



Statlig program for forurensningsovervåking

FORSLAG TIL PLAN FOR BASIS-
UNDERSØKELSE I BERGEN 1983-1985

PROSJEKTLEDER: STEINAR LARSEN

UTFØRT ETTER OPPDRAG AV STATENS
FORURENSNINGSTILSYN

NILU
OPPDRAGSRAPPORT NR: 4/83
REFERANSE: 22582
DATO: JANUAR 1983

FORSLAG TIL PLAN FOR BASIS-
UNDERSØKELSE I BERGEN 1983-1985

PROSJEKTLEDER: STEINAR LARSEN

UTFØRT ETTER OPPDRAG AV STATENS
FORURENSNINGSTILSYN

ISBN--82-7247-361-5

SAMMENDRAG

I denne rapporten legges fram et forslag til plan for basisundersøkelse av luftforurensninger i Bergen for perioden 1983-85. Foreslått metodikk for basisundersøkelsen (kapittel 4) er bestemt av de hovedmål for basisundersøkelser som er formulert av Statens forurensningstilsyn (SFT). Beregning av befolkningens eksponering for forurensninger fordrer en kartlegging av forurensningsnivået i området. Dette fordrer igjen at sammenhengen mellom utslipp og forekomst av forurensninger i området etableres ved hjelp av spredningsmodeller. Basisundersøkelsen omfatter derfor også en detaljert kartlegging av forurensende utslipp til luft i området.

Et måleprogram for meteorologi som gir mulighet for beregning av vindfelt og spredning og et måleprogram for luftkvalitet som gir mulighet for kontroll av spredningsberegningene, er foreslått i kapittel 7.

Under planleggingen av basisundersøkelsen har en utnyttet de målinger og undersøkelser av spredningsforhold og luftkvalitet som tidligere er utført (kapittel 2 og 3).

Det tas sikte på å starte måleprogrammet pr 1.januar 1983. Måleprogrammet for sommeren 1983 og vinteren 1983-84 kan eventuelt endres etter ønske fra SFT. Erfaringer fra målingene vinteren 1983, samt arbeidet med utslippsoversikter og spredningsmodeller kan også gi grunnlag for endringer i programmet.

Supplerende delundersøkelser er foreløpig skissert i kapittel 9, og vil eventuelt måtte utredes nærmere i samarbeid med SFT, før de kan inkluderes i prosjektplanen. Dette gjelder for eksempel mer omfattende analyser av svevestøvets kjemiske sammensetning. Det gjelder også supplerende målinger med personbåret måleutstyr for å forbedre beregningene av befolkningens eksponering for forurensningen.

Framdriftsplan og kostnadsoversikt for prosjektet er lagt fram i kapittel 10.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
SAMMENDRAG	3
1 INNLEDNING	7
2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER AV LUFTKVALITET OG METEORO- LOGISKE FORHOLD I BERGEN	9
3 LUFTFORURENSNINGSSITUASJONEN I BERGEN	11
3.1 Utslipp av luftforurensninger	11
3.2 Midlere vind- og temperaturforhold	12
3.3 Resultater av tidligere forurensningsmålinger ...	13
3.4 Forurensningsepisoder	17
4 METODIKK FOR BASISUNDERSØKELSEN	18
5 UTARBEIDELSE AV UTSLIPPSOVERSIKTER	21
6 UTVIKLING OG ANVENDELSE AV SPREDNINGSMODELLER	23
7 MÅLEPROGRAM FOR LUFTKVALITET OG METEOROLOGI	25
7.1 Måleprogram for meteorologi	25
7.2 Måleprogram for luftkvalitet	27
8 STUDIER AV ATMOSFÆRISK KORROSJON	37
8.1 Tidligere undersøkelser	37
8.2 Forslag til måleprogram korrosjon	37
9 TILLEGGSTUDIER	38
10 FRAMDRIFTSPLAN OG KOSTNADSOVERSIKT	40
10.1 Framdriftsplan	40
10.2 Kostnadsoversikt	40
10.3 Muligheter for kostnadsreduksjon av måleprogrammet	42
11 REFERANSER	46
Tabeller	49
Figurer	49
VEDLEGG 1: Luftforurensningsforholdene i Bergen	89
VEDLEGG 2: Tidligere undersøkelser av luftforurensning og spredningsforhold i Bergensområdet	99
VEDLEGG 3: Korrosjonsundersøkelser i Bergen	107

FORSLAG TIL PLAN FOR BASISUNDERSØKELSE I BERGEN

1 INNLEDNING

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har av Statens forurensningstilsyn (SFT) fått i oppdrag i løpet av 1982 å utarbeide et forslag til en basisundersøkelse i Bergen. Forslaget baserer seg på de hovedmål SFT har satt for basisundersøkelser av luftforurensning i tettsteder, på resultater og erfaringer fra basisundersøkelsen i Sarpsborg/Fredrikstad og undersøkelsen i Oslo i 1980/81, samt på et forslag til strategi for overvåking av luftforurensning i tettsteder, som er utarbeidet av en nordisk arbeidsgruppe (1).

Hovedmålene for basisundersøkelsen formuleres slik:

1. Basisundersøkelsen skal gi informasjon om den eksponering for luftforurensning som befolkningen i Bergen utsettes for.
2. Basisundersøkelsen skal gi grunnlag for å vurdere behovet for og virkningen av eventuelle tiltak mot forurensninger, for å begrense eventuelle skadelige virkninger.
3. Basisundersøkelsen skal klargjøre behovet for rutinemessig overvåking av luftkvaliteten, og gi grunnlaget for utformingen av denne.
4. Ved utarbeidelse av metoder og modeller legges vekt på generell metodikk som kan anvendes i senere basisundersøkelser.

Statens forurensningstilsyn innkalte til informasjonsmøte om basisundersøkelsen i Bergen den 30. august 1982, der representanter for fylket, kommunen (ved bl.a. ordføreren), fylkeslaboratoriet, Geofysisk institutt, SFT og NILU var til stede.

Til møtet var det utarbeidet en første skisse av basisundersøkelsen (se vedlegg 1).

Ved utarbeidelsen av foreliggende forslag til plan har en gått detaljert gjennom det materialet som finnes fra tidligere undersøkelser av luftkvalitet og klimatiske forhold i Bergen (se kapittel 2 og 3). En har opprettet kontakt med Geofysisk institutt for å få nytte av den ekspertise på lokalmeteorologiske forhold i Bergen som instituttet har. Det er også opprettet kontakt med følgende kommunale instanser:

1. Helseseksjonen - lokal ansvarlig myndighet for luftkvaliteten, kjennskap til resultater fra tidligere målinger, og kjennskap til lokale forurensningskilder.
2. Brannseksjonen/
Feiervesen - kjennskap til plassering av oljeforbrenningsanlegg og oljeforbruket.
3. Byutviklings-
seksjonen - trafikkdata.

Ved planlegging av korrosjonsdelen av programmet, har en hatt kontakt med Det norske Veritas i Bergen.

I tillegg har en hatt kontakt med representanter for fylkeslaboratoriet vedrørende hjelp til drift av måleprogrammet, samt luftkjemiske analyser. Også oljeselskapene er tilskrevet vedrørende salgstall for oljeprodukter i Bergen.

2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER AV LUFTKVALITET OG METEOROLOGISKE FORHOLD I BERGEN

Vedlegg 2 inneholder en liste over tidligere undersøkelser av luftkvalitet og meteorologiske forhold i Bergen. Vedlegg 3 omtaler tidligere korrosjonsundersøkelser (se kapittel 8.1).

De mest omfattende luftkvalitetsmålingene er gjort av svoveldioksyd (SO_2) og sot. Av andre komponenter foreligger bare korte serier på enkelt-stasjoner.

Målingene av SO_2 og sot begynte i 1969. I perioden 1971-75 var et antall mellom 8 og 13 stasjoner i drift i Bergensområdet, fra Nesttun i sør til Sandviken i nord, se figur 1. I 1976 ble stasjonsnettet redusert til tre stasjoner, nemlig Christian Michelsens institutt (CMI), Kronstad skole og Ravneberget. Ravneberget ligger ca 180 m o.h., og er holdt i drift for å overvåke utslippet fra fyrhuspipa på Haukeland sykehus. I 1978 ble stasjonen på taket av CMI flyttet til Bergen Ingeniørhøgskole, noen ti-meter unna. (Vi kaller denne stasjonen likevel CMI gjennom kapittel 2 og 3). Tabellene 1-8 gir en oversikt over månedsmiddelverdier og maksimale døgnmiddelverdier av SO_2 og sot ved alle stasjoner for perioden 1971-82.

Målinger av bly startet på to stasjoner (CMI og Kronstad) i 1977. Analyser utføres bare for månedene februar og august. Resultater av blymålingene er gitt i tabell 9.

Karbonmonoksyd (CO) og nitrogenoksyder (NO_x , NO_2) ble målt i Bergen kontinuerlig i perioden februar-juni 1978. CO ble målt over fortau ved Strandgaten 12, og NO_x ble målt på taket av CMI's tidligere lokaler ved Bergen ingeniørhøgskole. Resultater av CO - og NO_x -målingene er gitt i tabellene 10 og 11.

Forøvrig er det gjort en del målinger av konsentrasjonen av svevestøv (gravimetrisk på flere størrelsesfraksjoner) både i Strandgaten og ved CMI. Dette danner et visst grunnlag for å vurdere luftkvaliteten i Bergen med hensyn til svevestøv. Innholdet av polysykliske aromatiske hydrokarboner og bly i en del av disse

svevestøvprøvene er også analysert. Resultater fra disse analysene er gitt i tabellene 12 og 13.

Referanser til rapporter fra luftkvalitetsmålinger i Bergen er gitt i Vedlegg 2.

De meteorologiske forholdene i Bergensområdet er hovedsakelig kjent fra Meteorologisk institutts/Vervarslinga på Vestlandets klimastasjoner på Fredriksberg, Florida (Geofysisk institutt, se figur 2) og Flesland flyplass. Klimastasjonene på Hellisøy fyr lenger ute på kysten, kan gi opplysninger om luftbevegelsene i området på noe større skala. Fra disse målinger har en lett tilgjengelig fra Meteorologisk institutt data for månedsmiddelverdier av vindstyrke, vindretningsfordeling og lufttemperatur, og klimastatistikk for disse og andre parametre over lengre tidsrom, for eksempel for periodene 1931-1960 og 1961-75.

Lokalklimaet i Bergen er sterkt påvirket av de topografiske forhold i området med åpne sjøflater, daler og fjell med bratte dalsider opp til ca 600 meters høyde. Figur 2 viser topografien i undersøkelsesområdet. Lokalklimaet er studert i flere undersøkelser utført ved Geofysisk institutt i Bergen. Flere av disse har gitt resultater som kan utnyttes i basisundersøkelsen.

Vindforholdene i området rundt Puddefjorden og Bergen havn ble i 1973 studert av Knutsen (2). Denne undersøkelsen gir informasjon om vindfelt i området ved ulike ytre vindforhold.

Temperatursjiktningen i Bergensområdet, som funksjon av strålingsbalanse og vindforhold, er bl.a. blitt studert av Fitje i 1972 (3), av Eidsnes (4) og Olseth (5) i 1977. Stabiliteten er en meget viktig parameter ved beregningen av spredningsforhold for forurensninger, spesielt i episoder med inversjon, dvs. med begrenset vertikal spredning.

Hanssen-Bauer (6) har i 1982 beskrevet en spredningsmodell basert på sammenhengen mellom meteorologiske data og SO₂-konsentrasjoner fra stasjonene CMI, Kronstad, Bergens Tidende og Solheimsviken for

perioden 1972-75. Modellen tar hensyn til vindstyrke, temperatur og stabilitet.

Samlet gir materialet fra tidligere undersøkelser et utgangspunkt for planlegging av basisundersøkelsen i Bergen. Kartleggingen av SO₂ og sot i 1971-75 var ganske omfattende. Vind- og temperaturdataene fra Florida og Fredriksberg i samme periode gir et visst grunnlag for å beregne spredningen av utslipp i området. Den store svakheten er imidlertid at det ikke finnes utslippsoversikter for Bergen, hverken for perioden 1971-75, tidligere eller senere perioder. En har derved ikke mulighet til å utnytte SO₂-målingene fra 1971-75 for å knytte sammenhengen mellom utslipp, spredning og luftkvalitet på f.eks. km²-skala, som er nødvendig for å beregne befolkningseksposeringen.

3 LUFTFORURENSNINGSSITUASJONEN I BERGEN

3.1 Utslipp av luftforurensninger

Kontinuerlige utslipp av luftforurensninger i Bergen skjer i hovedsak fra forbrenning av olje- og kullprodukter til oppvarmingsformål, og fra biltrafikken. Kull benyttes til husoppvarming i større deler av den eldre bebyggelse på Nygårdshøyden og i Sandviken. Mindre industribedrifter med kontinuerlige eller sporadiske utslipp påvirker luftkvaliteten lokalt ved anleggene. Ingen bedrifter har større prosessutslipp som dominerer forurensningsbildet over større områder. Sjøpelforbrenningsanlegg med sporadiske utslipp påvirker luftkvaliteten lokalt, likeså utslipp fra skip på havna. Hvis slike utslipp skjer under perioder med lav vindstyrke og inversjonsforhold, kan de over tidsrom på noen timer dominere forurensningsbildet over større områder, som da dekkes av røyk eller dis.

Det er tidligere ikke utført en systematisk innsamling av utslippsdata for de tettbebygde deler av Bergen. Norsk Petroleumsinstitutt oppgir i sin petroleumsstatistikk salgsvolum av oljeprodukter for Hordaland fylke. Dette kan ikke nyttiggjøres direkte som grunnlag for utslippsoversikter i denne basisundersøkelsen.

3.2 Midlere vind- og temperaturforhold

De meteorologiske parametrene som i første rekke bestemmer spredningsforholdene er vindstyrke, vindretning og stabilitet (gitt ved vertikal temperaturfordeling). Temperaturen i seg selv påvirker utslippsmengdene av forurensninger, idet forbruket av olje og kull til husoppvarming og eksosutslippet fra biltrafikk vanligvis øker med synkende temperatur.

Figur 3 viser at i vinterhalvåret er midlere vindstyrke over Bergen lav i desember, januar og februar. Middeltemperaturen er også lavest da, slik at en venter at i gjennomsnitt er forurensningsgraden over Bergen størst i disse måneder. Dette stemmer med observasjoner (se figurene 9-11). En kan forøvrig fra disse figurer merke seg at januar i middel har et ganske tydelig lavere forurensningsnivå av SO_2 og sot enn desember og februar.

Vindretningsfordelingen bestemmes lokalt i stor grad av topografien. Vindroser for Fredriksberg og Florida (gjennomsnitt for perioden 1961-75), beregnet av Andresen ved Meteorologisk institutt (7), er vist i figur 4-6.

Vindrosene på årsbasis (figur 4) viser at hovedvindretningene over Bergen sentrum er sør-sørøst og nordvest, med en smalere sektor med vind fra sør-sørøst. Nordvestlige vinder er ved Florida noe mer kanalisert av topografien enn på Fredriksberg. Vind fra nordvestlig kant har en middelstyrke på ca 2,5 beaufort (ca 3,5 m/s), mens sør-sørøstvinden synes å være noe sterkere på Fredriksberg enn på Florida, henholdsvis 3,7 og 2,8 beaufort.

Om vinteren (figur 5) dominerer vinder fra sørøst.

Om sommeren (figur 6) er hovedvindretningen fra nordvest, men med en tydelig komponent fra sør-sørøst.

Vindretningsfordelingen tilsier at på de fleste steder i byområdet vil forurensningspåvirkningen om vinteren skyldes utslipp som ligger i sektoren mellom øst og sør for stedet, i tillegg til den rent lokale påvirkning (fra kilder innenfor en radius på 50-100 meter).

Påvirkning fra kilder i andre sektorer er mere sjelden. Dette er et viktig moment ved lokalisering av målestasjoner i området.

3.3 Resultater av tidligere forurensningsmålinger

SO₂ og sot

Det mest omfattende målematerialet er det som er presentert i tabellene 1-8, fra Helseseksjonens/Bergen Ingeniørhøgskoles målinger av SO₂ og sot ved en rekke stasjoner i Bergen. Begrepet sot benyttes for de resultater som framkommer fra den reflektometriske støvmålemetode som er benyttet. Støvets svertning av en hvit filterflate bestemmes ved å måle refleksjonen av synlig lys fra filteroverflaten (standardisert OECD-målemetode).

Stasjonsplasseringene er vist på figur 1. Tabell 14 viser stasjonenes høyde over havet og over bakken, samt eksponering fra nære kilder.

Figur 7 og 8 viser utviklingen i SO₂- og sotnivået på stasjonene CMI og Kronstad skole i perioden 1971-82.

I løpet av perioden har det vært en gradvis forbedring i gjennomsnittlig luftkvalitet ved de to stasjonene når det gjelder SO₂ og sot. Nå er det relativt sjelden at forurensningen av SO₂ og sot ligger høyere enn grenseverdier foreslått av en arbeidsgruppe nedsett av Statens forurensningstilsyn (8). Forbedringen skyldes både redusert bruk av fyringsoljer og koks, og overgang til mere lavsvovlige oljetyper. Variasjonene fra år til år skyldes dessuten endringer i vind- og temperaturforhold.

Reduksjonen i maksimale døgn- og månedsverdier har ikke vært så stor, relativt sett, som reduksjonen i midlere forurensning. Spesielt figur 8 for Kronstad viser dette. Perioder med svært dårlig luftkvalitet opptrer altså stadig med en viss frekvens i Bergen. Dette framgår også av tabell 15 og 16, som viser antall døgnobservasjoner ved CMI og Kronstad av SO₂ og sot som ligger høyere enn visse grenser. Det er svært stor variasjon fra år til år i antall forurensningsepisoder. Enkelte år synes slike episoder

ikke å opptre i det hele tatt. De opptrer først og fremst i månedene fra november til februar. Datamaterialet viser at desember og februar er de måneder som i middel har den høyeste episodefrekvens.

Figurene 9-11 viser midlere og maksimale konsentrasjoner av SO_2 og sot på månedsbasis, for stasjonene CMI, Kronstad og Ravneberget, regnet for perioden 1976-81. På alle tre stasjoner er midlere forurensningsnivå høyest i vintermånedene desember, januar og februar. Oftest har februar det høyeste midlere forurensningsnivå. En ser også at på CMI og Kronstad, som ligger nede i byområdet, opptrer de høyeste døgnverdier i de tre vintermånedene.

På Ravneberget, som ligger oppe i dalsiden like sørøst for fyringsutslippet fra Haukeland sykehus, ser en imidlertid at høye døgnverdier i større grad opptrer også til andre årstider. Dette så man også før Haukeland-utslippet kom i gang, slik at høye døgnverdier kan skyldes at forurensning i dalen bringes opp i høyere nivåer under instabile forhold. Til en viss grad kan de også skyldes utslipp fra Haukeland-pipa.

Det større stasjonsnett som var i drift i perioden 1971-74 gir mulighet for å se på den gjennomsnittlige fordelingen av forurensning over byområdet i de årene. I figurene 12-19 er halvårsmiddelverdier av SO_2 og sot plottet inn på kart.

SO_2 -nivået var hvert halvår høyest i Bergen sentrum, og avtok utover mot periferien av byområdet. De høytliggende stasjonene Fløyen (350 m o.h.) og Ravneberget (180 m o.h.) hadde klart lavere SO_2 -nivå enn de lavereliggende stasjoner. En ser at innenfor sentrumsområdet var det vesentlige forskjeller i halvårsmiddelverdier fra sted til sted. Dette skyldes kildefordelingen og forskjell i lokal påvirkning fra kilder like ved de enkelte stasjoner.

Sot-fordelingen over stasjonsnett (figurene 16-19) var tydelig forskjellige fra SO_2 -fordelingen. Sotnivået ved stasjonene bestemmes i stor grad av eksosutslipp fra biler, og dette varierte mye fra stasjon til stasjon (se tabell 14). Lavtliggende stasjoner er

ofte mere påvirket av slike utslipp (f.eks. stasjon 4, Brannstasjonen), og avstanden til større gater har naturligvis stor betydning. CMI og Kronstad hadde omtrent samme SO_2 -nivå, mens sotnivået på CMI, i nærheten av Nygårdsgaten, lå betydelig over nivået på Kronstad, der trafikkesponeringen er liten. Også Minde- og Nesttun-stasjonene var påvirket av eksosutslipp. De hadde relativt høyt sotnivå og lavt SO_2 -nivå.

I figur 20 er plottet månedsmiddelverdier av SO_2 dividert med midlere vindstyrke for måneden, V_m , mot midlere månedstemperatur, T_m . Det er SO_2 -data fra CMI for vinterperioden 1976-81 som er vist. En ser at SO_2/V_m øker sterkt med avtakende temperatur. Punktene på figuren antyder også reduksjon i SO_2 -utslipp over denne perioden, fra 1976-77 til 1981-82. Slike sammenhenger som er vist kan benyttes til å anslå SO_2 -utslippets variasjon med temperaturen, spesielt om de etableres på døgnbasis.

I tillegg til dette målematerialet for sot, ble det i 1978 også utført sotalyser på støvprøver fra Strandgaten (ved nr. 12) og fra Lars Hilles gate (ved nr. 16). I tabell 17 er disse målingene satt sammen med samtidige sotmålinger på CMI og Kronstad. Sotnivået i de to gatene var 2-5 ganger høyere enn på CMI og Kronstad. Biltrafikken gir et vesentlig bidrag til sotkonsentrasjonen i luft, spesielt ved gater, men også generelt over byområdet.

Bly og CO

Bly og CO er gode indikatorer på forurensningsutslipp fra bensindrevne biler. Målingene av bly og CO i Bergen har til nå hatt et svært begrenset omfang.

Bly er målt som døgnmiddelverdier på stasjonene CMI og Kronstad hver februar og august siden 1977, og i Strandgaten (ved nr. 12) vinteren 1978. Resultater er vist i tabell 9. De viser at blynivået i luft ved CMI og Kronstad er lavt i forhold til grenseverdier anbefalt av WHO og grenseverdier som benyttes i USA. Blynivået er vesentlig lavere i august enn i februar. Det er en del høyere på CMI enn på Kronstad, spesielt i 1979 og 1980, fordi CMI ligger nærmere store trafikkarer. Blynivået nærmere veger og

gater vil være høyere enn på CMI og Kronstad. Dette ses av resultatene fra Strandgaten.

Grytbakk (9) utførte målinger av CO på en del steder i Bergen sentrum i 1968, hovedsakelig i Nygårdsgaten. Hans målinger demonstrerte at det på den tiden var betydelige CO-konsentrasjoner i Bergen, ikke bare tatt ved gater, men også generelt over sentrum.

CO ble målt i Strandgaten (ved nr. 12) kontinuerlig fra februar til juni 1978. Resultater er vist i tabell 10 og i figur 21. Det var høyest CO-nivå i vintermånedene, selv om trafikk tettheten da var vesentlig lavere enn utover våren (middeldøgntrafikken i februar var ca 8500 kjøretøy, mot 9500-10000 i april-juni). Dette skyldes dårligere spredningsforhold og noe større spesifikt utslipp (utslipp pr. km og kjøretøy) om vinteren. Figur 21 viser at CO-konsentrasjonen følger trafikk tetthetens variasjon over døgnet.

NO_x, svevestøv og PAH

Nitrogenoksyder og svevestøv i luft får, i likhet med sot, bidrag fra flere kildetyper. Biltrafikk og oljeforbrenning er vel de to viktigste i Bergen. Lokalt og sporadisk kan imidlertid også søppel- forbrenningsanlegg og industribedrifter bidra.

Nitrogenoksyder ble målt kontinuerlig på taket av CMI, ca 13 meter høyt (se figur 22) i perioden februar-juni 1978.

Resultater er vist i tabell 11. Nivået av NO_x og NO₂ på denne stasjonen var høyt sammenlignet med tilsvarende målinger i Oslo. Det skyldes sannsynligvis at stasjonen i Bergen var utsatt for vesentlige NO_x-utslipp fra kilder i nærheten, som trafikken i Nygårdsgaten og Nygårdsbroen (Nygårdsgaten hadde i 1978 stor trafikk) og fyrhuspipa på Florida sykehus. Analyser av NO_x-belastning som funksjon av vindretning, og korrelasjon mellom NO_x, SO₂, sot og svevestøv på CMI kan gi ytterligere informasjon om NO_x- kildefordelingen i området.

Svevestøvprøver ble tatt i 1978 ved CMI og ved målestedet i Strandgaten. Tabellene 12 og 13 gir resultater fra vektbestemmelsen av støvet. I tabell 13 er det også gitt samtidige verdier av CO, sot, og benzo-a-pyren (BaP), samt klimaparametre. Støvet ble fraksjonert etter størrelse, i respirable partikler (her definert som partikler med aerodynamisk diameter mindre enn ca 3.5 μm), og partikler større enn dette. Det ble tatt et begrenset antall prøver, og det var også visse metodeproblemer med størrelsesfraksjoneringen av partiklene, spesielt under perioder med tørr bakke og større mengder store partikler fra veistøvet.

En del av disse støvprøvene ble analysert for å bestemme partiklenes innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), en stoffgruppe som får bidrag fra flere kildetyper som biltrafikk, oljefyring og søppelforbrenning.

3.4 Forurensningsepisoder

Forurensningsepisodene i Bergen karakteriseres som i de fleste andre byområder i Norge av lav vindstyrke, lav temperatur og inversjonsforhold over området. I Bergen opptrer slike episoder med en frekvens som varierer sterkt fra år til år, fra ingen til opp til 20-30 døgn i vintermånedene.

En gjennomgang av SO_2 -datamaterialet fra 1971-75, da mange målestasjoner var i drift, viste at alle stasjoner i sentrumsområdet samtidig hadde svært høye SO_2 -konsentrasjoner i følgende perioder:

1971: 5-7.1, 11-15.1, 21-23.1, 1-2.2, 23-25.11.

1972: 4-9.1, 22-23.11.

1973: 19-21.1, 16-19.2., 28-31.11, 1-2.12.

1975: 11-12.2.

Kontinuerlige vindregistreringer og temperaturavlesninger i disse periodene vil bli studert for å søke å karakterisere spredningsforholdene i slike episoder bedre.

Fitje (3) har studert spredningsforhold under forurensningsepisoder i Bergen i 1969-70. Han konkluderte med at bakkeinversjoner (strålingsinversjoner) var dominerende i denne perioden, men andre typer inversjoner forekom også. Gjessing (10) har målt høydefordelingen av aerosolkonsentrasjonen over Bergen med et fotometer i den bratte dalsiden opp mot Fløyen. Han beskrev ulike aerosolprofiler. Noen episoder var karakterisert av høy aerosolkonsentrasjon ved bakken og raskt avtakende konsentrasjon med høyden, andre av ganske konstant aerosolkonsentrasjon opp til 100-150 meters høyde og ren luft over. Fitje fant at vindretningsfordelingen under inversjoner skilte seg lite fra fordelingen når det ikke var inversjoner. Også under inversjoner går hovedvindretningene nordvest og sør-sørøst over Bergen sentrum igjen, med en sterk overvekt fra sør-sørøst om vinteren.

Det foregår en drenering av kaldluft fra åsene rundt byen, spesielt ned sidedaler som Svartediket. Under episoder med lite luftbevegelse ellers kan denne kaldluftdrenering få stor betydning. Forurensningsutslippene fra oljefyringskilder (f.eks. SO_2) som slippes ut over tak, kan derved tenkes holdt oppe av et luftsjikt ved bakken som er forholdsvis rent for fyringsutslipp. Når det gjelder eksosutslipp fra biler (CO, bly, sot) som slippes ut ved bakken, vil man ikke få en slik effekt. Dette utslippet vil være mer konsentrert i bakkesjiktet.

Det er viktig å skaffe fram datamateriale som kan benyttes til å gi en best mulig beskrivelse av forurensningsfordelingen horisontalt og spesielt vertikalt under forurensningsepisoder.

4 METODIKK FOR BASISUNDERSØKELSEN

Hovedmålene for basisundersøkelsen, gitt i innledningen, bestemmer valget av metodikk.

Beregning av befolkningens eksponering for luftforurensninger krever en detaljert kartlegging av forurensningstilførsler og spredningsforhold. Sammenhengen mellom utslipp, spredning og

luftkvalitet må beskrives på en slik måte (spredningsmodeller) at forekomsten av forurensninger kan kartlegges i tilstrekkelig detalj. En slik metodikk krever i prinsippet at utslipp, spredningsforhold og luftkvalitet registreres samtidig.

