurensning ble utført med en nylig utviklet dynamisk modell. Denne modellen gir muligheter til å beregne spredning i områder med store variasjoner i topografi og i beskaffenhet (by, land, skog, sjø osv.). Variasjonene er betydelige i Bergensområdet, og de bør tas hensyn til ved vurdering av nye forurensende utslipp. De beregninger som er gjort i Bergen er den første anvendelse av modellen, og det er oppnådd erfaring som man bør utnytte ved senere anvendelser. Beregningene i Bergen bør videreføres ved å modifisere det vindfeltet modellen gir ved hjelp av de observerte bakkevinder.

Når det gjelder befolkningens eksponering for forurensninger er det knyttet minst usikkerhet til resultatene for SO₂, sot og NO₂. Eksponeringsdataene for CO langs trafikkerte veier er mer usikre. Dette skyldes at det er store gradienter i forurensningsnivået langs veiene og at estimatet av antallet beboere/arbeidende i ulike områder langs veiene er usikkert.

De nåværende rutinemessige målingene av luftkvalitet i Bergen bør fortsette. En bør fortsatt ha tre stasjoner for luftkvalitet, men plassering av stasjoner bør vurderes (Vedlegg A). I tillegg foreslår vi å utvide måleprogrammet til å omfatte NO₂ og svevestøv. Basisundersøkelsen har vist at NO₂ sammen med svevestøv representerer det største luftforurensningsproblemet i Bergen. Vi foreslår å opprette en målestasjon i et trafikkeksponert område i sentrum med et måleprogram

som er tilpasset overvåking av eksosforurensningen fra biler som er hovedkilden til luftforurensningen i Bergen. Utslippene i området bør oppdateres med visse mellomrom (f.eks. hvert femte år).

Planene for et vesentlig forbedret hovedveinett i Bergen vil føre til endringer i utslippene fra biltrafikken. De grunnlagsdata og det beregningsapparat som er bygd opp i løpet av basisundersøkelsen gjør det mulig å beregne hvilke endringer dette vil gi i utslipp og forurensningsforhold i Bergen generelt og langs veinettet.

FAKTAMATERIALE 1 - LUFTKVALITET

Målinger av luftkvalitet under basisundersøkelsen i Bergen ble utført på ialt 15 stasjoner i perioden januar 1983-februar 1984.

Figur B1 (side 96) viser prosjektområdet med målestasjonene innplassert. Målingene har omfattet stoffene svoveldioksid (SO_2), nitrogenoksider (NO , NO_2 , NO_x), karbonmonoksid (CO), svevestøv, sot, bly og polysykliske aromatiske hydro- karboner (PAH) på følgende antall stasjoner:

Komponent	Ant. stasjoner	Komponent	Ant. stasjoner
SO_2	15	NO , NO_x	1
Sot	15	CO	1
Bly	15	Svevestøv	5
NO_2	8	PAH	2

Konsentrasjonene av disse stoffene i luft er i hovedsak målt som gjennomsnittsverdier over 24 timer. Målestasjonen i Teaterparken ved Den nasjonale scene (hovedstasjonen, DNS) var den mest omfattende utstyrte målestasjon. Der ble det i tillegg utført målinger av CO , NO , NO_x og SO_2 med kontinuerlig registrerende instrumenter.

Det ble utført målinger i to vinterperioder (januar-februar 1983 og november-februar 1983-84) og i en sommerperiode (mai-juni 1983). Måleprogrammet er beskrevet i mer detalj i Vedlegg B.

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

Grenseverdier for SO_2 , NO_2 , sot og CO ble overskredet på de fleste målestasjonene i Bergen sentrum og sørover til Minde. Overskridelsene var størst for NO_2 , sot og CO. Vinteren 1983-84 hadde større og hyppigere overskridelser enn vinterperioden januar-februar 1983.

Tabell 1 viser antall dager med overskridelse av nedre grenseverdi for døgngjennomsnitt av SO_2 , NO_2 , sot og 8-timers middelvei av CO i de to vinterperiodene. Overskridelsene skjedde på stasjoner i Bergen sentrum og sørover Bergensdalen til Minde, mens Sandviken og Laksevåg stort sett gikk fri for overskridelser. På stasjonene lenger sør, stasjonene oppe i åssidene og i Fyllingsdalen var forurensningsnivået stort sett en god del lavere enn grenseverdiene.

Grenseverdiene for sot og NO_2 ble overskredet opptil 7 dager i løpet av 4-månedersperioden november 1983-februar 1984, mens SO_2 -grenseverdien ble overskredet bare opptil 2 dager. I den første vinterperioden var overskridelsene mindre hyppige.

Tabell 2 viser hvor mye de enkelte grenseverdiene ble overskredet. Grenseverdiene for SO_2 ble overskredet bare i liten grad. Høyeste NO_2 -konsentrasjoner var imidlertid ca. 85-90% høyere enn og mer enn 200% høyere enn grenseverdiene for henholdsvis døgnmiddelvei og timesmiddelvei. Høyeste døgnverdi av sot var 75% høyere enn grenseverdien. Høyeste 8-timers CO-verdi var 40% høyere enn grenseverdien.

Forurensningsforholdene som ble målt i vinterperioden 1983-84 var jevnt over slik en normalt vil vente, forutsatt uendrete utslipp. Januar 1984 var imidlertid 1.3°C kaldere og mer forurenset enn normalt.

Tabell 3 viser avviket fra normal temperatur og vindstyrke i de vintermånedene målinger av luftkvalitet og meteorologi er foretatt.

Vinteren 1982-83 (november-februar) var som helhet mildere enn normalt og med større vindstyrke enn normalt. Dette ga mindre oljefyringsutslipp og bedre spredningsforhold enn normalt, og derved også mindre forurensning.

Tabell 1: Antall dager med overskridelser av nedre grenseverdi for døgngjennomsnitt av SO₂, NO₂ og sot og av 8-timers grenseverdi for CO. (- betyr² at målinger ikke er utført.

Stasjon	SO ₂		NO ₂		Sot		CO	
	Jan-feb	Nov-feb	Jan-feb	Nov-feb	Jan-feb	Nov-feb	Jan-feb	Nov-feb
	1983	1983-84	1983	1983-84	1983	1983-84	1983	1983-84
Sandviken	0	0	0	1	0	0	-	-
Laksevåg	0	0	-	-*	0	0	-	-
DNS	0	1	1	4*	0	3	0	5
Rådhuset	0	1	4	4	0	3	-	-
CMI	0	1	0	2	2	6	-	-
Kronstad	0	0	-	-	2	6	-	-
Minde	0	2	0	7	1	7	-	-
Fjellien	0	-	-	-	0	-	-	-
Skansemyren	0	-	0	-	0	-	-	-
Landås	0	0	-	-	0	3	-	-
Hop	0	0	0	0	0	0	-	-
Fyllingsdalen	-	0	-	-	-	0	-	-
Ravneberget	0	0	-	-	0	0	-	-

* Data mangler for en to-ukes-periode i januar, da forurensningen var høy.

Tabell 2: Forholdet mellom høyeste målte verdier av SO₂, NO₂, sot, bly og CO og deres grenseverdier:

SO₂, NO₂, sot: Nedre grenseverdi

Bly : Tysk grenseverdi for døgn: 3.0 µg/m³

Stasjon	SO ₂ døgn	NO ₂ døgn	NO ₂ time	Sot døgn	Bly døgn	CO 8 timer
Sandviken	0.75	1.04		0.79	0.16	
Laksevåg	0.63			0.61	0.12	
DNS	1.03	1.84	3.2	1.29	0.24	1.40
Rådhuset	1.08	1.52		1.36	0.21	
CMI	1.11	1.29		1.68	0.28	
Kronstad	0.91			1.33	0.17	
Minde	1.14	1.88		1.75	0.45	
Fjellien	0.38			0.39		
Skansemyren	0.31	0.24		0.28		
Landås	0.56			1.15	0.31	
Hop	0.47	0.96		0.66	0.14	
Fyllingsdalen	0.22			0.62	0.22	
Ravneberget	0.27			0.21	0.04	

Vinteren 1983-84 var i gjennomsnitt omtrent som normalt, men januar var kald. Vindstyrken var omtrent som normalt. Forurensningsforholdene denne vinteren var derved omtrent slik en vil vente i et normalår. Dette gjelder også antall forurensningsepisoder. I november 1983-februar 1984 var det 8-9 dager som kan karakteriseres som forurensningsepisoder med svak vind, lav temperatur og høy forurensningsgrad. Dette svarer omtrent til det gjennomsnittlige antall slike episoder en hadde om vinteren i årene 1971-82.

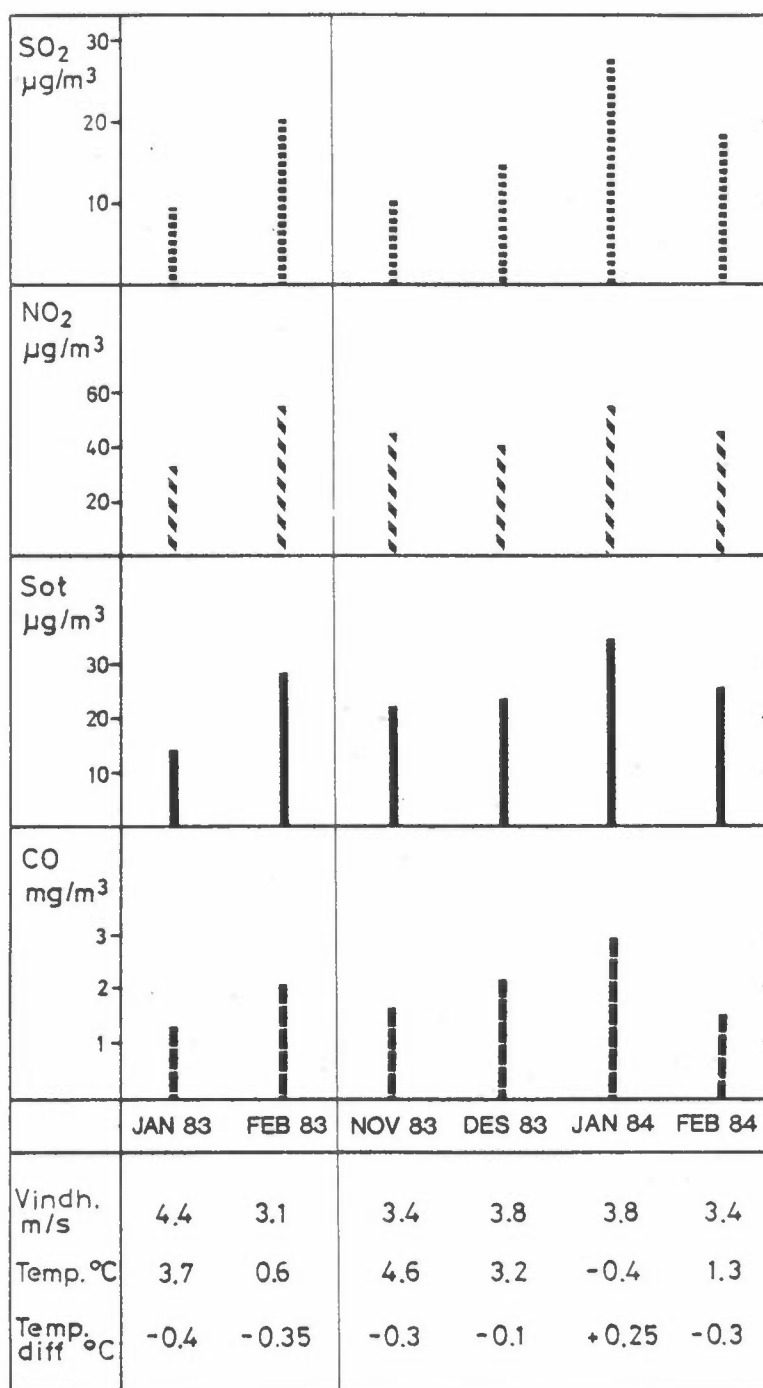
Tabell 3: Avvik fra normal temperatur ($^{\circ}\text{C}$) og vindstyrke (m/s) på stasjon Florida.

	Nov.	Des.	Jan.	Feb.	Nov.-Feb.
1982-83 Temperatur	+0.4	+0.3	+2.7	-0.1	+0.8
Vindstyrke	+0.5	+0.3	+0.7	+0.1	+0.35
1983-84 Temperatur	-0.7	+0.1	-1.3	+0.6	-0.3
Vindstyrke	+0.1	+0.1	+0.2	+0.1	+0.1

Januar 1984, som var den kaldeste vintermåneden, hadde 3 ganger høyere SO_2 -forurensning og 2,5 ganger høyere sot og CO enn januar 1983, som var den mildeste og mest vindfulle vintermåneden i måleperioden.

Januar 1984 var den mest forurensede måneden i måleperioden (figur 1). Dette gjaldt både forurensning fra oljefyring (f.eks. SO_2) og fra biltrafikk (f.eks. CO). Januar 1984 var også den kaldeste vintermåneden, mens vindstyrken var omtrent som normalt. Det var stabil temperatursjikting det meste av måneden i det nærmeste sjiktet over bakken (0-40 meter). Dette gir dårlig vertikalspredning av forurensning og derved forhøyete konsentrasjoner.

Januar 1983 var den minst forurensede vintermåneden. Vindstyrken var høyere enn normalt, og temperaturen 4°C høyere enn i januar 1984. Det var i gjennomsnitt nøytral sjikting nær bakken og gode spredningsforhold.



Figur 1: Månedsverdier av forurensning (Sentrum-Kronstad-Minde) og meteorologiske forhold (Florida) i vintermånedene 1983 og 1984.

Konsentrasjonen av svoveldioksid og sot i Bergen er jevnt redusert siden begynnelsen av 1970-årene. Årsaken er reduksjon i oljeforbruket. NOx-forurensning fra biltrafikk har ikke blitt redusert nevneverdig i samme tidsrom. Forurensningen langs innfartsårene og hovedgatene i sentrum har stort sett økt på grunn av økning i trafikkmengden. Et unntak er blyforurensning, som er sterkt redusert.

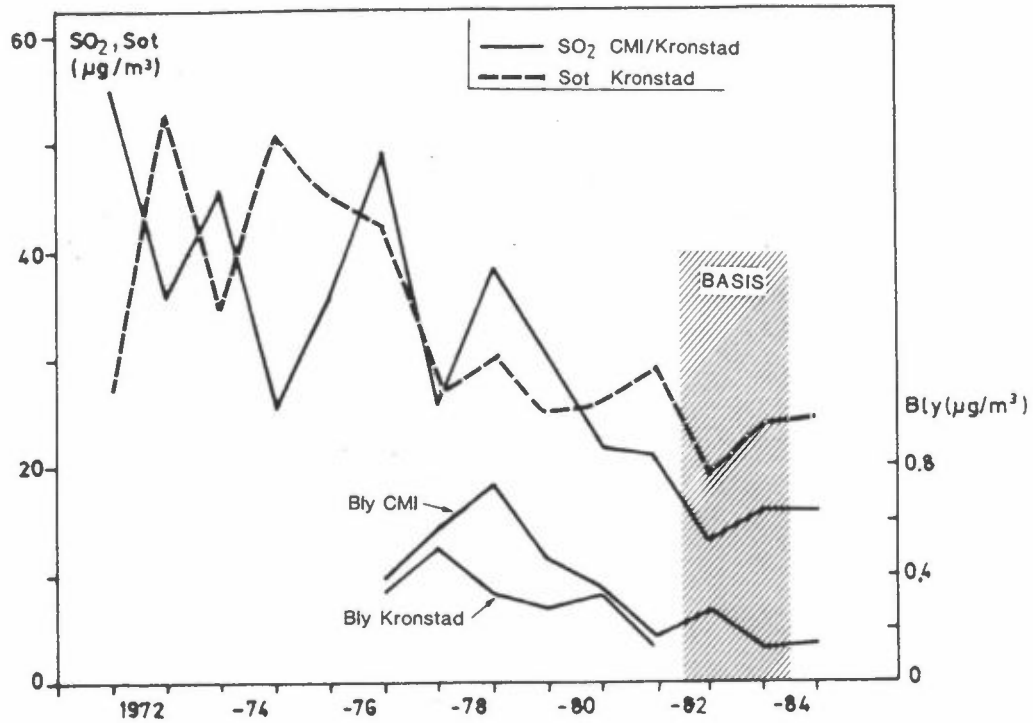
På de faste målestasjonene CMI og Kronstad har SO₂- og sot-konsentrasjonen blitt redusert betydelig siden 1971, da målingene startet (figur 2). SO₂-nivået i dag er ca. en tredjedel av nivået i begynnelsen av 70-årene, mens sot-nivået er redusert til det halve. SO₂-reduksjonen i Bergen skyldes dels redusert forbruk av lette oljetyper, men sannsynligvis også at tungoljeforbruket i middelstore fyringsanlegg er blitt betydelig redusert (figur 3). De store variasjonene i SO₂-konsentrasjonen fra år til år skyldes virkningen av forskjeller i meteorologiske forhold.

Reduksjonen i sot-konsentrasjonen har vært mindre enn SO₂-reduksjonen. Dette skyldes at biltrafikkens vesentlige bidrag til sot ikke er redusert.

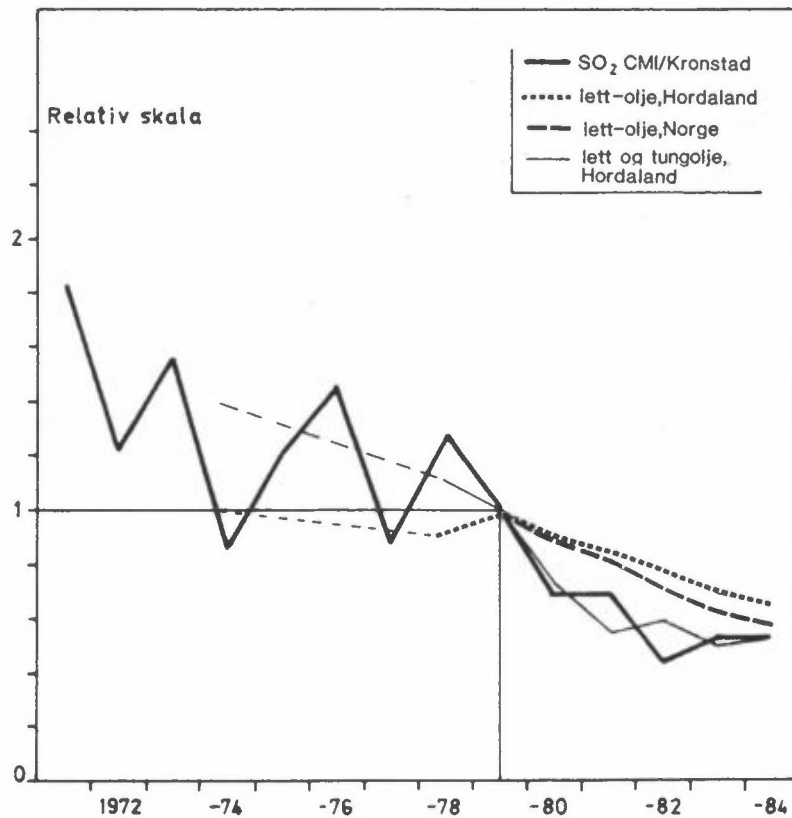
Når en ser bort fra bly, har biltrafikkens bidrag til luftforurensningen i Bergen heller økt enn avtatt siden begynnelsen av 1970-årene. Lange måleserier av CO og NOx finnes ikke. Figur 4 viser som eksempel beregnet samlet utslipp av CO og NOx fra biltrafikk i Hordaland fylke i 1973-75, 1978 og 1982-84, samt bly i 1978 og 1982-84.

CO-utslippet økte fram mot 1978, og har senere avtatt. Økningen i biltrafikken har i de senere år blitt motvirket av den motortekniske utvikling som gir lavere CO-utslipp fra biler. NOx-utslippet har imidlertid økt jevnt hele tiden. Vi regner med at den samme utvikling har funnet sted i Bergen som i hele Hordaland fylke. (Knappt halvparten av eksosutslippet for biler i Hordaland skjer innen prosjektområdet i Bergen.)

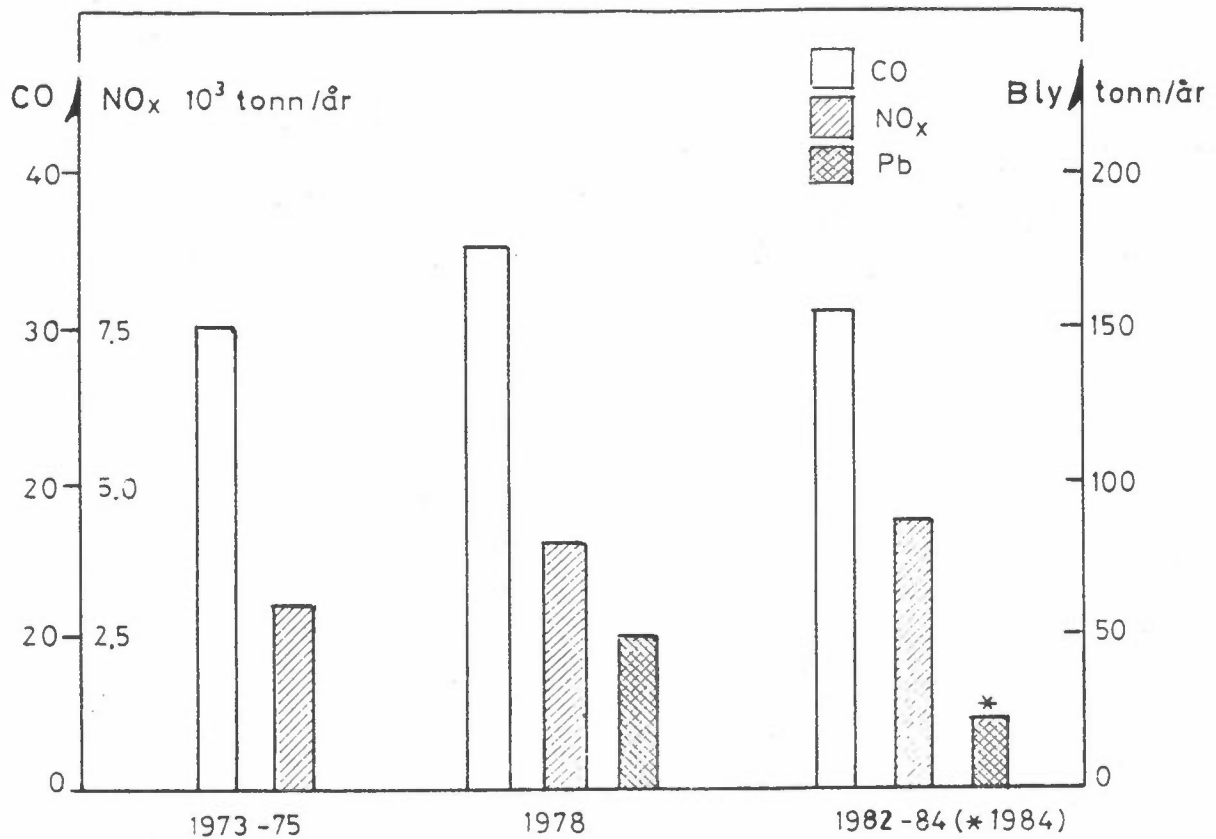
Blyforurensningen har blitt redusert siden slutten av 70-årene (figur 2). Samlet blyutslipp er redusert med 55% fra 1978 til 1984, på grunn av reduksjonen i maksimalt blyinnhold i bensin fra 0.4 g/l til 0.15 g/l (figur 4).