Grunnleggende metodikk blir følgende:

1. Utvikle/tilpasse spredningsmodeller for området basert på kunnskap om meteorologiske forhold og topografi.
2. Beregne konsentrasjonsfordeling av forurensninger:
 - langtids middelverdier og maksimale verdier under episoder med høy forurensning basert på:
 - utslippsoversikter,
 - vindfelt/spredningsforhold.
3. Kontrollere beregninger av konsentrasjonsfordelinger ved hjelp av målinger av forurensning i enkeltpunkter
4. Utføre beregninger av forurensninger langs gatenettet, ved hjelp av:
 - trafikk tall,
 - en nordisk beregningsmetode for bilforurensning langs trafikkårer (ref. 11).
5. Utføre beregninger av befolkningens eksponering for forurensninger, basert på:
 - konsentrasjonsfordelinger over området og langs gater,
 - befolkningsfordeling,
 - evt. måling av befolkningsgruppers virkelige eksponering for forurensninger ved hjelp av personbåret prøvetakingsutstyr.
6. Studere virkninger av forurensningen.
 - Konsentreres foreløpig om studier av atmosfærisk korrosjon, der en har kvantitative metoder for bestemmelse av forurensningers virkning på korrosjonen.

Det er nødvendig i denne undersøkelsen å legge stor vekt på videreutvikling av spredningsmodellene, slik at de tilpasses de topografiske forhold en har i Bergen. Måleprogrammet for meteorologiske forhold må derfor gi detaljerte opplysninger om vindfelt og temperaturvariasjonen med høyden. For å kunne beregne vindfelt kreves det vindmålinger ved flere stasjoner.

Metodikken er avhengig av utslippsoversiktens nøyaktighet. Det må legges stor vekt på å få en god oversikt over totalutslippene og utslippenes fordeling innen byområdet. Utslippsoversikter, befolkningsfordeling, sprednings- og eksponeringsberegninger baseres på et nett av kvadratiske ruter av størrelse 500 m x 500 m.

Figur 23 viser kart over undersøkelsesområdet, med 500 x 500 m rute-nett samt UTM-koordinatene inntegnet (UTM - Universal Transverse Mercator kartprojeksjon).

Måleprogrammet må omfatte stoffer som kan ha helsemessig betydning for befolkningen. Dette omfatter SO_2 , NO_2 , CO, partikler (størrelsesfordeling og kjemisk sammensetning) og organiske forbindelser (f.eks. PAH og benzen).

Måleprogrammet må inkludere stoffer som er typiske sporstoffer for de enkelte kildetyper og være omfattende nok til at en god test av spredningsmodellene kan utføres. For fyringsutslipp vil SO_2 være det beste sporstoff, selv om svovel fra dieselkjøretøy ikke er helt ubetydelig. For eksosutslipp fra bensinbiler er bly et godt egnet sporstoff. Middelerverdier av SO_2 og bly (midlingstider fra noen timer opp til et døgn) kan bestemmes enkelt og rimelig. På grunn av sporstoff-aspektet vil måleprogrammene for SO_2 og bly være mer omfattende enn de ville blitt ut fra rent helsemessige betraktninger.

Beregningsmetoden for gateforurensning er basert på omfattende måleprogrammer utført i Norge og Sverige (11). Et nordisk samarbeide ligger til grunn for metoden, og den vil kunne anvendes i Bergen, uten lokal tilpasning. En eventuell lokal sjekk av metoden ville kreve en relativt stor teknisk og økonomisk innsats, som bedømmes å gi lite nytt.

Befolkningens eksponering for forurensninger kan gjøres ved å sammenholde konsentrasjonsfordelinger over området med befolkningsfordelingen. Befolkningsfordelingen er basert på bosteds-statistikk. En viktig videreføring av eksponeringsberegningene vil være å ta hensyn i beregningene til befolkningsgruppers forflytning innen

området, hovedsakelig mellom hjem og arbeidsplass, og også til innendørs/utendørs/arbeidsplass-forurensning. Måling av folks virkelige eksponering, ved å benytte personbåret prøvetakingsutstyr, kan også forbedre de eksponerings-estimerer en kan gi bare på grunnlag av konsentrasjonsberegninger og befolkningsfordeling.

Virksomheter av forurensning omfatter bl.a. helsevirkninger, virkninger på vegetasjon og virkninger på materialer, som for eksempel korrosjon. I første omgang vil en inkludere studier av atmosfærisk korrosjon, som kan studeres kvantitativt ved å korrelere korrosjonen (vekttap på standard korrosjonsplater som settes ut i miljøet) med miljøparametre som forurensning og klima-parametre. Variansen i korrosjonsgrad som skyldes variasjon i ulike forurensningskomponenter (f.eks. SO₂ og klorid) og klimaparametre i Bergen er i dag ikke kjent.

Spørsmålet om studier av forurensningsvirkninger på helse og vegetasjon i Bergen må avklares i samråd med bl.a. SFT.

5 UTARBEIDELSE AV UTSLIPPSOVERSIKTER

Metoden for å lage utslippsoversikter er stort sett den samme som er benyttet i lignende undersøkelser i Oslo og Sarpsborg/Fredrikstad.

Oljefyringsutslippene baseres på oljeselskapenes salgstall for fyringsoljer i undersøkelsesområdet. En søker å få en så god geografisk oppdeling av fyringsoljesalget som mulig ved å be oljeselskapene spesifisere sitt salg etter postnummer-områder. Byområdet i Bergen er delt på ca 20 postnumre. Flere av selskapene har muligheter for å spesifisere sitt salg av produkter etter en slik oppdeling (leveringsadresser). Samtidig vil en lokalisere forbruket av olje til oppvarming, ved å lokalisere og bestemme oljeforbruket til større fyringsanlegg. I praksis må en sette en viss nedre grense for størrelsen av slike anlegg, større enn villakjeler. Feiervesenet i Bergen er behjelpelig med å skaffe fram de

data vi her trenger. Foreløpig konsentrerer vi oss om fyrkjeler som har et oljeforbruk større enn 30 m^3 pr år.

Differansen mellom samlet solgt olje og forbrent olje i de større anlegg, fordeles geografisk etter befolkningen og etter opplysninger om bygningstyper og overveiende oppvarmingsmetode i de enkelte deler av byområdet. Beregning av forurensningsutslippet baseres på de utslippsfaktorer som er tilgjengelig.

Utslippene fra biltrafikken baseres også på oljeselskapenes salgstall for bensin og autodiesel. Reguleringskontoret i kommunen framskaffer oversikt over de trafikkteilinger, trafikkprognoser og anslag som finnes for kommunens veinett. Den del av veinettet en har trafikkteiling for vil svare for en viss del av det samlede brennstofforbruk. Den resterende del fordeles over området etter en nøkkel der befolkningsfordelingen og antall resterende veikilometer kan inngå. Utslippsmengden av de enkelte stoffer beregnes så ut fra utslippsfaktorer som bestemmes ut fra arbeider utført ved Statens teknologiske institutt, SFT og Bilavgaslaboratoriet i Sverige. Veinettet vil sannsynligvis bli delt i ulike klasser etter gjennomsnittlig kjørehastighet og derved ulike utslippsfaktorer.

Utslipp fra industribedrifter, søppelforbrenningsanlegg og andre kilder må anslås ut fra opplysninger om det enkelte anlegg, basert på spørreskjema som bedriftene fyller ut, samt andre opplysninger om anleggene. Vi regner med samarbeide med SFT og Statistisk sentralbyrå om dette.

Det er foreløpig ikke tatt sikte på å utføre målinger av utslipp. Et eventuelt program for måling av utslipp kan diskuteres når en har oversikt over de utslippskilder en har i området.

6 UTVIKLING OG ANVENDELSE AV SPREDNINGSMODELLER

Bergensområdet domineres av det nord/sør rettede dalføret mellom Nordåsvannet og Kronstad, hvor dalføret dreier mot nordvest. Dalen er omgitt av 500-600 m høye åser med mindre sidedaler. Denne utpregede topografien virker inn på de lokale meteorologiske forhold pga. føringseffekter og luftstrømmer generert av ulik varmebalanse i området. En viktig del av modellarbeidet består derfor i å få en god oversikt over varme- og strålingsbalansen i området.

Ved Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen, er det i en årrekke arbeidet med å klarlegge de lokalmeteorologiske forhold. De har utført grundige undersøkelser av strålingsbalanse og spredningsforhold for området. Vi er interessert i å samarbeide med instituttet for å klarlegge de virkninger lokalmeteorologien har på spredningsforholdene i dalføret.

Bergensområdet med sin topografi stiller helt spesielle krav til de spredningsmodeller som skal benyttes. De modeller NILU allerede benytter må tilpasses, og nye modeller må utvikles for å kunne beskrive spredningen i området korrekt. Ved NILU er det opprettet et internt prosjekt som går parallelt med basisundersøkelsen. **Prosjektet skal munne ut i en generell mesoskala spredningsmodell som kan benyttes for områder med ulike typer topografi.**

For utvikling og tilpassing av modeller er det nødvendig med et detaljert bilde av vind- og temperaturforhold både horisontalt og vertikalt i området.

Strålingsbalanse og varmebalanse har forbindelse med atmosfærens blandingssevne. Oppvarming nedenfra øker blandingssevnen, avkjøling nedenfra reduserer blandingssevnen. I Bergen er det mulig å undersøke sammenhengen mellom varmebalansen og spredningsforholdene grundigere fordi kompliserte målinger allerede er utført. Vi skal videre karakterisere strålingsbalansen ved andre meteorologiske parametre som er enklere å observere (temperatur, skydekke og vind). På denne måten regner vi med å bruke data fra Bergen også i andre områder. For å se på endringer i varmebalansen i området og å vurdere virkningen på spredningsforholdene ønsker vi å ut-

føre spesielle målinger i episoder (spesielt forurensningsepisoder). Disse målingene er samtidig viktige for å karakterisere spredningsforholdene i de situasjonene som gir de høyeste timesverdiene og døgnverdiene.

Spredningsmodellene vil bli brukt slik at området blir delt opp i ruter med sider på 500 m, og utslipp, vindfelt og spredningsparametre beskrives i hele rutenettet med middelveier for hver time innen hver rute. På grunnlag av slike tidsrekker kan middelkonsentrasjon og frekvensfordelinger beregnes. Ved beregningen av konsentrasjonsfelter for forurensning kan bidragene fra de viktigste kildegrupper (industri, boligoppvarming, trafikk) beregnes separat og adderes. En vil beregne midlere konsentrasjonsverdier som kan sammenlignes med veiledende normer og legge frem følgende kartlegging av forurensningssituasjonen:

- Langtidsmiddelveier (vinterhalvåret). Dette gir et bilde av det generelle nivået av forurensning i området.
- Korttidsbelastning (maksimale døgn- og timesverdier). Her studeres spesielle episoder med høy forurensning. Disse beregninger beskriver situasjoner som gir maksimale verdier av forurensninger.
- Punktkilder
Enkeltkilder vil bli behandlet separat i spredningsmodellene for å se hvilken innvirkning de har på forurensningen i området. Maksimalsonen på lesiden av pipene blir kartlagt for hver av de største forurensningskildene.
- Trafikkforurensning i gater
Forurensningskonsentrasjoner i gater beregnes ved hjelp av en beregningsmetode basert på trafikk- og gaterom-data.

Målte forurensningskonsentrasjoner vil bli sammenholdt med beregnede verdier for å kontrollere dels utslippsoversiktene, dels beregningsmetodene. Erfaringsmessig viser det seg at slike undersøkelser gir tilleggsinformasjon om utslippene. Årsakssammenhengen mellom utslipp og forurensningsbelastning gir nøkkelen til valg av tiltak for å bedre forholdene og til å klarlegge omfanget av den fremtidige overvåkingen.

7 MÅLEPROGRAM FOR LUFTKVALITET OG METEOROLOGI

Det er foreslått et måleprogram for luftkvalitet og meteorologi som omfatter to vinterperioder og en sommerperiode, fra og med januar 1983 til og med mars 1984. Muligheter bør kunne holdes åpen for å modifisere måleprogrammet for vinteren 1983/84 i forhold til det foreslåtte, dersom resultater fra målingene vinteren 1983 og det videre arbeide med utslippsoversikter og spredningsmodeller skulle gjøre modifikasjoner nødvendige.

7.1 Måleprogram for meteorologi

Måleprogrammet skal gi data for å bestemme vindfelt og spredningsparametre i undersøkelsesområdet. Disse data bør også kunne benyttes til test av vindfelt som beregnes ved hjelp av metoder som bygger på få lokale målinger (mesoskala-modeller). På denne basis foreslås det meteorologiske måleprogram som framgår av figurene 24 og 27 (side 30 og 33).

Data fra Meteorologisk institutts/Vervarslinga på Vestlandet's stasjoner i området vil bli benyttet fullt ut. Det omfatter følgende stasjoner og data:

Stasjon	Data	Høyde over bakken	Dataregistrering	Overføring av data til NILU
Fredriksberg ca 30 m o.h.	Vindretn.	12	Automatisk værstasjon (Aanderaa Instruments)	Data-tape oversendes NILU. Data avspilles, korrigeres og midles til timesverdier
	Vindstyrke	"		
	Temp.	"		
	Stråling	"		
	Nedbør	2		
	Vindstyrke	18		
	Vindretn.	"		
Temp.	"			
Florida ca. 15 m o.h.	Vindretn.	45	Skrivere og manuell avlesning (temp)	Registreringspapir og data-tabeller oversendes NILU for avlesning og punching
	Vindstyrke	"		
	Temp.	"		
	Temp.	55		
	"	2		

Flesland ca 10 m o.h.	Vindretn. Vindstyrke Temp.	10 " 2	Manuell avlesn. hver time	Tabeller over- sendes NILU for punching
Hellisøy fyr ca m o.h.	Vindretn. Vindstyrke Temp		Observasjoner kl 07,13,19	Standard klima- tabeller over- sendes NILU fra MI for punching

Disse stasjoner gir data for det storstilte værbildet i området (Flesland og Hellisøy fyr) og for vind- og temperaturforhold i Bergen sentrum, ca 40-50 meter over havet (Fredriksberg og Florida).

I tillegg foreslås opprettet 6 vindstasjoner i området: Nygårds-
tangen, Sandviken, Minde, Nesttun, Svartediket og Fyllingsdalen,
med plassering som vist på figur 26. Alle stasjoner unntatt Nest-
tun blir utstyrt med registrerende vindmålere (type Lambrecht
Woelfle, starthastighet < 0.5 m/s) på 10 meter høye master. Nest-
tun blir utstyrt med en 36 meter høy mast og automatisk værstasjon
med vindmålinger i to høyder (10 og 36 meter) og temperaturmålinger
3 høyder (2, 10 og 36 meter) i tillegg til turbulensmåler i
36 meters høyde.

Nygårdstangen, Sandviken, Minde og Nesttun opprettes for å gi
mulighet for en detaljert nok beregning av vindfeltet i området.
Værstasjonen på Nesttun vil i tillegg gi informasjon om vindens
endring med høyden samt stabilitetsforholdene i den delen av om-
rådet. Begge har betydning for valg av spredningsparametre i
spredningsmodellene. Alle disse stasjoner vil være i drift sam-
tidig med luftkvalitetsmålingene.

Stasjonen i Svartediket har som spesiell oppgave å måle fallvinden
fra Svartediket ned mot dalbunnen. Det er av betydning å undersøke
omfanget av denne fallvinden, spesielt under inversjonsepisoder.
Stasjonen holdes i drift januar-februar og eventuelt også i novem-
ber-desember 1983.

Stasjonen i Fyllingsdalen opprettes for å gi vinddata under
målingene av luftkvalitet der, vinteren 1984.

Termografer foreslås plassert på stasjonene i Svartediket og Fyllingsdalen.

Basert på erfaringene fra tidligere undersøkelser av stabilitetsforholdene over Bergensområdet (3,4,5), foreslås følgende stasjonære målinger av temperatursjiktningen:

- målinger ved Geofysisk institutt (Florida), i 2,45 og 55 moh. (Målingene utføres av Vervarslinga på Vestlandet.) Disse målinger skulle beskrive bakkeinversjonene tilstrekkelig godt,
- målinger i Bergen sentrum og på Fløyen eller Ulriken, for å indikere stabiliteten i hele luftsjiktet under 4-500 meters høyde.

Dette programmet innebærer montering av to termografstasjoner, sannsynligvis på Nygårdstangen og på Fløyen. Disse stasjonene vil være i drift i vinterperiodene.

Målinger av vertikal temperatur- og vindprofil vil dessuten bli utført ved hjelp av radiosonde i vintermånedene. Sondeoppstigningene vil i hovedsak bli foretatt av personell ved Geofysisk institutt i Bergen med utstyr derfra. NILU vil i noen episoder delta med NILUs sondeutstyr.

7.2 Måleprogram for luftkvalitet

Dette programmet skal gi luftkvalitetsdata representative for en del delområder i det tettbygde området, gi sammenhenger mellom luftkvalitet, utslipp og meteorologiske forhold, og mellom korrosjon og miljøvariable, samt gi en database for test av konsentrasjonsberegningene.

Foreslåtte stasjonsplasseringer og måleprogram på hver stasjon framgår av figur 25, 26 og 27 og tabell 18 (side 31 - 33). Stasjonene plasseres slik at de gir et best mulig uttrykk for gjennomsnittlig forurensningsnivå i området innenfor noen hundre meters radius fra stasjonene.

Måleprogrammet foreslås å omfatte følgende stoffer:

<u>Forurensningskomponent</u>	<u>Hovedkilder i Bergen</u>
Svoveldioksyd, SO ₂	Oljefyring
Karbonmonoksyd, CO	Biltrafikk
Nitrogenoksyder, NO _x , NO ₂	Oljefyring, biltrafikk
Svevestøv (inkl. kjemisk analyse)	Oljefyring, biltrafikk, søppel- forbr., industriprosesser, bakkestøv
Sot	Oljefyring, biltrafikk
Bly i svevestøv	Biltrafikk
PAH i gass- og partikkelform	Oljefyring, biltrafikk, søppel- forbr.
Benzen	Oljefyring, biltrafikk

Måleprogrammet foreslås konsentrert om periodene januar-februar 1983 og november 1983 - februar 1984. De tidligere målinger av SO₂ og sot viser at den høyeste forurensning opptrer i disse perioder av året (se figurene 9-11). Det vil ikke ha så stor interesse å utføre målinger utover disse periodene (bortsett fra én sommerperiode).

Det foreslås opprettet en hovedstasjon med kontinuerlig registrering av SO₂, NO_x, NO og CO. I tillegg måles døgnmiddelverdier av SO₂, NO₂, sot, svevestøv (fraksjonert), bly, PAH og benzen (PAH og benzen hver 6.dag i vinterperioden 1983-84). Stasjonen foreslås plassert i et område med stor befolkningstetthet i Bergen sentrum. Sammen med de meteorologiske målingene i området vil stasjonen gi forurensningsbelastning i området som funksjon av tid, vind- og temperaturforhold. En søker å plassere den slik at den får belastning fra flere definerte kildeområder.

Hovedstasjonen vil være i drift i vinterperioden 1983 (to måneder) og vinterperioden 1983-84 (4 måneder). I tillegg skal den være i drift i to måneder våren/sommeren 1983. Data fra en sommerperiode er av interesse bl.a. fordi oljefyring til husoppvarming da er ute av bildet, slik at hovedkilden i området da er biltrafikken.

I tillegg foreslås opprettet 7 tilleggsstasjoner, som dekker området fra Sandviken i nord til Nesttun i sør, og også Fyllingsdalen. Stasjonene plasseres i boligområder med høy befolkningstetthet sett i forhold til nærområdet ellers. Figur 26 viser befolkningstettheten i undersøkelsesområdet med stasjonene inntegnet.

Alle disse stasjoner vil gi døgnmiddelverdier av SO_2 , sot og bly, og 4 av stasjonene gir døgnverdier av NO_2 . To til tre av stasjonene vil i tillegg gi døgnverdier av svevestøv (fraksjonert). Slike prøver tas så hyppig som det er mulig, fortrinnsvis hvert døgn. En av stasjonene vil også gi PAH-verdier hver 6. dag. I tillegg vil prøver bli tatt under forurensningsepisoder. Disse stasjonene vil være i drift vinterperiodene 1983 (to måneder) og 1983/84 (4 måneder). Alle døgnprøver analyseres på SO_2 , NO_2 og sot. Bly analyseres i kun 2 måneder hver vinter, dvs. totalt 4 måneder.

Måleprogrammet vil gi oversikt over belastning av forurensning i området fra ulike typer hovedkilder. SO_2 gis i hovedsak av fyringsutslippet, CO og bly i hovedsak av biltrafikken, mens NO_x , NO_2 , sot, svevestøv og PAH representerer en kombinasjon av flere kilde typer.

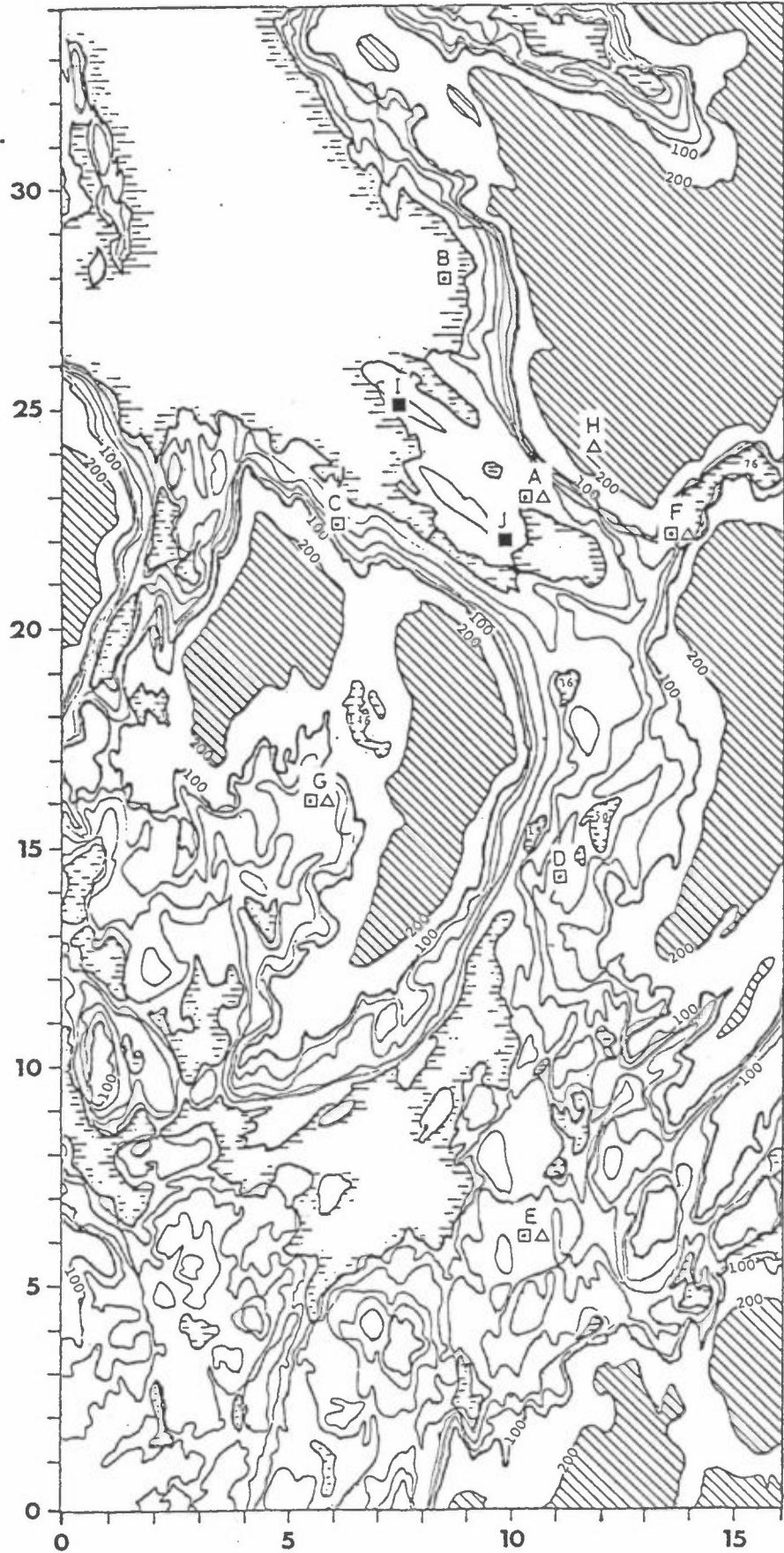
Stasjonsplasseringene er beskrevet i tabell 19.

I tillegg foreslås å undersøke vertikalfordelingen av forurensning i Bergen sentrum, ved å plassere stasjoner i ulike høyder oppover en høy bygning, eksempelvis Rådhuset, (53 meter høyt) og oppover dalsiden mot Fløyen. Sammenlikning av konsentrasjonsprofiler vil gi viktig informasjon om utvekslingen over byområdet av utslippene fra biltrafikk (ved bakken) og fyringsutslippene (10-30 meter over bakken), (se avsnitt 3.4). Disse stasjoner foreslås utstyrt for å gi døgnmiddelverdier eller 6-timers middelverdier (i episoder) av SO_2 , NO_2 , sot, bly og svevestøv (fraksjonert), og å være i drift i januar-februar 1983.

Det er også ønskelig med en bakgrunnsstasjon i området, for å måle forurensningen som transporteres inn i området. Denne foreslås plassert vest-sørvest for Bergen. Søndre deler av Lille-Sotra eller Store-Sotra synes å være gunstige områder. Stasjonen bør være i drift i vinterperiodene, og gi data for SO_2 , NO_2 , sot og bly.

- Nåværende stasjoner
- Nye stasjoner, vind
- △ Nye stasjoner, temp.

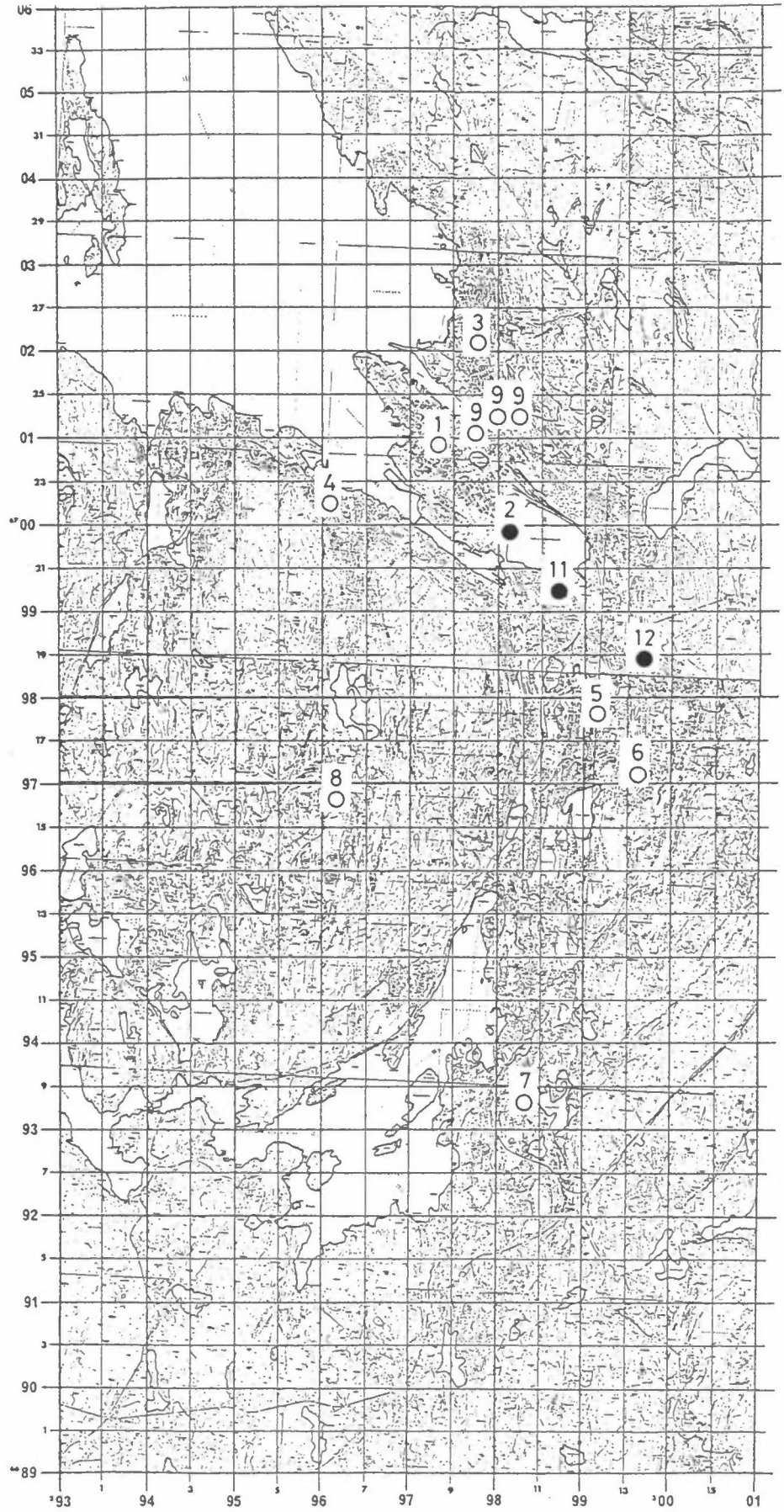
- A. NYGÅRDSTANGEN
- B. SANDVIKEN
- C. LAKSEVÅG
- D. STORETVEIT
- E. NESTTUN
- F. SVARTEDIKET
- G. FYLLINGSDALEN
- H. FLØYEN
- I. FREDRIKSBERG
- J. FLORIDA



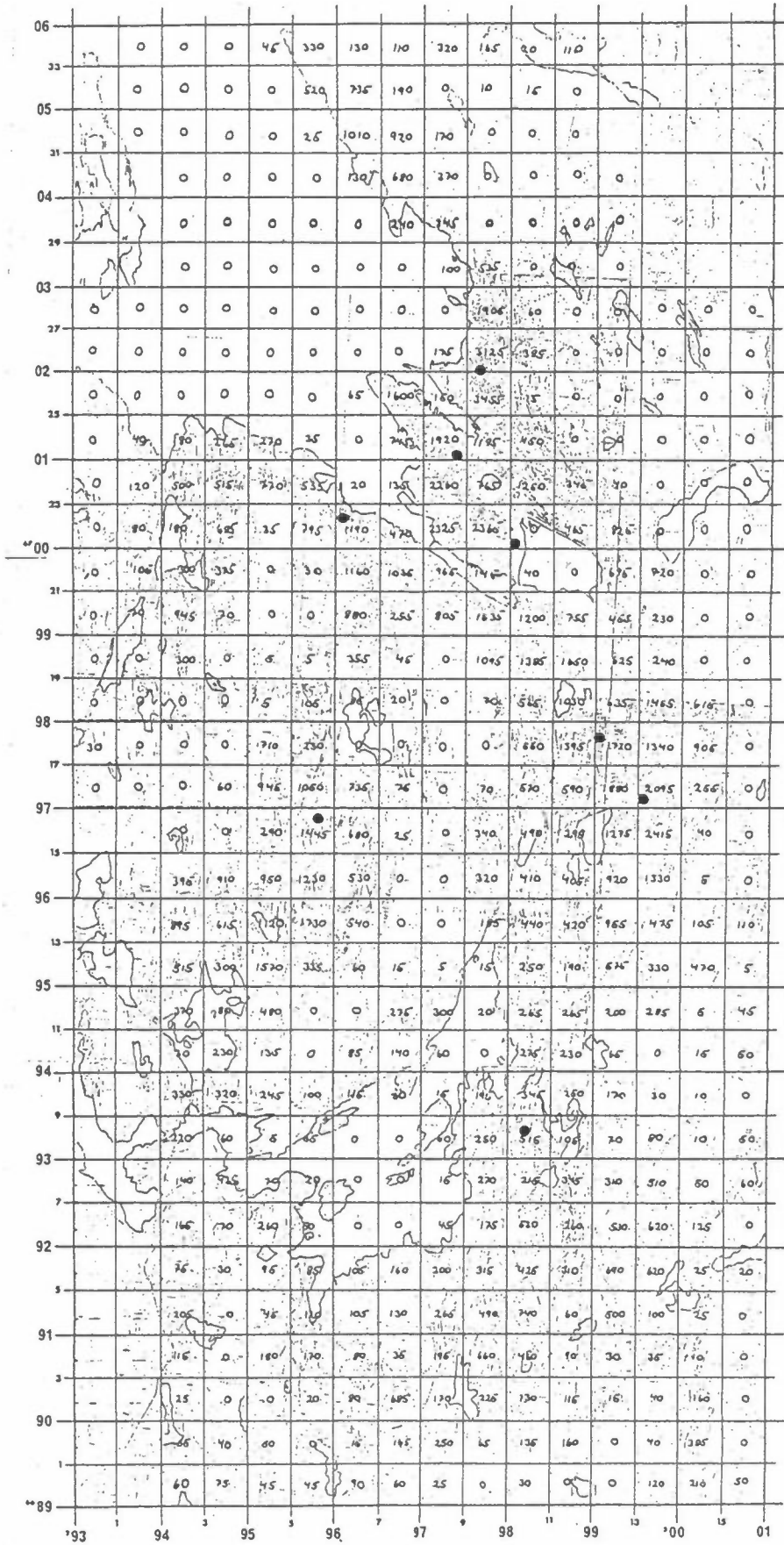
Figur 24: Målestasjoner, meteorologi.

- Nåværende stasjoner
- Nye stasjoner

- 1. Hovedstasjon
- 2. CMI
- 3. Sandviken
- 4. Laksevåg
- 5. Minde
- 6. Landås
- 7. Nesttun
- 8. Fyllingsdalen
- 9. Vertikalsnitt
- 11. Kronstad
- 12. Ravneberget



Figur 25: Målestasjoner, luftkvalitet.



Figur 26: Befolkningstettheten i undersøkelingsområdet, 500x500 m ruter, med plassering av foreslåtte målestasjoner inntegnet.

LUFTKVALITET	1983											1984			
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
1 Hovedstasjon															
2 CMI															
3 Sandviken															
4 Laksevåg															
5 Minde															
6 Landås															
7 Nesttun															
8 Fyllingsdalen															
9 Vertikalsnitt															
10 Bakgrunnsstasjon															
2 CMI (nåv. stasjon)															
11 Kronstad (nåv. stasjon)															
12 Ravneberget (nåv. stasjon)															
<u>METEOROLOGI</u>															
A Nygårdstangen															
B Sandviken															
C Laksevåg															
D Storetveit															
E Nesttun															
F Svartediket															
G Fyllingsdalen															
H Fløyen															
I Fredriksberg (nåv. klimastasjon)															
J Florida (nåv. klimastasjon)															

Figur 27: Måleprogram

	Kontinuerlig registrering		Døgnmiddelverdier, hvert døgn		Døgnmiddelverdier, hvert 3. + eller 6. døgn		Korrosjon
	SO ₂	NO _x NO ₂ CO	SO ₂	NO ₂ sot svevestøv bly	SO ₂	PAH Benzen	
1. HOVEDSTASJON	x	x x x	x x x	x	x	* ¹ * ¹	x
2. CMI			x		x		x
3. SANDVIKEN			x x	x	x	* ¹	x
4. LAKSEVÅG			x	x	x		x
5. MINDE			x	x	x		x
6. LANDÅS			x	x	x		x
7. NESTUN			x x	x x	x x	+ ²	x
8. FYLLINGSDALEN			x ² x	x ² x	x x	+ ²	x
9. VERTIKALSNITT							
5 m			x	x	x		
25 m			x	x	x		
50 m			x	x ¹	x		
100 m			x	x	x		
150 m			x	x	x		
10. BAKGRUNNSSTASJON			x x x	x x	x x		x

Tabell 18: Oversikt over måleprogrammet for luftkvalitet og korrosjon på de enkelte stasjoner.

1) vinter 1983

2) vinter 1983/84

Tabell 19: Stasjonsbeskrivelse, luftkvalitetsstasjoner.

1. Hovedstasjon, Bergen sentrum (SO_2 , NO_x , NO_2 , CO, sot, bly, svevestøv, PAH, benzen).
 - Plasseres noe sørøst for Den nasjonale scene, i et område med stor befolkningstetthet (boligområde i sentrum, arbeidende, handlende, fastboende).
 - Stor utslippstetthet fra fyring (olje, kull) og biltrafikk

2. CMI/Bergen ingeniørhøgskole (SO_2 , NO_2 , sot, bly).
 - Nåværende overvåkingsstasjon (SO_2 , sot og bly).
 - Stor utslippstetthet fra biltrafikk
 - Ligger i utkanten av område med stor befolknings-
tetthet
 - Stasjonen ligger midt mellom de to hovedkilde-områdene (Bergenshalvøya og Bergensdalen), og får belastning til enhver tid fra én av disse, avhengig av vindretning.
 - Det anses nyttig å utvide denne stasjonen med NO_2 -målinger (tidligere målinger på CMI har vist svært høye NO_x/NO_2 -konsentrasjoner) og evt. partikkelmålinger.

3. Sandviken (SO_2 , NO_2 , sot, bly, svevestøv, PAH)
 - Plasseres midt i område med svært stor befolkningstetthet (boligområde nær sentrum) og stor utslippstetthet fra fyrings-
utslipp (kull og oljefyring).

4. Laksevåg (SO_2 , sot, bly)
 - Plasseres i et område med relativt stor befolkningstetthet (boligområde nær sentrum)

5. Minde (SO_2 , NO_2 , sot, bly, svevestøv)
 - Plasseres i et område med stor befolkningstetthet (bolig-
område nær sentrum) og relativt høy utslippstetthet fra bil-
trafikk, og også endel fyringsutslipp.
 - Området ligger i en senkning, der en kan tenke seg spesielt stillestående luft i episoder med lite vind.

Tabell 19 forts.

6. Landås (SO₂, sot, bly)

- Plasseres i et område med stor befolkningstetthet (boligområde utenfor sentrum) med fyringsutslipp og liten utslippstetthet fra biltrafikk
- Området ligger relativt nær stasjon 5, men høyere i terrenget.

7. Nesttun (SO₂, NO₂, sot, bly, svevestøv)

- Plasseres i et boligområde med typisk befolkningstetthet for Nesttun-området, i søndre utløp av Bergensdalen (boligområde utenfor sentrum)
- Lav utslippstetthet fra biltrafikk
- Område med parafinfyring

8. Fyllingsdalen (SO₂, sot, bly, svevestøv)

- Plasseres i et stort boligområde som spredningsmessig er adskilt fra resten av byområdet (boligområde utenfor sentrum). Denne stasjonen skal gå bare én vinter, og må betraktes som en kontrollstasjon for luftkvaliteten i et av de større boligområder ved Bergen som ikke dekkes av den øvrige del av undersøkelsen.

8 STUDIER AV ATMOSFÆRISK KORROSJON

8.1 Tidligere undersøkelse

I Bergen har det i de siste 10 år foregått en rekke korrosjonsmålinger på ulike stasjoner (se vedlegg 3). Målingene er drevet i regi av Det norske Veritas (DnV) og i samarbeid med NBI og NILU. Målingene har i hovedsak foregått på Fredriksberg, Bergens Tidende, Veritas og Minde og med ulike materialer (12,13,14).

Et hovedmål med undersøkelsene har mer vært å kartlegge korrosiviteten enn å bestemme sammenhengen mellom korrosjon og miljøvariable (dose-effekt sammenhenger). Korrosjonsmålingene har derfor i liten grad omfattet miljømålinger, og dose-effekt relasjoner er derfor ikke etablert, selv om Atteraas (14) rapporterer at suksessive ett-års eksponeringer av stål på Bergens Tidende, CMI, Fredriksberg og Minde, varierer relativt lite og at variasjonen synes å henge sammen med årlige variasjoner i våttid (tid med RH > 85%) og SO₂-konsentrasjon (12).

8.2 Forslag til måleprogram korrosjon

I forhold til basisundersøkelsen i Sarpsborg/Fredrikstad vil undersøkelsen i Bergen gi dose-effekt sammenhenger under andre klimatiske forhold (våttid=f (nedbør, relativ fuktighet)) og ved mulig synergistisk effekt av SO₂ og sjøsalt i luft og nedbør.

På grunn av kompleksiteten i de meteorologiske forhold med store årstidsvariasjoner og mangelen på koordinerte dose-effekt undersøkelser tidligere, har en funnet det vanskelig å etablere klare kriterier for begrensning av korrosjonsundersøkelsen til kun noen få av de foreslåtte luftkvalitetsstasjoner. Klare argumenter for å inkludere korrosjonsmålinger på flest mulig av de foreslåtte stasjonene er:

- behov for flest mulig data for å få best mulige sammenhenger
- korrosjonsmålingene ved utfyllende måling av sjøsaltkomponenter og SO₂ på månedsbasis koster lite (ca 20000 i 1983) sammenliknet med det omfattende programmet for luftkvalitet og meteorologi.

Forslaget til måleprogram for korrosjon er vist i tabell 18 (side 34). Disse omfatter, som i Sarpsborg/Fredrikstad, årsverdier for stål, sink, kopper og aluminium, samt kvartalsvise verdier for stål. Likeledes vil det på korrosjonsstasjonene ble utført målinger og analyse av nedbør, samt utfyllende målinger av SO₂, slik at man får kontinuerlige tidsserier. Undersøkelsene vil vare i 2 år, med mulighet for reduksjon av antall stasjoner etter 1 år.

9 TILLEGGSTUDIER

En del problemstillinger er til nå ikke innarbeidet i prosjektplanen, fordi de fordrer en videre utredning før dette kan gjøres. Det gjelder følgende:

- Svevestøvets elementsammensetning, og ulike kilders bidrag til totalt svevestøv og innholdet av metaller.
- Støvforurensningen i industri-området på Minde
- Episode-studier ved hjelp av fjernmålemetoder som kan kartlegge forurensningens utbredelse. Også sporstoffstudier kan være til nytte for å undersøke dette.
- Innendørs forurensningskonsentrasjoner
- Vurdering av de relative bidrag til befolkningens forurensningseksponering fra luft, vann og føde.

Støvfiltrene fra svevestøvprøvetakingen vil egne seg til analyse av metallelementer. Behovet for å foreta elementanalyse av støvet for å undersøke innholdet av skadelige metaller og eventuelt for å beregne ulike kilders relative bidrag til støvbelastningen, bør utredes i 1983 i samarbeide med SFT.

Støvforurensningen, og for så vidt andre luftforurensningsproblemer i og ved industriområdet på Minde, fordrer en spesiell undersøkelse. Før denne eventuelt kan inkluderes i prosjektplanen, må industriutslippene i området kartlegges. Slik kartlegging omfattes av prosjektplanen for 1983. I løpet av 1983 vil det være klart om en spesiell undersøkelse i Minde-området er nødvendig. Dette vil i så fall bli foreslått som et tillegg til planen for 1984.

Det har interesse å studere forurensningens utbredelse under forurensningsepisoder i Bergen ved hjelp av fjernmåle-metodikk. En slik undersøkelse vil kunne forbedre muligheten for test av spredningsmodellene. Bergen egner seg godt til slike studier topografisk sett. Den uregelmessige hyppighet av episoder skaper dog problemer, fordi det spesielle utstyr som kreves må stå stand-by over en lengre periode, for å øke sjansen for å få med en eller flere episoder.

Lidar-teknikken er en fjernmåle-metode som en vil ønske å prøve i Bergen. Statens naturvårdsverk i Sverige disponerer over mobilt utstyr som kan kartlegge SO_2 - og NO_2 -konsentrasjoner over et byområde. NILU er interessert i å leie dette utstyret for å få slik kartlegging utført i Bergen. Slike målinger gir gode muligheter til å sjekke en spredningsmodell for episoder, samt å sjekke den relative fordeling av utslipp over området. Det kan også ha interesse å foreta utslipp og måling av sporstoffer over byområdet, for å beskrive spredningsforløpet av utslipp ulike steder i området.

Innendørs forurensning sett i relasjon til forurensning utendørs er av betydning for vurdering av den reelle forurensningseksponering befolkningen utsettes for. Her er både hjemmemiljø og arbeidsmiljø av interesse. Slike vurderinger bør komme med i basisundersøkelsen. En vil søke å utrede dette i løpet av 1983, og foreslå målinger i 1983-84.

Helseseksjonen i Bergen kommune har uttrykt ønske om at det under basisundersøkelsen gjøres vurdering av de relative bidrag til befolkningens forurensningseksponering fra luft, vann og føde. Dette kan gjøres ved hjelp av modeller som beskriver fluksen av forurensende stoffer gjennom miljø og opptak i ulike organismer. Planleggingen av en slik eventuell undersøkelse kan gjøres i 1983 og foreslås som et tillegg til prosjektplanen for 1984.

10 FRAMDRIFTSPLAN OG KOSTNADSOVERSIKT

10.1 Framdriftsplan

Framdriftsplanen er vist nedenfor. Innsamling av utslippsdata er allerede startet, likeså forberedende arbeid med spredningsmodeller, på 1982-budsjettet for forprosjektet. Etableringen av måleprogrammet vil foregå i november-desember, og målingene vil starte 1.januar 1983. En tar sikte på å avslutte undersøkelsen med sluttrapport i løpet av første halvår 1985.

	1982	1983	1984	1985
Forprosjekt, prosjektplanlegging	-----			
Utslippsoversikter	-----			
Utvikling og anvendelse av spredningsmodeller	-----			
Måleprogram, luftkvalitet og meteorologi	-----			
Eksponeringsberegninger	-----			
Virkningsstudier - korrosjon	-----			
Avsluttende rapportering	-----			
Status/framdriftsrapporter	△	△	△	

10.2 Kostnadsoversikt

Samlet kostnadsoversikt (i tusen kr) for det foreslåtte program er vist på neste side. I tabellene 20-22 (side 43-44) er utgiftene til enkelte deler av programmet spesifisert. Utgiftene til utslippsoversikter, spredningsmodeller, prosjektledelse og rapportering er basert på forventet medgått arbeidstid, og så avrundet.

Eventuelle modifikasjoner i måleprogrammet for vinteren 1983/84 vil også kunne føre til justeringer i kostnadsoverslaget for 1984.

Aktivitet	1982	1983	1984	1985	Sum
Forprosjekt	250				250
Måleprogram					
- oppsetting og nedmontering	220		110		330
- drift		150	50		200
- meteorologi, - leie, data		190	60		250
- luftkvalitet, - leie/data/analyser		570	250		820
Utslippsoversikter		150	100		250
Spredningsmodeller					
- utvikling/tilpassing		100	200		300
- anvendelse		100	100		200
- tilleggsmålinger		100	100		200
Eksponeringsberegning			100		100
Virkninger					
- korrosjon		175	175		350
Prosjektledelse		120	120		240
Rapportering		50	50	200	300
Sum: 1982-kr	250	1925	1415	200	3790
Sum: 1983-kr	(250)	2220	1630	230	4330

* (Det er regnet med en prisøkning fra 1982 til 1983 på 15%. Det tas et lite forbehold om at den endelige endringen kan avvike noe fra 15%.)

Utgiftene til måleprogrammet er oppdelt i montering og igangsetting, drift, nedmontering ved slutt, samt utgifter til instrumentleie, dataframføring og analyser. Driftsutgiftene er utgifter til NILUs inspeksjoner av stasjonene, én gang pr. måned eller annenhver måned, avhengig av instrumenttype. I tillegg kommer eventuelle utgifter i forbindelse med den daglige/ukentlige drift av instrumentene, som lokale krefter i Bergen foreløpig forutsettes å utføre. Analyse-kostnadene er basert på at alle analyser utføres ved NILU. Dersom en del SO₂- og sot-analyser, og evt. andre analyser utføres lokalt, må kostnadene til analyser justeres. Det framgår av tabell 21 at samtlige SO₂- og sot-analyser samlet koster ca kr. 110.000 (1983-kr).

I postene for leie/analyser er det bygd inn en reserve på ca kr. 25.000 i 1982 og ca kr. 12.000 i 1983 (1982-kr), for i noen grad å kunne dekke inn uforutsette utgifter i måleprogrammet.

Utgiftene til spredningsmodeller er delt på postene utvikling/tilpassing, anvendelse og tilleggsmålinger. Utvikling/tilpassing innebærer delfinansiering av utvikling av spredningsmodell for episode-situasjoner i Bergen, samt tilpassing av NILUs eksisterende spredningsmodeller til topografien i Bergen. For øvrig dekkes den generelle del av utviklingen av episodemodell i Bergen fra NILUs forskningsmidler. Anvendelse omfatter selve spredningsberegningene og framstilling av forurensningskart. Tilleggsmålinger dekker utgiftene til det spesielle sondemåleprogrammet i Bergen, som utføres av personell ved Geofysisk institutt i Bergen, som engasjeres av NILU i deler av tiden.

Fra tabell 20 går det fram at ca 40% av samlede utgifter går til måleprogrammet, ca 25% til sprednings- og eksponeringsberegninger, ca 10% til korrosjonstudier og ca 20% til prosjektledelse og rapportering.

10.3 Muligheter for kostnadsreduksjoner av måleprogrammet

I utgangspunktet er måleprogrammet satt opp med tidslengde og omfang som en mener er rimelig i forhold til prosjektets målsetting. Hvis det av økonomiske årsaker er nødvendig å redusere programmet ytterligere, nevnes nedenfor enkelte muligheter for dette, og hvilke konsekvenser det vil få for prosjektet.

Programkomponent	Ca.kostnads- reduksjon (1983-kr)		Konsekvenser
	1983	1984	
1. Ikke målinger i november 1983 (gjelder alle mål- inger inklusive kontinuerlige SO ₂ , CO og NO _x -målinger og met. ^x målinger.)	140.000	-	Reduserer vintermåle- tiden med ytterligere 15%, og derved mulig- hetene for å få med forurensningsepisoder.
2. Reduksjon i bly- analyser fra to til én måned pr. vinter (bortsett fra hoved- stasjonen og verti- kalnettet)	25.000	25.000	Datamengden som kan benyttes til sjekk av sprednings- og eksp. beregninger for bil- forurensninger redu- seres til 50%.

Tabell 20: Instrument- og strømleie, luftkvalitetsmålinger, Bergen.

Komponent	Reg.frekvens	1983	1984	Sum
SO ₂	Kontinuerlig	15.400	7.700	23.100
NO _x , NO ₂	Kontinuerlig	35.200	11.700	46.900
CO	Kontinuerlig	30.500	10.200	40.700
SO ₂ , sot, bly	Døgnverdier	21.000	8.000	29.000
NO ₂	Døgnverdier	16.000	7.000	23.000
Svevestøv	Døgnverdier	50.000	28.000	78.000
PAH	Døgnverdier	16.000	5.400	5.400
Benzen	Døgnverdier	4.000	1.000	5.000
Stasjonshytter		24.500	6.100	30.600
		212.500	85.500	282.000
Strømleie		30.000	10.000	40.000
Sum 1982-kr		242.500	195.500	338.000
Sum 1983-kr		279.000	110.000	389.000

Tabell 21: Analysekostnader totalt pr komponent.

Komponent	1983	1984	Sum
SO ₂	45.600	18.000	79.900
NO ₂	34.600	15.000	64.800
Sot	15.000	5.000	22.200
Bly	101.000	26.000	132.500
Svevestøv	35.200	14.500	63.500
PAH	70.000	45.500	158.400
Benzen	12.600	5.400	18.000
Sum 1982-kr	314.000	129.500	443.500
Sum 1983-kr	361.000	149.000	510.000

Tabell 22: Fordeling av kostnadene på ulike poster.

Forprosjekt	7%
Utslippsoversikter	7%
Spredningsmodeller/ eksponeringsberegning.	20%
Måleprogram	
- meteorologi	13%
- luftkvalitet	30%
- korrosjon	9%
Prosjektledelse og rapportering	14%

11 REFERANSER

- (1) Torp, U.
Larssen, S. Strategi for luftovervåging i byer. Roskilde, Miljøstyrelsen, 1981. (MST luft-A51.)
- (2) Knudsen, J. Vindforholdene på Bergen hamn. Oslo 1963. (Det norske meteorologiske institutt. Technical report no. 4.)
- (3) Fitje, A. En undersøkelse av atmosfæriske stabilitetsforhold i Bergensområdet. Hovedfagsoppgave i meteorologi. Bergen, Universitetet i Bergen, 1972.
- (4) Eidsnes, R.P. Stabilitetsmålinger i Bergensområdet. Hovedfagsoppgave i meteorologi. Bergen, Universitetet i Bergen 1977.
- (5) Olseth, J. Inversjoner i Bergensområdet, og disse sett i høve til netto strålingsbalanse og vind. Hovedfagsoppgave i meteorologi. Bergen, Universitetet i Bergen, 1977.
- (6) Hanssen-Bauer, I. En enkel modell for bestemmelse av SO₂-konsentrasjonen i Bergen. Hovedfagsoppgave i meteorologi. Bergen, Universitetet i Bergen, 1982.
- (7) Andresen, L. Monthly and annual frequencies of concurrent wind forces and wind directions in western Norway and Trøndelag for the period 1961-75. Oslo 1979. (Det norske meteorologiske institutt. Climatological summaries for Norway.)
- (8) Statens forurensnings-
tilsyn Luftforurensning. Virkninger på helse og miljø. Oslo 1982. (SFT-rapport nr. 38.)

- (9) Grytbakk, H.P. En eksperimentell undersøkelse av kullos fra bilavgasser som forurensningsfaktor. Hovedfagsoppgave i geofysikk. Bergen, Universitetet i Bergen, 1969.
- (10) Gjessing, Y.T. On the aerosol variation with height in Bergen. Bergen 1967. (Årbok for universitetet i Bergen. Mat.- Natur. serie 1967 no. 2.)
- (11) Larssen, S., red. Nordisk beregningsmetode for bilavgasser. Rapport fra nordisk seminar, Vette i Oslo, 9-10.12.81. Lillestrøm 1982. (NILU OR 29/82.)
- (12) Atteraas, L.
Hagerup, O.A. Atmospheric corrosion in western Norway. 4-year test results. I: *7th Scandinavian Corrosion Congress, Proceedings*, Trondheim 1975, s. 57-70.
- (13) Atteraas, L.
Haagenrud, S.E.
Hakkarainen, T.
Kucera, V. Atmospheric corrosion rate of unalloyed steel and zinc and environmental parameters at test sites in Scandinavia. I: *8th Scandinavian Corrosion Congress, Proceedings*, Helsinki 1978, s.139-149.
- (14) Atteraas, L.
Haagenrud, S.E. Atmospheric corrosion in Norway. I: *Atmospheric Corrosion*, W. H. Ailor, ed., New York, John Wiley, 1982. kapittel 60.