Figur 2: SO₂-, sot- og bly-forurensning på CMI og Kronstad, 1971-85. Middelerverdier for vinterhalvår.



Figur 3: Relativ reduksjon i SO₂-nivå (vintermiddelerverdi, CMI og Kronstad) samt i svovelinnholdet i forbrukt olje.

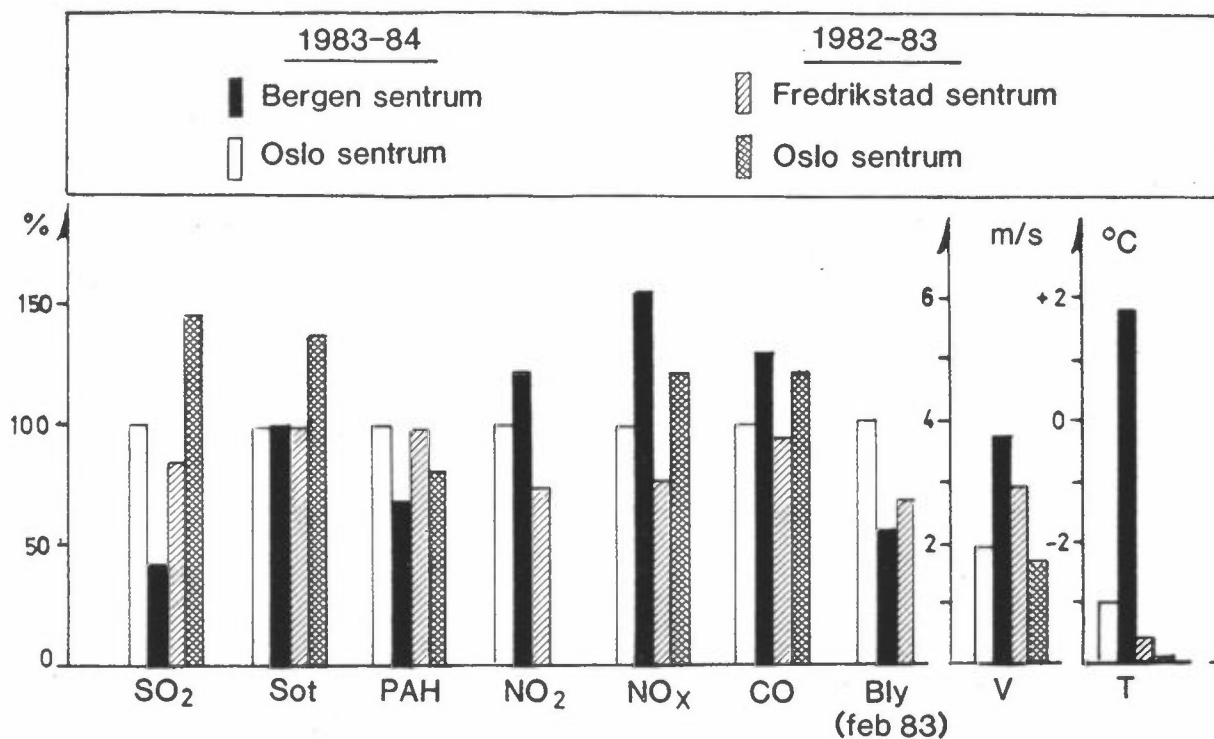


Figur 4: Beregnet utslipp av CO, NO_x og bly, Hordaland fylke.

I Bergen sentrum var forurensningen fra fyringsutslipp vesentlig mindre enn på målestasjoner i sentrum av Oslo og Fredrikstad. Bilforurensningen i Teaterparken i Bergen sentrum var imidlertid større enn på tilsvarende stasjoner i Oslo og Fredrikstad.

SO₂-nivået i Bergen sentrum var vesentlig lavere enn i sentrum av Oslo og Fredrikstad (figur 5), på grunn av mindre utslipp pr. arealenhet fra oljeforbrenning og bedre spredningsforhold. Også PAH-nivået var lavere. Forurensningen av CO og NO_x, som får hovedbidraget fra biltrafikken, var imidlertid større på stasjonen i Teaterparken i Bergen sentrum enn i Oslo og Fredrikstad sentrum. Sot-nivået var det samme på de tre stasjonene. Både oljefyring og biltrafikk gir bidrag til sot-nivået.

Stasjonene i sentrum av Bergen, Oslo og Fredrikstad gir ikke nødvendigvis et representativt bilde av gjennomsnittlig forurensningsnivå i sentrum av byene. Sammenligningen antyder likevel at i forhold til oljefyring er biltrafikk en viktigere kilde til luftforurensning i Bergen enn den er i Fredrikstad og Oslo.



Figur 5: Forurensningsnivået i Bergen sentrum (Teaterparken) samt vindstyrke (V) og temperatur (T), sammenlignet med sentrumsstasjoner i Oslo og Fredrikstad.

Overskridelser av grenseverdier for luftkvalitet i Bergen er knyttet til perioder med klarvær, svak vind og inversjon (forurensnings-episoder). Slike forhold opptrer i Bergen med en frekvens som varierer sterkt fra år til år, fra ingen døgn opptil 10-15 døgn i løpet av vintermånedene. I vinterperioden november 1983 til februar 1984 var det 7 døgn med konsentrasjoner høyere enn grenseverdier for et eller flere stoffer.

De mest forurensede dagene i løpet av hele måleperioden var følgende (sammen med forurensning i Teaterparken og værforhold på Florida):

Dato	SO ₂ µg/m ³ døgn	NO ₂ µg/m ³ døgn	CO mg/m ³ maks.time	Vindstyrke m/s	Temp °C
19. des. 1983	79	125	23	1.5	-2.2
20. jan. 1984	71	184	16	0.8	-7.5
25. jan. 1984	103	210	19	1.5	-8.1

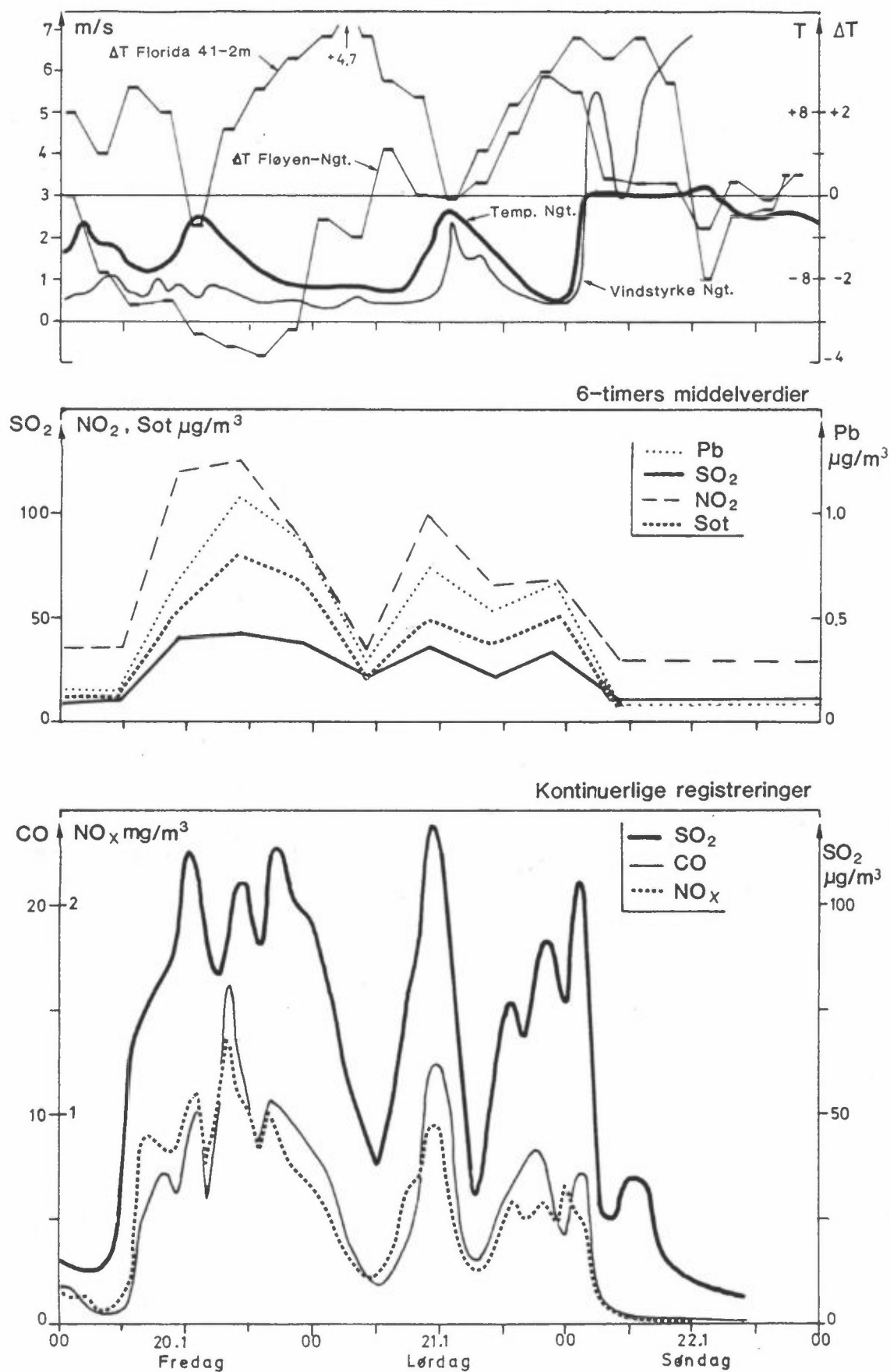
På disse dagene var det stort sett klarvær og stabil luftsjiktning.

Figur 6 viser som eksempel tidsforløpet av forurensning og meteorologiske parametre i perioden 20.-22. januar 1984. Episodene i Bergen kjennetegnes ofte ved store svingninger i forurensningsnivået og høye maksimalkonsentrasjoner.

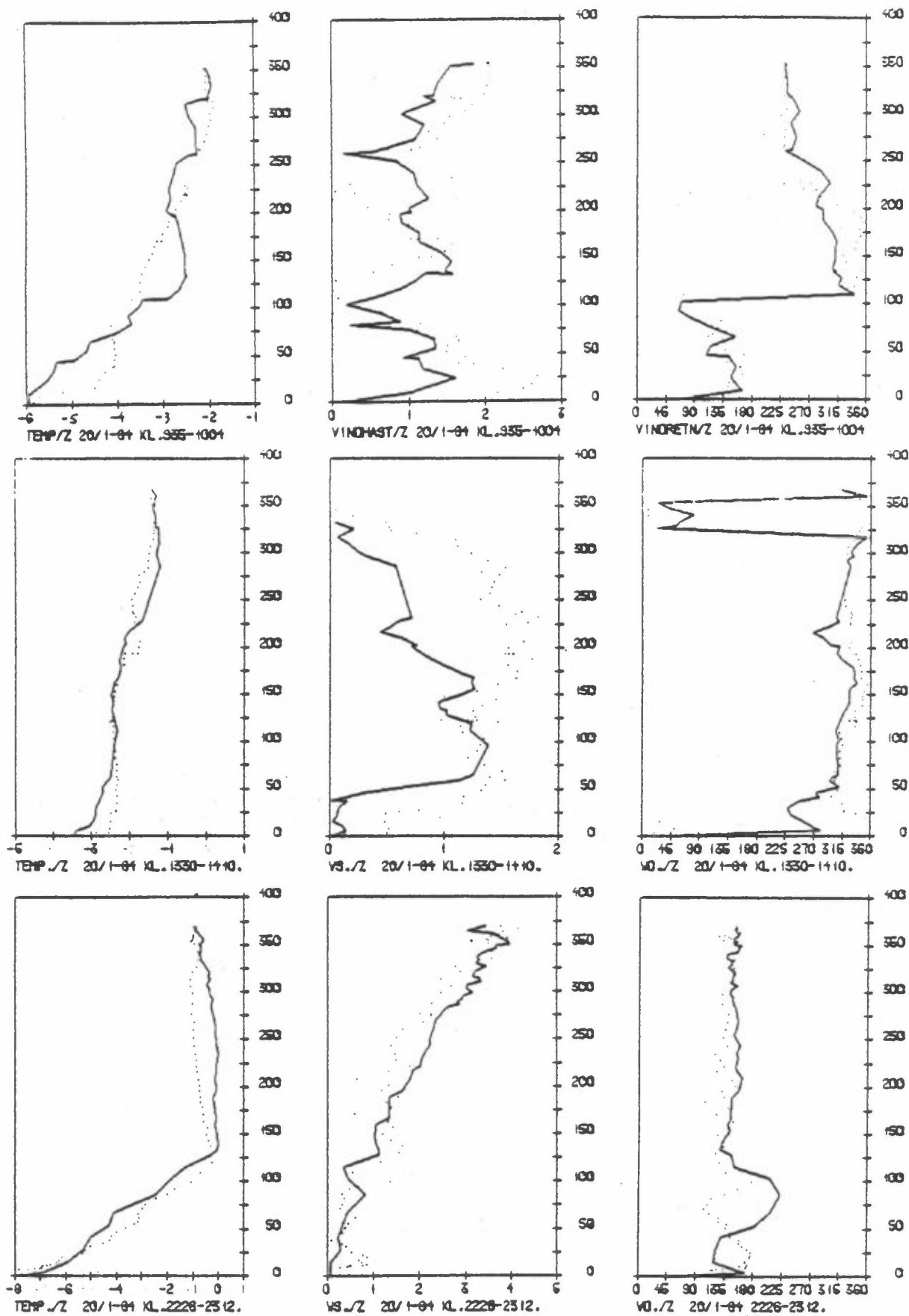
Forurensningsepisodene skyldes at lufta ved svak vind og klarvær om vinteren, når solinnstrålingen ikke er for sterk, blir svært stabil i det laveste sjikt (opp til 50-150 meter) over bakken. Dette reduserer vertikalutvekslingen og gir høye forurensningskonsentrasjoner ved bakken. Det ble målt temperatur forskjeller på opptil 8⁰C mellom bakken, hvor det var kaldest, og toppen av inversjonssjiktet.

Målinger av profiler av vind og temperatur opp til ca 500 meters høyde ble utført i forurensningsepisoder av Geofysisk institutt i Bergen. Figur 7 viser som eksempel profiler for 20. januar 1984, da det morgen og kveld var sterkt stabil luft (inversjon) opp til 100-150 meters høyde og nesten vindstille ved bakken, mens inversjonen i stor grad var brutt opp om dagen, på grunn av soloppvarmingen.

Inversjonsdannelse i Bergen skjer særlig ved storstilte høytrykksituasjoner med fralandsvind. Oppbyggingen av inversjoner kan skje i løpet av 1-2 timer til 50 meters høyde. Deretter går oppbyggingen langsommere (se referanse 7).



Figur 6: Forurensningsepisode i Bergen 19.-21.1.1984. Forløp av forurensningskomponenter og meteorologiske parametre.



Figur 7: Vertikale temperatur- og vindprofiler målt over Bergen sentrum 20.januar 1984.

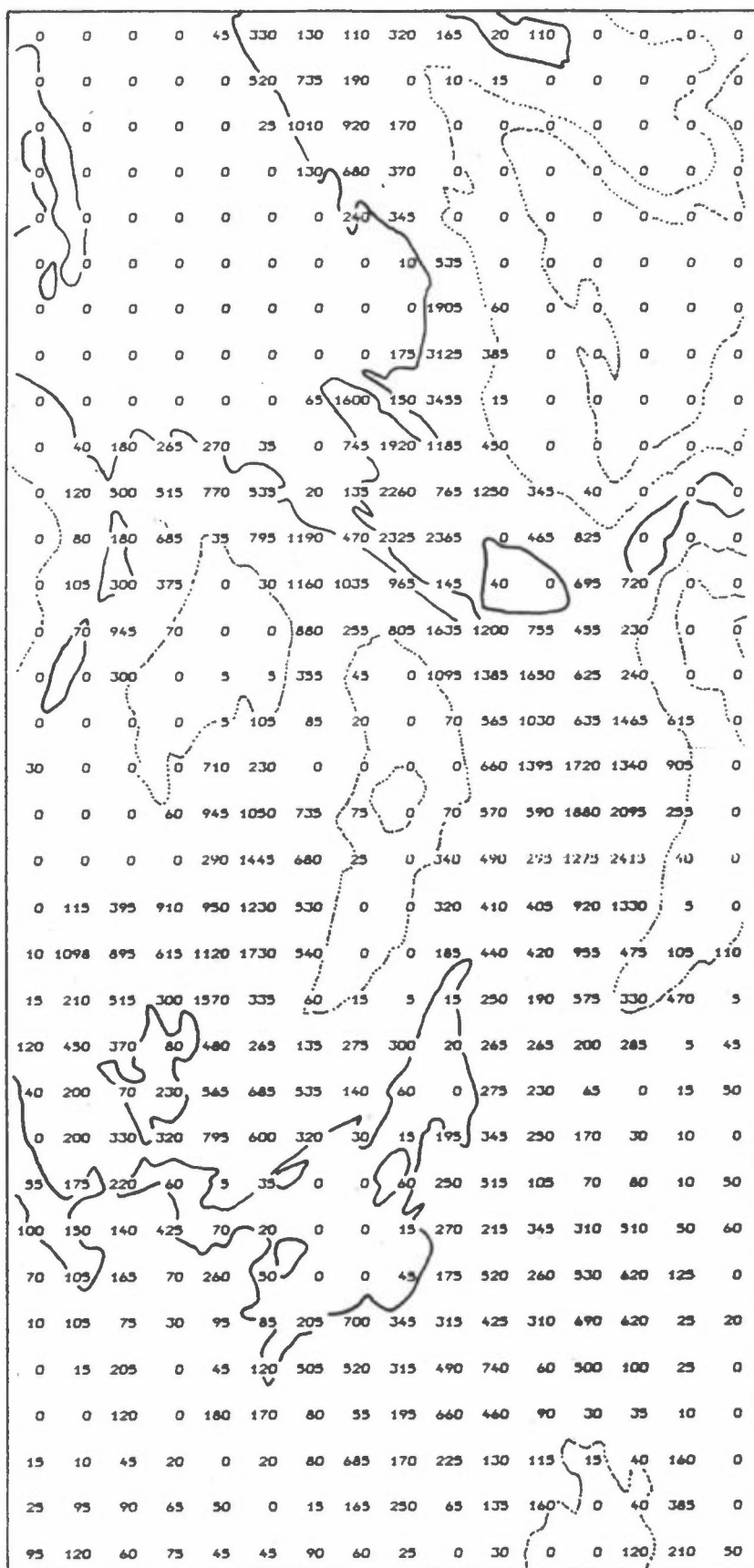
FAKTAMATERIALE 2 - BEFOLKNINGENS EKSPONERING TIL LUFTFORURENSNINGER

Befolkningens eksponering for luftforurensninger i 1983-84 er beregnet på grunnlag av målt luftkvalitet, beregnete forurensningsfelter og bosetningsfordeling.

Befolkningen er fordelt i 500-meter-ruter over hele prosjektområdet, på grunnlag av folketellingen i 1980. (figur 8). Dette gir totalt ca. 138.500 innbyggere. Oppdelingen på 500-meter-ruter innen hver grunnkrets er gjort ut fra hustettheten og antall beboere pr. hus. Luftkvalitetsmålingene har sammen med beregning av forurensningsfelter gitt grunnlag for å fastsette utstrekningen av de områder som har forurensninger over visse nivåer.

Det ligger en usikkerhet i å operere med en statistisk befolkningsfordeling, idet bare en andel av befolkningen stort sett oppholder seg hjemme.

Vinteren 1983-84 var meteorologisk sett i gjennomsnitt nokså nær normal, mens maksimumskonsentrasjonene som opptrådte i forurensningsepisodene i januar 1984 var noe nær det høyeste en vil få i Bergen med nåværende utslippforhold. Det innebærer at de eksponeringsresultater som beskrives i det følgende er nær normale når det gjelder vintermiddelverdier og noe nær det maksimale når det gjelder døgnmiddelverdier. Estimatenes av eksponering langs veier gjelder forhold som gjentar seg hver vinter.



Figur 8: Befolkningsfordeling i prosjektområdet.

Helseeffekten av de to komponentene SO₂ og sot forsterker hverandre. Langtidsbelastningen av SO₂ og sot i Bergen, regnet som halvårsmiddelverdier, overskred ikke nedre grenseverdi på 40 µg/m³. Anslagsvis 13.000 mennesker bor imidlertid i områder der korttidsbelastningen av både SO₂ og sot (døgnmiddelverdier) vinteren 1983-84 samtidig overskred nedre grenseverdi.

Både for SO₂ og sot er følgende grenseverdier for helsevirkninger foreslått:

Eksposeringstid	Konsentrasjon
1 døgn	100-150 µg/m ³
6 måneder	40- 60 µg/m ³

Nedre grenseverdi for 6-måneders middelvei, 40 µg/m³, ble ikke overskredet i Bergen i 1983-84. Sotnivået i sentrumsområdet var noe høyere enn halve grenseverdien (dvs. 20 µg/m³), mens SO₂-nivået lå lavere enn 20 µg/m³.

Tabell 4 viser at ca. 20.000-25.000 innbyggere bor i områder med halvårsmiddelvei av sot større enn 20 µg/m³. Figur 9 antyder områdets utstrekning i 1983-84.

Tabell 4: Samtidig eksponering for SO₂ og sot, halvårsmiddelveier (antall eksponerte personer).

Vinterhalvår	Middelvei av SO ₂ µg/m ³	Middelvei av sot, µg/m ³
		20-40
1982-83	<20	21.000
1983-84	<20	24.000

Forurensningssituasjonen i Bergen er slik at høye døgnverdier av SO₂ og sot oftest opptrer samtidig. Dette skyldes at ingen punktkilder for SO₂-utslipp dominerer, og at forurensningsnivået i stor grad styres av meteorologiske forhold, som har noe nær samme effekt på konsentrasjonen av sot som av SO₂.

Tabell 5 gir antall personer som bor i områder med SO_2 - og sot-konsentrasjoner (døgnmiddelverdier) innen gitte intervaller.

Tabell 5: Samtidig eksponering for SO_2 og sot, høyeste døgnmiddelverdier (antall eksponerte personer).

	Høyeste døgnmiddelverdi av sot $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Samtidig høyeste døgnmiddelverdi av SO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Sum antall eksponerte personer
		0-50	51-100	101-150	
Vinter 1982-83	51-100	28.000	0	0	28.000
	101-150	11.000	23.000	0	34.000
Vinter 1983-84	51-100	27.000	8.000	0	35.000
	101-150	0	23.000	6.000	29.000
	151-200	0	3.000	7.000	10.000

Tabellen forteller at ca. 40.000 personer bor i områder der sot-konsentrasjonen vinteren 1983-84 overskred nedre grenseverdi på $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og rundt 10.000 bor i områder der sot-konsentrasjonen var over $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

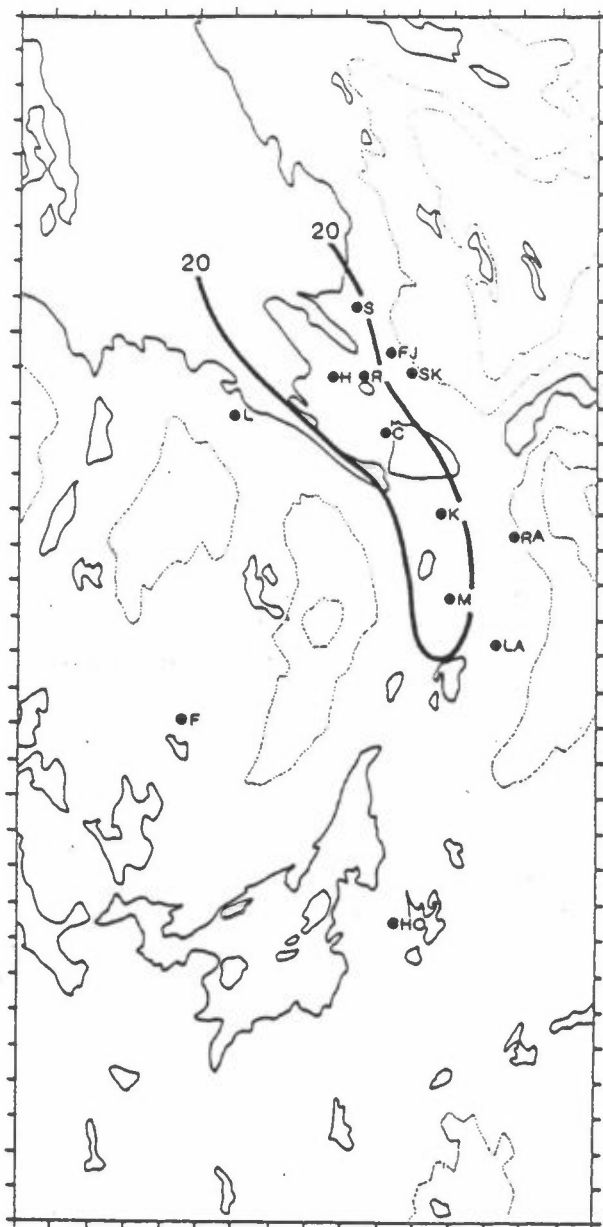
Rundt 13.000 mennesker bor i områder der både SO_2 - og sot-konsentrasjonen var over grenseverdien på $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I tillegg bor ca. 26.000 mennesker i områder der SO_2 -konsentrasjonen var innen 50-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mens sotkonsentrasjonen samtidig var over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I figur 10 er de omtalte områdene avgrenset.

Vinteren 1982-83 var forurensningsnivået lavere på grunn av bedre spredningsforhold. Da hadde områder med ca. 35.000 innbyggere sot over grenseverdien på $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. SO_2 overskred da sannsynligvis ikke grenseverdien noen steder.

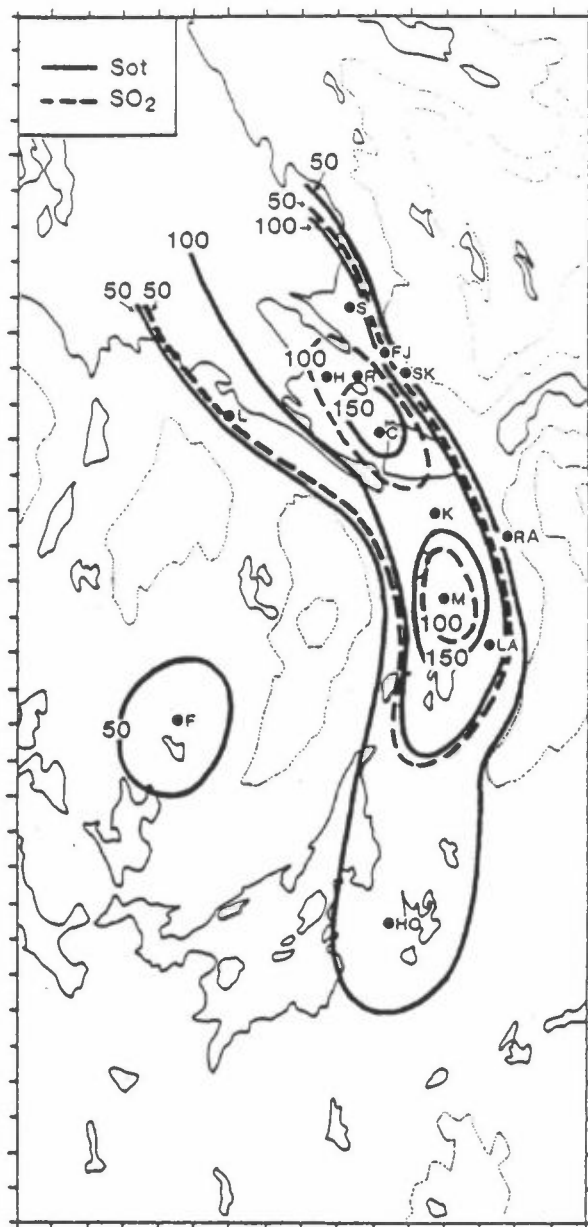
Ved utarbeidelsen av tallene har vi forutsatt at innbyggere bosatt i sentrumsonen stort sett oppholder seg der det meste av tiden.

Navn på målestasjoner:

C - CMI (Bergen Ing. Høyskole)	L - Laksevåg
F - Fyllingsdalen	LA - Landås
Fj - Fjellien	M - Minde
H - Hovedstasjonen (Teaterparken)	R - Rådhuset
HO - Hop	RA - Ravneberget
K - Kronstad skole	S - Sandviken
	SK - Skansemyren



Figur 9: Sot, vinter 1983-84
Halvårsmiddelerdi.



Figur 10: SO₂ og sot, vinter 1983-84
Maksimale døgnmiddelerdi.

Befolkningens NO₂-eksponering over grenseverdier er mer omfattende enn for SO₂ og sot. Ca. 13.000 mennesker bor i områder der øvre grenseverdi for NO₂ (døgnmiddelverdi) ble overskredet. Tilsvarende tall for nedre grenseverdi var 46.000 mennesker. Nedre grenseverdi for 1-times middelverdi av NO₂ overskrides sannsynligvis i vesentlige deler av Bergen sentrum og oppover Bergensdalen forbi Minde, i tillegg til ved boliger langs de sterkest trafikkerte innfartsveiene.

For NO₂ er følgende grenseverdier foreslått:

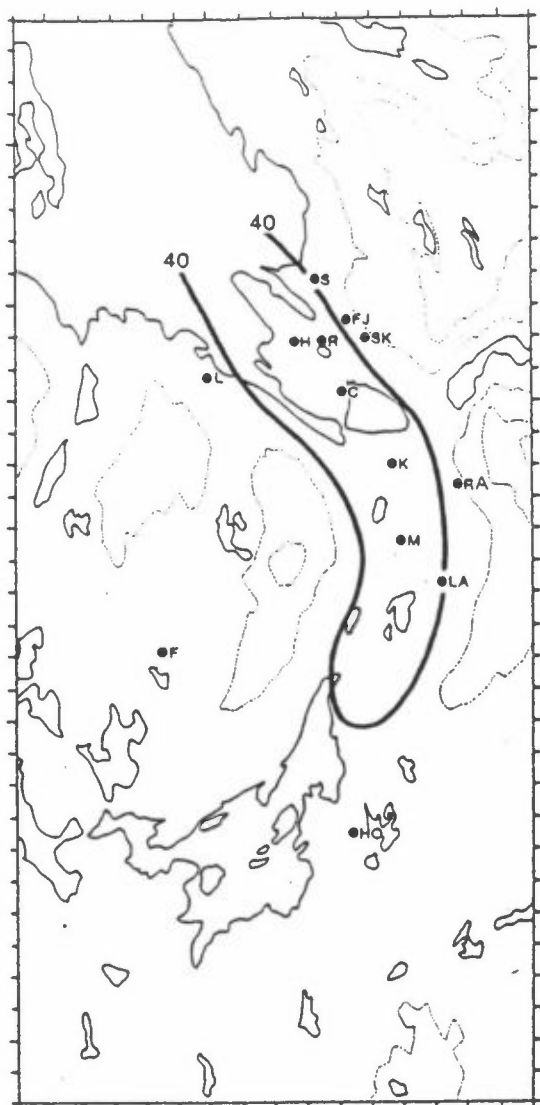
Eksponeringstid	Konsentrasjon
6 måneder	75 µg/m ³
1 døgn	100-150 µg/m ³
1 time	200-350 µg/m ³

Grenseverdien for halvårsmiddelverdi overskrides ikke. Høyeste målte verdi var anslagsvis 55 µg/m³, målt på hovedstasjonen i Teaterparken. Ca. 39.000 personer bor i områder der NO₂-konsentrasjonen vinteren 1983-84 var høyere enn 40 µg/m³ (halve grenseverdien). Figur 11 viser avgrensingen av området.

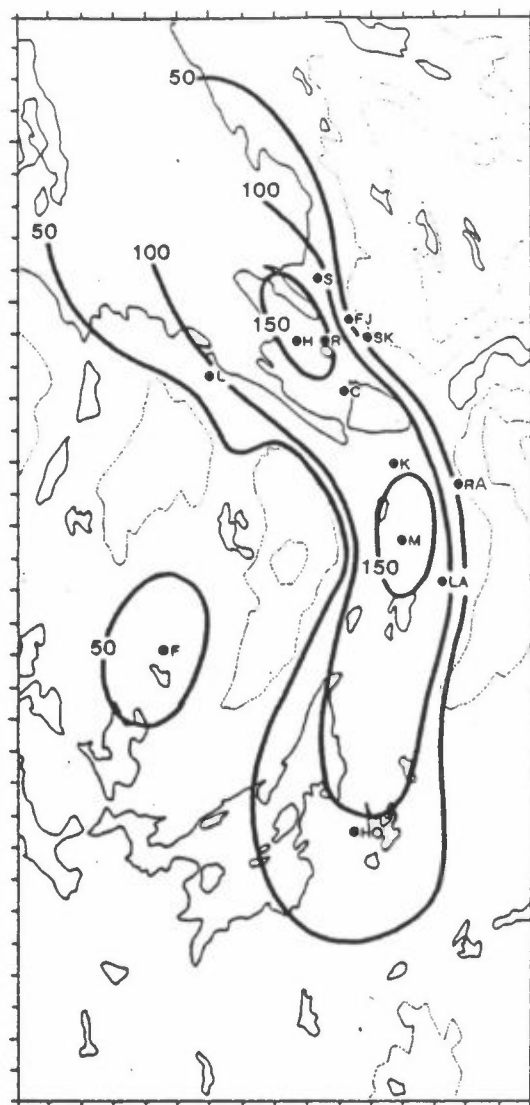
Grenseverdien for døgnmiddelverdi overskrides i større omfang. Høyeste målte verdi var ca. 185 µg/m³, både i Teaterparken og på stasjonen på Minde. Ca. 46.000 mennesker bor i områder der nedre grenseverdi (100 µg/m³) ble overskredet vinteren 1983-84. Tilsvarende bor ca. 13.000 mennesker i områder der øvre grenseverdi (150 µg/m³) ble overskredet (se tabell 6). Området er avgrenset i figur 12.

Tabell 6: Eksponering for NO₂ vinteren 1983-84, høyeste døgnmiddelverdier (antall eksponerte personer)

Høyeste døgnmiddelverdi av NO ₂ vinteren 1983-84	Antall eksponerte personer
50-100 µg/m ³	39.000
100-150 µg/m ³	33.000
150-200 µg/m ³	13.000



Figur 11: NO_2 , vinter 1983-84
Halvårsmiddelerverdier



Figur 12: NO_2 , vinter 1983-84
Maksimalt døgnmiddelerverdier

Timesmiddelerverdien av NO_2 ble målt bare på hovedstasjonen i Teaterparken. Denne stasjonen ligger ca. 50 meter fra Engen med en årsdøgntrafikk på 11.000 biler. Høyeste målte timesverdi var $640 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nedre grenseverdi ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ble vinteren 1983-84 overskredet i ca. 1% av tiden (24 timer i løpet av 4 måneder). Disse målingene antyder at nedre times-grenseverdi overskrides innenfor vesentlige deler av det området der også nedre grenseverdi for døgnmiddelerverdi overskrides (se figur 12). Det er også trolig av øvre grenseverdi ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$) overskrides i deler av sentrum og deler av Kronstad- Minde-området.

I tillegg kommer NO_2 -belastningen for beboere langs de sterkest trafikkerte innfartsveiene.

Tallene ovenfor gjelder befolkningens eksponering i sine boliger. 15.000- 20.000 mennesker reiser hver dag inn til arbeid i sentrum. De fleste av disse bor i områder der forurensningsbelastningen ikke overskrider grenseverdier. Mange vil imidlertid i løpet av reise med bil til/fra sentrum og opphold i sentrum eksponeres for timesmiddelverdier av NO_2 over nedre grenseverdi og tildels også over øvre grenseverdi.

CO-konsentrasjonen i Bergen overskrider grenseverdien for 8 timer i deler av sentrum og deler av hovedveinettet. Det er beregnet at vel 15.000 personer bor eller arbeider tett ved gater der 8-timers CO-verdi til tider overskrides. I tillegg kommer befolkningen for øvrig i deler av sentrum der grenseverdien overskrides i sterke forurensningsepisoder.

For CO er følgende grenseverdier foreslått:

Eksposeringstid	Konsentrasjon
1 time	25 mg/m^3
8 timer	10 mg/m^3

CO ble målt bare på hovedstasjonen, som er endel trafikkeksponert. Høyeste 1-times middelvei ble målt til 23 mg/m^3 , som er i underkant av grenseverdien. Høyeste 8 timers middelvei ble målt til 17 mg/m^3 , dvs. godt over grenseverdien på 10 mg/m^3 . Grenseverdien ble overskredet på 5 dager i perioden november-februar 1983-84.

Målingene kombinert med beregningene av CO langs gater (figur 23, side 71) antyder at 8-timers-grenseverdien for CO overskrides i deler av Bergen sentrum. I tillegg eksponeres også noen av de som bor nærmest de sterkest trafikkerte innfartsårene for konsentrasjoner over grenseverdien.

Vi har anslått antall personer som bor eller arbeider i hus tett ved gater og veier i prosjektområdet som er beregnet å ha maksimale CO-konsentrasjoner (8-timers middelvei) innen gitte intervaller (tabell 7).

Tabell 7: Eksponering for CO langs gater med tette fasaderekker, høyeste 8-timers middelveidier (antall eksponerte personer.)

Høyeste 8-timers middelveidi av CO, mg/m ³	Antall eksponerte personer (beboere/arbeidende)	
	I sentrum	Utenfor sentrum
10-20	5.300	200
20-30	3.300	600
30-45	1.900	900
>45	800	0

I tillegg til disse som bor/arbeider tett ved hovedveinettet vil befolkningen forøvrig i deler av Bergen sentrum i enkelte forurensningsepisodere oppleve 8-timers CO-konsentrasjoner over grenseverdien innenfor intervallet 10-15 µg/m³.

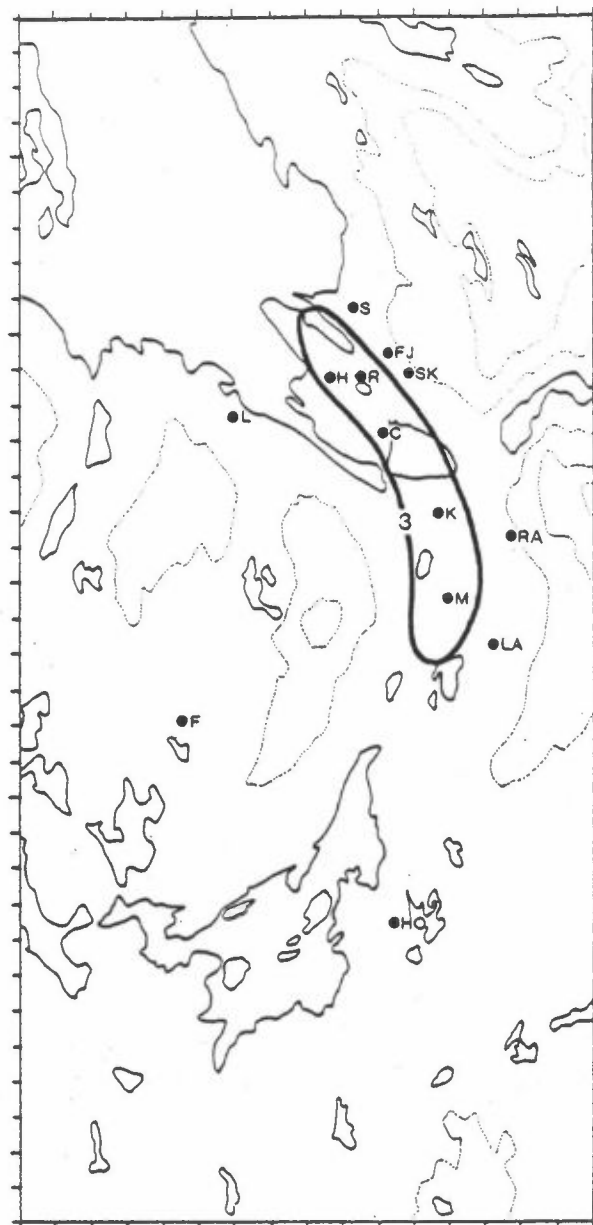
I tillegg vil endel personer på arbeidsreise til/fra Bergen med bil/buss også eksponeres for CO over grenseverdien for 1-timers middelveidi, 25 mg/m³.

Omtrent 15.000 personer bor i områder der konsentrasjonen av benzo(a)pyren var over 3 ng/m³ vinteren 1983-84.

Benzo(a)pyren (BaP) er en av mange PAH komponenter. PAH står for poly-sykliske aromatiske hydrokarboner (tjærestoffer). Utslipet kommer hovedsakelig fra biltrafikk og forbrenning av olje.

Målinger ble utført på hovedstasjonen i Teaterparken og på stasjon Minde. Høyeste døgnverdi av BaP var ca. 12 ng/m³, mens vintermiddelveidene for 1983-84 var henholdsvis 3.1 og 3.7 ng/m³ i Teaterparken og på stasjon Minde.

På bakgrunn av disse målingene samt den relativt gode sammenhengen mellom BaP og sot, har en avgrenset det området der BaP-konsentrasjonen (vintermiddelveidi) antas å være over 3 ng/m³ (se figur 13). Innenfor dette området bor ca. 15.000 mennesker.



Figur 13: Benzo(a)pyren vinter 1983-84
Vintermiddelverdi.

FAKTAMATERIALE 3 - HELSEVIRKNINGER AV LUFTFORURENSNINGENE

av laboratoriesjef Jon E. Dahl og forsker Jan Hongslo, Statens institutt for folkehelse (SIFF).

Helsevirkninger av luftforurensninger er bestemt av den dose som når frem til det organ hvor skaden inntreffer (målorganet). Imidlertid er det vanskelig å angi den tilførte dose til målorganet. Det er derfor vanlig å oppgi konsentrasjonen av forurensningen i uteluft og over hvor lang tid eksponeringen skjer. Det er sparsomt med data vedrørende helsevirkninger av luftforurensninger, og spesielt gjelder det langtidseffekter. Imidlertid finnes det forslag til grenseverdier for en del forurensningskomponenter. Disse grenseverdier bygger i hovedsak på resultater fra korttidseksponering av frivillige forsøkspersoner, høygradig eksponering i yrkesatmosfærer og dyreforsøk.

Det foreligger ingen undersøkelse over sykkelighet i Bergen som kan assosieres med luftforurensning. Ca 5.5% av Oslo's befolkning i aldersgruppen 16-96 år hadde obstruktiv lungesykdom, og av disse var 1/4 astmatikere. I samme gruppe hadde ca 40% symptomer fra luftveiene som kunne betraktes som første tegn på obstruktiv lungesykdom. Det er trolig at tilsvarende funn kan gjøres i Bergens befolkning. I de bymessige strøk av Hordaland ble det i 1984 registrert 69 tilfeller hos menn og 22 tilfeller hos kvinner av lungekreft. Mennesker med hjerte-/karsykdommer er i mange situasjoner de som er mest sårbare for luftforurensninger. I Norge lider 6.4% av befolkningen av hjerte-/karsykdommer og andelen øker med alderen (14% i aldersgruppen 50-59 år; 25% i aldersgruppen over 70 år). Ca 50% av alle dødsfall i Norge skyldes hjerte-/karsykdommer. I tillegg er trolig barn mer følsomme for luftforurensninger enn voksne.

Luftkvalitetsundersøkelsen sammen med eksponeringsberegningene gir et bilde av den luftforurensning som befolkningen utsettes for. Imidlertid blir det et forholdsvist grovt estimat da det ikke tas hensyn til at befolkningen i løpet av et døgn beveger seg mellom og oppholder seg i forskjellige "mikromiljøer" med ulik forurensningsgrad.

Vurdert mot SFTs forslag til grenseverdier er eksponeringsdata fra Bergensområdet vintrene 1982/83 og 1983/84 rimelig tilfredsstillende med hensyn til helseeffekter av SO_2 og sot. De målte og beregnede verdier ligger hovedsakelig godt under nedre grenseverdi med unntak av enkelte episoder med overskridelser av nedre grenseverdi for SO_2 - og sot (døgnmiddelverdier).

Det må imidlertid sterkt påpekes at det i grenseverdiforslagene kun er lagt inn en sikkerhetsfaktor på 2. Denne er trolig for liten til å gi spesielt følsomme personer tilstrekkelig beskyttelse. Dette gjelder i første rekke personer med luftveissykdommer, eldre mennesker og mennesker med hjertelidelser. Tilsammen dreier dette seg om et betydelig antall sårbare personer. Under spesielt ugunstige episoder kan en del av disse oppleve en forverring av sin helsetilstand.

Dyreforsøk indikerer at kortvarig, høygradig eksponering for NO_2 er mer ugunstig enn langvarig, noe lavere eksponering. I Bergen har man et relativt høyt halvårsmiddelnivå av NO_2 ($40-60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) samtidig som det under vintermånedene er en rekke episoder med høye times- og døgnmiddelverdier. Timesmiddelverdiene ligger opp til et nivå hvor det er registrert helseeffekter i kontrollerte forsøk med mennesker. Videre er overskridelsene av grenseverdiforslagene langt hyppigere enn det som anbefales i kommentarer til disse verdiene. Nedre grenseverdi for døgnmiddel er overskredet en eller flere ganger i løpet av vinteren 1983-84 i områder hvor det bor nesten 50.000 mennesker. Legger man frem de tall som kom frem i helseundersøkelsen i Oslo, vil det være 2000-3000 individer med kronisk lungesykdom i området. Det er sannsynlig at de vil få sin helsetilstand forverret i episoder med høy NO_2 -eksponering, og særlig gjelder dette den fjerdedel som lider av astma. Enkelte timesmiddelverdier ligger i nivået hvor helseeffekter også kan forventes blant friske individer. Som tidligere nevnt, er det svært begrenset informasjon om NO_2 -effekter på barn, men man må regne med at barn kan være mer følsomme for NO_2 -eksponering enn voksne. Det blir derfor en relativt stor gruppe mennesker som vil kunne føle ubehag p.g.a. de periodevis høye NO_2 -nivåer i Bergensområdet. Forurensningen med NO_2 i Bergensområdet er etter vår mening helsemessig betenkelig. Det har vært for mange og for store overskridelser av grenseverdiene for korttidseksponering (1 times- og døgn-middel).