TABELLER OG FIGURER

Tabell 1
Månedsmiddelverdier, SO₂ (µg/m³)
Stasjon: 5 - CMI

	OKT	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	MIDDEL OKT-MAR
1970/71	-	-	-	-	-	54	47	53	-	-	-	55	-
1971/72	37	45	33	79	65	48	40	55	-	-	-	-	51
1972/73	37	35	26	48	46	31	39	27	-	-	-	52	37
1973/74	62	69	41	26	30	65	43	24	-	-	-	-	49
1974/75	20	29	21	25	29	32	16	14	-	-	-	13(25)	26
1975/76	35* (81)	33* (107)	16 (29)	43 (131)	67 (213)	32 (72)	32* (97)	19 (42)	9* (20)	-	-	25 (43)	38
1976/77	30 (67)	28* (56)	73 (197)	54 (145)	55 (114)	22 (58)	16* (33)	18 (46)	13 (36)	-	15 (38)	12 (43)	44
1977/78	15 (61)	29 (96)	20 (89)	24 (56)	53 (113)	18* (42)	21 (49)	19 (41)	6* (23)	-	-	7* (33)	27
1978/79	11 (44)	16 (169)	68* (152)	59* (138)	58 (201)	23 (63)	17 (42)	11 (44)	8* (30)	-	13* (27)	11 (33)	39
1979/80	34 (88)	20 (90)	27 (78)	37 (130)	39 (175)	30* (51)	16* (43)	13 (31)	12 (41)	-	6* (14)	10 (39)	31
1980/81	16 (74)	23 (96)	12 (33)	23 (97)	24 (59)	17 (49)	11* (39)	9 (26)	5* (12)	-	7* (18)	10 (22)	19
1981/82	10 (34)	14 (46)	58 (112)	25 (81)	13 (39)	8 (19)	8* (21)	7 (18)	13 (45)	-	-	-	21
Middel 1976/81	19	22	43	40	49	24	19	15	9	-	10	13	31

*ufullstendig måned eller halvår
() maks. døgnverdi

Tabell 2
Månedsmiddelverdier, SO₂ (µg/m³)
Stasjon: 6 - Kronstad

	OKT	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	MIDDEL OKT-MAR
1970/71	-	-	-	119	92	84	65	67	-	-	-	63	-
1971/72	43	56	39	59	90	75	69	77	-	-	-	-	60
1972/73	25	29	36	46	44	29	37	37	-	-	-	55	35
1973/74	53	52	44	24	28	55	36	27	-	-	-	-	43
1974/75	26	37	-	-	-	46	19	16	-	-	-	14*(43)	-
1975/76	33 (100)	28 (74)	16* (28)	38* (96)	54* (94)	31* (65)	20* (35)	17 (44)	10* (21)	-	-	28* (52)	34
1976/77	29 (71)	28* (80)	66* (154)	53* (126)	56* (126)	23* (66)	14* (24)	19 (41)	4* (6)	-	13* (31)	10 (45)	43
1977/78	14* (68)	22 (74)	20* (95)	23* (59)	55* (105)	17* (38)	16 (31)	17 (68)	5* (22)	-	10* (13)	10 (32)	25
1978/79	12 (48)	15 (106)	59* (110)	58* (140)	58 (175)	23 (53)	17* (38)	12 (34)	9* (29)	-	10* (24)	8 (22)	38
1979/80	21 (68)	17 (90)	26 (88)	30* (86)	47* (194)	31* (63)	17* (38)	11* (24)	-	-	-	10 (75)	29
1980/81	15 (71)	32 (108)	21* (70)	20* (95)	34 (108)	-	-	10* (25)	5* (10)	-	9* (19)	8 (21)	24*
1981/82	9 (35)	12 (58)	57* (127)	28* (83)	15 (38)	9 (17)	6* (9)	5 (15)	6* (13)	-	-	-	22
Middel 1976/81	17	21	42	37	51	25	17	14	7	-	11	12	31

*ufullstendig måned eller halvår
() maks. døgnverdi

Tabell 3
Månedsmiddelverdier, SO₂ (µg/m³)
Stasjon: 7 - Ravneberget

	OKT	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	MIDDEL OKT-MAR
1970/71	-	-	-	41	46	38	42	51	-	-	-	48	42
1971/72	29	26	20	22	34	35	41	-	-	-	-	-	28
1972/73	12	11	11	14	13	19	16	37	-	-	-	45	13
1973/74	29	10	10	12	14	18	-	18	-	-	-	1	16
1974/75	17	10	4	8	12	7	11	11	-	-	-	9*(18)	10
1975/76	12 (27)	11 (28)	4 (11)	13 (58)	19 (68)	11 (31)	9* (20)	10 (31)	4* (13)	-	-	13 (28)	12
1976/77	12 (29)	10 (29)	22 (74)	21 (50)	28 (71)	11* (41)	5* (13)	12 (24)	8* (23)	-	6* (19)	5 (36)	17
1977/78	6 (34)	11 (44)	6 (27)	7 (20)	19 (55)	5* (20)	5 (26)	8 (22)	3* (14)	-	5* (10)	5 (16)	9
1978/79	5 (18)	4 (29)	16 (49)	17 (47)	21 (48)	13 (42)	10 (31)	7 (23)	6* (20)	-	8* (40)	4 (14)	13
1979/80	9 (33)	12 (55)	-	12 (34)	17 (67)	17* (48)	14* (34)	11 (50)	9 (34)	-	4* (7)	5 (16)	13*
1980/81	4 (21)	8 (28)	5 (13)	12 (43)	16 (45)	8 (29)	8* (18)	5 (17)	2* (4)	-	3* (8)	5 (14)	9
1981/82	4 (13)	6 (34)	18 (41)	13 (34)	7 (26)	6 (14)	5* (6)	5 (13)	6 (14)	-	-	-	9
Middel 1976/81	7	9	13	14	20	11	9	9	5	-	5	6	12

*ufullstendig måned eller halvår
() maks. døgnverdi

Tabell 4

Månedsmiddelverdier, sot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stasjon: 5 - CMI

	OKT	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	MIDDEL OKT-MAR
1971/72	28	49	39	113	40	39	-	-	-	-	-	-	51
1972/73	83	107	53	87	78	49	-	-	-	-	-	-	76
1973/74	69	60	51	20	46	82	-	-	-	-	-	-	55
1974/75	70	129	59	45	82	56	-	-	-	-	-	34(76)	74
1975/76	79* (232)	70* (377)	35 (63)	49* (180)	96 (408)	42 (100)	36* (112)	17 (78)	21* (41)	-	-	37 (71)	66
1976/77	43 (112)	50* (108)	103 (354)	55 (216)	53 (147)	25 (78)	18* (40)	16 (100)	19* (50)	-	21 (49)	15 (41)	55
1977/78	22 (87)	37 (150)	28 (162)	28 (116)	61 (144)	16* (39)	17 (36)	17 (35)	21* (39)	-	-	15* (47)	32
1978/79	20 (53)	22 (188)	83* (231)	51* (144)	44 (130)	19 (60)	19 (45)	13 (52)	15* (37)	-	17* (34)	13 (28)	39
1979/80	37 (130)	34 (166)	35 (123)	35 (126)	44 (138)	24* (73)	25* (50)	19* (38)	18 (37)	-	13* (28)	19 (78)	35
1980/81	26 (146)	35 (134)	20 (45)	28 (147)	29 (96)	29 (86)	20* (50)	15 (46)	9* (24)	-	14* (36)	13 (44)	28
1981/82	26 (84)	16 (74)	60 (125)	29 (110)	20 (81)	14 (30)	12* (32)	10 (28)	17 (42)	-	-	-	28
Middel 1976/81	29	32	55	41	55	26	23	16	17	-	16	19	40

*ufullstendig måned eller halvår
() maks. døgnverdi

Tabell 5

Månedsmiddelværdier, sot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stasjon: 6 - Kronstad

	OKT	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	MIDDEL OKT-MAR
1971/72	15	37	9	39	32	32	-	-	-	-	-	-	27
1972/73	40	65	54	68	59	32	-	-	-	-	-	-	53
1973/74	42	36	27	18	35	46	-	-	-	-	-	-	34
1974/75	55	81	33	28	64	42	-	-	-	-	-	19*(52)	51
1975/76	54 (215)	47 (245)	25* (50)	35* (104)	78* (213)	28* (78)	12* (26)	13 (67)	10* (21)	-	-	27 (68)	45
1976/77	35 (102)	40 (121)	75* (238)	39* (104)	43* (133)	19* (51)	12* (21)	8 (43)	8* (13)	-	10* (26)	9 (31)	42
1977/78	17* (95)	27 (108)	23* (114)	21* (60)	54* (106)	18* (30)	14 (36)	14 (31)	14* (28)	-	4* (11)	10 (38)	27
1978/79	14 (57)	18 (129)	60* (193)	46* (111)	28 (60)	13 (33)	12* (24)	8 (22)	7* (18)	-	12* (28)	7 (26)	30
1979/80	13 (41)	25 (101)	25 (110)	24* (72)	42 (145)	18* (45)	10* (29)	9* (15)	-	-	-	11* (62)	25
1980/81	21* (104)	30 (109)	24* (70)	18* (133)	36 (140)	-	-	12* (35)	7* (12)	-	11* (20)	12 (40)	26*
1981/82	16 (62)	13 (60)	79* (143)	37* (146)	18 (55)	10 (23)	7* (10)	7 (16)	10* (30)	-	-	-	29
Middel 1976/81	19	26	48	31	47	19	12	11	9	9	9	13	32

*ufullstendig måned eller halvår
() maks. døgnverdi

Tabell 6
Månedsmiddelverdier, sot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Stasjon: 7 - Ravneberget

	OKT	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	MIDDEL OKT-MAR
1971/72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972/73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1973/74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1974/75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8* (20)	-
1975/76	14 (37)	10 (36)	10 (26)	8 (35)	15 (49)	8 (23)	5* (11)	5 (38)	3* (8)	-	-	7 (19)	11
1976/77	7 (29)	11 (30)	8 (43)	10 (39)	16 (52)	7* (35)	7* (9)	4 (22)	7* (16)	-	5* (16)	3 (20)	10
1977/78	6 (38)	9 (68)	4 (28)	4 (14)	17 (44)	6* (14)	10 (30)	6 (28)	14* (24)	-	5* (24)	3 (15)	8
1978/79	6 (19)	4 (11)	12 (37)	7 (23)	12 (28)	7 (27)	10 (54)	11 (166)?	8* (71)	-	7* (17)	7 (15)	8
1979/80	9 (88)	13 (32)	-	9 (26)	11 (36)	10* (28)	7* (19)	4 (15)	6 (12)	-	3* (6)	4 (15)	10*
1980/81	5 (18)	7 (25)	4 (11)	4 (18)	9 (28)	6 (27)	6* (38)	4 (18)	2* (7)	-	4* (8)	8 (17)	6
1981/82	5 (14)	4 (24)	12 (31)	9 (38)	6 (19)	4 (12)	4* (8)	7 (15)	8 (23)	-	-	-	7
Middel 1976/81	6	8	8	7	13	7	8	6	7	5	5	5	9

*ufullstendig måned eller halvår
() maks. døgnverdi

Tabell 7
Halvårsmiddelverdier, SO₂ (µg/m³)
Stasjonene: 1-15

Stasjon:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11(5A)	12 (5B)	13	14	15*
1971-72	36	36	24	69	51	60	28	51	33-1	54	21	51			
1972-73	27	35	36	54	37	35	13	22	25	37		33			
1973-74	28	52-1	48	68	49	43	16	27	43-2	42			25-2	20-1	12-1
1974-75	40-2				26	36-3	10	30	31					13-2	3
1975-76					38	34	12								
1976-77					44	43	17								
1977-78					27	25	9								7-2
1978-79					39	38	13								9
1979-80					31-1	29	13-1								
1980-81					19	24-1	9								
1981-82					21	22	9								

Indekser angir antall månedsmiddelverdier i halvåret som mangler
*Før 1975 : Fløyen
Etter 1976: Midtbygda, Åsane

Tabell 8

Halvårsmiddelverdier, sot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stasjonene: 1-15

Stasjon:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 (5A)	12 (5B)	13	14	15*
1971-72	18	25	54	47	53	29	3	9	55	43	≈40	≈50	-	-	-
1972-73	65	43	73	56	76	51	21	30	63	70	-	67	-	-	-
1973-74	15	38	58	46	57	33	12	21	63	51	-	-	39	40	11
1974-75	41	-	-	-	74	56	17	23	104	-	-	-	-	89	13
1975-76					66	45	11								
1976-77					55	42	10								
1977-78					32	27	8								14-2
1978-79					39	30	8								11
1979-80					35	25	10-1								
1980-81					28	26-1	6								
1981-82					28	29	7								

Indekser angir antall månedsmiddelverdier i halvåret som mangler

*Før 1975 : Fløyen

Etter 1976: Midtbygda, Åsane

Tabell 9: Resultater av målinger av bly i svevestøv i Bergen.

	Februar						August			
	Strandgt.		CMI		Kronstad		CMI		Kronstad	
	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks
1977	-	-	0.39	1.00	0.34	0.90	0.20	0.45	0.13 ¹⁾	0.35
1978	-	-	0.58	1.60	0.5	1.15	-	-	-	-
1979	2.5	5.1	0.73	2.65	0.33	0.90	0.31 ²⁾	0.68	-	-
1980	-	-	0.45	1.45	0.29	1.10	0.19	0.35	-	-
1981	-	-	0.34	1.20	0.32	1.05	0.20	0.48	0.15 ³⁾	0.26
1982	-	-	0.17	0.91	0.14	0.62				

1) 16 døgn

2) 19 døgn

3) 14 døgn

Tabell 10: Resultater fra målinger av CO i Strandgaten (ved nr. 12) i Bergen i 1978.

	2 høyeste 1 t.middel	høyeste 8t.middel	høyeste døgnmid.	måneds- middel	Ant. dager m/målinger	
1978 februar	30	28	22.6	11.9	6.4	28
mars	24	22	18.1	10.1	4.7	9
april	19	16	11.2	6.5	3.6	30
mai	19	18	14.0	6.9	4.1	31
juni	22	21	11.0	5.3	3.3	26

Tabell 11: Resultater av målinger av NO og NO₂ på taket av CMI, Bergen i 1978.

CMI	NO, µg/m ³			NO ₂ , µg/m ³		
	Maks. lt middel	Maks døgnmiddel	Måneds- middel	Maks lt middel	Maks døgnmiddel	Måneds- middel
<u>1978</u>						
Februar	2050	750	260	520	220	160
Mars (1-13)	950	250	90	550	160	120
April (19-30)	350	90	50	410	150	110
Mai	450	110	35	460	220	130
Juni (1-10)	370	40	15	390	160	110

Tabell 12: Resultater fra målinger av svevestøv på taket av CMI, Bergen i 1978. Samtidige blyanalyser på filterene er også vist.

Prøve nr.	Måleperiode	Støv, $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Bly i støv, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Ikke resp. partikler ($>3.3 \mu\text{m}$)	Respirable partikler ($<3.3 \mu\text{m}$)	Ikke resp. partikler ($>3.3 \mu\text{m}$)	Respirable partikler ($<3.3 \mu\text{m}$)
	<u>Februar 1978</u>				
1	7-8	122	134	0.20	1.23
2	10-11	47	130	0.09	0.88
3	13-14	11	42	0.05	0.41
4	16-17	6	27		
5	20-21	1.5	35		
6	22-23*	2	26		
7	24-25	5	23		
8	28.2-1.3	5	20	0.05	0.35
	<u>Mars</u>				
9	3-4	2.5	18	0.06	0.33
10	7-8*	20	80		
11	9-10	48	15		
12	13-14	9	11	0.04	0.22
13	15-16*	23	224		
14	17-18*	29	121		
15	20-21*	13	51		
16	29-30	22	17		
17	31.3-1.4	71	29	0.07	0.27
	<u>April</u>				
18	4-5*	54	81		

* I disse prøvene ble store mengder store partikler funnet på bunnfilteret.

Målemetode: HVS/IMP - High-volume sampler (type Sierra, ca 1 m^3 luft/min) med kaskade-impaktor (type Sierra, 5 trinn).

Støvmengden i hver størrelsesfraksjon bestemmes ved veiing.

Tabell 13: Resultater fra svevestøvmålinger i Strandgaten (ved nr. 12) i Bergen i 1978. Samtidige resultater av målinger av CO, sot, bens-a-pyren og klimaparametre er også vist.

Dato,	Tid	Støv, $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Sot $\mu\text{g}/\text{m}^3$	CO mg/m^3	BaP ng/m^3	Temp. $^{\circ}\text{C}$	Vind- styrke m/s	Nedbør/ bakke- forhold
		$d > 3.5\mu\text{m}$	$d < 3.5\mu\text{m}$						
16-17.2	08-08	11	62	101	7.1	15	÷ 3-÷ 6	2-4	fuktig
20-21.2	08-08	10	55	91	4.4	0.4	+ 3-÷ 3	0-2	fuktig
22-23.2	08-08	10	46	86	5.9		÷ 2-+ 2	1-7	fuktig (snødekt gate)
24-25.2	08-08	11	56	92	5.1		1-5	1-8	fuktig
28.2-1.3	08-08	12	77	129	7.9	5.0	-	1-7	fuktig
7- 8.3	08-08	99	118	135	3.1	2.0	3-5	2-7	tørt
9-10.3	08-08	31	73	106	-		0-÷1	1-5	fuktig
31.3-1.4	08-08	48	44	86	4.5		1-7	0-5	fuktig (tørt)
4-5.4	08-08	140	102	98	4.9	1.6	0-11	0-4	tørt
6-7.4	08-08	69	65	66	3.5		2-9	2-6	tørt
17-18.4	08-08	113	96	105	4.0		2-10	1-5	tørt
19-20.4	08-08	121	106	96	3.9		6-10	1-7	tørt
20-21.4	08-08	128	95	86	4.5		5-14	1-7	tørt
24-25.4	08-08	38	41	58	2.6		4-12	1-7	fuktig
27-28.4	08-08	113	96	82	3.6		4-8	1-5	tørt
19-20.6	08-08	53	102	89	4.9	-	-	2-4	fuktig
20-21.6	08-08	50	88	85	4.5	-	-	2-6	fuktig
21-22.6	08-08	81	178	105	4.0	-	-	2-8	tørt
22-23.6	08-08	44	151	109	5.3	-	-	1-4	fuktig
26-27.6	08-08	28	87	83	2.3	-	-	3-5	tørt
27-28.6	08-08	25	77	78	3.0	-	-	1-3	fuktig
28-29.6	08-08	25	102	60	2.3	-	-	2-4	tørt
29-30.6	08-08	33	110	74	3.6	-	-	1-3	tørt
<u>Middel-</u>									
<u>verdier</u>									
Februar-									
mars		19	59	99	5.8				fuktig
		99	112	135	3.1				tørt
April		38	41	58	2.6				fuktig
		91	93	89	4.1				tørt
Juni		44	105	90	4.4				fuktig
		42	119	81	3.1				tørt

Tabell 14: Oversikt over tidligere stasjoners plassering.

St.nr.	Navn	H.o.h. m	Inntakets høyde over bakken, m	Eksposering fra nære kilder
1	Rotthaugen	ca 50	ca 10	Ikke eksponert fra bileksos
2	Nordnes	" 35	" 2	Lite eksponert fra bileksos
3	Brannstasjonen	" 10	" 10	Relativt sterkt eksponert fra bileksos
4	Bergens tidende	7	25	Sterkt trafikkerte gater (Nygårdsgaten), BT's fyrhuspipe
5	CMI	5	17	Relativt sterkt eksponert fra bileksos (Nygårdsgaten)
6	Kronstad skole	45	8	Lite eksponert fra bileksos
7	Ravneberget	180	5	Ingen nære kilder før ca 1978. Etter 1978: Fyrhuspipe, Haukeland sykehus
8	Lærerskolen, Landås	100	ca 10	Ikke eksponert fra bileksos
9	Bergensmeieriet, Minde	40	" 12	Eksposert fra bileksos (diesel)
10	Solheimsviken, (Kavlien)	2	" 5	Litt eksponert fra bileksos
13	Paradis	35	" 10	Ikke eksponert fra bileksos
14	Nesttun	20	" 10	Litt eksponert fra bileksos
15	Fløyen	350	5	Ingen nære kilder

Tabell 15: Antall døgnverdier av SO₂ og sot høyere enn angitte grenser, målt på CMI, i perioden 1975-82.

CMI, SO ₂	> 150 µg/m ³				>100 µg/m ³				≥75 µg/m ³			
	Nov	Des	Jan	Feb	Nov	Des	Jan	Feb	Nov	Des	Jan	Feb
1975-76	0	0	0	1	1	0	2	7	4	0	2	10
1976-77	0	3	0	0	0	10	6	1	0	12	7	4
1977-78	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	9
1978-79	1	1	0	2	1	8	6	4	1	11	10	6
1979-80	0	-	0	1	0	-	2	4	1	-	3	5
1980-81	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
1981-82	0	0	0	0	0	2	0	0	0	10	2	0
Sum	1	4	0	4	2	20	16	19	9	34	25	34

CMI, sot	≥ 150 µg/m ³				≥100 µg/m ³				≥75 µg/m ³			
	Nov	Des	Jan	Feb	Nov	Des	Jan	Feb	Nov	Des	Jan	Feb
1975-76	4	0	1	6	5	0	1	10	8	0	6	12
1976-77	0	9	3	0	4	12	7	1	6	13	7	7
1977-78	1	1	0	0	2	3	1	7	3	3	2	9
1978-79	1	4	0	0	1	8	4	1	1	12	6	4
1979-80	1	-	0	0	1	-	2	5	2	-	3	5
1980-81	0	0	0	0	2	0	1	0	5	0	2	2
1981-82	0	0	0	0	0	8	2	0	0	9	3	1
Sum	7	14	4	6	15	31	18	24	25	37	29	40

Tabell 16: Antall døgnverdier av SO₂ og sot høyere enn angitte grenser, målt på Kronstad, i perioden 1975-82.

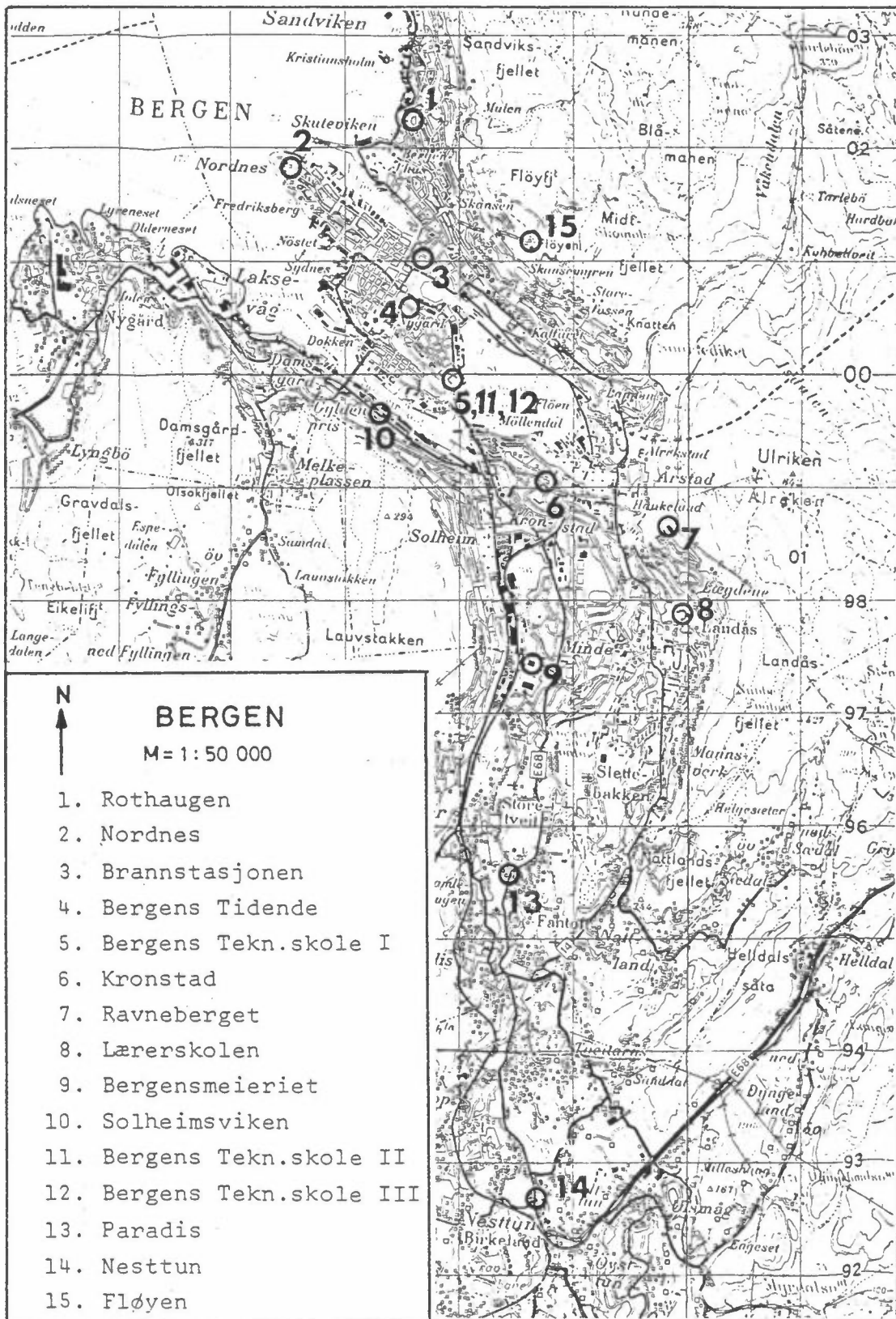
Kronstad, SO ₂	> 150 µg/m ³				>100 µg/m ³				≥75 µg/m ³			
	Nov	Des	Jan	Feb	Nov	Des	Jan	Feb	Nov	Des	Jan	Feb
	1975-76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
1976-77	0	1	0	0	0	5	4	1	1	8	5	4
1977-78	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	8
1978-79	0	0	0	2	0	5	6	4	1	7	8	6
1979-80	0	-	0	2	0	-	0	5	1	-	1	5
1980-81	0	0	0	0	1	0	0	1	4	0	1	3
1981-82	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7	2	0
Sum	0	1	0	4	1	11	10	13	7	23	20	32

Kronstad, sot	≥ 150 µg/m ³				≥100 µg/m ³				≥75 µg/m ³			
	Nov	Des	Jan	Feb	Nov	Des	Jan	Feb	Nov	Des	Jan	Feb
	1975-76	2	0	0	4	4	0	1	6	5	0	4
1976-77	0	3	0	0	2	7	3	1	5	9	4	2
1977-78	0	0	0	0	1	2	0	3	3	2	0	8
1978-79	0	1	0	0	2	3	2	0	2	7	7	0
1979-80	0	-	0	0	1	-	0	5	2	-	0	5
1980-81	0	0	0	0	2	0	1	2	3	0	1	4
1981-82	0	0	0	0	0	6	3	0	0	9	4	0
Sum	2	4	0	4	12	18	10	17	20	27	20	30

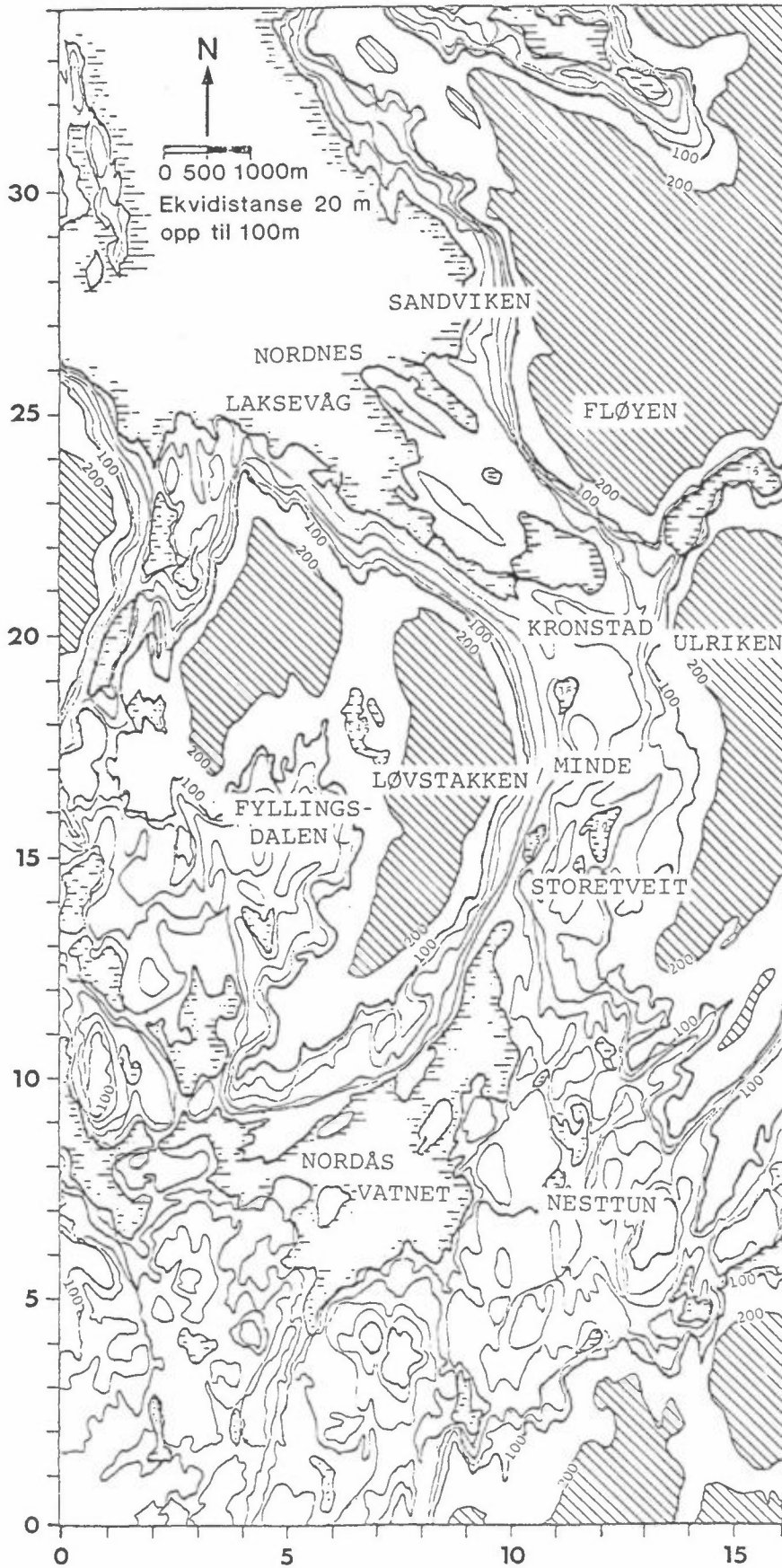
Tabell 17: Samtidige målinger av sot (døgnmiddelverdier) ved gatestasjoner og regionalstasjoner i Bergen.