CO-beregningene og til dels CO-målingene viser høye 8 timers middelverdier som er på et helsemessig betenkelig nivå. Imidlertid er det noe mer uklart hvor ofte slike verdier vil kunne inntre. Blant de som eksponeres for slike verdier, er det å forvente påvirkninger av sentralnervesystemet hos friske individer, at pasienter med fremskreden åreforkalkning vil få øket ubehag av sin sykdom, og i de mest ekstreme tilfeller at også pasienter med kronisk obstruktiv lungesykdom føler øket ubehag av sin sykdom. I tillegg til den estimerte CO-eksponering er det å forvente at CO-nivået vil være ytterligere forøket hos enkelte spesielt utsatte grupper som trafikkanter i rush-tiden og hos røykere.

I undersøkelsen fra Bergen er det foretatt prøvetaking og analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) ved 2 målestasjoner (Den nasjonale scene og Minde) i perioden november 1983 til februar 1984. BaP-konsentrasjoner i de relativt få målingene som er gjort er sammenlignet med tilsvarende sotmålinger. Ifølge NILU antyder målingene relativt god sammenheng mellom BaP og sot som er ganske lik den sammenheng en fant i basisundersøkelsen i Sarpsborg/Fredrikstad. På dette grunnlag er eksponeringsberegninger for BaP utført. Den viser at ca 15.000 mennesker bor i området med vintermiddelverdi av BaP over 3 ng/m^3 . Det kan synes som om nivået av BaP i Bergen tilsvarer det i Sarpsborg/Fredrikstad som ligger noe under nivået i Oslo. Dette bekrefter igjen at PAH er en generell miljøforurensning spesielt i byer og tettsteder og ved industriell virksomhet. Den helsemessige konsekvens av PAH-forurensningen er derimot vanskelig å vurdere, men denne forurensning kan være en av flere faktorer som bevirker den forskjell i lungekrefthyppighet som eksisterer mellom by- og land-distrikt.

FAKTAMATERIALE 4 - UTSLIPP TIL LUFT

Utslipp til luft i Bergen er kartlagt ved innhenting av opplysninger om salg og forbruk av oljeprodukter, inklusive motorbensin og autodiesel. Prosjektområdet er inndelt i 500-meter-ruter, og utslippene er fordelt på disse.

Forbrukstall for oljeprodukter ble innhentet gjennom spørreskjema som ble sendt ut til firmaer og institusjoner med mer enn 50 ansatte, samt gjennom opplysninger fra Feiervesenet og Bergen Lysverker. Salgstall ble innhentet fra oljeselskapene. Spørreskjema ble sendt ut både i 1983 og 1984 og gjaldt forbruk i årene 1982 og 1983. Gjennom denne undersøkelsen ble i alt ca. 400 oljefyringsanlegg kartlagt. Også utslipp fra industrielle prosesser og søppelforbrenning ble kartlagt gjennom denne undersøkelsen.

Det var rimelig bra overensstemmelse mellom salgstall og forbrukstall for fyringsoljer. Differansen mellom salg og registrert forbruk, samt forbruket av parafin, kull og koks, ble fordelt på 500-meter-rutene i utvalgte delområder, proporsjonalt med befolkningstettheten.

Ved kartlegging av utslippene fra biltrafikken ble det tatt utgangspunkt i salgstallene for bensin og autodiesel. Fordelingen av utslippene fra biltrafikken på 500-meter-rutene ble basert på trafikkdata fra Hordaland Vegkontor, kartlegging av vegkilometer i hver rute, samt gjennomsnittlig drivstofforbruk.

Trafikkarbeidet ble for 1983 beregnet til ca. 695 mill. bil-kilometer pr. år. Dieseltrafikkarbeidet, inkludert busstrafikk, ble beregnet til ca. 10% av dette.

Trafikken i gater der trafikk tettheten var oppgitt utgjorde 72% av det samlede trafikkarbeidet i prosjektområdet. De sterkest trafikkerte veiene representerer noe av de viktigste forurensningskilder i området. Følgende veier hadde i 1983 en årsgjennomsnittlig trafikk (ÅDT) større enn 20.000 biler/døgn:

E68	Christiesgt - Bjørnsgt	22.500
E68	Bjørnsgt - Danmarks plass	45.000
E68	Danmarks plass - Bjørnsonsgt	37.000
E68	Fjøsangervn - Paradis	20.000
E68	Paradis - Nesttun	24.500
R14	Hagerupsvn - Svartediksvn	20.000
R14	Torget - Bontelabo	31.000
R14	Bontelabo - Sandviksvn	26.500
R14	Sjøgaten - Hellevn	30.000
R14	Eidsvågtunnelen	22.000
R14	Eidsvåg - Tertnesvn	20.000
R555	Oldernesvn - Kvernhusvn	20.000
R555	Puddefjordsbroen - Oldernesvn	23.000
R555	Puddefjordsbroen	28.000
R555	Puddefjordsbroen -Komediebakken	21.000
R555	Jonsvollgt - Walkendorfsgt	21.000

De resterende 28% av trafikkarbeidet ble fordelt jevnt på de øvrige gater og veier i området der man ikke hadde trafikktegninger. Det ble beregnet at gjennomsnittlig årsdøgntrafikk på disse veiene var ca. 1.500 biler/døgn.

Biltrafikken var i 1983 årsak til nesten alt utslipp av CO og NOx og over halvparten av partikkelutslippet, og knapt 20% av SO₂-utslippet i prosjektområdet. Oppvarming av boliger og kontorer sto for vel 50% av SO₂ utslippet, mens tungolje-forbruket i større fyringsanlegg sto for ca. 20%.

Tabell 8 gir de samlede beregnede utslipp av en del stoffer i prosjektområdet i Bergen i 1983, fra biltrafikk og forbrenning av olje, kull/koks og parafin.

Disse to kildegruppene utgjør hovedutslippet i Bergen. Søppelforbrenning og utslipp fra industri-prosesser er også kartlagt. Disse utslippene har totalt sett mindre betydning i Bergen, men gir i noen tilfeller merkbar virkning på luftkvaliteten i kildenes nærområder. Forbruk av ved til fyring er ikke kartlagt i detalj. Vedforbruket i Bergen er anslått til 1.500-2.500 tonn/år. Dette gir et merkbart bidrag til samlet utslipp av partikler og organiske stoffer. Partikkelutslippet fra vedfyring er anslått til mindre enn en tredjedel av biltrafikkens partikkelutslipp. Veistøv er ikke tatt med i oversikten. Dette består hovedsakelig av store partikler, men veistøvet gir også, spesielt om vinteren og våren, et visst bidrag til utslippet av små partikler i samme størrelsesklasse som partiklene fra bileksos og oljefyring.

Tabell 8: Beregnet utslipp i prosjektområdet i Bergen, 1983 (tonn/år).

Kilde	SO ₂	NOx	CO	Partikler	Elem.C	Pb i bensin	
<u>Biltrafikk</u>							
- Bensindrevne	12	1090	14695	85	7	16.5	
- Dieseldrevne	117	1059	395	69	35		
<u>Forbrenning av olje, parafin, kull/koks</u>							
Småforbrukere olje, parafin, kull/koks	399	121	373	63	31		
Større forbrukere (>500 m ³ /år)							
- Lettoljer*	82	28		3	1		
- Tungoljer**	152	56	11	6			
Sum	762	2354	15463	231	80	16.5	

* Oljetyper 1, 2, 3A, 4A (lett fyringsolje og tungdistillat)

** Oljetyper 6LS og 6NS (lavsvovlig og normalsvovlig tungolje)

Biltrafikken er i prosjektområdet den helt dominerende kilden til CO, NOx og bly og også den største kilden til partikler og elementært karbon (EC, sot). Sammenligning mellom målt og beregnet forurensning antyder at utslippene fra biltrafikken er høyere enn det tabellen viser (se side 62 og 68).

Tungtrafikken (diesel), inklusive busser, er beregnet å bidra med ca. 45% av NOx-utslippet, ca. 30% av partikkelutslippet og ca. 45% av sot-utslippet.

Utslipet av SO₂ fikk i 1983 det største bidraget, ca. 52%, fra forbrenning av lette oljetyper i mindre fyringsanlegg for oppvarming av boliger og kontorer. Større fyringsanlegg (>500 m³/år) bidro med ca. 31% av SO₂-utslippet. Forbrenning av tungolje i slike anlegg ga ca. 20% av SO₂-utslippet i området.

Figur 14 og 15 viser som eksempler kart over utslippene av SO₂ og NOx i 1983, fordelt på 500-meter-ruter. Kartene viser at utslippstettheten er størst i sentrum, og at innfartsårene og enkelte større industri-anlegg utenfor sentrum trer fram.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
J=34	0.	0.	0.	0.	0.	17.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=33	0.	0.	0.	0.	0.	3.	20.	4.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=32	0.	0.	0.	0.	0.	0.	63.	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=31	0.	0.	0.	0.	0.	0.	19.	59.	28.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=30	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	13.	69.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=29	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	173.	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=28	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	97.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=27	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	15.	66.	8.	0.	0.	0.	0.	0.
J=26	0.	0.	0.	0.	0.	0.	21.	93.	41.	187.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=25	0.	1.	19.	6.	6.	0.	0.	51.	240.	179.	11.	0.	0.	0.	0.	0.
J=24	0.	1.	620.	18.	91.	75.	0.	8.	179.	151.	107.	2.	0.	0.	0.	0.
J=23	0.	0.	2.	53.	0.	20.	65.	46.	218.	284.	42.	12.	21.	0.	0.	0.
J=22	0.	2.	9.	11.	0.	0.	31.	41.	68.	40.	28.	316.	79.	19.	0.	0.
J=21	1.	6.	19.	0.	0.	0.	31.	0.	52.	55.	76.	21.	33.	48.	0.	0.
J=20	6.	0.	1.	0.	0.	0.	18.	0.	0.	22.	78.	51.	29.	10.	0.	0.
J=19	6.	0.	0.	0.	0.	3.	2.	0.	0.	1.	41.	43.	95.	37.	13.	0.
J=18	2.	0.	0.	0.	1.	18.	0.	1.	0.	0.	50.	37.	29.	80.	18.	0.
J=17	0.	0.	0.	0.	2.	8.	2.	0.	0.	1.	449.	108.	7.	45.	6.	0.
J=16	0.	0.	0.	2.	4.	3.	3.	14.	0.	8.	27.	17.	20.	156.	1.	0.
J=15	0.	0.	1.	13.	107.	4.	11.	0.	0.	8.	17.	9.	6.	42.	2.	0.
J=14	1.	2.	4.	3.	17.	9.	11.	0.	0.	5.	22.	84.	26.	4.	1.	1.
J=13	3.	0.	9.	3.	83.	1.	0.	0.	2.	3.	16.	1.	4.	2.	1.	0.
J=12	2.	4.	2.	1.	2.	1.	0.	7.	11.	0.	17.	8.	1.	1.	0.	0.
J=11	0.	5.	2.	2.	1.	2.	1.	6.	3.	0.	20.	3.	1.	0.	0.	21.
J=10	0.	4.	11.	13.	20.	5.	5.	1.	0.	2.	11.	2.	3.	0.	3.	1.
J=9	0.	4.	8.	1.	0.	1.	0.	0.	0.	2.	17.	6.	12.	27.	1.	0.
J=8	1.	4.	10.	7.	1.	0.	0.	0.	0.	2.	5.	22.	30.	24.	1.	0.
J=7	1.	2.	7.	1.	21.	1.	0.	0.	0.	1.	11.	9.	14.	14.	1.	0.
J=6	0.	12.	0.	1.	1.	1.	0.	1.	2.	3.	15.	51.	17.	16.	1.	1.
J=5	0.	2.	2.	0.	1.	2.	1.	1.	3.	17.	15.	1.	42.	1.	0.	0.
J=4	0.	4.	3.	0.	1.	2.	1.	3.	7.	14.	10.	0.	2.	4.	0.	0.
J=3	9.	3.	1.	0.	0.	0.	0.	16.	5.	1.	1.	0.	0.	0.	3.	0.
J=2	4.	4.	3.	3.	3.	3.	3.	6.	1.	0.	2.	1.	0.	0.	4.	0.
J=1	3.	1.	1.	1.	1.	0.	3.	3.	2.	0.	0.	0.	0.	1.	5.	3.

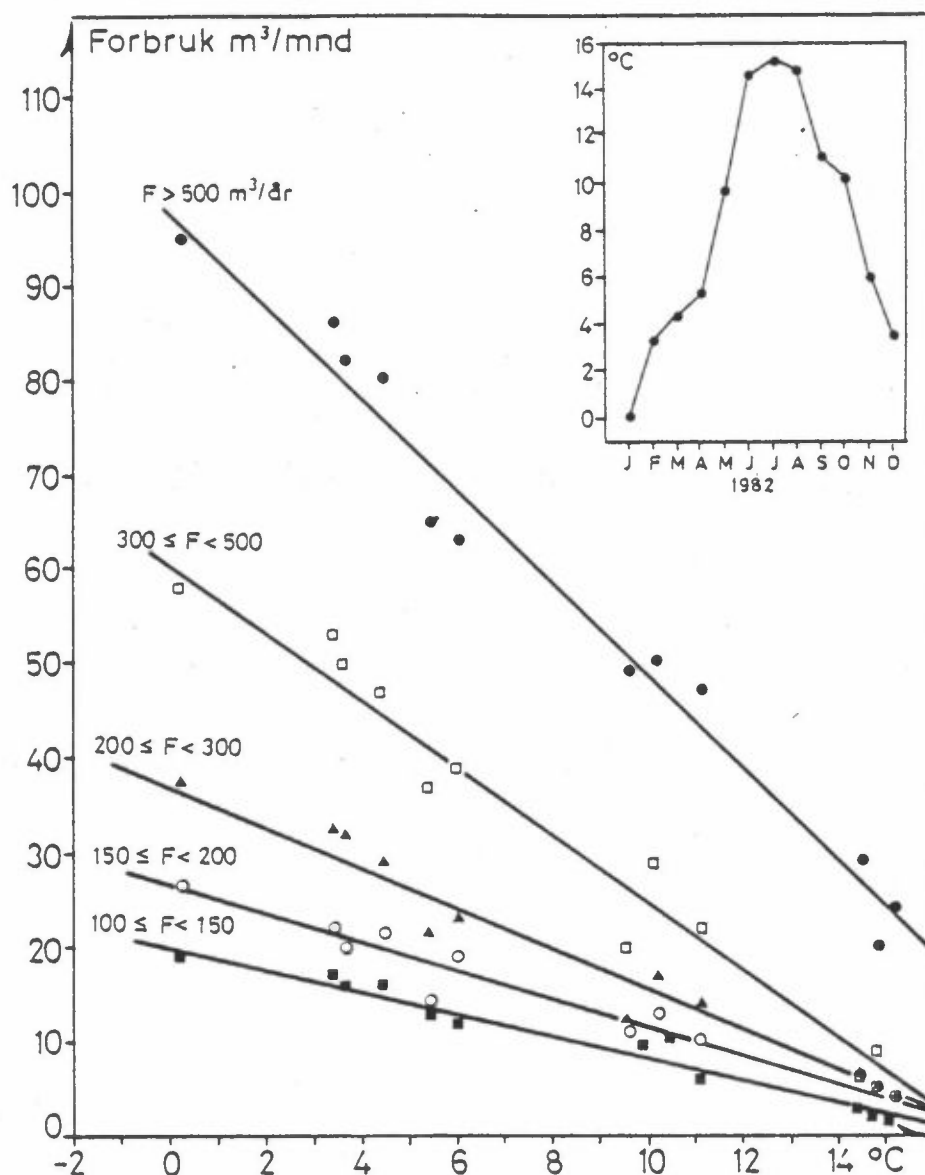
Figur 14: Beregnet utslipp av SO₂ (samlet fra alle kilder) i Bergen, 1983. Enhet: 10⁻¹ tonn/år.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
J=34	0.	0.	0.	0.	2.	53.	3.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=33	0.	0.	0.	0.	0.	57.	55.	15.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=32	0.	0.	0.	0.	0.	1.	90.	302.	6.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=31	0.	0.	0.	0.	0.	0.	19.	234.	17.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=30	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	20.	293.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=29	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	76.	227.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=28	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	292.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
J=27	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	232.	250.	27.	0.	0.	0.	0.	0.
J=26	0.	0.	0.	0.	0.	0.	7.	151.	294.	229.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
J=25	0.	8.	14.	29.	14.	2.	0.	91.	322.	455.	46.	0.	0.	0.	0.	0.
J=24	0.	21.	313.	144.	227.	183.	0.	96.	309.	540.	234.	28.	5.	0.	0.	0.
J=23	0.	6.	42.	171.	0.	81.	255.	120.	334.	215.	263.	197.	110.	0.	0.	0.
J=22	0.	37.	148.	16.	0.	0.	71.	372.	227.	57.	291.	133.	240.	45.	0.	0.
J=21	14.	103.	36.	2.	0.	0.	54.	8.	41.	185.	437.	83.	232.	31.	0.	0.
J=20	93.	0.	18.	0.	0.	0.	39.	0.	0.	43.	266.	222.	175.	14.	0.	0.
J=19	97.	0.	0.	0.	0.	49.	26.	4.	0.	3.	170.	160.	152.	127.	31.	0.
J=18	36.	0.	0.	0.	11.	291.	0.	10.	0.	0.	170.	201.	79.	194.	43.	0.
J=17	0.	0.	0.	1.	28.	126.	42.	4.	0.	4.	195.	202.	88.	123.	29.	0.
J=16	0.	0.	0.	13.	71.	57.	53.	8.	0.	34.	122.	168.	48.	152.	5.	0.
J=15	0.	0.	26.	69.	139.	57.	36.	0.	0.	45.	90.	143.	38.	105.	1.	0.
J=14	17.	33.	67.	55.	39.	59.	20.	0.	0.	82.	121.	169.	65.	62.	10.	12.
J=13	43.	5.	42.	32.	90.	22.	3.	0.	39.	37.	195.	13.	63.	29.	23.	5.
J=12	28.	74.	29.	16.	34.	11.	7.	22.	86.	2.	193.	87.	18.	23.	2.	4.
J=11	4.	85.	32.	28.	25.	38.	22.	62.	46.	0.	187.	56.	17.	2.	0.	64.
J=10	0.	13.	78.	114.	101.	86.	86.	22.	0.	16.	179.	29.	52.	0.	49.	19.
J=9	0.	10.	71.	4.	4.	9.	0.	0.	3.	28.	132.	97.	33.	79.	17.	1.
J=8	13.	20.	71.	32.	4.	4.	0.	0.	0.	31.	27.	188.	70.	68.	5.	2.
J=7	12.	32.	35.	20.	47.	10.	0.	0.	0.	15.	31.	151.	50.	47.	17.	0.
J=6	0.	47.	7.	15.	20.	24.	6.	11.	29.	58.	118.	137.	79.	32.	12.	8.
J=5	0.	35.	26.	0.	19.	27.	9.	18.	52.	107.	40.	14.	104.	9.	3.	0.
J=4	0.	12.	45.	2.	9.	29.	21.	31.	119.	45.	35.	4.	28.	64.	2.	0.
J=3	14.	41.	9.	6.	0.	0.	3.	67.	80.	18.	13.	6.	0.	3.	56.	0.
J=2	44.	67.	58.	57.	49.	42.	50.	94.	12.	5.	27.	13.	0.	2.	70.	0.
J=1	49.	15.	14.	11.	15.	5.	15.	46.	4.	0.	7.	0.	0.	11.	74.	56.

Figur 15: Beregnet utslipp av NO_x (samlet fra alle kilder) i Bergen, 1983. Enhet: 10¹ tonn/år.

Kartleggingen av oljeforbruket i Bergen har gitt grunnlag for å estimere hvordan oljeforbruket på månedsbasis avhenger av månedens gjennomsnittlige temperatur.

I alt 62 oljeforbrukere med årsforbruk større enn 100 m^3 oppga på spørreskjemaene sitt månedlige forbruk av olje. For alle størrelsesklasser av forbrukere var det en nær rettlinjet sammenheng mellom månedlig oljeforbruk og middeltemperaturen innenfor temperaturområdet $0\text{-}14^\circ\text{C}$ (figur 16). En nærmere analyse viser at for alle forbrukere $<500 \text{ m}^3/\text{år}$ øker oljeforbruket relativt like mye med avtakende temperatur. Økningen var ca. 13% pr. avtakende grad i månedlig middeltemperatur, relativt til forbruket ved 10°C . For store forbrukere ($>500 \text{ m}^3/\text{år}$) var økningen noe mindre.



Figur 16: Månedlig oljeforbruk i Bergen som funksjon av middeltemperatur.

FAKTAMATERIALE 5 - SPREDNING I ATMOSFÆREN

Spredningen av utslippene bestemmes i stor grad av vindfordelingen i området i det bakkenære sjikt opp til ca. 50 meter. Om vinteren er sørøstlig vind dominerende i kyststrøkene på Vestlandet. Topografien i Bergen kanalisierer vinden nordover gjennom Bergensdalen og mot nord-vest ut over sentrum.

Gjennomsnittlig fordeling av vindretning og vindstyrke i området er vist i figur 17 for vinteren 1983-84 (desember-februar), basert på målinger 10-36 meter over bakken.

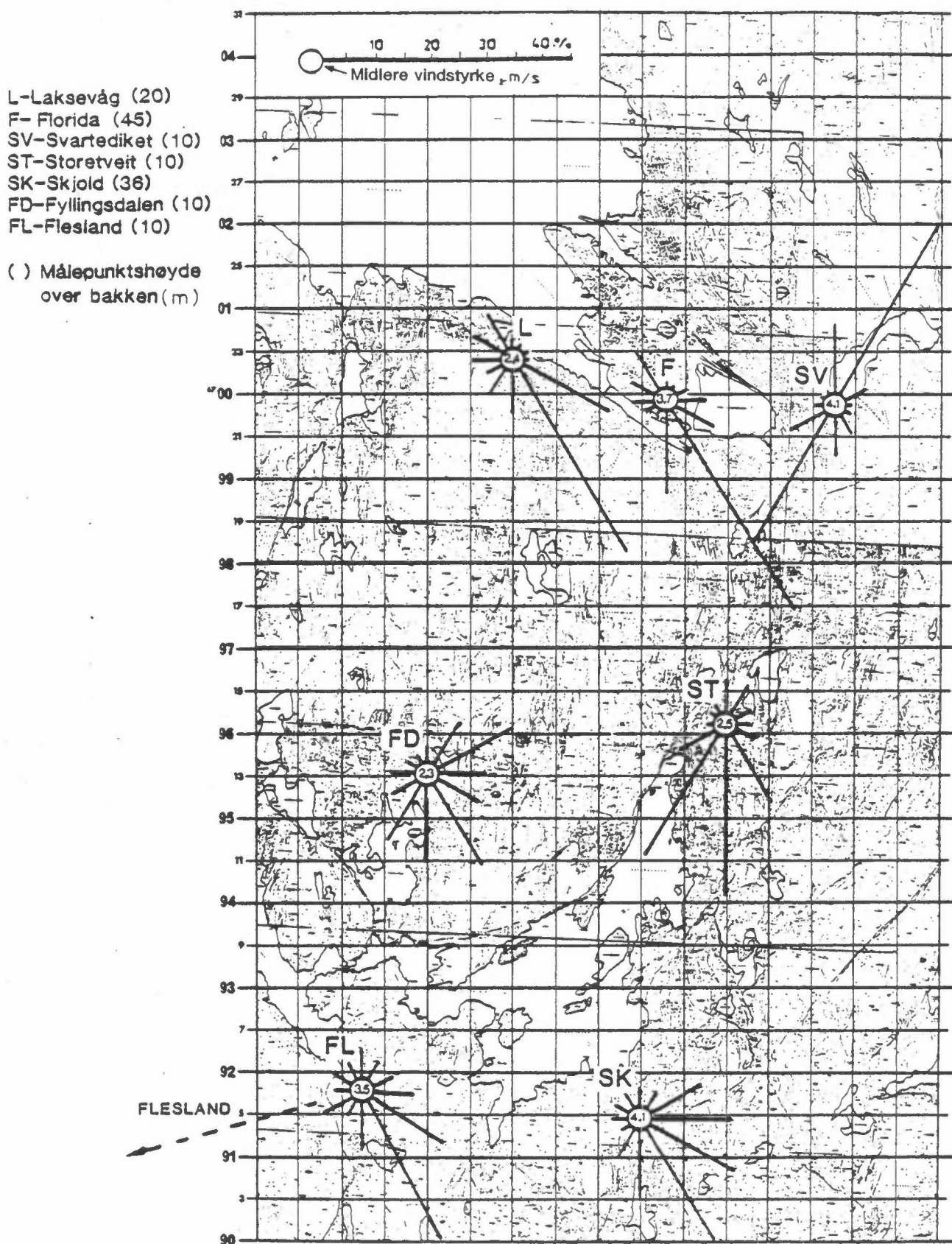
Flesland representerer vindretningsfordelingen på kysten. Fordelingene på Skjold og i Fyllingsdalen ligner denne. På Storetveit er hovedretningen fra sørøst dreidd og kanalisert til sør-sørvest langs dalretningen, og vinden er mye svakere enn på Flesland. Over sentrum dreier den igjen til sørøst langs dalretningen der, og vinden er ytterligere kanalisert. Vindstyrken i sentrum er en del større enn på Storetveit. Man får en tilførsel av luft som ved svak sørlig vind i området strømmer ned Isdalen og ut over Svartediket med styrke ca 4 m/s i gjennomsnitt.

Denne vindfordelingen bestemmer den gjennomsnittlige spredningen av forurensningsutslipp i Bergen.

Når det opptrer kraftig temperaturinversjon, fører dette i kombinasjon med bratte fjellside til stagnerende vind og opphopning av forurensninger i dalene. De bratte fjellssidene og en rekke større og mindre kløfter (særlig Isdalen), gir ved inversjonsforhold opphav til et komplisert system av fallvinder. Den åpne fjorden forårsaker en viss utlufting på grunn av god vertikal utveksling i kombinasjon med fralandsvind.

Utslipp plassert i kildeområdene for fallvind eller i bunnen av Bergensdalen, vil under inversjonsepisoder om vinteren belaste bebodde områder mer enn utslipp plassert nær fjorden.

Utslipp over inversjonen i dalen vil fortynnes raskere enn utslipp ved bakken i dalene. Vind og turbulens er som oftest kraftigere over inversjonslaget.



Figur 17: Vindfordeling, Bergen, desember-februar 1983-84.

Konsentrasjoner av forurensninger i luft er beregnet på grunnlag av data for utslipp og spredningsforhold. Beregningsmetodene for spredning av utslippene i atmosfæren (spredningsmodellene) ble modifisert for å ta hensyn til topografien i området.

Konsentrasjonsfelt av luftforurensning er beregnet for hele prosjektområdet basert på utslippsoversiktene samt spredningsdata som ble utarbeidet fra data for vindhastighet og temperatursjiktning. Beregninger ble utført for hver av de 16x34 500-meter-rutene prosjektområdet ble inndelt i.

Langtidsmiddelverdier ble beregnet for de to vinterperiodene januar-februar 1983 og november-februar 1983-84. Når det gjelder dager med høy forurensningsgrad, ble de to verste episodene, 17.-19. desember 1983 og 19.- 21. januar 1984 valgt ut. For disse periodene ble det gjennomført beregninger av vindfelt og forløpet av forurensning fra time til time.

Beregninger ble utført for stoffene SO_2 , NO_x , CO, partikler, elementært karbon og bly. Beregningsresultatene ble sammenlignet med luftkvalitetsmålingene. Spredningsmodellen for langtidsmiddelverdier var spesielt tilpasset forholdene i Bergen ved at vindretning og -styrke ble variert over området i overensstemmelse med resultatene fra vindmålingene.

For beregning av tidsforløpet av forurensning i episoder med svak vind og høy forurensning, ble det utviklet en modell for beregning av lokale vind- og spredningsforhold som tar hensyn til luftstrømmer på stor skala, topografiske føringer og termiske effekter.

Beregninger av konsentrasjonsfelt for vintermiddelverdier av SO_2 ga stort sett god overensstemmelse med målingene. Fyringsutslipp gjennom lave skorsteiner gir det største bidraget til gjennomsnittlig SO_2 -forurensning i Bergen.

Figur 18 gir konsentrasjonsfelt for gjennomsnittlig SO_2 -forurensning i vinterperioden november 1983-februar 1984. Følgende kildegrupper er betraktet:

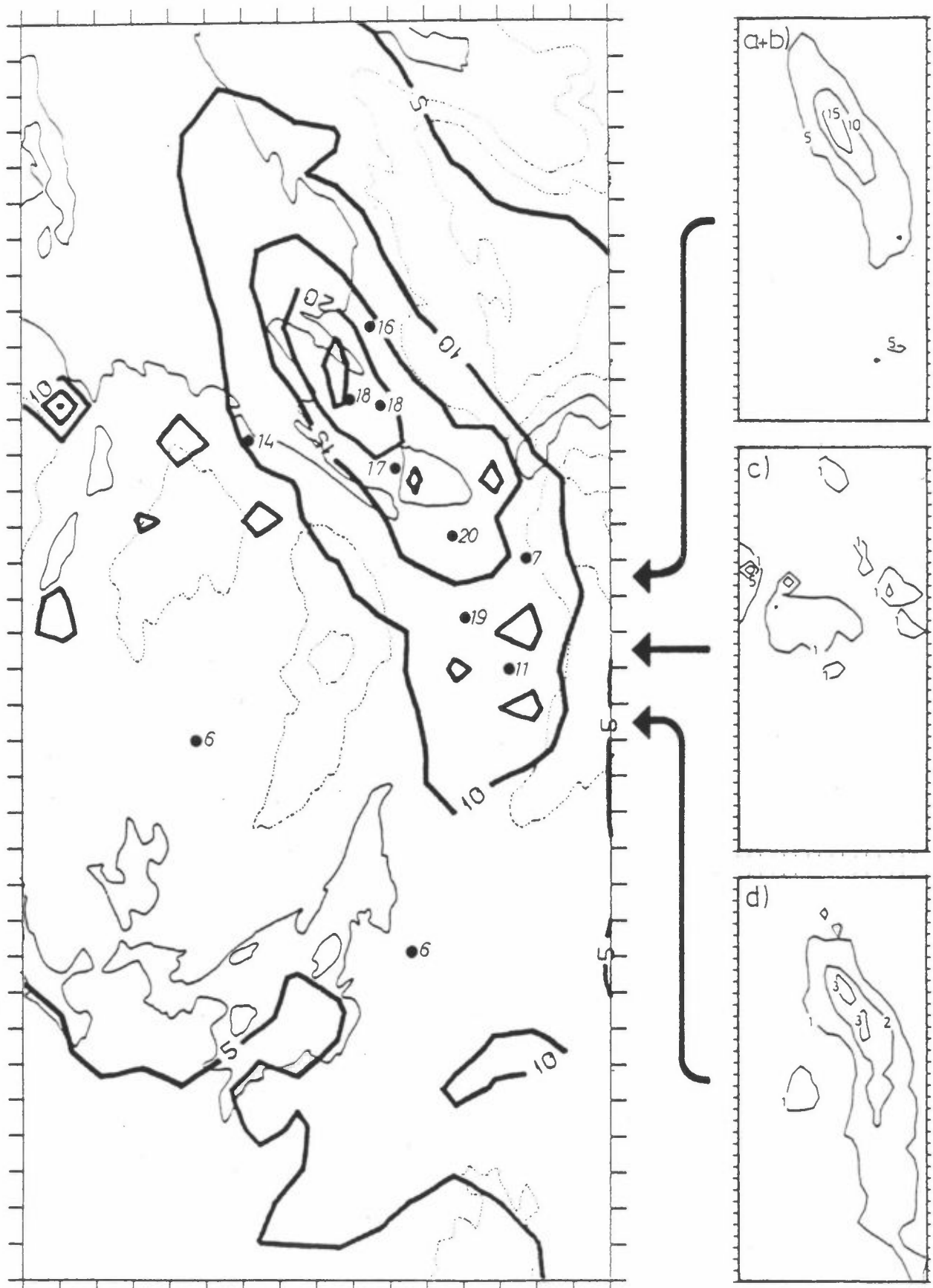
- a) Små fyringsanlegg (<5 tonn SO₂/år). Beregning av bidraget fra disse er basert på samlet utslipp i hver 500-meter-rute.
- b) Større fyringsanlegg og industriutslipp (>5 tonn SO₂/år) med liten utslippshøyde (utslipp i bygningens turbulenssone).²
- c) Større fyringsanlegg og industriutslipp (>5 tonn SO₂/år) med stor utslippshøyde (utslipp over bygningens og terrengets turbulenssone).
- d) Biltrafikk.

Kildegruppene a) og b) behandles spredningsmessig likt når det gjelder langtidsbelastning. De er derfor slått sammen til en gruppe i beregningene. Figur 18 viser bidragene til SO₂-belastningen fra gruppene a + b, c og d hver for seg. En estimert bakgrunnskonsentrasjon, som skyldes utslipp fra kilder utenfor prosjektområdet, ble satt til 4 µg/m³.

Figuren viser at de lave kildene (små fyringsanlegg og større anlegg med lav utslippshøyde) gir hovedbidraget til SO₂-belastningen. Større anlegg med relativt stor utslippshøyde gir noe tilleggsbelastning i enkelte områder ved utslippet. Biltrafikken gir et bidrag på maksimalt 3 µg/m³ i sentrum. Dette skyldes hovedsakelig svovel i autodiesel.

I hovedsak stemmer beregningene bra med målingene (tegnet inn på figuren), men noe avvik finnes. På stasjon Minde ble det målt 19 µg/m³, og beregningene ga ca. 14 µg/m³, mens på Landås var målte konsentrasjoner lavere enn beregnet, henholdsvis 10 µg/m³ og ca. 13-15 mg/m³. Avviket på Hop og i Fyllingsdalen kan tyde på at den anslåtte bakgrunnsverdien på 4 µg/m³ er noe for høy.

Tilsvarende beregninger er også utført for vinteren 1982-83. Både målinger og beregninger viste et lavere SO₂-nivå den vinteren, men forskjellen mellom stasjoner var omtrent som vinteren 1983-84. Vinteren 1982-83 var spredningsmessig bedre enn normalt. Spredningsforholdene vinteren 1983-84 var omtrent som normalt bortsett fra januar 1984 som var kald med høy inversjonsfrekvens. Vinteren 1983-84 antas å representere en nokså nær normal forurensningsgrad i Bergen. År med dårligere spredningsforhold og derved større gjennomsnittlig forurensning, forutsatt samme utslipp, vil dog kunne inntreffe.



Figur 18: Beregnet konsentrasjonsfelt for SO₂, gjennomsnitt for perioden november-februar 1983-84.² Målte verdier er plottet inn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

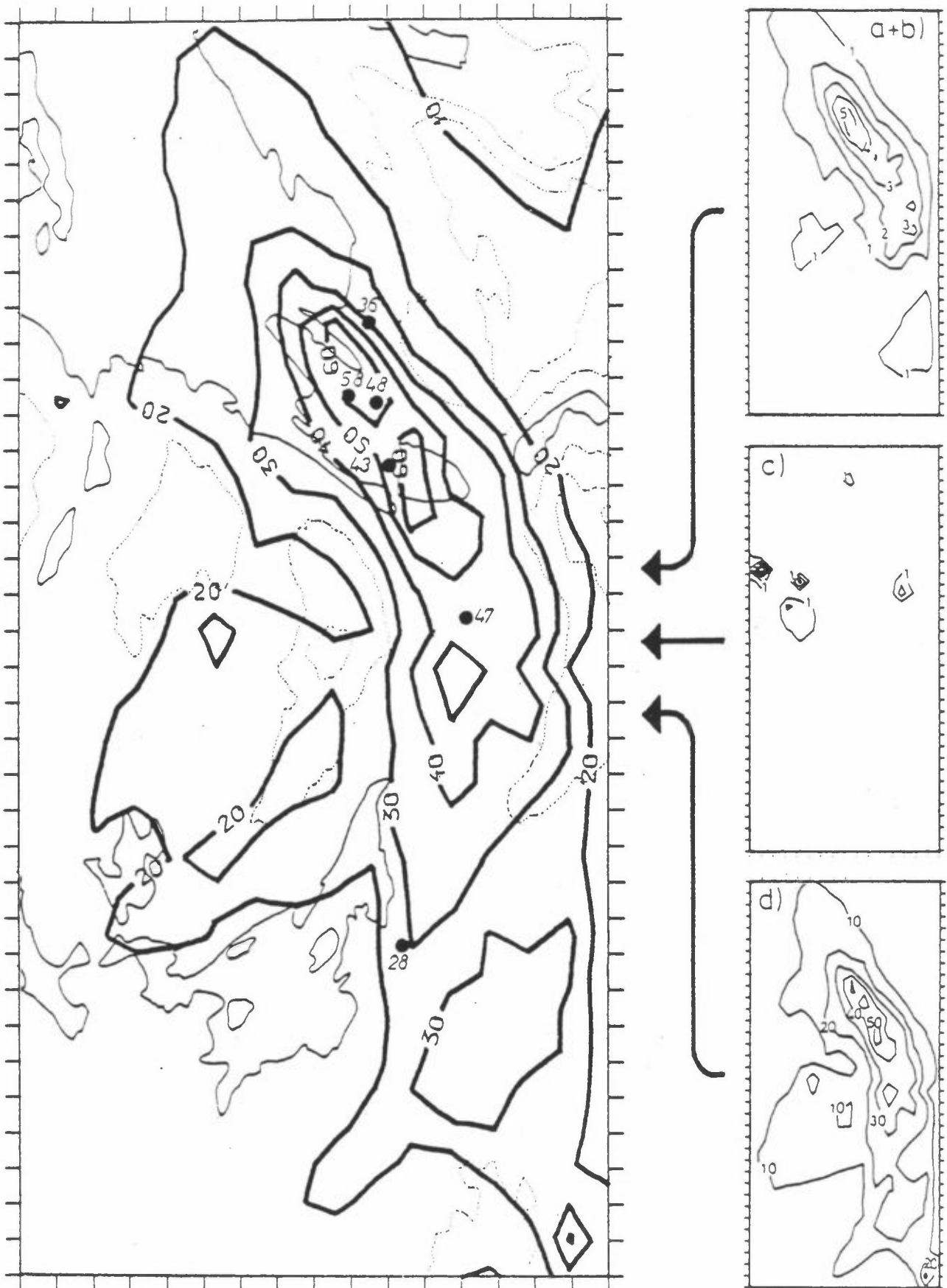
Noen av de største oljeforbrenningsanleggene i Bergen gir i sine nærområder et merkbart bidrag til langtidsbelastningen av forurensning. Ved noen av de anleggene som har lave skorsteiner vil en under spesielle forhold kunne få nedslag av røykfanen og derved høye kortvarige forurensningstopper i nærområdene.

12 oljefyringsanlegg med SO_2 -utslipp større enn 5 tonn/år representerte ca. 31% av samlet svovelutslipp i prosjektområdet. Punktkildekartet i figur 18 gir eksempler på den langtidsbelastning som noen av disse anleggene gir.

Noen av anleggene har lave nok skorsteiner til at røykfanen ved sterk vind eller ustabil temperatursjiktning kan slå ned i nærområdet. Ut fra tall for maksimalt oljeforbruk (kg/h) har vi beregnet at ved 4 av disse oljefyringsanleggene kan maksimal timesmiddelverdi av SO_2 komme opp i 200-400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ innenfor 1.000 meters avstand fra skorsteinen.

Biltrafikkens bidrag til konsentrasjonen av NO_x i luft utgjør ca. 90%. Konsentrasjonsfeltet for NO_x reflekterer fordelingen av trafikkarbeidet i området.

De beregnede konsentrasjonsfeltene av NO_x i figur 19 viser at biltrafikkens bidrag er ca. 90% av totalt gjennomsnittlig NO_x -nivå både i sentrum og i området forøvrig. Det beregnede NO_x -nivået ligger vesentlig lavere enn målt verdi i Teaterparken. Dette kan dels skyldes at utslippene fra biltrafikken er regnet for lavt. Ved å ta hensyn til at en del av datamaterialet for utslipp av NO_x fra bensindrevne personbiler gir vesentlig høyere utslipp ved 0°C enn ved 20°C , vil en god del av uoverensstemmelsen mellom målinger og beregninger rettes opp. Dels kan det også skyldes at spredningen av utslipp fra biltrafikk ikke er fullt så effektiv som den spredning som nå er innebygget i spredningsmodellene. Det beregnede NO_x -feltet stemmer på alle punkter godt med de målinger av NO_2 som er utført (plottet inn på figuren). Selv om NO_x -forurensningen beregnes for lavt, så stemmer den beregnede romlige NO_x -fordelingen godt med den målte NO_2 -fordelingen.



Figur 19: Beregnet konsentrasjonsfelt for NO_x, gjennomsnitt for perioden november-februar 1983-84. Målte verdier av NO₂ er plottet inn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

NILU har benyttet data og vurderinger fra Geofysisk Institutt, Universitetet i Bergen i spredningsberegningene.

Spredningen av forurensninger i atmosfæren nær forurensningskilden avhenger av horisontale lokalvinder, av friksjonen i atmosfæren og av varmeutvekslingen.

Anvendelse av temperatur og vindmålinger i master indikerer at bestemmelsen av varmefluksen er beheftet med de største usikkerhetene. Forurensningsepisoder i Bergen forekommer uten unntak ved lav vindhastighet. Spesielt i disse situasjonene er spredningen i atmosfæren (vertikalblandingen) avhengig av varmembalansen ved bakken. I litteraturen er det videre forslag om å parameterisere vertikalspredningen. Aktuelle parametre er proporsjonale med vertikal varmefluks som vanskelig lar seg måle direkte. Det er derfor ønskelig å bestemme den indirekte.

I samarbeid med Geofysisk Institutt, Universitetet i Bergen, har NILU benyttet eksisterende meteorologiske data fra Bergen sentrum for å bestemme varmeutvekslingen og spredningen i atmosfæren indirekte. Resultatene viser at nettostrålingen som er viktig for varmembalansen ved bakken og dermed spredningsforholdene, kan parameteriseres ved solhøyde og skydekke, når en mangler målinger av temperatur og vind i master. Valg av spredningsparametre er viktig når en skal bestemme maksimalkonsentrasjonene på lé-siden av enkeltutslipp og dermed dimensjoneringen av skorsteinshøyder.

For Bergensområdet som helhet må vi regne med at fordelingen av fjell, daler og fjorder får innflytelse på spredningsforholdene. Ved Geofysisk Institutt er det tidligere vist at utslipp, vind og temperaturvariasjon med høyden er bestemmende for SO_2 -variasjonen fra dag til dag i Bergen. NILU har lagt vekt på disse resultatene i sitt valg av spredningsparametre.

Utvikling av en dynamisk modell for beregning av vind og turbulens i episoder, har gitt grunnlag for å beregne spredning av forurensning i et område med store variasjoner i topografi og i bakkeoverflatens beskaffenhet (by, land, skog, sjø, osv.). Variasjonene er betydelige i Bergensområdet og de bør tas hensyn til ved vurdering av nye forurensningsutslipp.

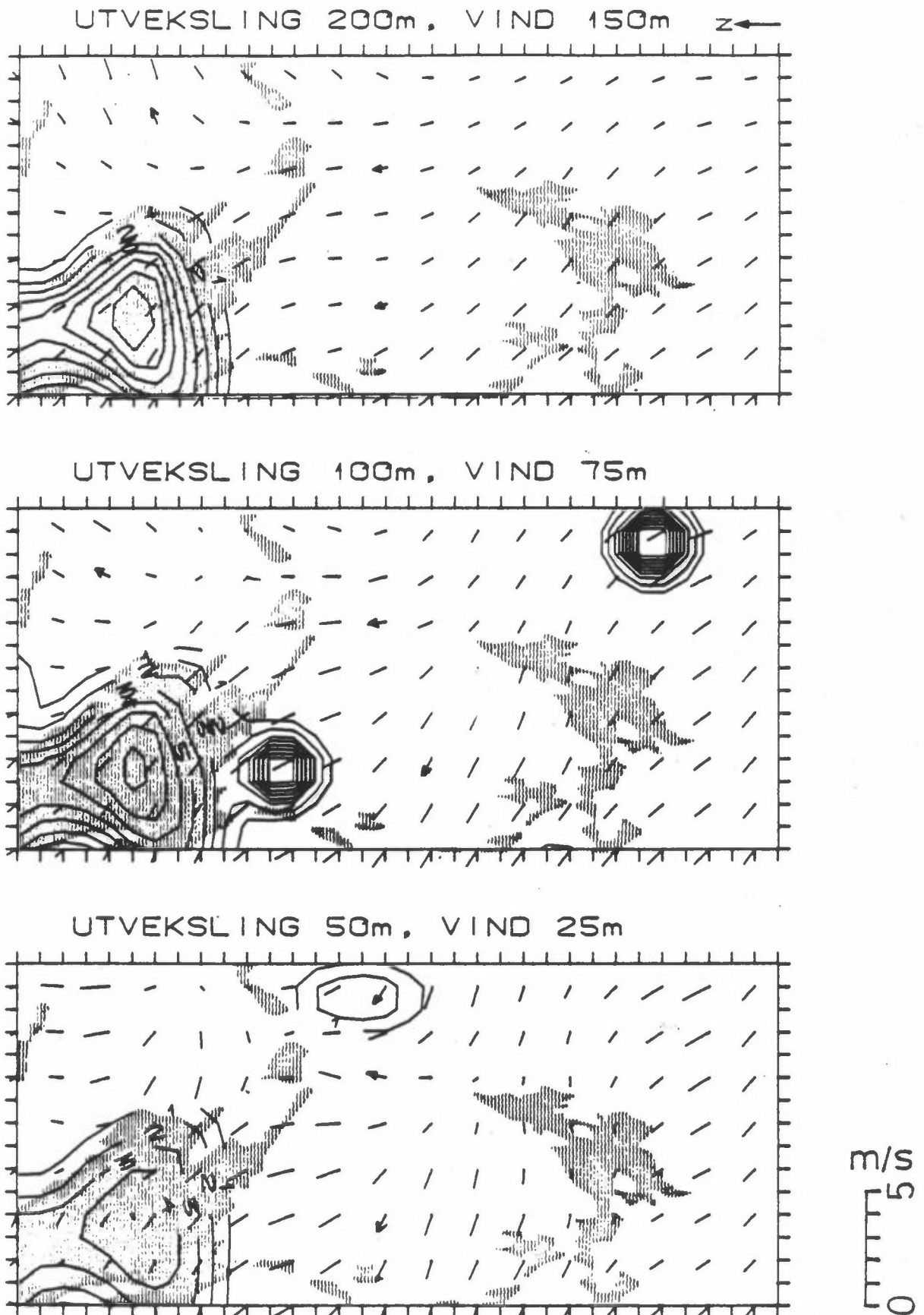
(Utvikling av den dynamiske episodemodellen er finansiert av NILU og er utført i samarbeid med Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI)).