	Strandgaten		Lars Hilles gt		CMI		Kronstad	
	middel	maks	middel	maks	middel	maks	middel	maks
<u>1978</u>								
februar	121	236	126	296	61	144	54	106
mars*	90	135	75	156	16	39	18	37
april	69	105	57	95	17	36	14	36
mai	75	159	59	128	17	35	14	31
juni	79	123	78	186	21	39	14	28

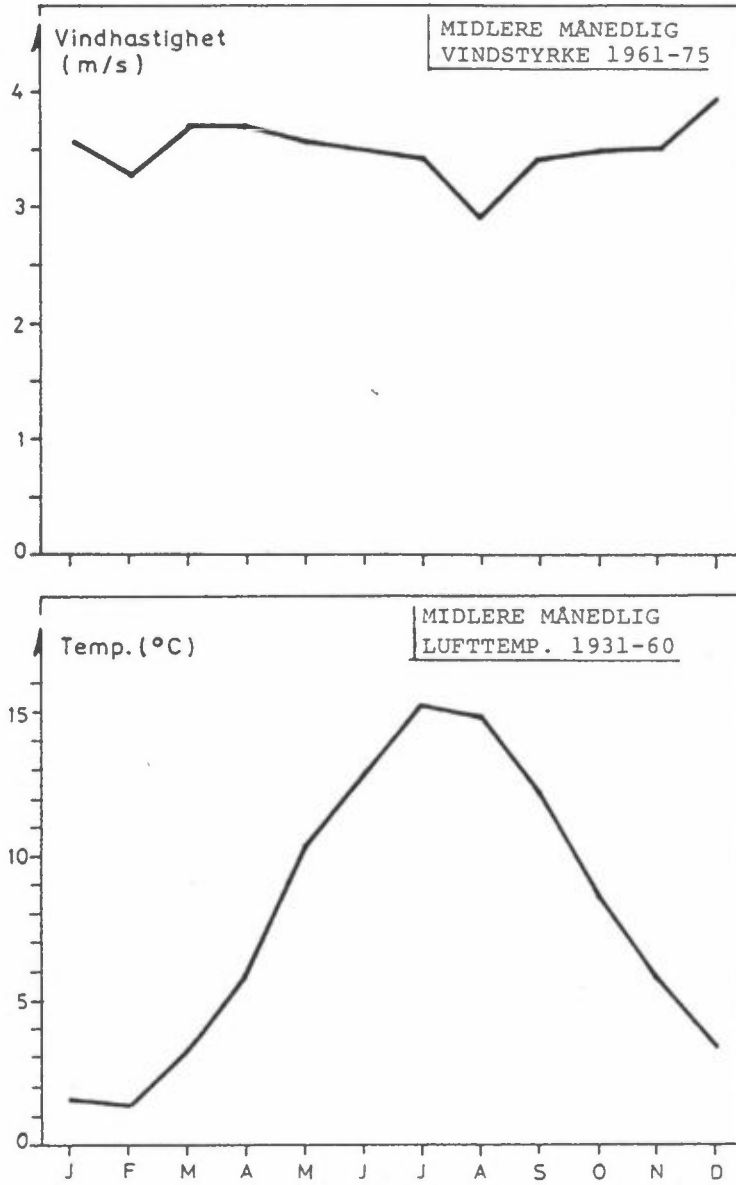
* 1-15 mars.



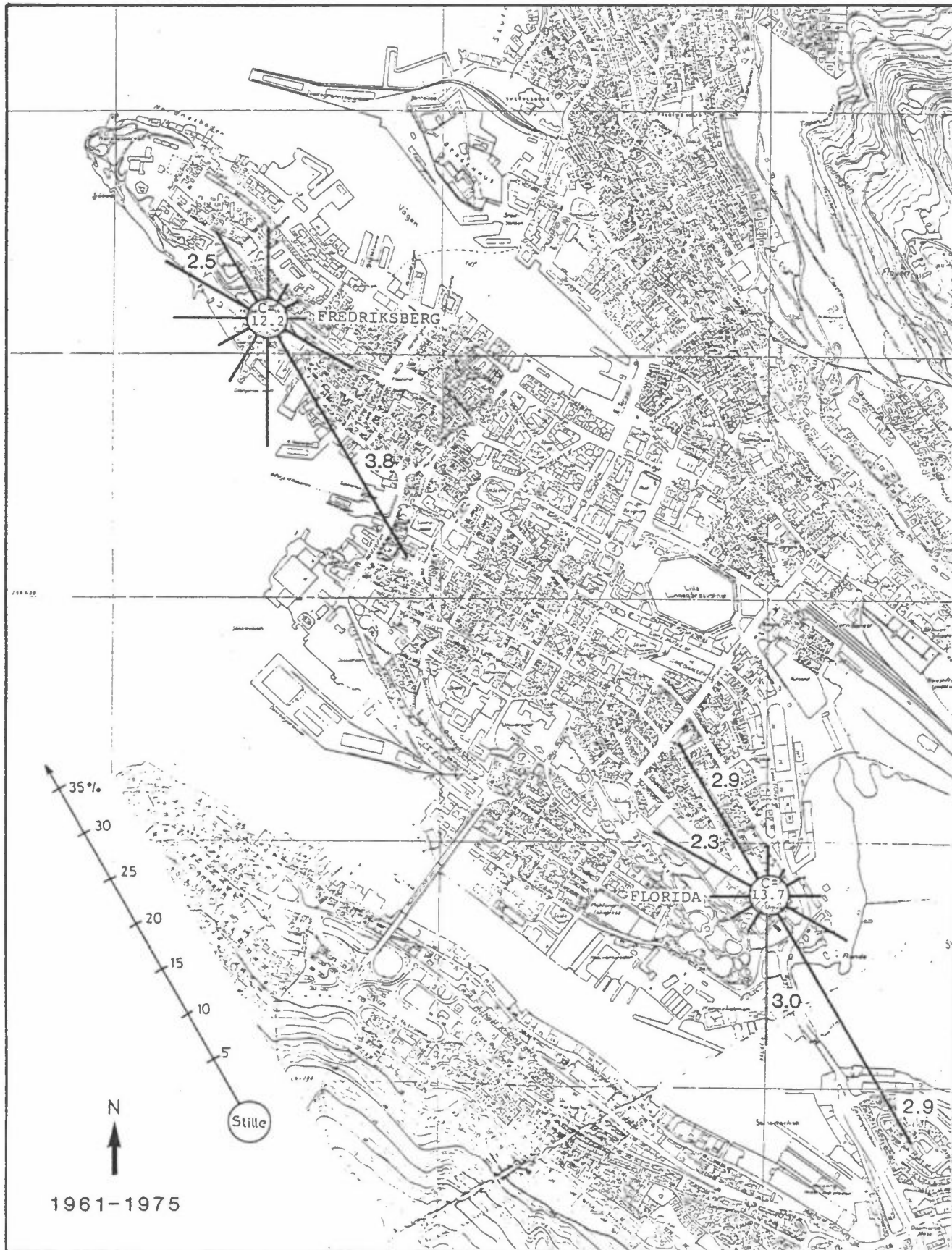
Figur 1: Målestasjoner for SO_2 , sot og korrosjon (K) i Bergen i perioden 1970-82. (De ulike stasjoner har vært i drift hele eller deler av perioden).



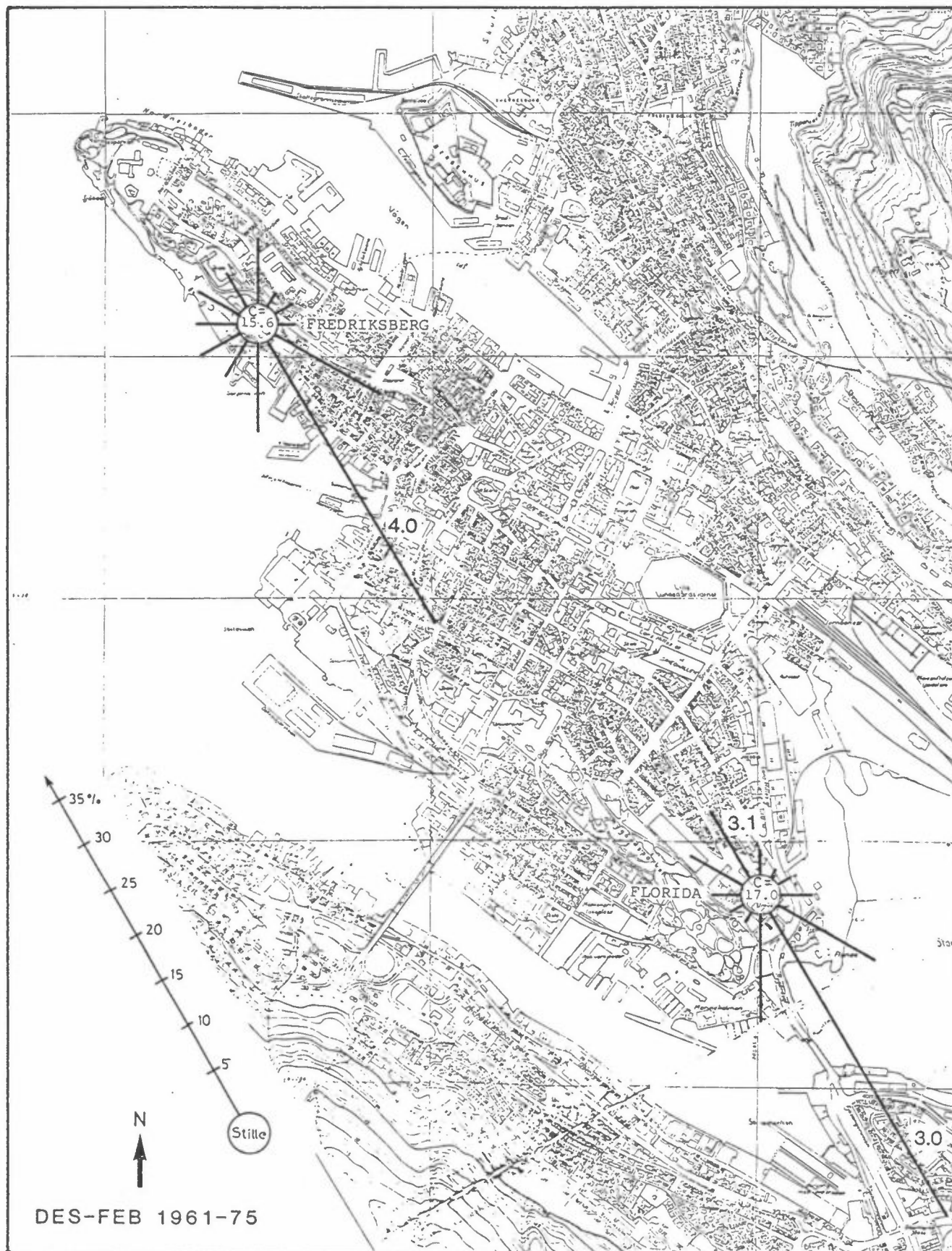
Figur 2: Undersøkellesområde, topografi. Området høyere enn 200 m o.h. er skravert.



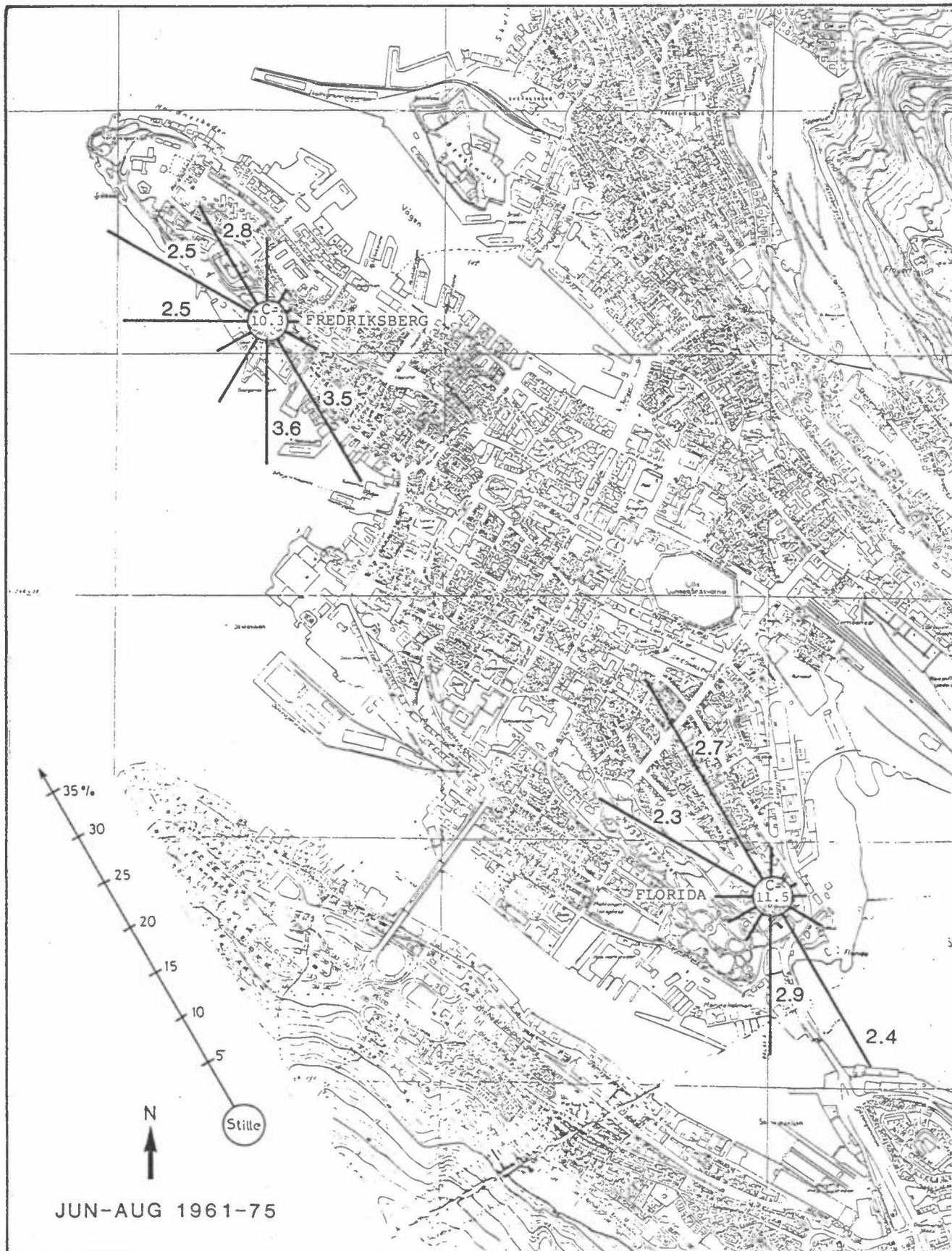
Figur 3: Midlere vind- og temperaturforhold i Bergen.
Data fra Florida klimastasjon.



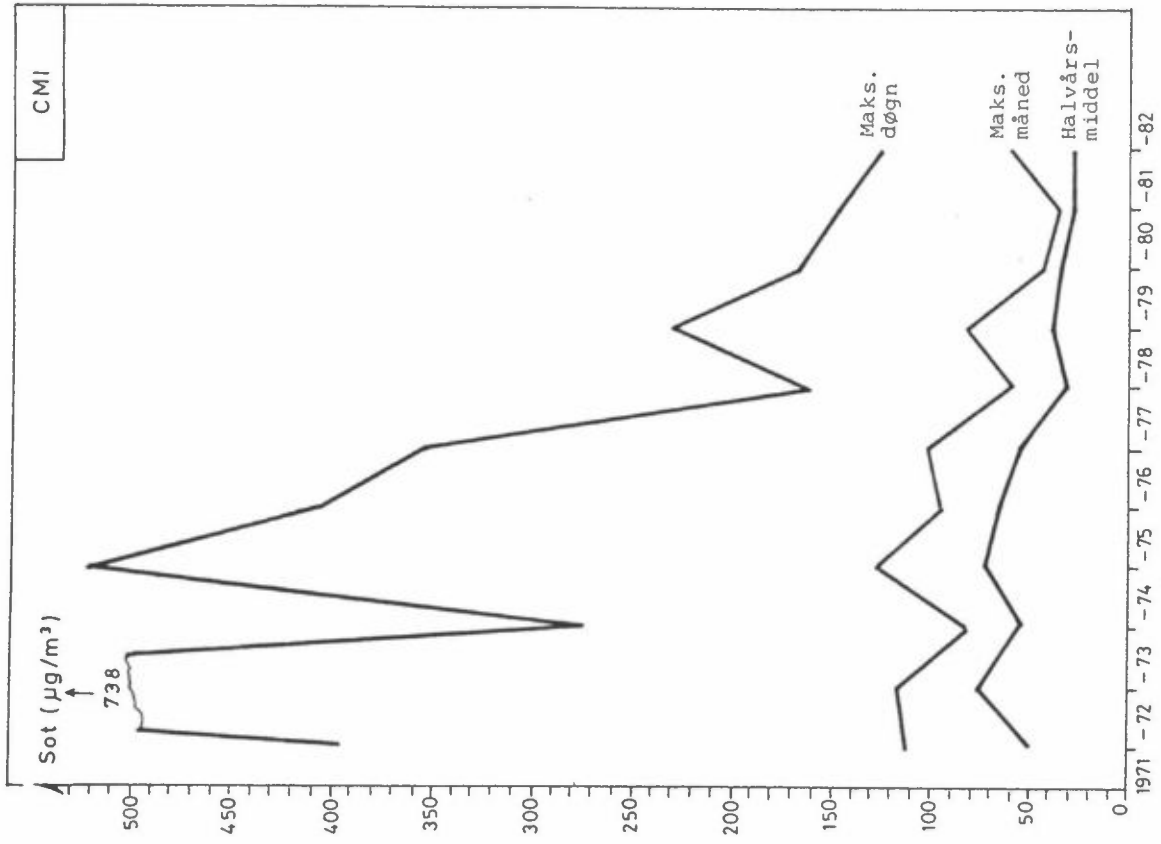
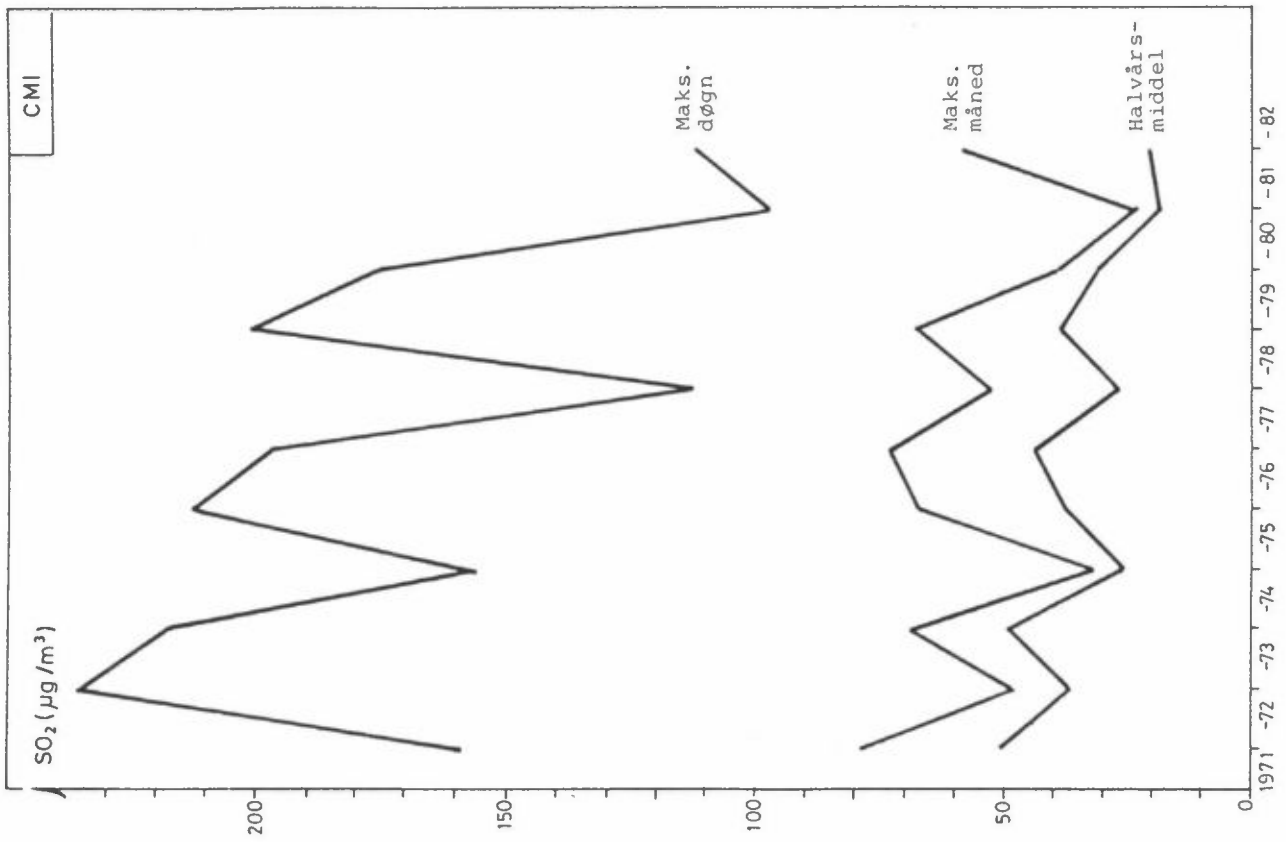
Figur 4: Vindroser for Fredriksberg og Florida, middel for perioden 1961-75 (fra ref.7).
C - vindstillefrekvens
Øvrige tall - middelvindstyrke i Beaufort i hovedvindretningene



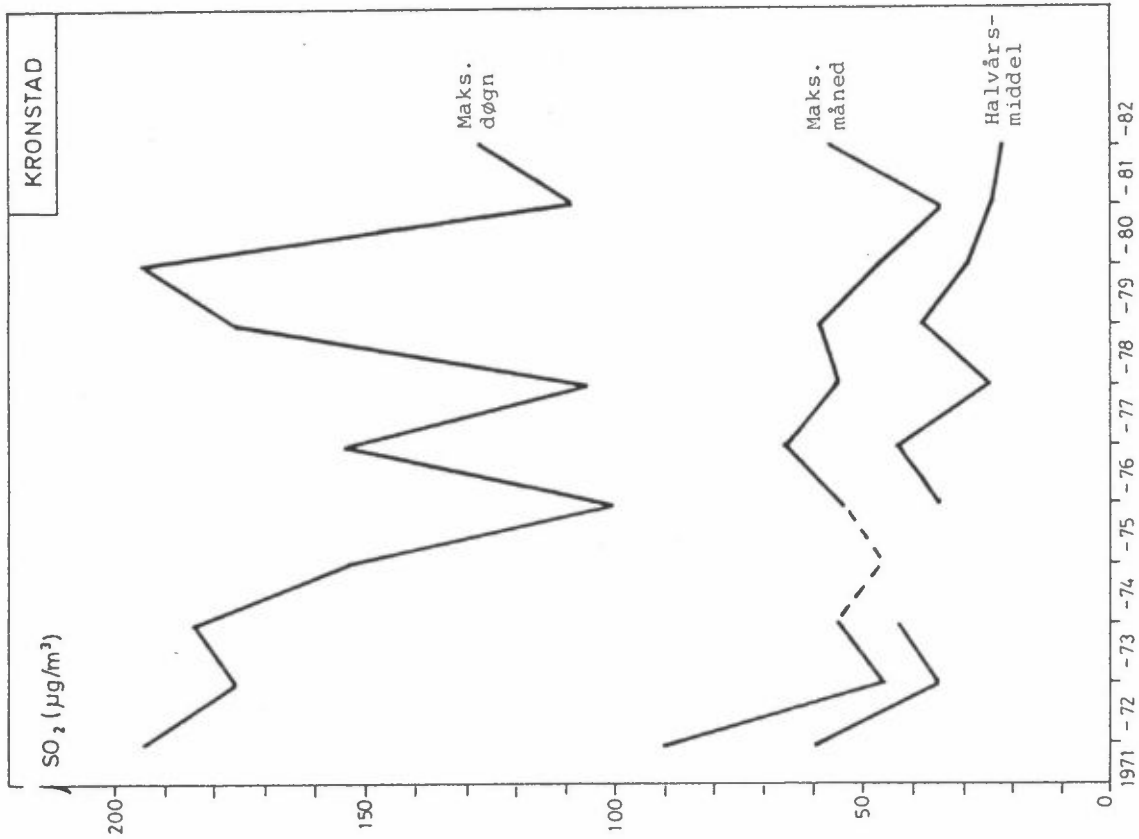
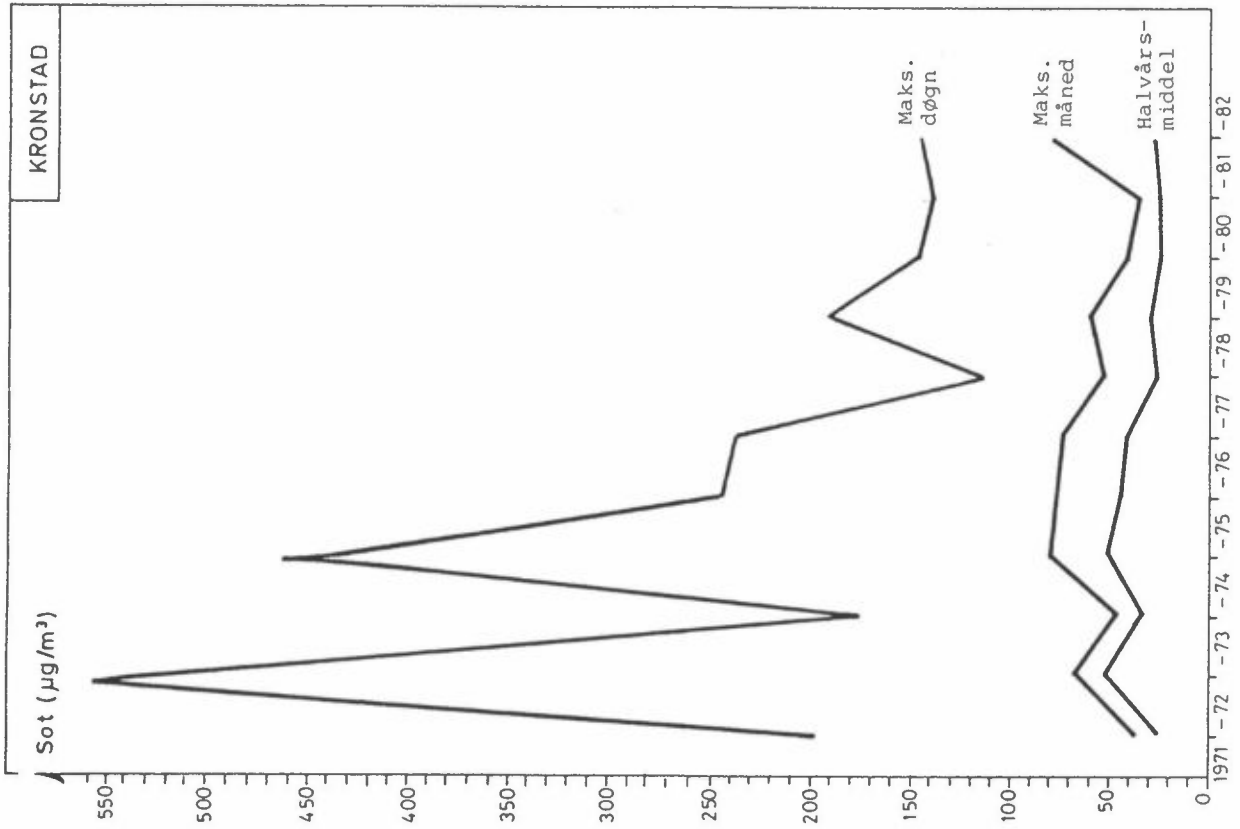
Figur 5: Vindroser for vinteren, Fredriksberg og Florida, middel for perioden 1961-75 (fra ref. 7).
C - vindstillefrekvens
Øvrige tall - middelvindstyrke i Beaufort i hovedvindretningene