Overskridelser av grenseverdier i Bergen forekommer i episoder og figur 20 viser beregnet vind og turbulens (vertikalutveksling) i tre nivåer i en episode 20-22 januar 1984. På bakgrunn av disse feltene er konsentrasjonsfordelingen av SO₂ beregnet ved hjelp av en trelags spredningsmodell. Resultatene finnes av figur 21. Modellen er kun anvendt i vinterepisoder.

De beregninger som er utført er den første anvendelse av modellen, og det er oppnådd en del erfaring som man bør utnytte ved senere anvendelser. Beregningene er gjort i et lite, begrenset område. Informasjon om feltene på større skala er gitt ved avlesning av værkart. Det viser seg at man på denne måten taper viktig informasjon om prosesser på skalaer mellom "værkartskala" og "Bergen-skala". Dette bør bøtes på ved at man benytter modellen suksessivt med stadig finere oppløsning, idet de beregnete felter fra beregningene på grovere skala brukes som utgangsinformasjon for beregningene på finere skala.

Den dynamiske modellen kan ikke anvendes på finere skala enn en oppløsning på 1 km. Selv om dette er en svært god nøyaktighet for anvendelse av dynamiske modeller av denne typen, mister man fremdeles mye informasjon om de fineste geografiske variasjoner. Spesielt i et land som Norge er de lokale variasjonene svært lokale. I Bergen kommer dette til uttrykk ved at de beregnete vinder fordeler seg mye jevnere i området enn det observasjonene antyder. Dette gjelder spesielt i det bakkenære sjikt. I dette laveste nivå bør eventuelle observasjoner tas hensyn til ved at vindfeltet analyseres med beregningsmodellens vindfelt som første estimat.

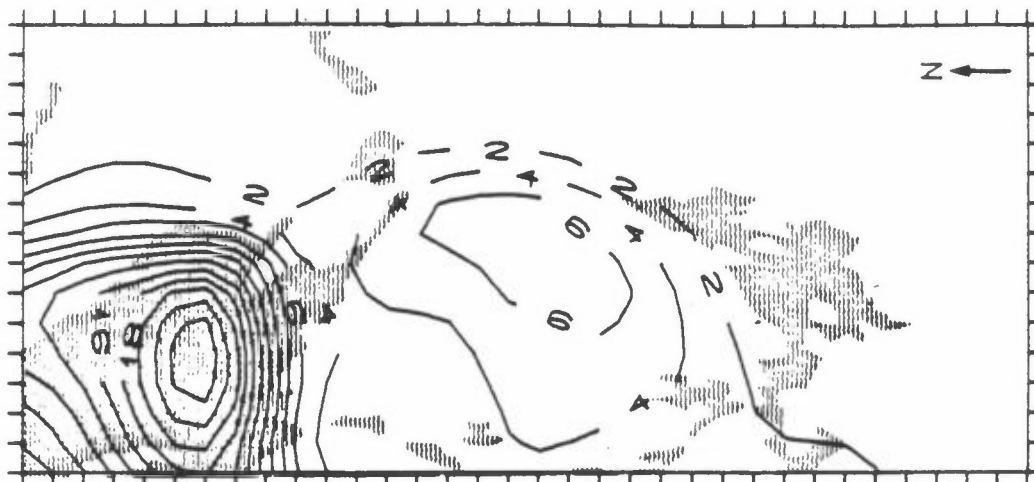
20. jan. 1984, klokka 12



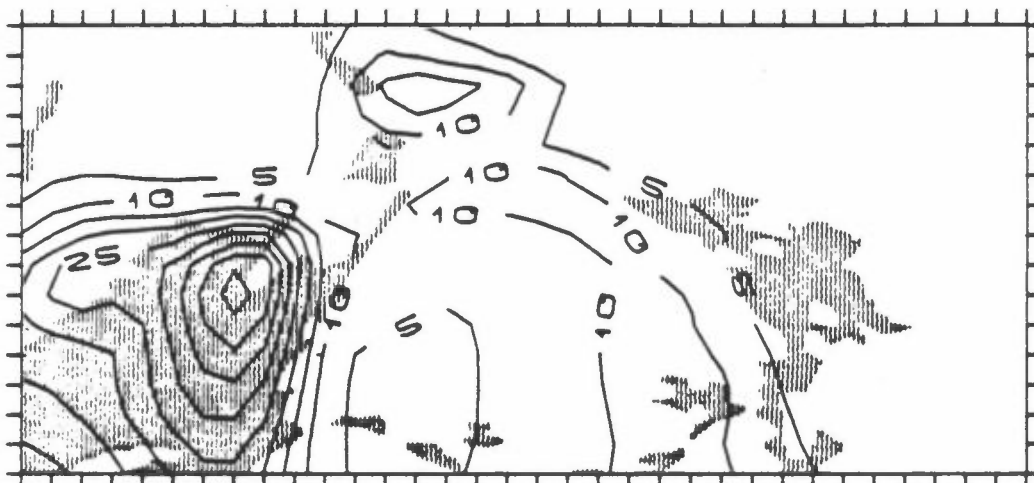
Figur 20: Beregnet vind, ms^{-1} , og utvekslingskoeffisient, m^2s^{-1} .

20. jan. 1984, klokka 12

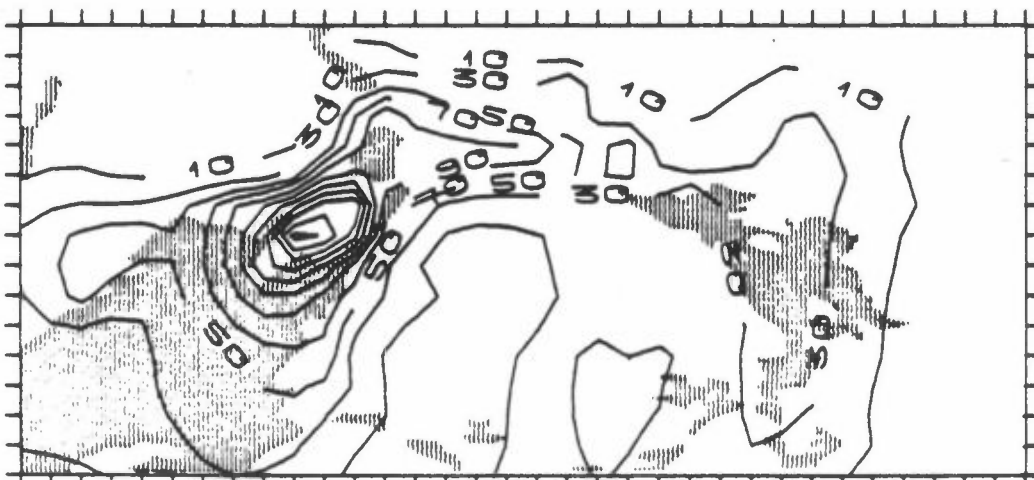
100-200 m



50-100 m



0-50 m



Figur 21: Beregnet konsentrasjon av SO₂, $\mu\text{g}(\text{SO}_2)/\text{m}^3$.

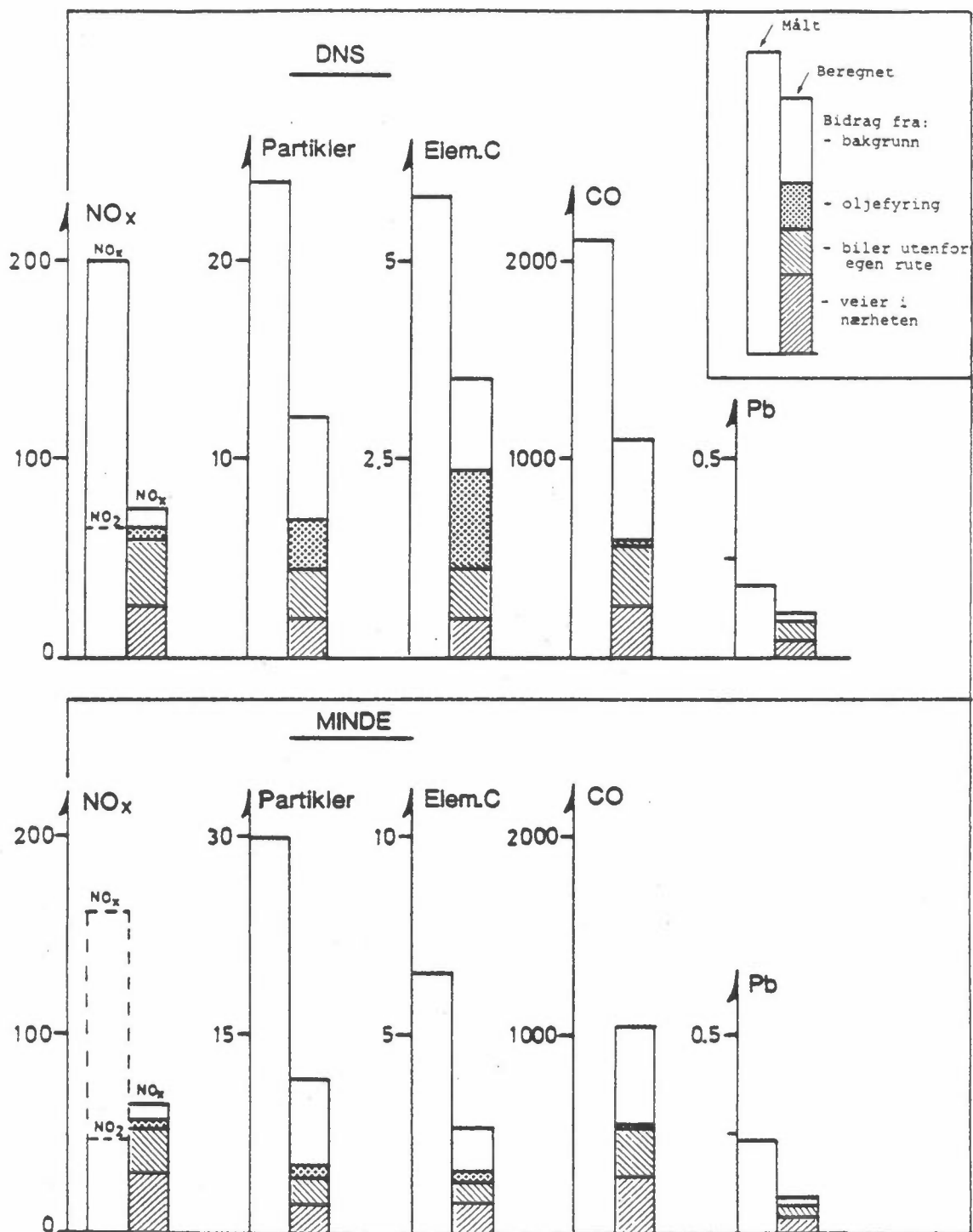
Beregninger av konsentrasjoner av stoffer som får vesentlige utslippsbidrag fra bileksos ga gjennomsnittsverdier innen hver 500-meter-rute som lå vesentlig lavere enn målingene. Ved å ta hensyn i beregningene til bidrag ved målestasjonene fra nærliggende sterkt trafikkerte veier, ble bedre overensstemmelse med målinger oppnådd. Vurdering av utslippsfaktorer og lokal spredning av bilavgasser gir ytterligere muligheter til å forklare og rette opp forskjeller mellom målinger og beregninger.

Stoffene NO_x , CO, partikler, elementært karbon (EC) og bly skyldes helt eller delvis bileksos. Utslippsmønstret for bileksos i bymiljø skiller seg fra utslippsmønstret for avgasser fra fyringsutslipp, idet eksosen slippes ut langs definerte "linjer" i bakkenivå, mens fyringsutslippene skjer i punkter 10-30 meter over bakken, mer eller mindre jevnt fordelt innen hver rute. Spredningen av bileksos skjer derved noe mindre effektivt, spesielt når vinden blåser langs veien. Hovedveiene følger ofte dalaksene, og har derved ofte nær samme retning som de dominerende vindretninger i området.

Flere av målestasjonene i Bergen var relativt sterkt trafikkesponert, og for disse ble bidraget fra nærliggende trafikkerte veier beregnet spesielt i tillegg til de bidrag en får fra utslipp i øvrige ruter lenger unna.

Figur 22 viser resultater av slike beregninger for hovedstasjonen ved Den nasjonale scene og på stasjonen Minde. Beregningene gir verdier som er 40-60% av de målte verdier. De nærmeste veiene, i begge tilfeller ca. 50 meter fra stasjonene, ga omtrent like store beregnede bidrag som bidragene samlet fra all annen biltrafikk i området. Oljefyring ble beregnet å gi svært små bidrag til NO_x og CO, men like store eller større bidrag til partikler og elementært karbon som det biltrafikken gir.

Avviket mellom beregninger og målinger når det gjelder NO_x, CO, partikler, EC, og bly skyldes høyst sannsynlig at biltrafikkens bidrag til forurensningen er beregnet for lavt. Det ligger usikkerheter både i utslippsfaktorene og trafikkforholdene som er valgt som grunnlag for beregningene, og i spredningsberegningen for bilavgasser i området

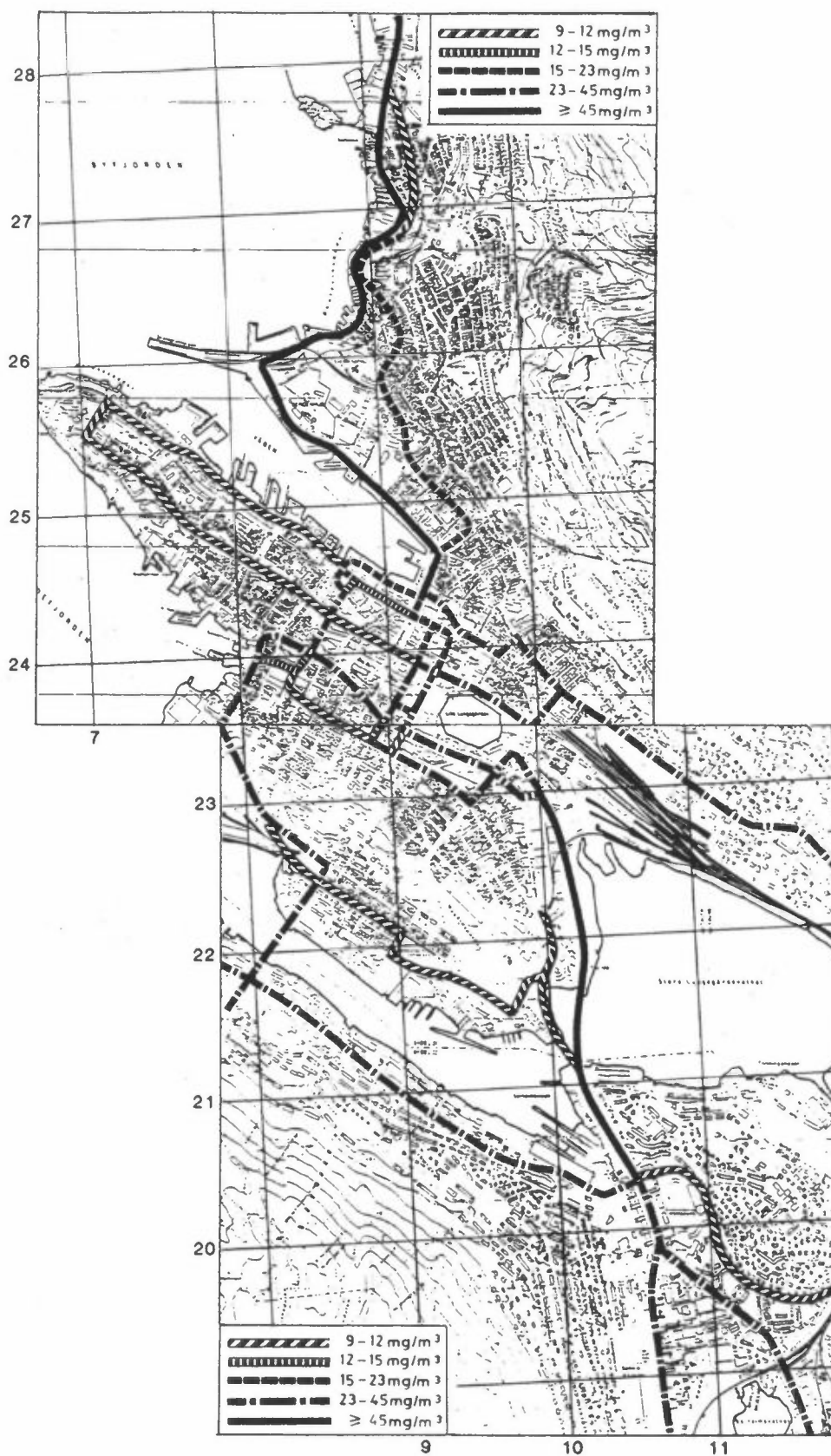


Figur 22: Beregnet og målt forurensning av NO_x, partikler, elem. C, CO og bly på DNS og Minde, desember-februar 1983-84 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

0-100 meter fra veier. Temperaturens mulige innvirkning på NO_x-utslippet er allerede omtalt (side 62). Som grunnlag for utslippsfaktorene er brukt en gjennomsnittlig kjørehastighet på 30 km/h i sentrum, med 20 km/h i rushtiden. En lavere kjørehastighet vil gi vesentlig større CO-utslipp. Utslippsfaktoren for partikler og spesielt elementært karbon er usikre. Resultatene vist i figur 22 indikerer at kjørehastighetene og utslippsfaktorene som er benyttet for biltrafikk bør kontrolleres og revurderes. Undersøkelser er også i gang for å forbedre beskrivelsen av spredning av bilavgasser nær veier i bymiljø.

Forurensningsnivået ved fortau er beregnet for gatenettet i Bergen, ved hjelp av Nordisk beregningsmetode for bilavgasser. Grenseverdien for CO overskrides langs tilsammen ca. 16 km fortau-strekning i sentrum der det er sammenhengende fasaderekker. Også langs en del åpne veier (spredt bebyggelse) overskrides grenseverdien.

Beregningsresultatene for veistrekningene i sentrum er vist på figur 23. Figuren gir CO-konsentrasjonen (maksimal 8-timers-verdi, dvs. gjennomsnitt over 8 timer) på fortau i de områder langs veiene der det er fasaderekker. I de områder der det er spredt bebyggelse vil fortauskonsentrasjonen være anslagsvis 20-40% lavere enn gitt på figuren.



Figur 23: Beregnet CO-forurensning (maksimal 8-times middelværdi) langs veinettet i Bergen. Verdiene gjelder de områder langs veiene som har sammenhengende fasaderekker. Ved spredt bebyggelse er konsentrasjonene lavere.

FAKTAMATERIALE 6 - ATMOSFÆRISK KORROSJON OG MILJØ

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

I basisundersøkelsen var målet å kartlegge korrosjonen i Bergens-området og å etablere sammenhenger (dose-effekt-relasjoner) mellom miljøvariable (luftkvalitet og meteorologiske parametre) og korrosjon. Dose-effekt-sammenhenger er nødvendige for å beregne skadevirkninger og for å vurdere tiltak for reduksjon av slike. Undersøkelsen i Bergen har vært viktig for å sammenligne dose-effektsammenhenger fra et område med mye nedbør, høy fuktighet, sjøsaltbelastning og lite SO₂ med tørrere og mer SO₂-rike områder i SarpsborgFredrikstad (S-F).

Målinger av korrosjon og SO₂ i luft, samt nedbørmengde og nedbørkvalitet er utført på 11 stasjoner. I tillegg er det benyttet meteorologiske data både fra basisundersøkelsen og fra Meteorologisk Institutts stasjon på Florida.

Korrosjonsmålinger av stål, sink, kopper og aluminium samt målinger av SO₂ og nedbørmengde/kvalitet er utført på 11 stasjoner i perioden januar 1983 - desember 1984. I tillegg er klimatiske parametre registrert på enkelte stasjoner. (Stasjonsplassering er beskrevet i vedlegg B.) Målingene har omfattet årseksponering av stål, sink, kopper og aluminium, samt kvartalseksponering av stål i 2 år. I perioden februar-desember 1984 ble det dessuten utført månedseksponeringer av stål. Plater av de ulike metallene ble eksponert i 45° vinkel med horisontalplanet, med flaten vendt mot sør.

Nedbørkvalitet (pH, klorid) ble målt på samtlige stasjoner, mens kloridbelastning fra luft ble målt på CMI, Fyllingsdalen og Fredriksberg i perioden februar-desember 1984.

Statistiske testmetoder viste at hypotesen om samme klima i området er tilnærmet oppfylt. Nedbørkvaliteten er tilnærmet uniform, og SO₂-konsentrasjonen er lav (<12 µg/m³) i hele området.

For å teste hypotesen om felles klima i området ble flere statistiske testmetoder benyttet. Det ble testet på ulikheter, både i enkelvariablers middelerverdier og i lineære regresjonskoeffisienter. Sammenligningen av temperatur, relativ fuktighet, våttid og nedbørmengde viste at hypotesen om samme klima for området kun var tilnærmet riktig. Med våttid (TOW) menes den tiden hvor luftfuktigheten var over 80% samtidig som lufttemperaturen var over 0°C.

Temperatur- og fuktighetssammenligninger ble gjort mellom den meteorologiske stasjonen på Florida og NILUs målinger på Skjold. Den viste at det er noe høyere temperatur på Florida enn på Skjold, men lavere relativ fuktighet og våttid (ca. 10%). Målegrunnlaget, både i tid og rom, er for spinkelt til å gi noen god vurdering av uniformiteten av våttid i måleområdet.

For svoveldioksid i luft var de månedlige middelerverdiene på alle stasjonene så lave at de ifølge internasjonal standard for klassifisering av korrosjonsmiljøet ligger i bakgrunnsnivået (årsmiddelerverdi <12 µg/m³). Nedbørkvaliteten (H⁺, pH og kloridkonsentrasjonen) var den samme i hele området. Surheten var lavere og kloridkonsentrasjonen dobbelt så høy som i S-Fområdet. På grunn av vesentlig større nedbørmengder var våtdeponeringen av sjøsalt mye høyere enn i S-F.

Korrosjonsmålingene viste at det er svært liten forskjell i korrosjonen mellom stasjonene. Korrosjonshastigheten var ca. 30% høyere enn ved bakgrunnsområdet Hoff i S-F.

Det var svært liten forskjell i korrosjonen mellom stasjonene, og stasjonene var godt korrelert. Midlere korrosjonshastighet for stål var ca. 30% høyere enn på bakgrunnsstasjonen Hoff og ca. 30% lavere enn i byområdene i S-F. Det var høyere korrosjon på stål i 1983 enn i 1984. Det var høyest våttid i 1983. Sink, kopper og aluminium viste også omtrent samme korrosjonshastighet for hele området, og med høyere

korrosjon i 1983 enn i 1984. For sink var den gjennomsnittlige korrosjon i Bergen omtrent den samme som i byområdene i S-F. Sink er mer ømfindtlig for høy fuktbelastning (nedbørmengde og høy våttid) enn de andre materialene. For kopper og aluminium er den gjennomsnittlige korrosjonen ca. 20% lavere enn i byområdene i S-F.

Figur 24 viser kvartalskorrosjonen av stål målt på stasjonene i Bergen i 1983-84, mens figur 25 og 26 viser henholdsvis årskorrosjonen av stål og sink.

Korrosjonshastigheten av stål i Bergen er relativt lav og uniform og dårlig korrelert med andre miljøvariable enn nedbørmengde og våttid.

Det er gjort multippel regresjonsanalyse av korrosjonshastigheter og miljøvariablene. Det ble antatt like klimatiske forhold (månedlig temperatur og våttid) på alle stasjonene, mens det ble benyttet separate målinger av øvrige miljøvariable. Utenom fuktbelastning var det et lite bidrag til korrosjonshastigheten fra flere miljøparametre som SO_2 , surhet og sjøsalt. Korrelasjonene var generelt lave, og dette skyldes liten variasjon i miljøparametrene. Våttid og nedbørmengde gir de beste korrelasjoner med korrosjonshastigheten og er bedre for årsverdiene enn for måneds- og kvartalsresultatene. For årsverdiene får vi en svak bedring av korrelasjonen ved å inkludere SO_2 eller produktet av SO_2 og Cl i nedbør:

$$K_{\text{Fe}}^{\text{år}} = 0.12 \text{ TOW} + 0.72 \cdot \text{SO}_2 \cdot \text{Cl} - 250.3 \quad R = 0.89$$

$$K_{\text{Fe}}^{\text{år}} = 0.12 \text{ TOW} + 5.4 \cdot \text{SO}_2 - 310.2 \quad R = 0.88$$

Fordi korrosjonshastigheten er så lite influert av SO_2 vil det ikke bli regnet ut kart over korrosjonshastigheten basert på spredningsregninger av SO_2 -konsentrasjonen i luft.

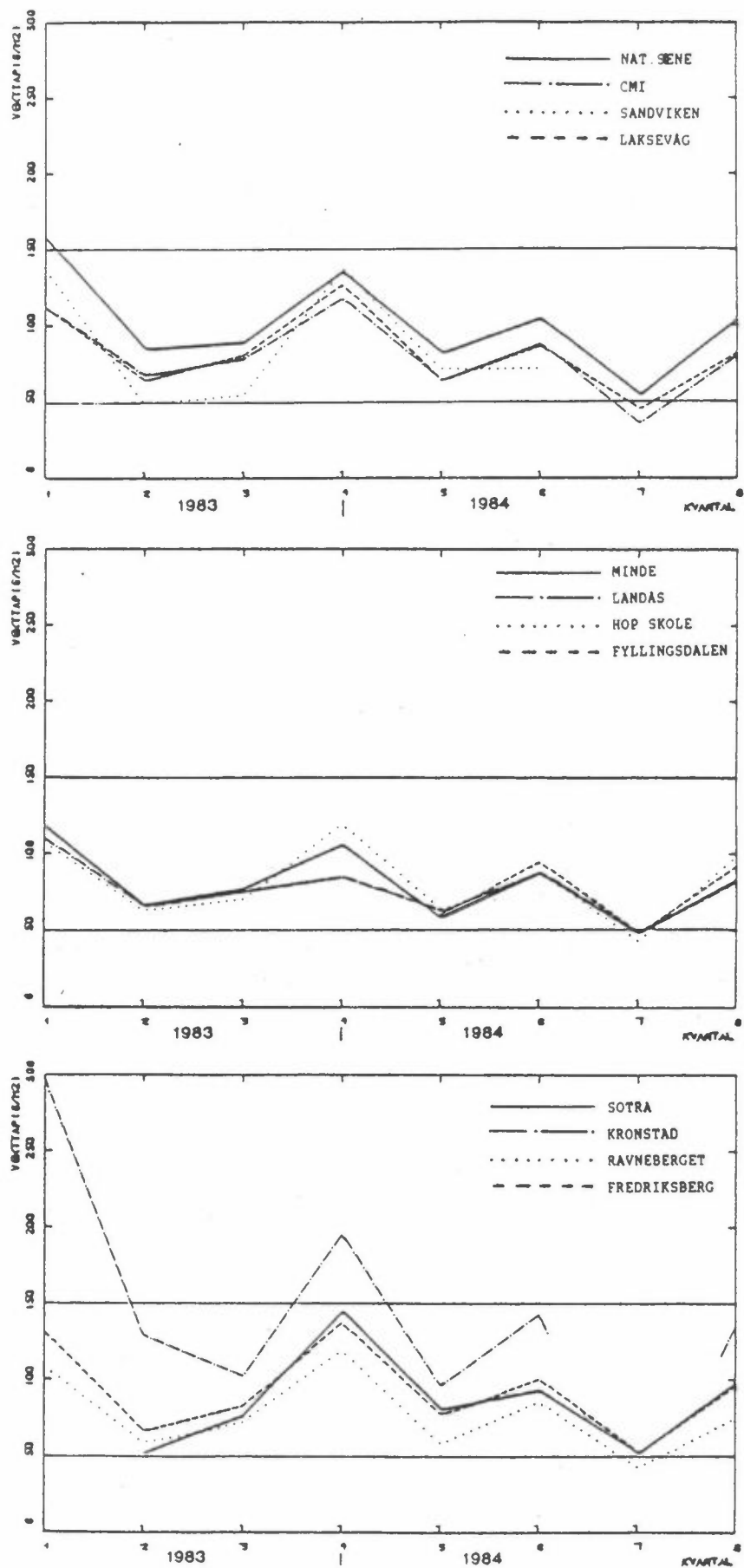
Årskorrosjonen av sink, kopper og aluminium er godt korrelert med nedbørmengde eller våttid. Våtdeponert klorid har også betydning for korrosjonen.

Årskorrosjonene av alle tre materialene er rimelig bra beskrevet av relasjoner som inneholder nedbørmengde eller våttid. Dessuten er det god korrelasjon med klorid i nedbør.

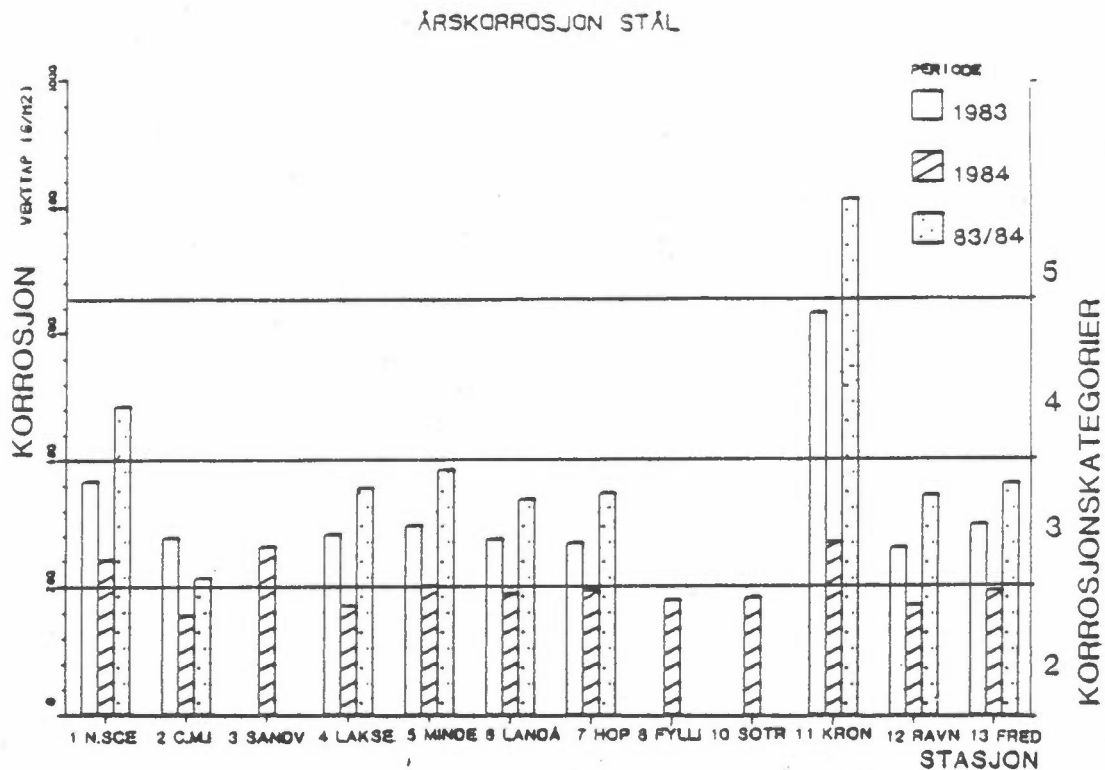
Korrosjonsundersøkelsen vil bli fulgt opp med en samlet utvikling av dose-effekt-sammenhenger for databasene fra Sarpsborg-Fredrikstad og Bergensområdet.

I april 1984 ble langtidsprogrammet for rutinemessig overvåkning av korrosjon etablert på CMI-stasjonen i Bergen. Dette fortsetter.

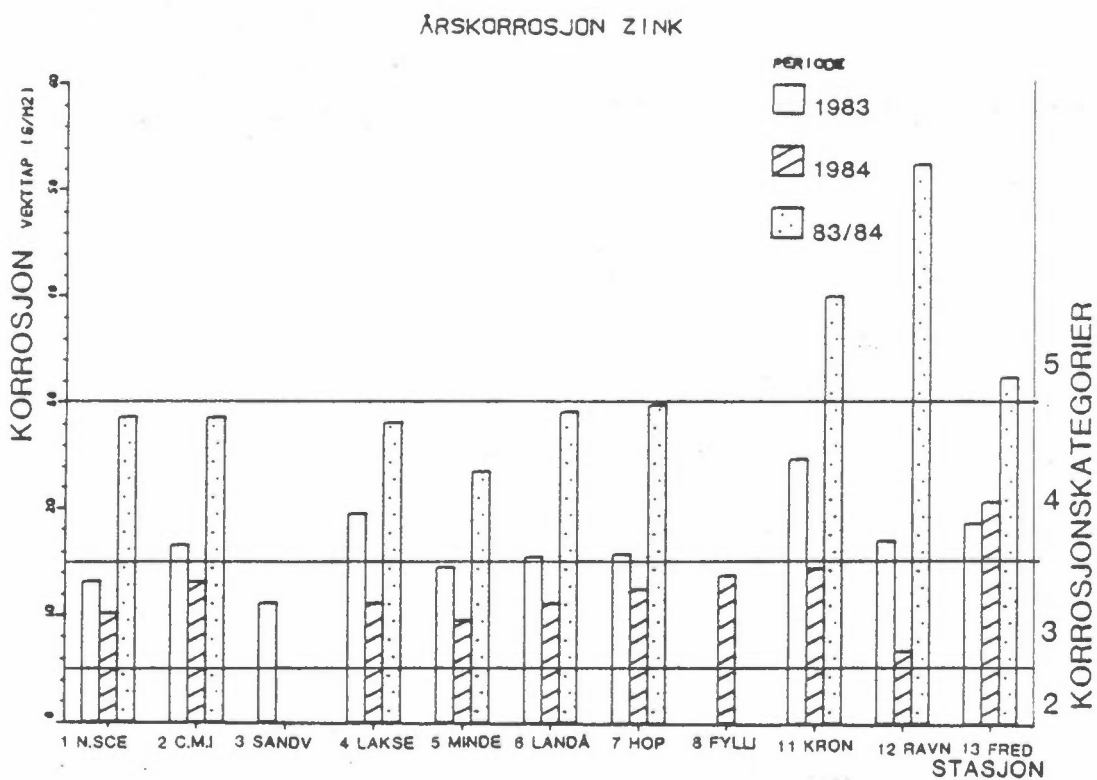
NILU vil videre søke å gjennomføre et prosjekt med endelig utvikling av dose-effektsammenhenger på grunnlag av databasen fra S-F-undersøkelsen og fra Bergen-undersøkelsen. Det vil da være mulig å utvikle relasjoner gjeldende for et bredt spekter av klimavariasjon (våttid, nedbørmengde), SO_2 -konsentrasjoner og nedbørkvalitet. Dette var et hovedmål med korrosjonsundersøkelser i basisundersøkelsene.



Figur 24: Kvartalskorrosjon av stål i Bergen i 1983-84.



Figur 25: Årskorrosjon av stål i Bergen, 1983-84.



Figur 26: Årskorrosjon av sink i Bergen, 1983-84.

FAKTAMATERIALE 7 - ANDRE UNDERSØKELSER AV LUFTFORURENSNINGER I BERGEN

Undersøkelser av luftforurensningsforhold i Bergen har foregått i en årrekke, hovedsakelig utført av NILU og Geofysisk institutt ved Universitetet i Bergen.

NILU har siden 1971 vært engasjert i ulike undersøkelser av luftforurensning i Bergen. Målinger av SO_2 og sot har vært utført siden 1971 i samarbeid med Bergen ingeniørhøgskole og Hordaland fylkeslaboratorium.

Det er utført en rekke undersøkelser i tilknytning til forurensning fra biltrafikk. Dette gjelder både målinger av forurensninger i gate-miljø og utredninger av forurensning fra tunnel-munnings. Støvforurensningen i Bergen har også vært undersøkt i forbindelse med et metodeprosjekt (sammenligning av ulike støvmålemetoder).

Resultater av målinger som tidligere er utført på Sotra og Mongstad i forbindelse med industrietablering har gitt noe datamateriale for bakgrunnsforurensningen i området som en har kunnet utnytte i basisundersøkelsen.

Resultatene av disse undersøkelsene er gitt i referansene (10)-(19). Nedenfor er gjengitt utdrag av hovedkonklusjoner. Referansene (7) og (20)-(27) er artikler, rapporter og hovedoppgaver utarbeidet ved Geofysisk institutt i Bergen vedrørende luftforurensning og spredningsforhold i Bergen.

Målingene av SO_2 og sot viser at forurensningsnivået i dag er vesentlig lavere enn i begynnelsen av 1970-tallet.

I årene 1971-75 ble det utført målinger på opptil 13 stasjoner i Bergen. Senere ble måleprogrammet redusert til 3 stasjoner (CMI, Kronstad og Ravneberget). CMI og Kronstad inngikk i det statlige overvåkingsprogrammet, mens Ravneberget ble drevet av Fylkeslaboratoriet.

Målingene er tidligere ikke rapportert i sin helhet. I planen for basisundersøkelsen for Bergen (5) er gitt et sammendrag av målingene, og noe av dette er behandlet i Faktamateriale 1 i denne rapporten. Målingene på stasjonene CMI og Kronstad rapporteres i NILUs årsrapporter for det statlige overvåkingsprogrammet.

SO₂-nivået på CMI og Kronstad er redusert til en tredjedel siden begynnelsen av 70-tallet, mens sot-nivået er omtrent halvert på samme tid.

Luftforurensningsmålinger i Strandgaten og Lars Hilles gate i 1978 viste at eksosforurensningen til tider var svært høy langs trafikkerte gater i Bergen.

Målingene beskrives i detalj i (17). Grenseverdier for CO og sot ble overskredet i gatene på en rekke dager i løpet av vinteren 1978. Maksimalkonsentrasjonene av CO og sot var nær dobbelt så høye som det som ble målt i Teaterparken under basisundersøkelsen.

Forurensninger ved tunnelmunnninger og sjakter er vurdert for tunneler gjennom Fløyfjellet (Nordre innfartsvei) (10, 12, 16) og Ulriken (11).

For hver munning og sjakt er det for ulike tunnelalternativer avgrenset de områder som vil kunne få konsentrasjoner av CO høyere enn grenseverdier. Beregningene er basert på en empirisk modell for spredning av forurensningen fra tunnelmunnninger. Modellen er bl.a. basert på spredningsforsøk med sporstoff utført i Bergen ved munningen av Eidsvågtunnelen og Løvstakktunnelen (14).

Fløyfjelltunnelen ble besluttet ventilert gjennom sjakter plassert opp mot Fløyfjellet, fordi beregnet forurensning ved munningen ble ansett som uakseptabel (10).

REFERANSER

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

- (1) Larssen, S. Delrapport A.
Hagen, L.O. Målinger av meteorologi og luftkvalitet.
Dahl, J.E. Eksponering og helsevirkninger.
Hongslo, J. Lillestrøm 1986 (NILU OR 54/86).

- (2) Haagenrud, S. Delrapport B.
Henriksen, J.F. Korrosjon og miljø
Gram, F. Lillestrøm 1986 (NILU OR 56/86).

- (3) Grønskei, K.E. Delrapport C.
 Spredningsberegninger
 Lillestrøm 1986 (NILU OR 49/86).

- (4) Hoem, K. Delrapport D.
Gram, F. Utslippskartlegging
Larssen, S. Lillestrøm 1986 (NILU OR 57/86).

Tidligere er utgitt følgende rapporter i forbindelse med basisundersøkelsen i Bergen:

- (5) Larssen, S. Forslag til plan for basisundersøkelse i Bergen
 1983-1985. Lillestrøm 1983 (NILU OR 4/83).

- (6) Hanssen-Bauer, I. Parameterisering av nettostrålingen og den
 følbare varmeflux i Bergen. Lillestrøm 1983
 (NILU TR 12/83).

- (7) Berge, E. En undersøkelse av temperaturinversjoner og
Hassel, F. lokale drenasjestrømmer i Bergen. Universitetet i
 Bergen 1984 (Geofysisk inst., avd. B, rapport nr.
 2, 1984).

- (8) Larssen, S. Datarapport I. Måleresultater januar-august 1983.
Grønskei, K.E. Lillestrøm 1985 (NILU OR 55/85).
Hoem, K.
Haagenrud, S.E.

- (9) Larssen, S. Datarapport II. Måleresultater september 1983-
Hoem, K. februar 1984). Lillestrøm 1986 (NILU OR 6/86).

Det henvises til følgende rapporter fra undersøkelser som NILU tidligere har utført i og ved Bergen (kronologisk rekkefølge, siste arbeider først):

- (10) Grønskei, K.E. Fløyfjellstunnelen. Forurensninger fra ventilasjonssjakten ved Skansemyren. Lillestrøm 1985 (NILU OR 54/85).

- (11) Grønskei, K.E. Veitunnel Ulriken. Eksosforurensninger ved tunnelmunningen. Lillestrøm 1985 (NILU OR 14/85).

- (12) Grønskei, K.E. Forurensning ved Sandviken sykehus før og etter ombygging av Nordre innfartsåre til Bergen. Lillestrøm 1983 (NILU OR 35/83).

- (13) Schjoldager, J. Ozon, nitrogenoksider og hydrokarboner, Mongstad, 1981. Lillestrøm 1982 (NILU OR 22/82).

- (14) Gotaas, Y. Spredning av sporstoff fra vegtunneler i Bergen. Lillestrøm 1981 (NILU OR 37/81).

- (15) Larssen, S.
Hagen, L.O. Sammenlignende målinger av sot og svevestøv i Bergen i 1978. Lillestrøm 1980 (NILU OR 44/79).

- (16) Grønskei, K.E. Nordre innfartsåre til Bergen. Foreløpig vurdering av luftforurensninger fra tunneler. Lillestrøm 1980 (NILU OR 49/79).

- (17) Larssen, S. Luftforurensninger fra vegtrafikk. Målinger i Bergen kommune, 1978. Lillestrøm 1979 (NILU OR 24/79).

- (18) Sivertsen, B. Meteorology, air quality and precipitation chemistry at Sotra, Winter 1977/78, Spring 1978, Summer 1978 (NILU OR 20/78, 33/78, 53/78).

- (19) Dovland, H. SO₂-målinger i Mongstad-området før og etter start av oljeraffineriet. Lillestrøm 1976 (NILU OR 16/76).

Det henvises til følgende artikler og hovedoppgaver utarbeidet ved Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen, vedrørende luftkvalitet og spredningsforhold i Bergen (kronologisk rekkefølge, siste arbeider først):

Artikler

- (20) Hanssen-Bauer, I. A simple model for diffusion of SO₂ in Bergen. Atmos. Environ., 19, 415-422 (1985)².
- (21) Gjessing, Y.T. On the aerosol variation with height in Bergen. In: Godske, C.L.: Studies in the meteorology of the Bergen region. Bergen-Oslo 1967. (Årbok for Universitetet i Bergen, Mat.-naturv.serie, 1967, No. 2).
- (22) Knutsen, J. Vindforholdene på Bergen havn. Oslo 1963. (Det norske meteorologiske institutt, Technical Report No. 4).

Hovedoppgaver

- (23) Eidsnes, R.P. Stabilitetsmålinger i Bergensområdet. Hovedoppgave, 1978.
- (24) Olseth, J. Inversjoner i Bergensområdet, og disse sett i høve til netto strålingsbalanse og vind. Hovedoppgave, 1977.
- (25) Slogvik, A. Aerosolmålinger over ei sterkt trafikkert gate i Bergen. Hovedoppgave, 1974.
- (26) Fitje, A. En undersøkelse av atmosfæriske stabilitetsforhold i Bergensområdet. Hovedoppgave, 1972.
- (27) Grytbakk, H. En eksperimentell undersøkelse av kullos fra bilavgasser som forurensningsfaktor. Hovedoppgave, 1969.

VEDLEGG A

FORSLAG TIL FRAMTIDIGE LUFTFORURESNINGSUNDERSØKELSER

Basisundersøkelser og rutinemessig overvåking er viktige elementer i det statlige programmet for forurensningsovervåking som administreres av Statens forurensningstilsyn. Basisundersøkelsen 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.

Det nåværende rutinemessige overvåkingsprogrammet for luftkvalitet i Bergen omfatter tre målestasjoner og stoffene SO_2 , sot og bly.

Den rutinemessige overvåkingen i dag omfatter målinger (døgnmiddelverdier) av SO_2 og sot hele året på stasjonene CMI og Kronstad som ligger nær sentrum på hver sin side av Store Lungegårdsvann og på stasjon Ravneberget som ligger øst for Kronstad. Stasjonen ligger ca. 175 m.o.h. i skråningen opp mot Ulriken, nær skorsteinene for utslipp fra Haukeland sykehus (se figur B1, side 96). CMI og Kronstad inngår i det statlige overvåkingsprogrammet, mens Ravneberget drives av Fylkeslaboratoriet. Analyser av bly på filtrene fra CMI og Kronstad begynte

i 1977. Siden 1983 er bly analysert bare på CMI. SO_4 er analysert på filtre fra CMI i perioden 1977-85 og fra Kronstad 1977-81.