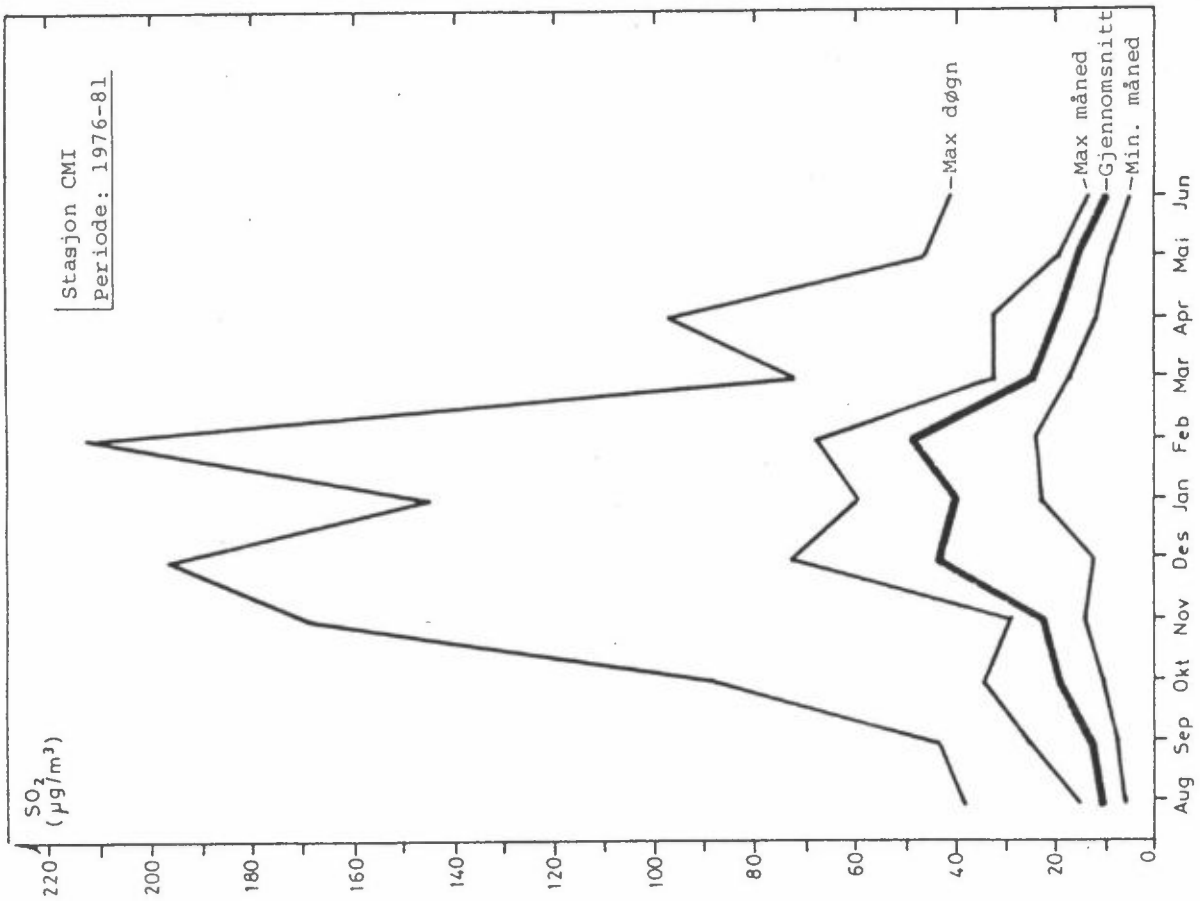
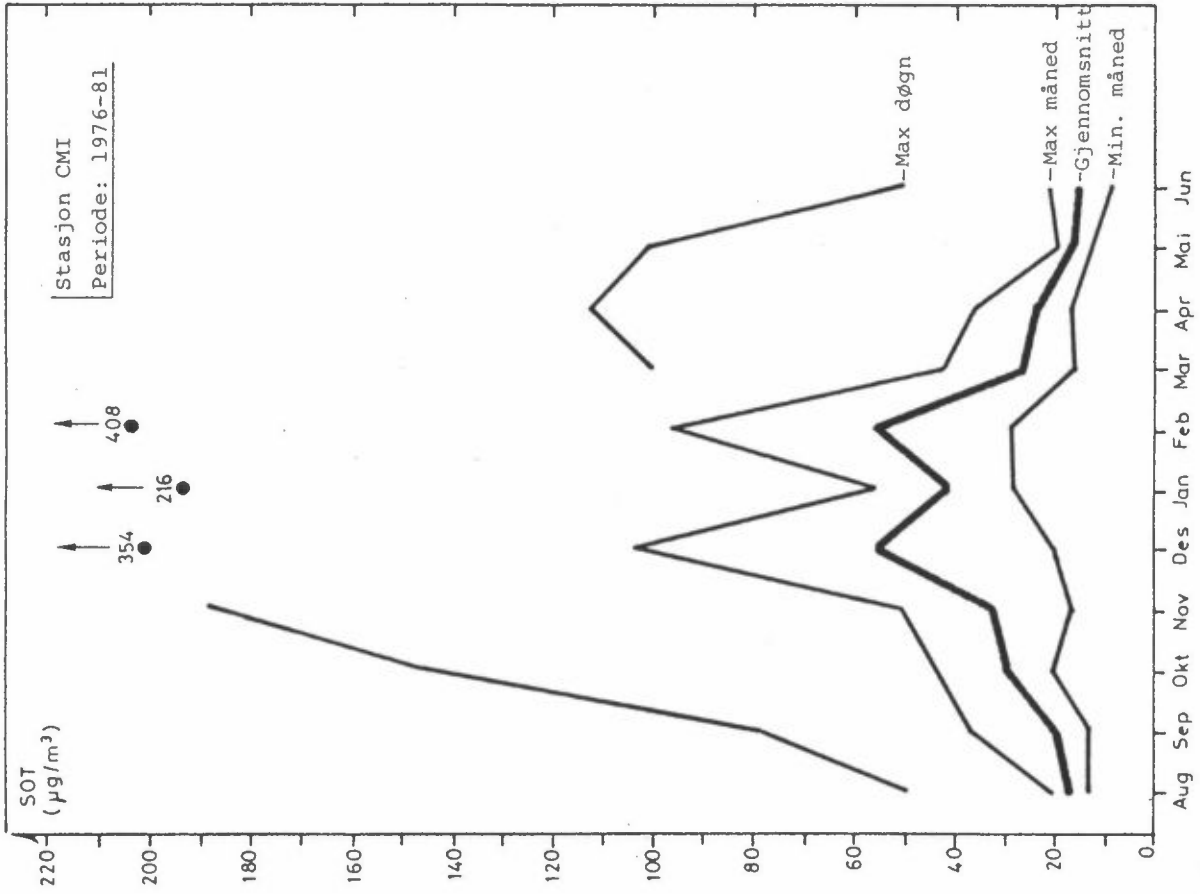
Figur 6: Vindroser for sommerperioden, Fredriksberg og Florida, middel for perioden 1961-75 (fra ref. 7).
C - vindstillefrekvens
Øvrige tall - middelvindstyrke i Beaufort i hovedvindretningene



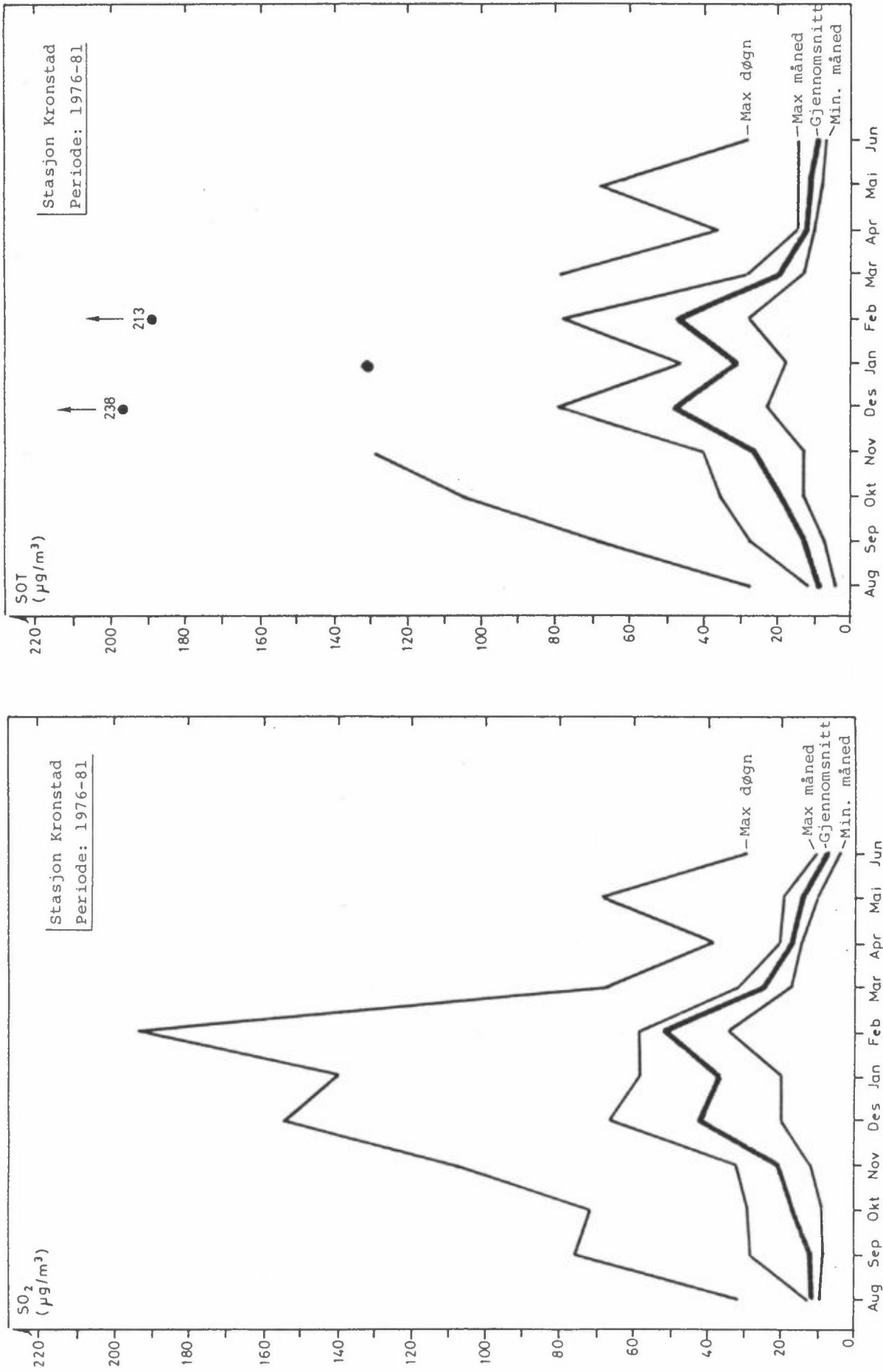
Figur 7: SO₂- og sot-forurensning ved målestasjonen CMI i perioden 1971-82.



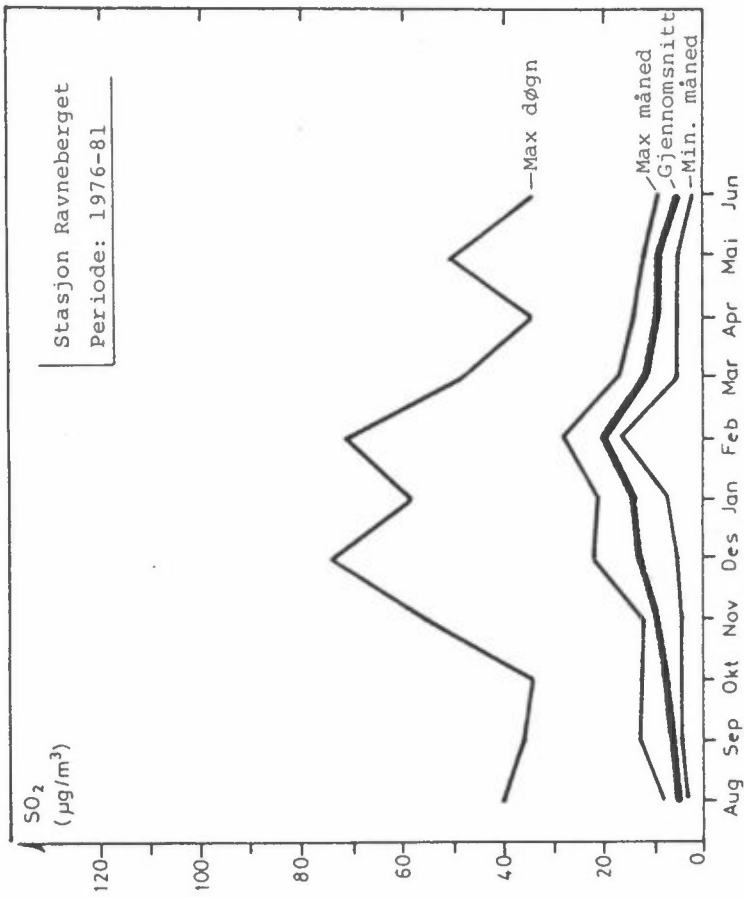
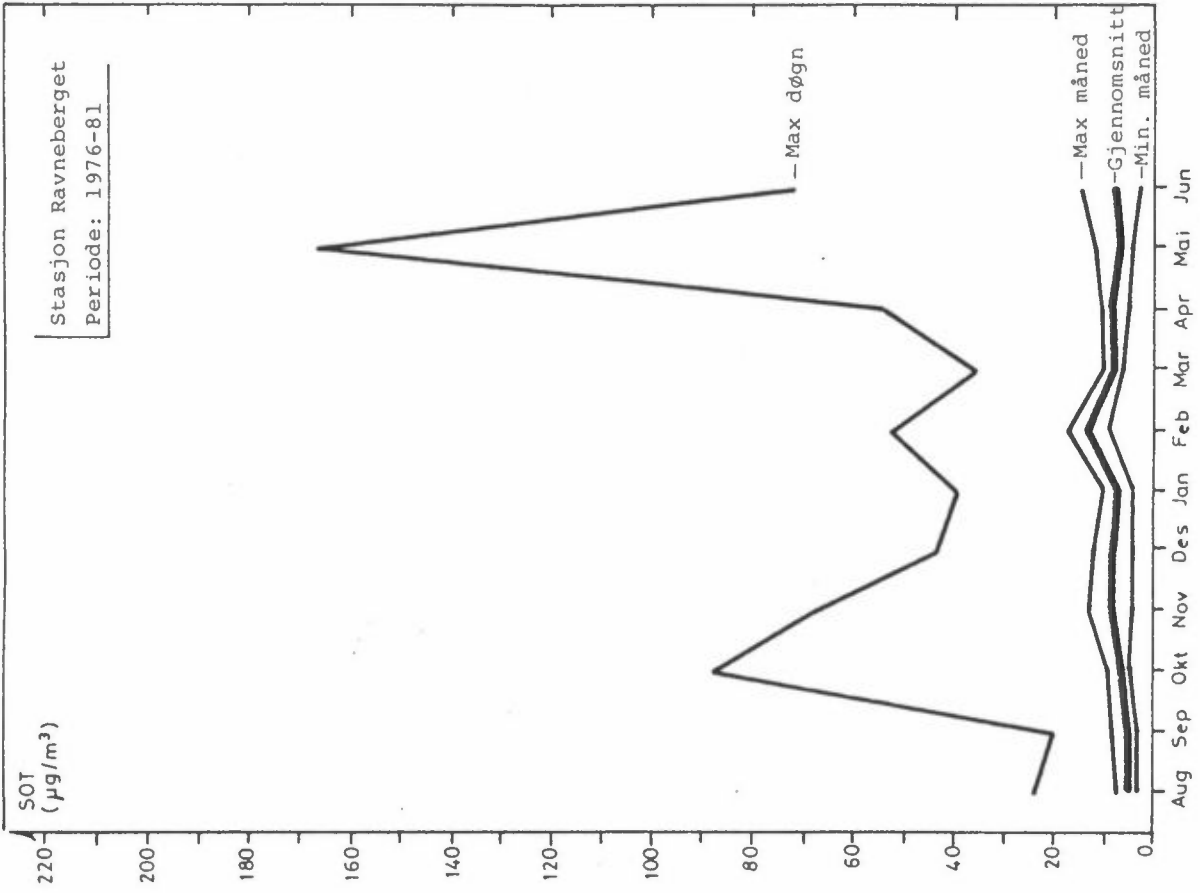
Figur 8: SO₂- og sot-forurensning ved målestasjonen Kronstad i perioden 1971-82.



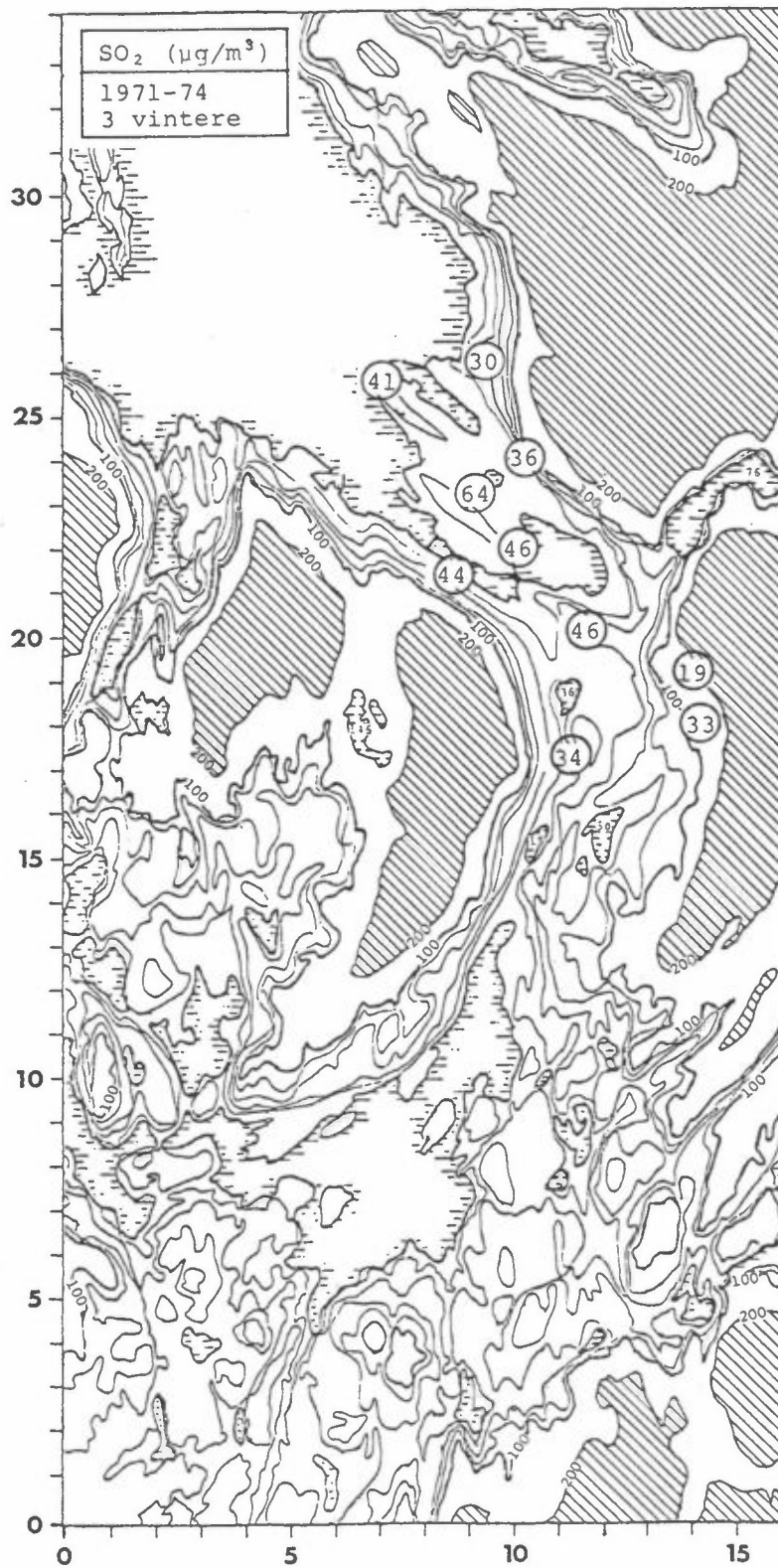
Figur 9: SO₂- og sot-fornurensningen ved CMI.
Variasjon innen perioden august-juni 1976-81.



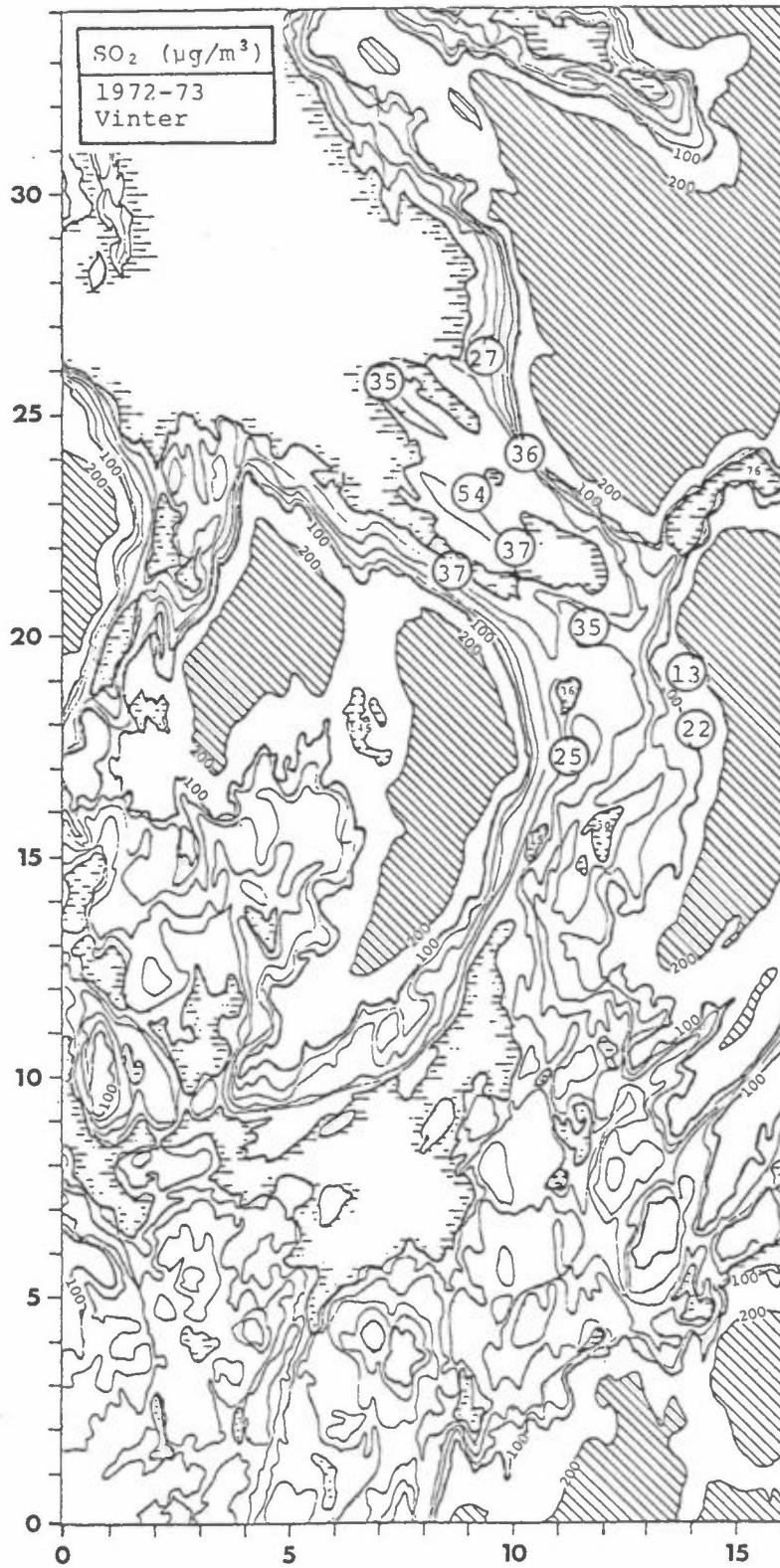
Figur 10: SO₂- og sot-forurensningen ved Kronstad.
Variasjon innen perioden august-juni 1976-81.



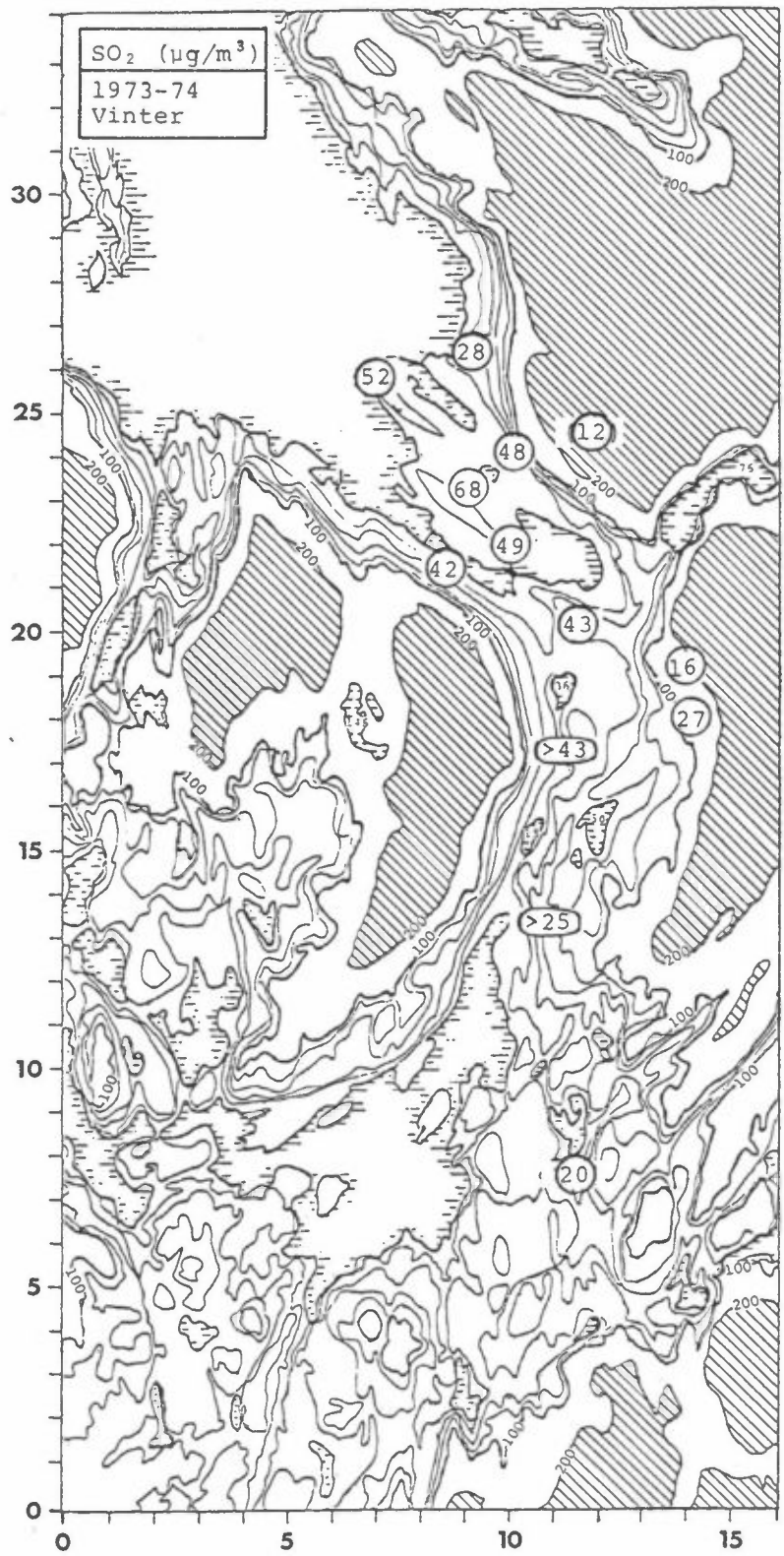
Figur 11: SO₂- og sot-forurensningen ved Ravneberget. Variasjon innen perioden august-juni 1976-81.



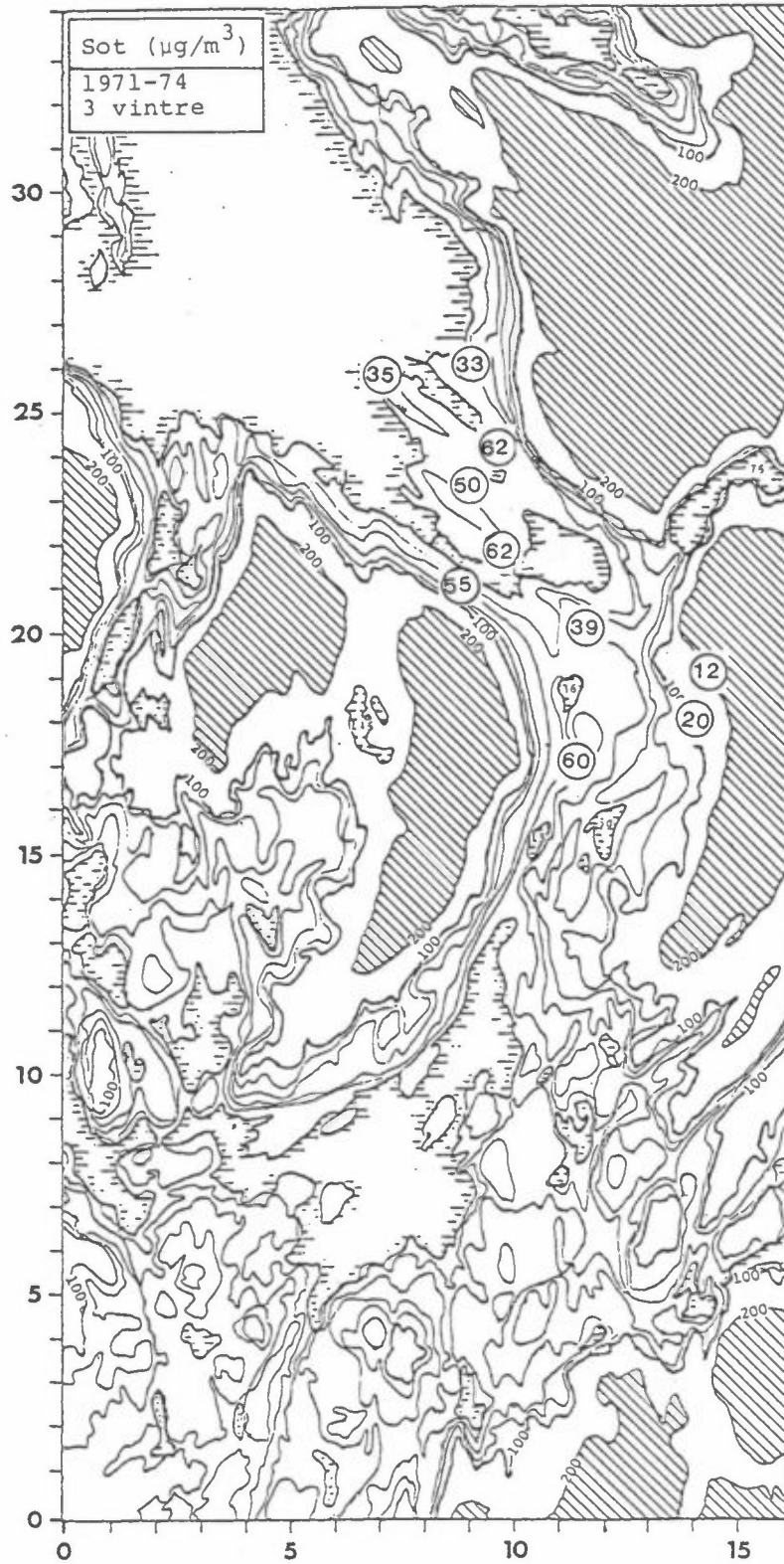
Figur 12: Halvårsmiddelerverdier for SO₂ ved målestasjoner i Bergen, gjennomsnitt for vintrene 1971-74 (oktober-mars).



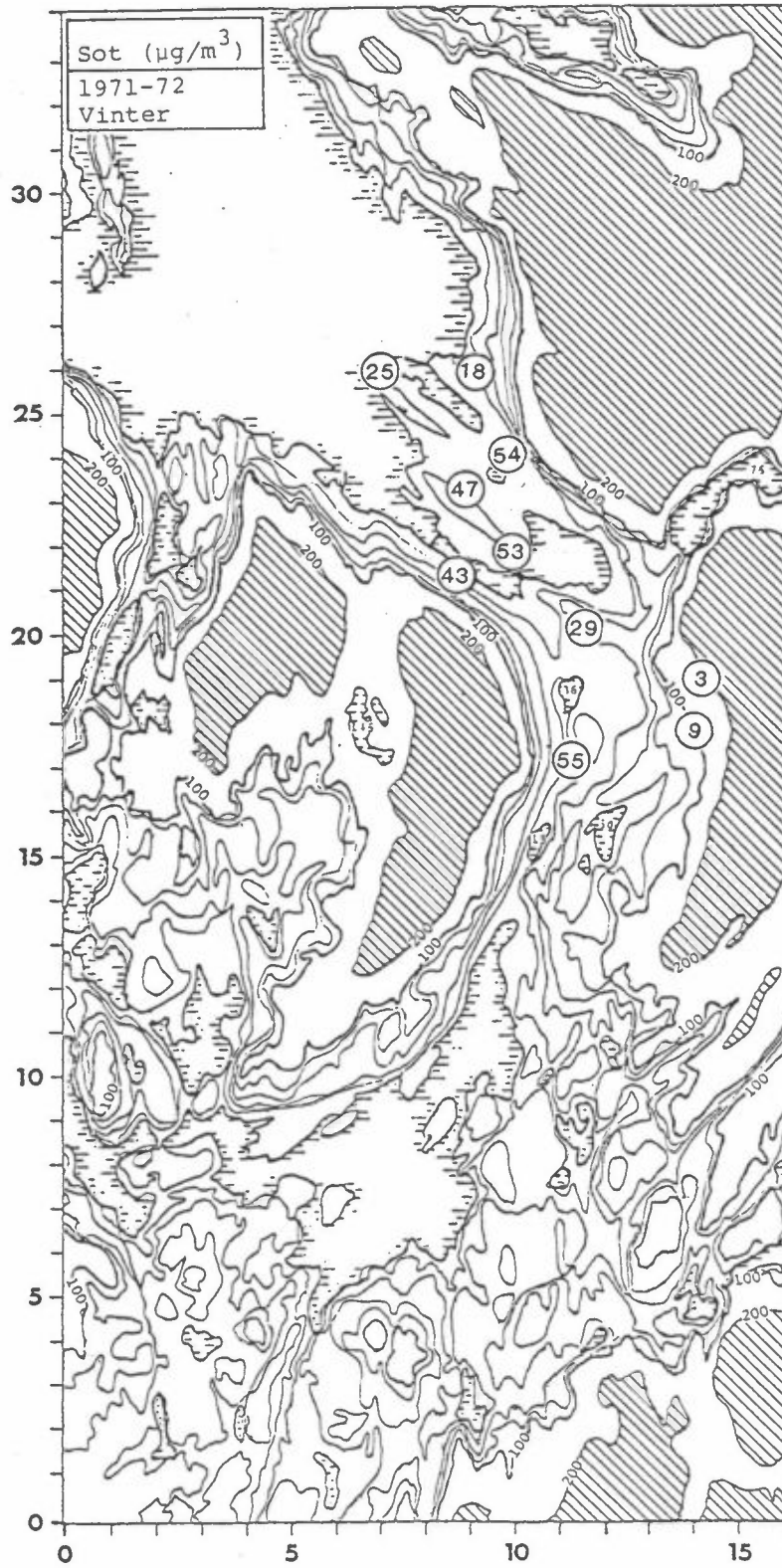
Figur 14: Halvårsmiddelerverdier for SO_2 ved målestasjoner i Bergen, oktober 72-mars 73.



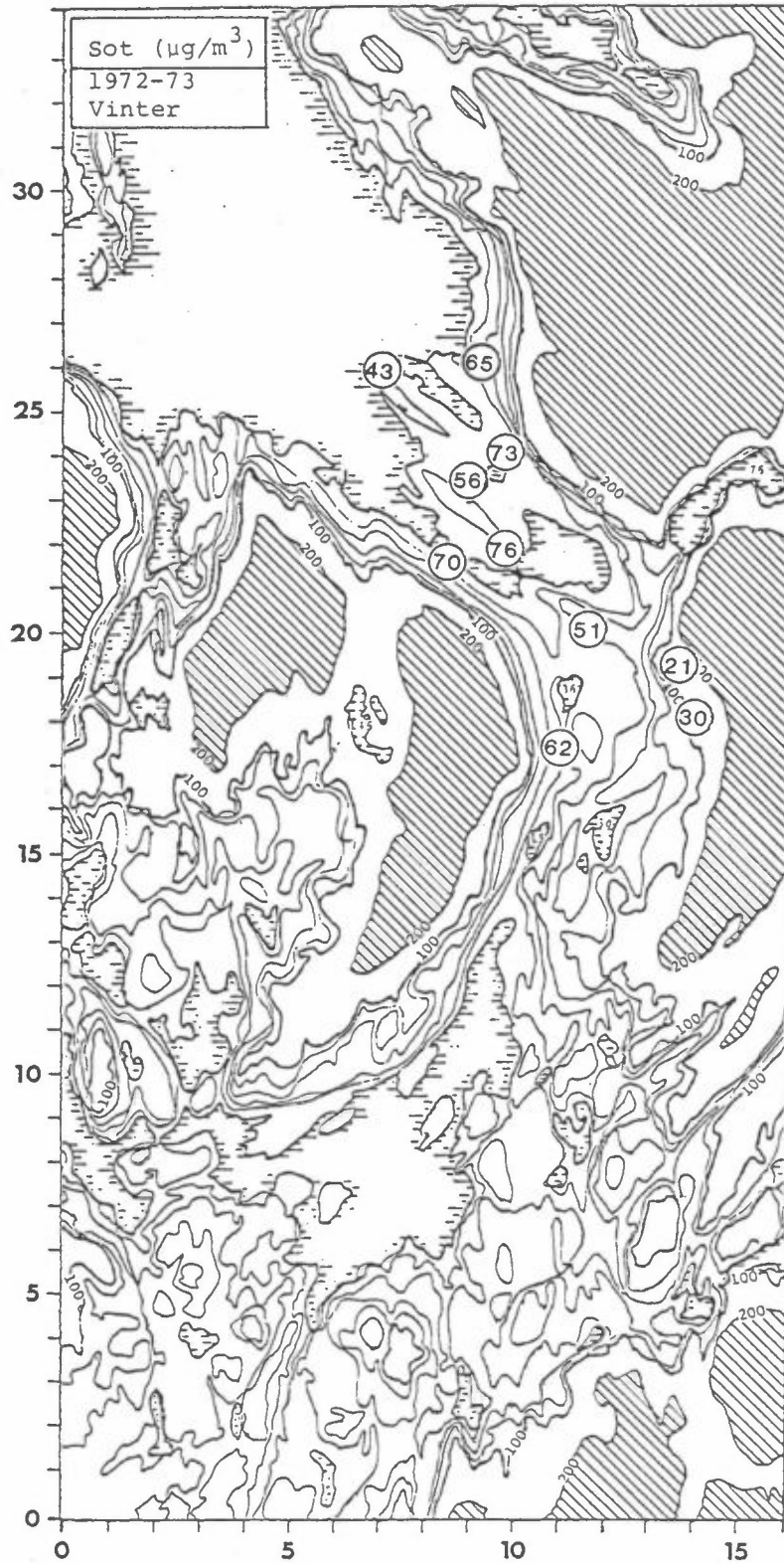
Figur 15: Halvårsmiddelverdier for SO₂ ved målestasjoner i Bergen, oktober 73 - mars 74



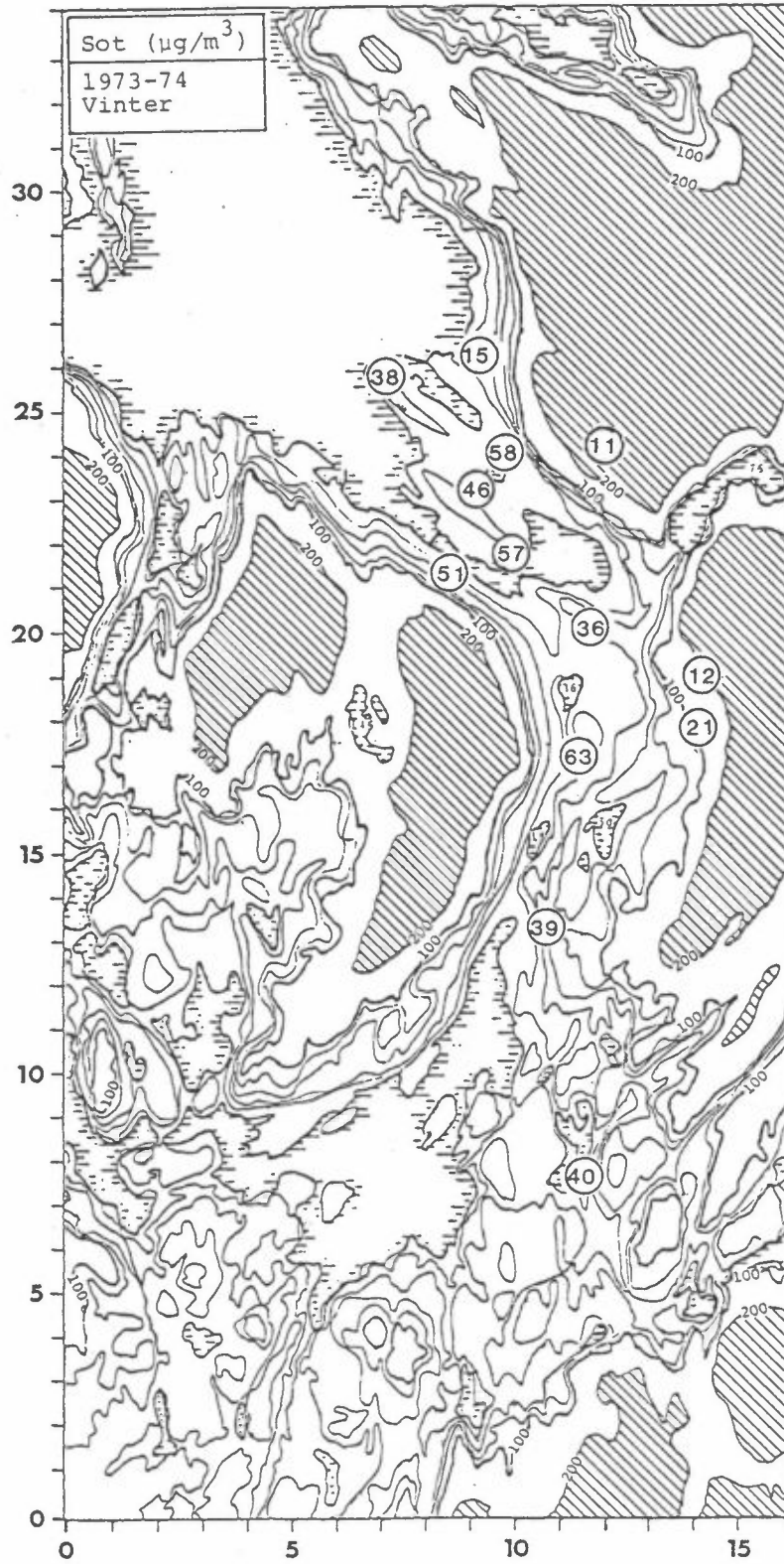
Figur 16: Halvårsmiddelerverdier for sot ved målestasjoner i Bergen, gjennomsnitt for vintrene 1971-74 (oktober-mars).



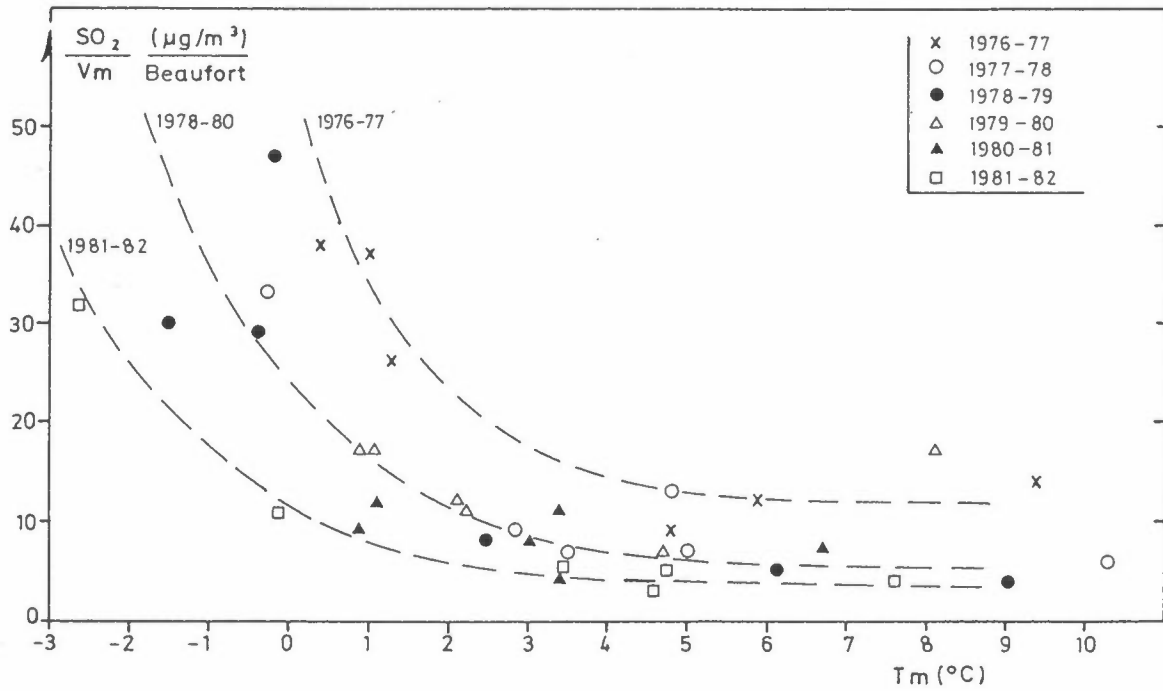
Figur 17: Halvårsmiddelerverdier for sot ved målestasjoner i Bergen, oktober 1971 - mars 1972.



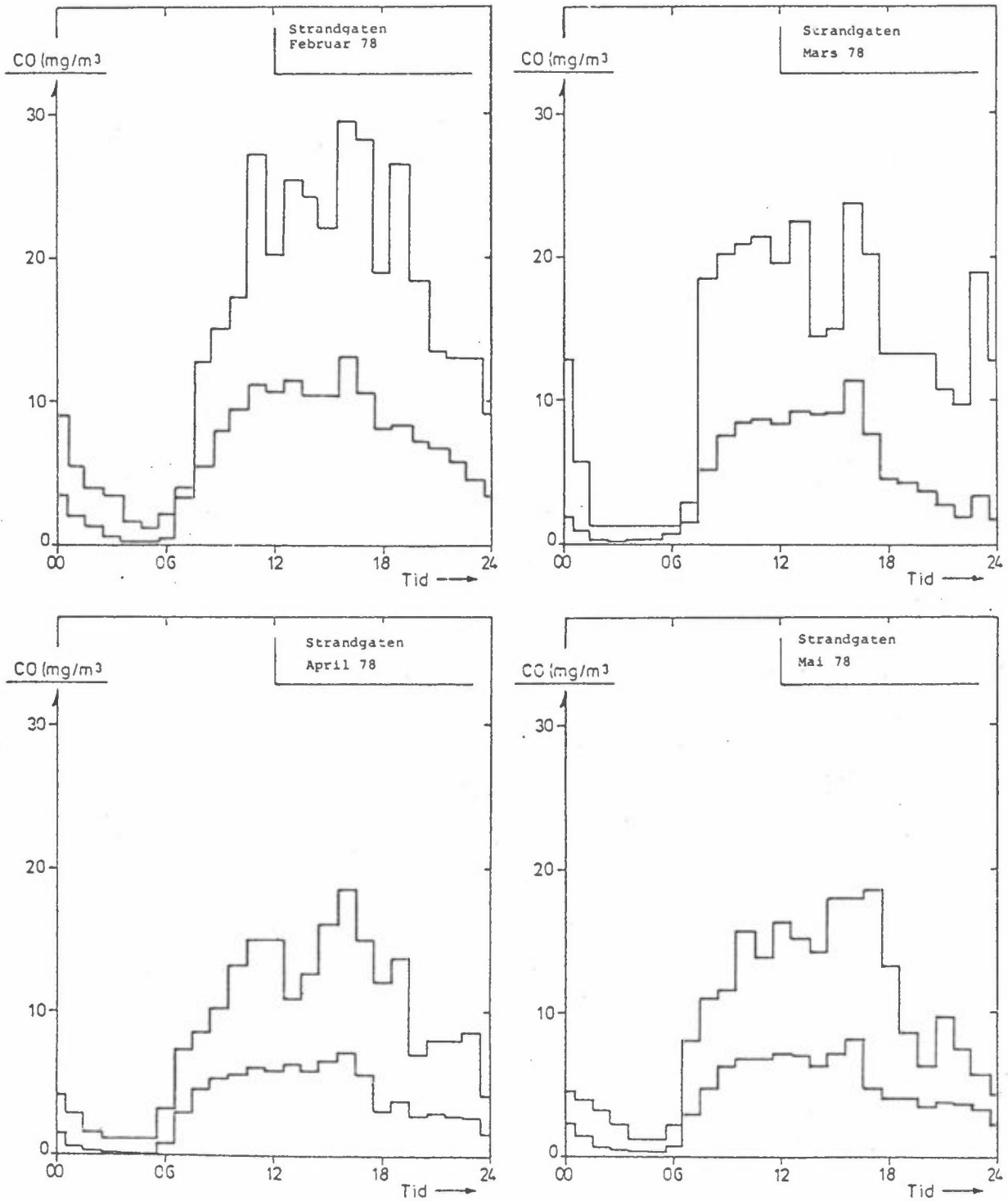
Figur 18: Halvårsmiddelverdier for sot ved målestasjoner i Bergen, oktober 1972 - mars 1973.



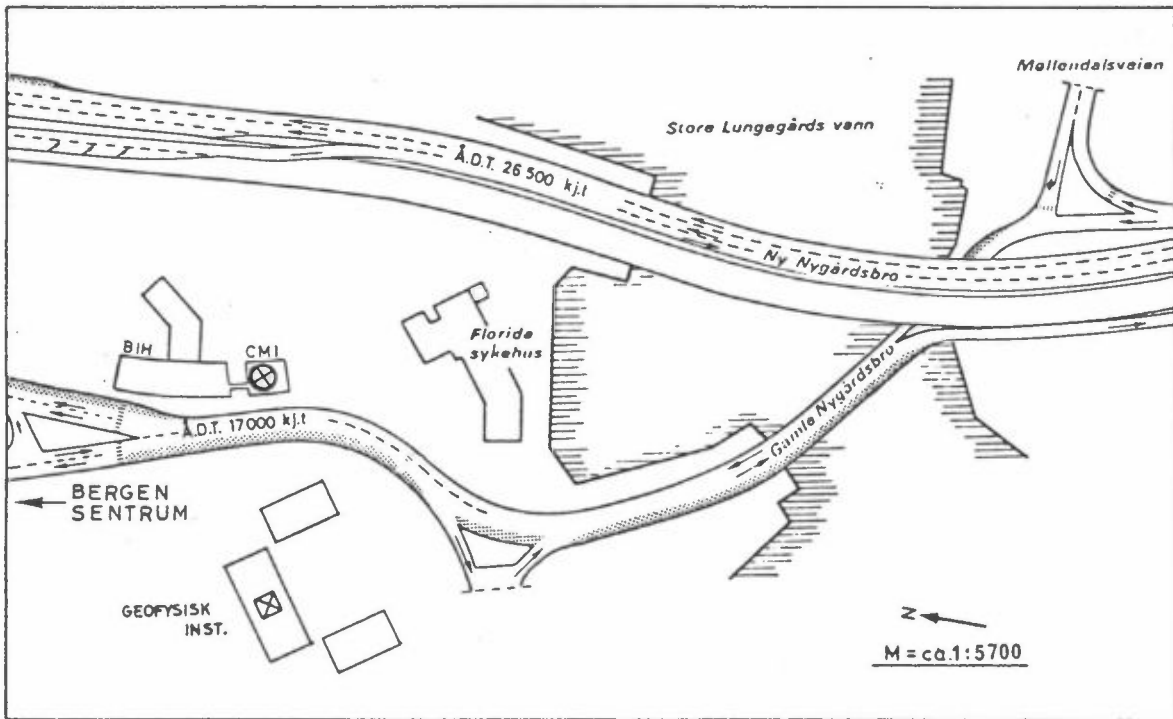
Figur 19: Halvårsmiddelerverdier for sot ved målestasjoner i Bergen, oktober 1973 - mars 1974.



Figur 20: SO_2 -konsentrasjonen på CMI som funksjon av midlere vindstyrke (V_m^2) og temperatur (T_m). SO_2/V_m plottet mot T_m . Månedsmiddelverdier for vinterhalvåret.

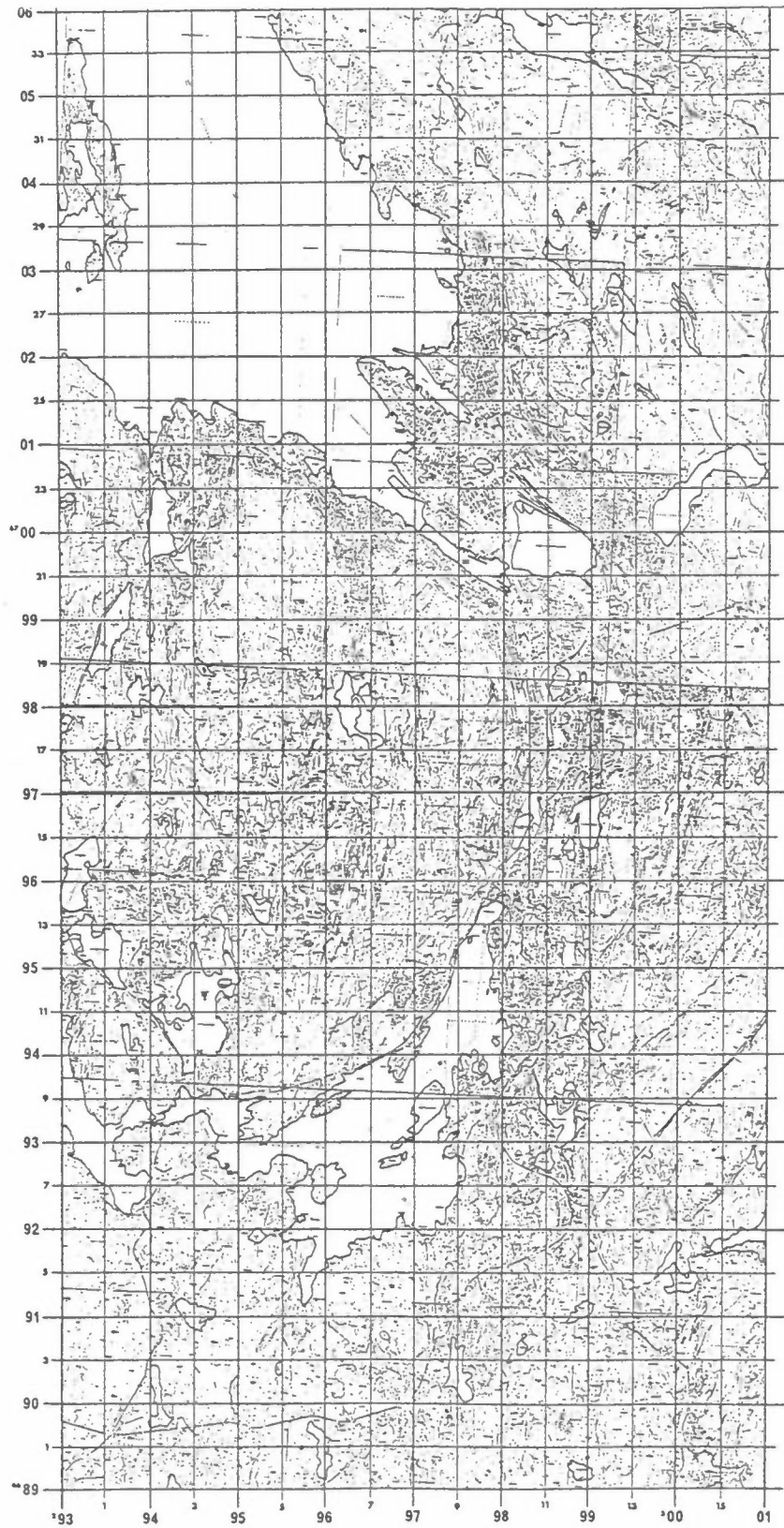


Figur 21: CO-nivåets døgnvariasjon i Strandgaten, Bergen. Middell og maksimumsverdier for hver time av døgnet på månedsbasis.