CMI ligger i utkanten av det mest forurensete området i Bergen sentrum. Middelveier av SO_2 , sot og NO_2 er noe lavere på CMI enn i Teaterparken og ved Rådhuset. Maksimale døgnverdier av SO_2 og NO_2 vil oftest være lavere på CMI, mens maksimale sot-verdier kan være høyere enn i Teaterparken og på Rådhuset.

Kronstad ligger i Kronstad-Minde-området som er omtrent like forurenset som sentrum, og der de maksimale døgnverdiene kan bli minst like høye som i sentrum. På Ravneberget er forurensningsnivået lavt. Målingene av døgnverdier av SO_2 og sot tyder ikke på at målestasjonen påvirkes nevneverdig av utslippet fra Haukeland.

Det bør vurderes å utvide det nåværende måleprogrammet til å omfatte NO_2 og svevestøv. En trafikkeksponert stasjon i sentrum bør opprettes.

Basisundersøkelsen har vist at NO_2 og sot representerer det mest omfattende luftforurensningsproblemet i Bergen og at svevestøv-konsentrasjonen til tider er svært høy. NO_2 -problemet vil trolig øke frem mot år 2000, i takt med forventet økt biltrafikk, inntil eventuell gjennomføring av katalysatorkrav for personbiler innføres og får gjennomslag i bilparken. Vi vil derfor foreslå en utvidelse av måleprogrammet til også å omfatte NO_2 og svevestøv.

Vi vil foreslå å beholde tre målestasjoner i Bergen, men vurdere om-plassering. Målestasjonene bør plasseres i to områder: sentrum av Bergenshalvøya og Kronstad-Minde. To av stasjonene bør plasseres slik at de ikke blir sterkt påvirket av nærliggende sterkt trafikkerte veier, mens en stasjon bør plasseres i et trafikkeksponert område.

Vi mener Kronstad-stasjonen representerer godt det generelle forurensningsnivå i Kronstad-Minde-området, som er like forurenset som sentrum. Opprettholdelse av stasjonsplasseringen er også viktig for å sikre kontinuiteten i målingene som startet i 1970.

CMI ligger i utkanten av sentrumsområdet, ca 20 meter over bakken. Stasjonen er likevel en del trafikkpåvirket fra E68 over Nygårdsbroen. På grunn av vindretningsfordelingen er forurensningen på CMI i større grad et resultat av utslipp sørøst for stasjonen enn av utslipp over sentrum. Det bør vurderes å opprette en stasjon i sentrum, innenfor det området som er sterkest belastet, se figur 18 og 19. En slik stasjon vil kunne overvåke utslippsendringene i sentrumsområdet.

NILU foreslår at målingene ved Ravneberget avsluttes. Vi foreslår imidlertid at en ny målestasjon opprettes i et trafikkeksponert område i eller nær sentrum. Måleprogrammet bør omfatte stoffene NO_2 , sot, partikler og CO, for å kunne overvåke utviklingen i bilforurensningen, som er hovedkilden til luftforurensningen i Bergen. Dette måleprogrammet vil dekke utslipp både fra bensindrevne og dieseldrevne biler.

Korrosjonsstasjonen i Bergen ble i september 1984 flyttet fra Marineholmen til CMI. Nåværende program og plassering foreslås opprettholdt.

Utslippsoversikten bør oppdateres med jevne mellomrom. Virkningen på luftkvaliteten som det planlagte nye hovedveisystemet i Bergen vil gi, bør undersøkes.

Utslippskartleggingen har vist at oljeforbruket i Bergen har avtatt de senere år og at biltrafikken er hovedkilden til forurensningsproblemene. Det foreslås at utslippsoversikten oppdateres f.eks. hvert 5. år ved at opplysninger om salg av oljeprodukter i området innhentes fra oljeselskapene, og ved at Bergen kommune/Hordaland Vegkontor gir data for trafikkfordelingen og -avviklingen på hovedveinettet og veiene nær målestasjonene.

Et nytt hovedveisystem i Bergen som vil bedre trafikkavviklingen i området er under planlegging. Vi foreslår at virkningen av dette på luftkvaliteten i Bergen undersøkes.

Vindfordelingen i området Storetveit-Minde-Store Lungegårdsvann-Svartediket bør kartlegges bedre.

Målingene under basisundersøkelsen har vist at vinden ned Svartediket er viktig for utluftingen over Bergen sentrum. Samtidig viste beregningene av forurensningsfelter for SO_2 at vi undervurderte forurensningen i Minde-Kronstad-området. Dette skyldes sannsynligvis at vindstyrken i dette bassenget er lavere enn regnet med. Vindmålinger ble ikke utført her. En begrenset undersøkelse med vindmålinger i området fra Storetveit til Store Lungegårdsvann og på Svartediket bør gjennomføres for å bedre spredningsbeskrivelsen i dette området.

VEDLEGG B**PROSJEKTBEKRIVELSE**

Basisundersøkelsen i Bergen var den andre av flere konsentrerte, målrettede undersøkelser. Den kom igang ett år etter at den første basisundersøkelsen begynte i Sarpsborg/Fredrikstad.

Sarpsborg/Fredrikstad har en relativt enkel, homogen landskapsform. De tre viktigste kilder til forurensning: industri, husoppvarming og trafikk, er godt representert der.

Bergen ble valgt som det andre undersøkelsesområdet, hovedsakelig fordi en ville studere utbredelsen av luftforurensning i et stort tettstedsområde med en mer komplisert topografi. Det var viktig å velge et område som kunne gi grunnlag for å videreutvikle spredningsmodeller som tar hensyn til de ikke-homogene vindforhold en har i områder med komplisert topografi. Tidligere målinger har vist at om vinteren forekommer forurensningsepisoder med svak vind, sterk inversjon og sterk forurensning i Bergen. Episodene var antatt å skyldes topografiens innvirkning på vind- og strålingsforholdene.

Forurensningen i Bergen domineres av utslipp fra biltrafikk og oljeforbrenning hovedsakelig til husoppvarming. Ingen store industrikilder dominerer forurensningen i større deler av Bergen.

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

I Bergen omfattet undersøkelsen følgende deloppgaver:

- kartlegging av utslippene
- måling av meteorologiske forhold
- måling av luftkvalitet
- beregning av forurensningsfelt ved hjelp av spredningsmodeller
- vurdering av virkninger av forurensningen
 - . beregning av eksponering og vurdering av helseeffekter
 - . registrering av korrosjon på materialer
- rapportering.

Kartleggingen av utslippene er et viktig grunnlag for å beregne forurensningsfeltene i prosjektområdet ved hjelp av spredningsmodeller. Sammen med meteorologiske målinger gir dette nødvendige inngangs-data til spredningsberegningene. Målingene av luftkvaliteten i enkeltpunkter ga en oversikt over hvordan luftkvaliteten varierte i rom og tid, og måleresultatene ga grunnlag for test av spredningsmodellene. Sammenligning mellom målte og beregnete verdier av forurensning ga mulighet for tilpassing og forbedring av spredningsmodellene.

Systemet ga bl.a. følgende informasjon:

- geografisk fordeling av luftforurensende utslipp fordelt i et rutenett med oppløsning 500 meter
- geografisk fordeling av forurensninger i typiske og ekstreme vær-situasjoner
- frekvensfordeling av forurensning i hver 500 meter-rute
- antall personer i området som utsettes for forurensninger høyere enn visse nivåer.

Målinger av luftkvalitet, korrosjon og meteorologi ble utført på henholdsvis 15, 11 og 11 stasjoner.

Ved plassering av målestasjoner for luftkvalitet gjorde en i hvert tilfelle en avveining mellom på den ene siden ønsket om å representere gjennomsnittlig luftkvalitet i 500-meter-ruter for direkte sammenligning med beregningene, og på den annen side ønsket om å representere luftforurensningen i de sterkest forurensede delområder (utstrekning 50-100 meter) i ulike deler av prosjektområdet. I hovedsak var spørsmålet hvor langt fra nærliggende sterkt trafikkerte veier en i det enkelte tilfellet skulle plassere stasjonen.

Plasseringen av målestasjonene er vist i figur B1. Korrosjon ble målt på stasjonene 1-8, 11-12 og I og i tillegg på en stasjon på Sotra (bakgrunn).

Luftkvalitetstasjonene ble i hovedsak plassert i lavereliggende, tett befolkede områder fra Sandviken i nord til Hop i sør. Noen stasjoner (Rådhuset 25 meter og 50 meter, Fjellien og Skansemyren) ble plassert

for å kunne studere vertikal fordeling av forurensning over Bergen sentrum. Det meteorologiske målenettet skulle gi en oversikt over hovedtrekkene i vindhastighet, vindretning og temperatur i området.

Under gis en oversikt over målestasjonene angitt i figur B1.

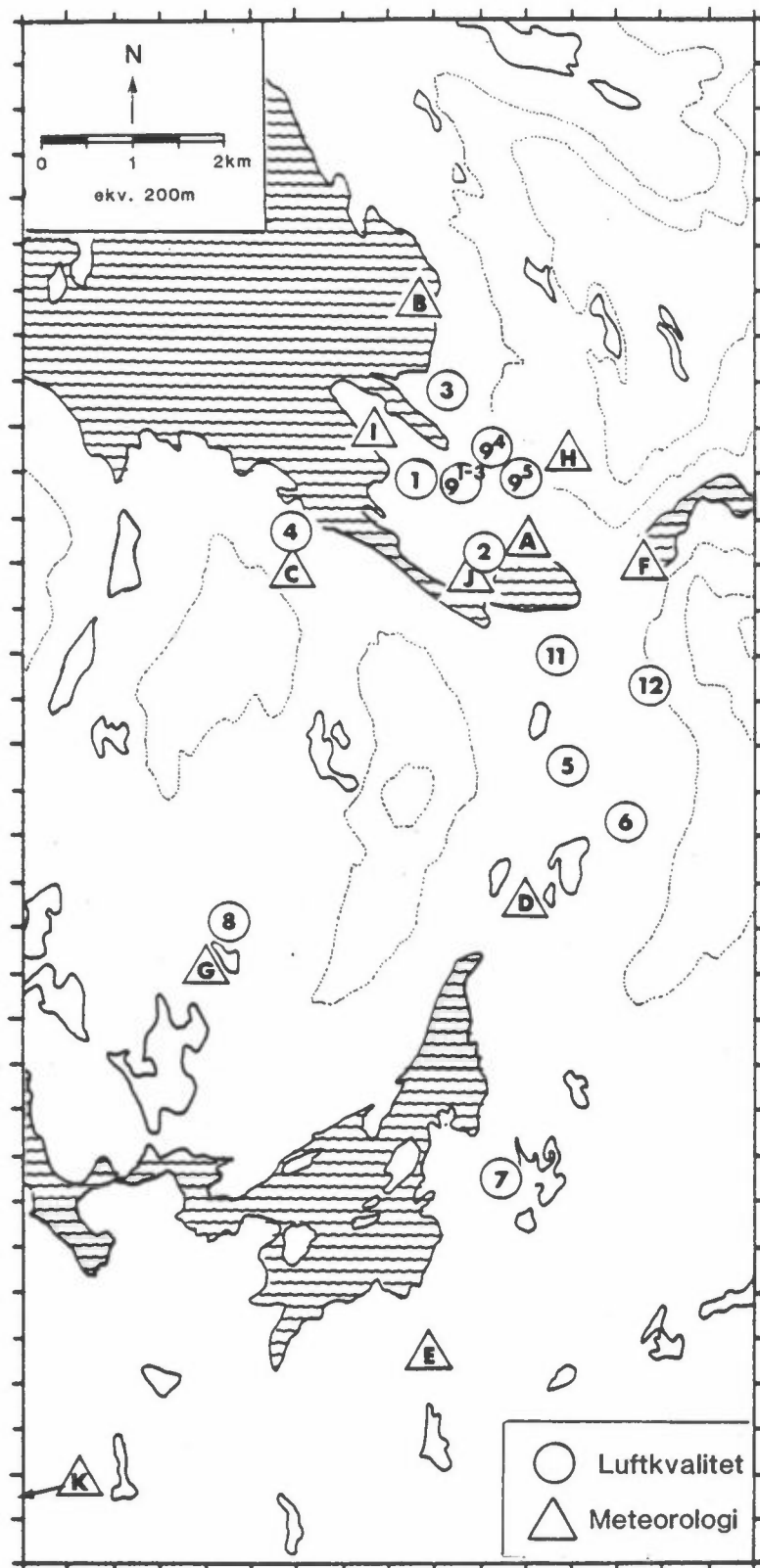
Luftkvalitet og korrosjon (K):

1. Hovedstasjon i Teaterparken, Den nasjonale scene (DNS) (K)
2. CMI (nåværende Bergen ingeniørhøgskole) (K)
3. Sandviken (K)
4. Laksevåg (K)
5. Minde (K)
6. Landås (K)
7. Hop skole (K)
8. Fyllingsdalen (K)
9. "Vertikalsnitt"
 - 9.1 Rådhuset 5 meter
 - 9.2 Rådhuset 25 meter
 - 9.3 Rådhuset 50 meter
 - 9.4 Fjellien 90 meter
 - 9.5 Skansemyren 150 meter
11. Kronstad (K)
12. Ravneberget (K)

Meteorologi:

- A. Nygårdstangen
- B. Sandviken (Sjøflyhavna)
- C. Laksevåg
- D. Storetveit
- E. Skjold
- F. Svartediket
- G. Fyllingsdalen
- H. Fløyen
- I. Fredriksberg (klimastasjon, MI) (K)
- J. Florida (klimastasjon, MI)
- K. Flesland (klimastasjon, MI)

Figur B2 gir en forenklet oversikt over måleperiodene. Luftkvalitetsmålingene var konsentrert om vinterperiodene.



Figur B1: Målestasjoner for luftkvalitet, korrosjon og meteorologi.
(Stasjonsnavn er gitt på side 95)

LUFTKVALITET	1983												1984	
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F
1 DEN NASJONALE SCENE (TEATERP.)														
2 CMI (fast overvåkingsstasjon)														
3 SANDVIKEN														
4 LAKSEVÅG														
5 MINDE														
6 LANDÅS														
7 HOP														
8 FYLLINGSDALEN														
9 RÅDHUSET														
9 (1-5) VERTIKALSNITT														
11 KRONSTAD (fast overvåkingsst.)														
12 RAVNEBERGET (fast overv.st.)														
METEOROLOGI														
A NYGÅRDSTANGEN														
B SJØFLYHAVNA														
C LAKSEVÅG														
D STORETVEIT														
E SKJOLD														
F SVARTEDIKET														
G FYLLINGSDALEN														
H FLØYEN														
I FREDRIKSBERG (fast klimast.)														
J FLORIDA (fast klimastasjon)														
K FLESLAND														

Figur B2: Oversikt over måleperioden i Bergen 1983-84.

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

Programmet har omfattet følgende stoffer:

- svoveldioksid (SO_2)
- nitrogenoksider (NO , NO_2)
- karbonmonoksid (CO)
- sot (indikator for elementært karbon)
- bly
- svevestøv
 - . fin-fraksjon (partikler $<2.5 \mu\text{m}$ i diameter)
 - . inhalerbart (partikler $<10 \mu\text{m}$ i diameter)
- polysykliske aromatiske hydrokarboner, PAH (opptil 34 organiske komponenter i gass- og partikkelfase)

Luftkonsentrasjonene er i hovedsak målt som middelerverdier over 24 timer hver dag. I endel forurensningsepisoder ble det målt middelerverdier over 6 timer. På hovedstasjonen i Teaterparken (DNS) er i tillegg SO_2 , NO_x , NO_2 og CO målt med kontinuerlig registrerende instrumenter. Resultatene fra disse målingene er gitt som middelerverdier over 1 time. PAH-prøver ble tatt bare hver 6. dag.

Tabell B1 viser måleprogrammet på de enkelte stasjonene.

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.

Det meteorologiske måleprogrammet omfattet i hovedsak målinger av vindhastighet, vindretning og temperatur. På stasjonene Florida og Skjold var måleprogrammet mer omfattende.

Automatstasjonen på Skjold ga følgende parametre:

- vindretning (36 m.o.b.)
- vindhastighet (10 og 36 m.o.b.)
- temperatur (2 og 10 m.o.b.)
temperaturdifferens (36-10 m.o.b.)
- turbulens (36 m.o.b., fluktuasjon i vindretningen)
- relativ fuktighet (2 m.o.b.)

Fra klimastasjonen på Florida var følgende parametre tilgjengelig:

- vindretning og vindhastighet (45 m.o.b.)
- temperatur (2, 30 og 41 m.o.b.)

De øvrige stasjoner var utstyrt med mekaniske registrerende vind- og/eller temperatur-skrivere.

Det meteorologiske måleprogrammet er vist i tabell B2. De meteorologiske data er i hovedsak lagret som times-middelverdier. Et unntak er temperaturdifferanse-data fra Florida, som er øyeblikksverdier hver 3. time.

I tillegg til det rutinemessige måleprogrammet ble det under forurensningsepisoder begge vintrene utført sondeoppstigninger fra Marineholmen med målinger av vertikalprofiler av temperatur, vindhastighet og vindretning opp til ca. 400 meter.

Tabell B1: Måleprogrammet for luftkvalitet og korrosjon (K) i Bergen 1983-84.

Stasjon	Jan.-Feb. 1983	Mai-juni 1983	Nov. 1983-Feb. 1984
1	SO ₂ , NO _x , NO ₂ , CO Svevestøv, sot, Pb, K	Som vinter 1983	Som vinter 1983 + PAH
2	SO ₂ , NO ₂ , sot, Pb, K	SO ₂ , sot	Som vinter 1983
3	SO ₂ , NO ₂ , sot, Pb svevestøv, K		Som vinter 1983 ekskl. svevestøv
4	SO ₂ , sot, Pb, K		Som vinter 1983
5	SO ₂ , NO ₂ , sot, Pb, svevestøv, K		Som vinter 1983 + PAH
6	SO ₂ , sot, Pb, K		Som vinter 1983
7	SO ₂ , NO ₂ , sot, Pb, svevestøv, K	Som vinter 1983	Som vinter 1983 ekskl. svevestøv
8			SO ₂ , sot, Pb
9.1	SO ₂ , NO ₂ , sot, Pb		Som vinter 1983 - NO ₂
9.2	SO ₂ , sot, Pb		Som vinter 1983 + NO ₂
9.3	SO ₂ , NO ₂ , sot, Pb svevestøv		Som vinter 1983 - NO ₂
9.4	SO ₂ , sot, Pb		
9.5	SO ₂ , NO ₂ , sot, Pb		
11	SO ₂ , sot, Pb, K	SO ₂ , sot	Som vinter 1983
12	SO ₂ , sot, Pb, K	SO ₂ , sot	Som vinter 1983

Tabell B2: Måleprogrammet for meteorologi i Bergen 1983-84.

VH - vindhastighet
 RH - rel. fuktighet
 ΔT - temp.differanse

T - temperatur
 VR - vindretning
 turb. - turbulens

Stasjon	Januar-juni 1983	Juni-oktober 1983	November 1983- februar 1984
A	VH, VR, T		VH, VR, T
B	VH, VR (jan-feb)		
C			VH, VR
D	VH, VR		VH, VR
E	VH, VR, T, ΔT , RH, turb		
F	VH, VR, T		VH, VR, T
G			VH, VR, T
H	T (feb-mars)		T
I	VH, VR, T (feb-mars)		
J	VH, VR, T, ΔT		
K	VH, VR		

VEDLEGG C

GRENSEVERDIER FOR LUFTKVALITET

Nedenfor er gjengitt sammendraget i SFT-rapport nr. 38: "Luftforurensninger. Virkninger på helse og miljø". I tabellen på neste side er noen av grenseverdiene gitt som et intervall, med en nedre og en øvre grenseverdi. Når overskridelser av grenseverdier er omtalt i Konklusjon og i Hovedmomenter for konklusjonen, er det nedre grenseverdier som er brukt, med mindre noe annet er angitt.

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 svoveldioksid (SO_2), svevestøv, nitrogen-dioksid (NO_2), karbonmonoksid (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 SO_2 , 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.

OVERSIKT OVER GRENSEVERDIER FOR LUFTKVALITET ANGITT AV ARBEIDSGRUPPEN

Stoff	Måleenhet/ metode	Virkning på	Midlingstid				
			1 h	8 h	24 h	30 d	6 mndr.
Svoveldioksid (SO ₂) ^{a)}	µg/m ³	Helse			100-150		40-60
Svevestøv ^{a)}	"				100-150		40-60
Svoveldioksid (SO ₂)	"	Vegetasjon	150		50		25
Nitrogendioksid (NO ₂)	µg/m ³	Helse	200-350		100-150		75
Karbonmonoksid (CO)	mg/m ³	Helse	25	10			
Fotokjemiske oksydanter	µg/m ³	Helse	100-200				
" "	målt ved ozon-inn- holdet	Vegetasjon	200				
Fluorider ^{b)}	µg F pr. m ³	Helse			25	0.2-0.4 ^{d)}	10
" ^{b)}		Dyr					
" ^{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) Utgangspunkt 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. Datamaterialet gruppen har samlet inn tyder på at nedre grense for helseeffekter ligger ved 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, forretning, 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, raffinierier 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 (kulllos, 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 forbrening av fossilt brensel, ved og avfall. Flere av tjærestoffene kan være kreftfremkallende.

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)
 NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH
 POSTBOKS 64, 2001 LILLESTRØM (ELVEGT. 52), NORGE

RAPPORTTYPE Oppdragsrapport	RAPPORTNR. OR 58/86	ISBN-82-7247-732-7	
DATO DESEMBER 1986	ANSV. SIGN. <i>J. Schjordeggen</i>	ANT. SIDER 108	PRIS kr 90,00
TITTEL Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Bergen 1983-85. Hovedrapport		PROSJEKTLEDER St. Larssen	
		NILU PROSJEKT NR. O-8249	
FORFATTER(E) Steinar Larssen		TILGJENGELIGHET* A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. T. Syversen, SFT	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens forurensningstilsyn Postboks 8100 Dep 0032 Oslo 1			
3 STIKKORD (à maks. 20 anslag) Luftforurensning Bergen Basisundersøkelse			
REFERAT. NO ₂ , CO og sot er de største luftforurensningsproblemer i Bergen. Biltrafikken gir hovedbidraget til utslippene av nitrogenoksider og CO. Luftforurensningene er høyest på Bergenshalvøya og Bergensdalen opp til Minde, og forøvrig langs hovedveisystemet. Her overskrides anbefalte grenseverdier for NO ₂ , sot, CO og SO ₂ på kalde dager med dårlige spredningsforhold. ² SO ₂ -problemet er ikke stort i Bergen.			

TITLE Air pollution evaluation in Bergen 1983-1985
ABSTRACT. NO ₂ , CO and soot constitutes the main air pollution problem in Bergen. Automotive traffic is the main source of NO _x and CO emissions. Air pollution levels are highest on the Bergen peninsula, in the Bergen Valley up to Minde and otherwise along the main road system. In these areas recommended air quality guidelines for NO ₂ , soot, CO, and SO ₂ are exceeded on cold days with poor dispersion. There is only a moderate SO ₂ problem in Bergen.

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