Figur 22: Skisse av området nær målestasjonen CMI.

- ⊗ Målestasjon for støv (CMI)
- ⊠ Målestasjon for klimaparametre (Florida)



Figur 23: Undersøkelsesområdet med UTM-koordinater (større tall) og nummerering av 500x500 m ruter (mindre tall).

VEDLEGG 1
LUFTFORURENSNINGSFORHOLDENE I BERGEN

LUFTFORURENSNINGSFORHOLDENE I BERGEN
SKISSE TIL BASIS-UNDERSØKELSE

Luftforurensningsforholdene i Bergen har vært gjenstand for undersøkelse siden 1969. Til å begynne med var oppmerksomheten rettet mot oljefyringsutslippene og den resulterende forurensning av svoveldioksyd (SO_2) og sot. Senere er også forurensningen fra biltrafikken blitt undersøkt i noen grad. Helseseksjonen i kommunen samt kjemiavdelingen ved Bergen Ingeniørhøgskole har vært sterkt involvert i disse undersøkelser. Norsk institutt for luftforskning (NILU) har vært deltakende institusjon i flere av prosjektene.

Geofysisk institutt ved Universitetet i Bergen og Vervarslinga på Vestlandet har foretatt lokalklimatiske og spredningsmeteorologiske undersøkelser i Bergen.

Det vises til vedlagte oversikt over de undersøkelser som en kjenner til er utført i Bergen, som har tilknytning til luftforurensningsforholdene i byen.

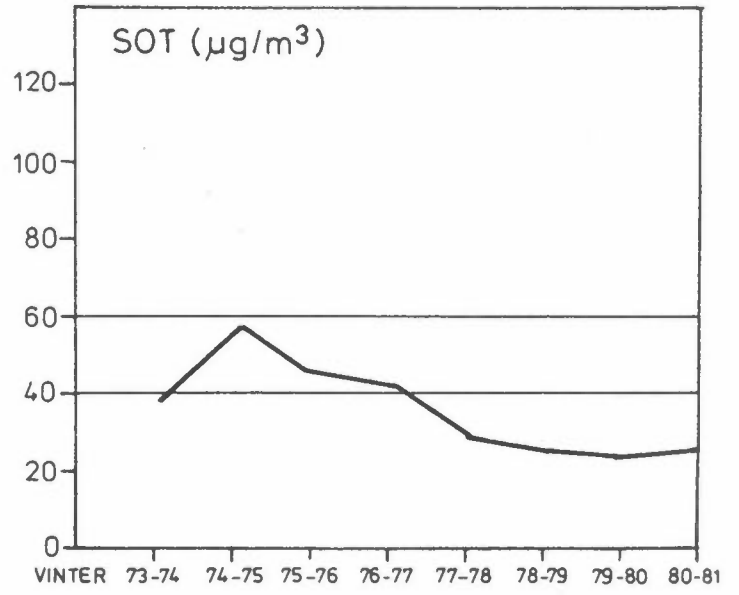
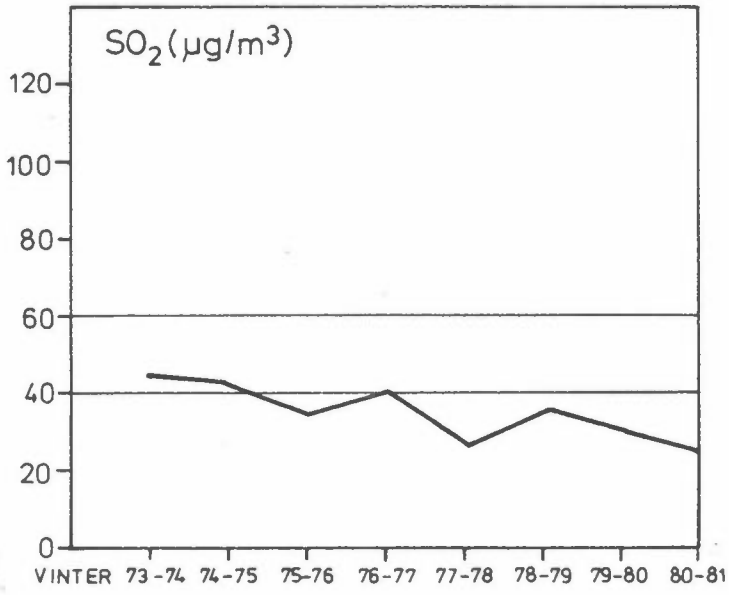
Disse undersøkelser danner et godt utgangspunkt for å planlegge den omfattende basisundersøkelse som nå skal gjennomføres i Bergen.

1 LUFTFORURENSNINGEN I BERGEN

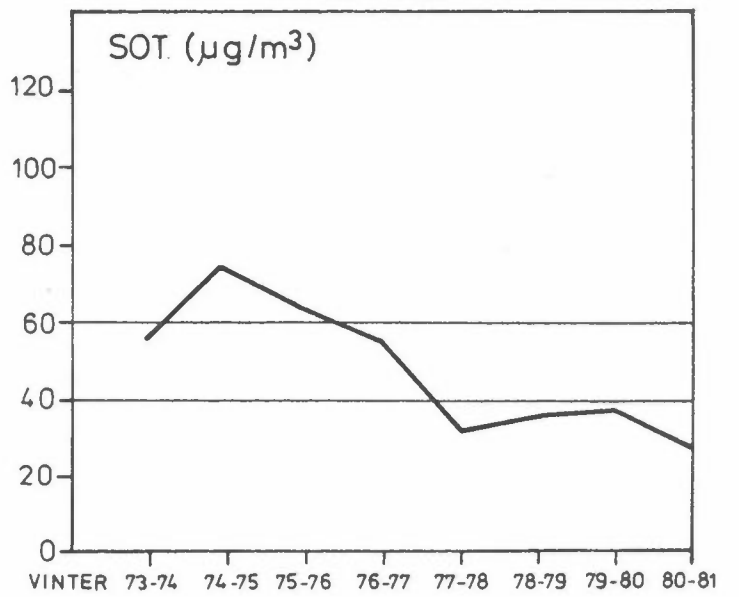
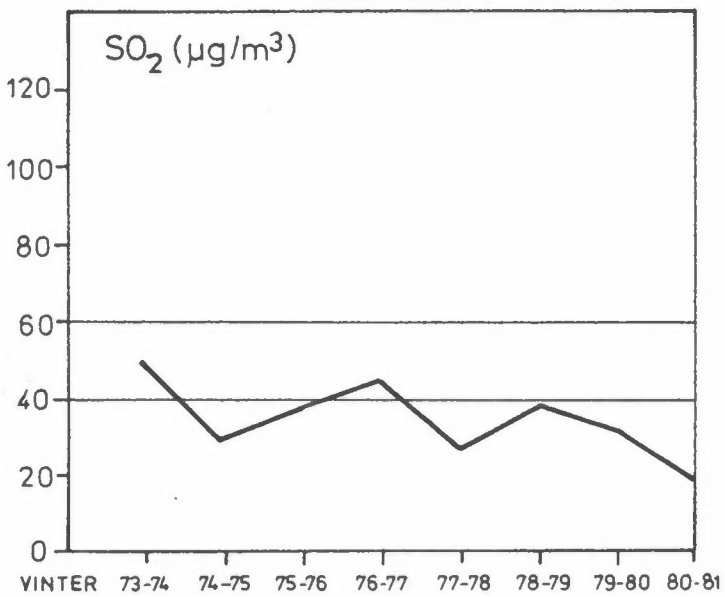
De viktigste kilder til luftforurensning i Bergen er sannsynligvis oljeforbrenning for oppvarmingsformål, og biltrafikk. Forbrenning av avfall fra store og små kilder gir sannsynligvis også et visst bidrag. Utslipp fra industriell virksomhet synes ikke å ha spesielt stort omfang i Bergen.

De undersøkelser som er utført viser at forurensningen av SO_2 og sot i Bergen er blitt noe redusert i løpet av 1970-årene (se vedlagte figur). Sammenlignet med rådgivende grenseverdier for luftkvalitet, ligger SO_2 -nivået nå de fleste steder i Bergen relativt

KRONSTAD



CMI



Utviklingen av luftforurensning av svoveldioksyd (SO₂) og sot ved to stasjoner i Bergen i perioden 1973-81.

godt under grenseverdiene, mens sot-nivået ligger på høyde med, og i enkelte områder, kanskje også over grenseverdiene.

De undersøkelser som er gjort av trafikkforurensning, viser at grenseverdier for luftkvalitet overskrides i sterkt trafikkerte gater i byen. I denne forbindelse snakker en om karbonmonoksyd (CO), nitrogendioksyd (NO₂) og sot, kanskje også bly.

I utgangspunktet tyder dette på at en i basisundersøkelsen i Bergen bør legge vekt på forurensningen av partikler og nitrogenoksyder. Organiske mikroforurensninger i gass- og partikkelform i luft er undersøkt bare i liten grad i Bergen. Nøyere kartlegging av utslipp vil danne grunnlaget for en detaljert utforming av et måleprogram, når det gjelder stasjonsplassering og komponentvalg.

2 BASISUNDERSØKELSEN

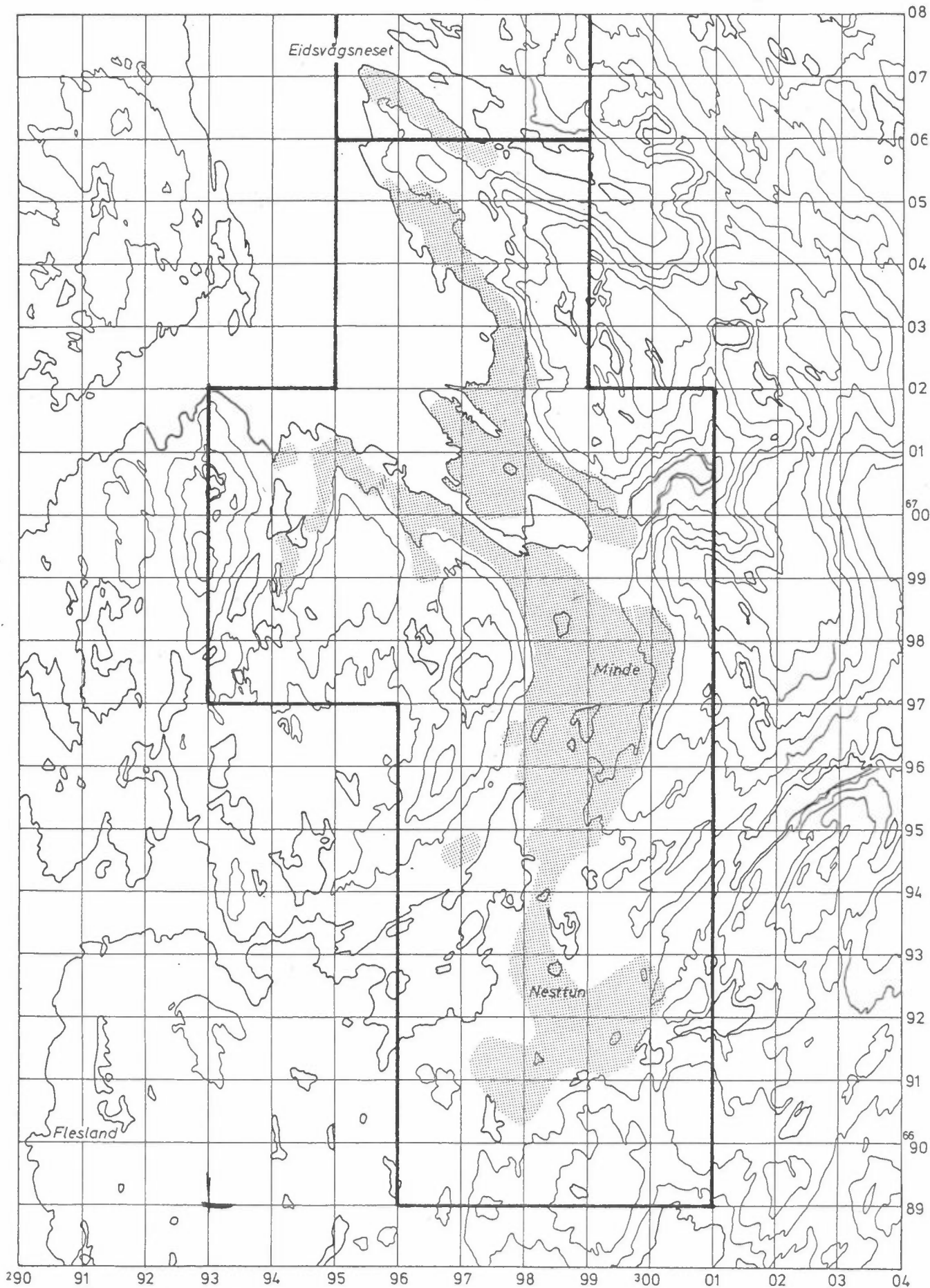
De hovedelementer som inngår i slike undersøkelser er:

- kartlegging av utslipp
- måling av forurensning og meteorologiske parametre i enkeltpunkter
- anvendelse av spredningsmodeller for beregning av romlig fordeling av forurensningen
- studier av virkninger av forurensningen

2.1 Geografisk område

Vedlagte kart viser topografi og tettbebyggelse i Bergens-området. Basisundersøkelsen vil i alle fall omfatte de tettbygde områder som er skravert. Flesland flyplass ligger relativt langt unna de øvrige tettbefolkede områder. Det vil være naturlig å betrakte Flesland flyplass som en eventuell separat del av undersøkelsen.

UTM-systemets km-nett er tegnet inn på kartet. Ved utslippskartlegging og beregninger av forurensning, tas utgangspunkt i dette rutenett.



Geografisk omfang av basisundersøkelsen i Bergen
(foreløpig avgrensning).

2.2 Kartlegging av utslipp

Følgende materiale er nødvendig i den forbindelse:

- geografisk fordeling av oljeleveranser til forbrenning for oppvarmingsformål
- trafikkfordelingen i gatenettet. Tall for årsdøgntrafikk (ÅDT) og tungtrafikkandel er nødvendig. Data vedførende kjørehastighet og trafikdens fordeling over døgnet er ønskelig
- oversikt (lokalisering og prosess-data) for industri med utslipp av betydning til luft
- oversikt (lokalisering og anleggsdata) for anlegg der kontinuerlig eller sporadisk forbrenning av avfall foregår
- geografisk befolkningsfordeling

Det vil være nødvendig med bistand fra blant annet kommuner, veikontor og oljeselskaper for å få tilstrekkelig nøyaktige opplysninger.

2.3 Måling av forurensninger i enkeltpunkter

I basisundersøkelsen vil måleprogrammet gi data som er egnet til a) å vurdere luftkvaliteten i målepunktene, og b) å danne utgangspunkt for kontroll av spredningsberegninger og for statistiske analyser.

Et måleprogram for Bergen vil sannsynligvis omfatte bl.a. følgende komponenter:

- karbonmonoksyd (CO)
- nitrogenoksyder (NO_x , NO_2)
- svevestøv, fraksjonert etter partikkelstørrelse
- sot
- svoveldioksyd (SO_2)
- organiske mikroforurensninger

Antall stasjoner og plasseringen av disse vil bli avgjort etter at innledende undersøkelser er utført, og basert på en analyse av de

allerede eksisterende SO₂- og sot-data fra perioden 1970-82.

2.4 Spredningsberegninger

En sentral oppgave i basisundersøkelsen er å utføre beregninger av spredningen av luftforurensninger i Bergens-området, for å bestemme den geografiske fordeling av forurensningen. Dette skal danne utgangspunkt for å vurdere den eksponering til luftforurensninger som befolkningen utsettes for.

Spredningsmodeller som foreligger ved NILU og ved Geofysisk institutt ved Universitetet i Bergen vil danne utgangspunktet for å utvikle en modell som med tilstrekkelig nøyaktighet beskriver spredningen av luftforurensninger i Bergen.

Det eksisterer et relativt omfattende datamateriale for spredningsparametre i Bergen, både fra lengre, kontinuerlige serier, og fra kortvarige episodestudier.

Det vil sannsynligvis være nødvendig i perioder å foreta målinger av spredningsparametre (bl.a. vindforhold og temperaturforhold) på flere steder i området, for å utfylle det datamaterialet som allerede finnes.

2.5 Studier av virkninger av luftforurensningen

Slike virkninger inkluderer virkninger på menneskers helse, virkninger på vegetasjon og virkning på materialer (f.eks. korrosjon).

Det er på nåværende tidspunkt ikke klart hvilket omfang denne delen av basisundersøkelsen i Bergen vil få. Forundersøkelser i år (1982) vil avklare dette. Sannsynligvis vil studier av atmosfærisk korrosjon bli inkludert. Likeledes vil en vurdering av eventuelle helse-effekter av luftforurensningen bli foretatt. Omfanget av denne, og dermed også omfanget av det nødvendige grunnleggende datamaterialet, skal imidlertid klargjøres nærmere.

3 TIDSPLAN

Basisundersøkelsen vil starte sommeren 1982 og avsluttes i løpet av første halvår 1985.

	1982	1983	1984	1985
Forundersøkelse	—			
Måleprogram		—	—	
Spredningsberegninger	—	—	—	
Effektstudier		—	—	
Avsluttende rapportering			—	—

Ovenfor er skissert en tidsplan som er foreløpig, men som gir et inntrykk av omfanget av de ulike aktiviteter.

Måleprogrammet vil bl.a. omfatte to vinterperioder, som anses for å være de viktigste, forurensningsmessig.

Innledende spredningsberegninger vil inngå som en del av forundersøkelsen. Den største aktivitet her starter når data fra den første måleperioden er inne.

4 SAMARBEIDE MED LOKALE INSTITUSJONER

I basisundersøkelsen vil det bli nødvendig med et utstrakt samarbeide med lokale krefter.

Utslippsoversikten er avhengig av data som kommunen og oljeselskapene har.

Ved gjennomføring av spredningsberegningene vil en gjerne ha aktivt samarbeide med Geofysisk institutt og Vervarslinga på Vestlandet.

Til oppretting og drift av målestasjoner er det nødvendig med teknisk bistand fra kommunen, fra kjemiavdelingen ved Bergen Ingeniørhøgskole og eventuelle andre institusjoner som er aktuelle i den sammenheng.

VEDLEGG 2

TIDLIGERE UNDERSØKELSER AV LUFT-
FORURENSNING OG SPREDNINGSFORHOLD
I BERGENSOMRÅDET

TIDLIGERE UNDERSØKELSER AV LUFTFORURENSNING OG
SPREDNINGSFORHOLD I BERGENSOMRÅDET

1 Svoveldioksyd (SO₂) og sot, Bergen by

1969-77 Måling av SO₂ og sot (døgnmiddelverdier)
ved en rekke stasjoner innen området Nesttun-
Skuteviken (se vedlagte figur).

1971-74: 9-13 stasjoner

1975 : 8 stasjoner

1976-77: 2-3 stasjoner

1977-82 Måling av SO₂, sot og bly ved 3 stasjoner:
C. Michelsens inst., Kronstad og Ravneberget.
2 av stasjonene inngår i NILUs landsomfat-
tende luftovervåkingsopplegg. Målingene ut-
føres av Bergen ingeniørhøyskole, kjemi-
avdelingen.

Rapporter

L.O. Hagen: Rutineovervåking av luftforurens-
ninger - 1977-78, -1978-79, -1979-
80, -1980-81. NILU rapport nr.
OR 45/78, 29/79, 34/80, 13/82.

1978 Målinger av sot og støv på CMI. Kort måleserie
for å sammenligne målemetoder. Oppdragsgiver:
Helseseksjonen, Bergen Kommune.

Rapport

S. Larssen: Sammenlignende målinger av sot og
svevestøv i Bergen, 1979.
NILU Rapport nr. OR 44/79.

2 Undersøkelser av trafikkforurensninger

1978 Målinger av CO, bly og sot i Strandgaten og
Lars Hilles gate, og støv og NO_x ved CMI. (Del
av et større prosjekt for Miljøverndepartementet,
der målinger ble utført også i Trondheim,

Lillehammer og Sarpsborg). Trafikktellinger ble utført av Bergen kommune. Prosjektet ble delfinansiert av Bergen kommune.

Rapport

S. Larssen: Luftforurensninger fra veitrafikk. Målinger i Bergen kommune, 1978. NILU rapport nr. OR 24/79.

1979-80

Målinger og vurdering av forurensningsforholdene ved Nordre innfartsåre i Bergen. Spesielt ble forurensningsforholdene ved tunnelmunninger undersøkt.

Oppdragsgiver: Hordaland veikontor.

Rapporter

K.E. Grønnskei: Nordre innfartsåre i Bergen. Foreløpig vurdering av luftforurensning er fra tunneler. NILU rapport nr. OR 49/79.

Y. Gotaas : Spredning av sporstoff fra vegtunneler i Bergen. NILU rapport nr. OR 37/81.

1979

Målinger av støvforurensningen ved trafikkårer. Prøver tatt i Strandgaten. Resultatene presentert i rapport om luftforurensninger fra veidekke-slitasje.

Rapport

O. Anda og S. Larssen: Luftforurensninger fra vegtrafikk. Slitasje av vegdekke, bildekk og bremsebånd. NILU rapport nr. OR 31/82.

1980

Måling og vurdering av luftforurensningsforholdene ved bussterminalen på Nygårdstangen. Oppdragsgiver: Ing.firma S. Ellingsen.

3 Undersøkelser av bakgrunnsforurensningen i området

I forbindelse med forundersøkelser for industrietablering på Sotra, og undersøkelser rundt Norsk Hydros aktivitet på Mongstad, er det gjort målinger av luftkvaliteten i disse områder.

På Mongstad er målinger av SO₂ og sulfat foretatt kontinuerlig i perioden 1973-77. Sommeren 1981 ble det foretatt målinger av ozon, nitrogenoksyder og hydrokarboner i området ved Mongstad, for undersøkelse av eventuell fotokjemisk aktivitet.

På Sotra ble målinger av SO₂ og sulfat utført kontinuerlig i perioden 1977-78. I Sotra-undersøkelsen ble det også foretatt omfattende målinger av nedbørens innhold av forurensende stoffer.

Forøvrig har Geofysisk institutt ved Universitetet i Bergen utført nedbørkjemiske undersøkelser på Vestlandet, blant annet i Bergensområdet.

Rapporter

- H. Dovland : NILU rapporter OR 16/76, 28/76, 16/77, 10/78.
- B. Sivertsen : NILU rapporter OR 11/78, 20/78, 33/78.
- J. Schjoldager : Ozon, nitrogenoksyder og hydrokarboner, Mongstad, 1981. NILU rapport nr. OR 22/82.

Geofysisk institutt ved Bergen Universitet har utført mange undersøkelser av lokalklima og spredningsmeteorologi i Bergen. Noen undersøkelser har også behandlet luftforurensningsproblematikk. Følgende hovedoppgaver er av interesse som bakgrunnsmateriale for basisundersøkelsen:

- 1965 D. Gjessing: Om aerosols høydevariasjoner i Bergen.
En feltundersøkelse med fotoelektrisk teller.
- 1969 H. Grytbakk : En eksperimentell undersøkelse av kullos fra bilavgasser som forurensningsfaktor.
- 1972 A. Fitje : En undersøkelse av atmosfæriske stabilitetsforhold i Bergensområdet.
- 1974 A. Slogvik : Aerosolmålinger over en sterkt trafikkert gate i Bergen.
- 1977 J. Olseth : Inversjoner i Bergensområdet, og disse sett i høve til netto strålingsbalanse og vind.
- R.P. Eidsnes: Stabilitetsmålinger i Bergensområdet.
- 1982 I.Hanssen-
Bauer : En enkel modell for bestemmelse av SO₂-konsentrasjonen i Bergen.

VEDLEGG 3

KORROSJONSUNDERSØKELSER I BERGEN

KORROSJONSUNDERSØKELSER I BERGEN

Veritas har drevet med korrosjonstesting på 4 lokaliteter i Bergen og på en lokalitet 12 km sør for Bergen sentrum, siden sommeren 1970. Metallene som testes er: Ren Al (99%), Zn, Carbon-stål og Corten-stål (rusttregt eller patina-stål). Det finnes eksempelvis fem påfølgende ett-års eksponeringer for disse metallene.

Stasjonene:

- Stend : 12 km S for Bergen sentrum, ~ 700 m fra sjø.
Lite bebyggelse. Eksp. fra 1970.
- BT (Bergens Tidendes bygg) : På taket av en 10 etasjers bygning, ~ 700 m N for hovedstasjonen på CMI (Christian Michelsens institutts bygning). Luftforurensningsgraden er her forholdsvis høy. Eksp. fra 1970.
- CMI : På taket av et 4 etasjers bygg. Lokaliteten er ca 100 m fra Meteorologisk Institutts bygninger nær Nygårdsparken. SO₂-målinger har her foregått siden juli 1970. Regnvannsprøver er tatt inn og analysert på pH, NH₄⁺, SO₄²⁻, Cl⁻ og Ca²⁺ siden januar 1974. Eksp. fra 1970.
- Fredriksberg: Teststedet er innenfor en gammel nedlagt militærforlegning, ~ 2 km NV av CMI. MI (Meteorologisk Institutt) har her nedbørmålinger. Eksp. fra 1972.
- Minde : På taket av en 6 etasjers bygning (bakeri) ~ 2.5 km S for CMI. Eksp. fra 1972.

Nordforsk

Et Nordforsk prosjekt kom igang juli 1975, hvor en bl.a. testet ren Zn og Carbon-stål. De ovenstående stasjoner ble inkludert i prosjektet. I tillegg kom stasjonen:

Marineholmen: Teststedet er på tak av en ~ 20 m høy betongbygning i havneområdet S for Nygårdsparken, ~ 400 m SV for CMI og ~ 50 m fra sjø. Nedbørinnsamling startet der desember 1976 med bestemmelse av pH, NH_4^+ , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- og NO_3^- samt sp.ledn.evne. SO_2 i luft ble målt f.o.m. januar 1977. Alt sammen på månedsbasis. Disse målinger opphørte høsten 1980 p.g.a. at praktisk adkomst til stasjonen ble umuliggjort.

NILU har også hatt samarbeidsprosjekter med Veritas. Noe av testprogrammet for dette har vært felles med Nordforsk-programmet (Testplater).

NBI og Veritas eksponerer paneler i et felles prosjekt som startet 1975 på Marineholmen.

I samarbeid med de nordiske byggforskningsinstituttene er NILU med i et prosjekt som bl.a. skal utrede korrosjonsproblemene i forbindelse med prefabrikerte bygningsprofiler (paneler). Dette startet sommeren 1980 og omfatter ulike paneltyper eksponert på stativ på Marineholmen. Videre er bygninger i Bergen plukket ut for studie av allerede eksponerte paneler som er anvendt på disse bygninger. Disse bygningspaneler skal med visse mellomrom inspiseres og evalueres.

En undersøkelse av nedbrytning av bygningssten foregår på Bryggen Museum. Prosjektet startet sensommeren 1980. Det er også utsatt stål og Zn-plater som referanser for korrosivitet. SO₂-målinger etter to ulike metoder foregår på månedsbasis.

BT, CMI og Marineholmen inngikk i et verdensomspennende interkorreleringsprogram for prøvestasjoner for atmosfærisk korrosjon i 1979/80. Interkorreleringen ble utført ved hjelp av 1-års vekt-tapsplater av stål og sink. Resultatene viser stor likhet mellom disse stasjonene.

