

NILU  
Oppdragsrapport nr 45/72  
Referanse: EO 021771  
Dato: Oktober 1972

MÅLINGER AV SVOVELDIOKSYD  
OMKRING  
AKER SYKEHUS

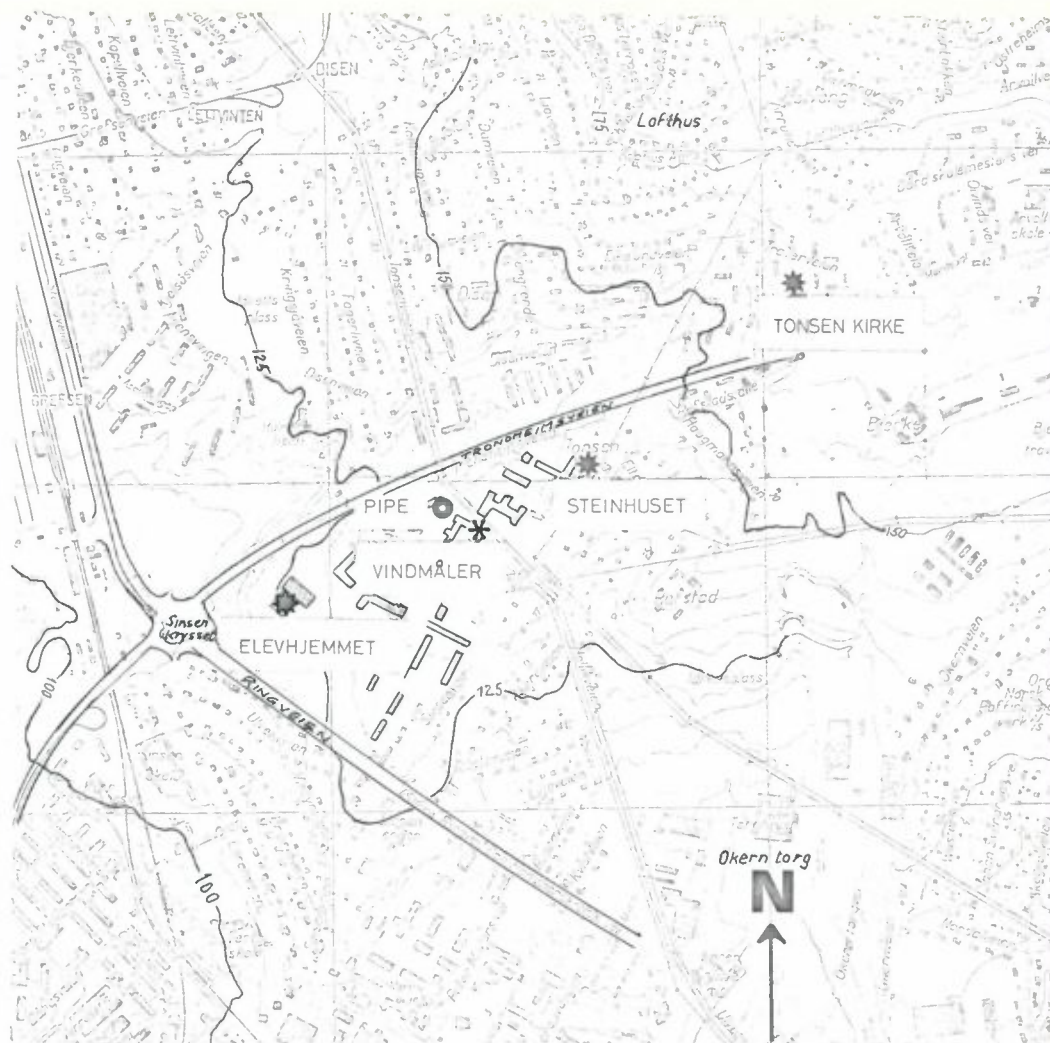
av

Einar Joranger

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
POSTBOKS 15 - 2007 KJELLER  
NORGE

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1	<u>INNLEDNING</u> ..... 1
2	<u>TOPOGRAFI OG MÅLESTASJONER</u> ..... 2
2.1	<u>Topografi</u> ..... 2
2.2	<u>SO<sub>2</sub>-stasjoner</u> ..... 2
2.3	<u>Vindstasjon</u> ..... 3
2.4	<u>Temperaturmålinger</u> ..... 3
3	<u>METEOROLOGI</u> ..... 3
3.1	<u>Luftens fortynningsevne (stabilitet)</u> ..... 3
3.2	<u>Måleperiodens representativitet</u> ..... 4
4	<u>OLJEFORBRUK VED AKER SYKEHUS</u> ..... 5
5	<u>BELASTNINGSUNDERSØKELSER</u> ..... 6
5.1	<u>Middelverdier</u> ..... 6
5.2	<u>Sammenheng mellom SO<sub>2</sub>-belastning og vindretning</u> ... 7
5.3	<u>Kortperiodiske maksimumsbelastninger</u> ..... 13
6	<u>SPREDNINGSBEREGNINGER</u> ..... 13
7	<u>KONKLUSJON</u> ..... 15



Figur 1 Områdekart, AKER SYKEHUS

Målestokk 1:10000  
Ekvidist. 5 m

## 1 INNLEDNING

I denne undersøkelsen skal vurderes hvilken  $SO_2$ -forurensning utslippet fra Aker sykehus kan forårsake på de nærmeste omgivelser. Detaljundersøkelse av forurensningsbelastning fra fyrhuspipa på de nærmeste blokkene som Medisinsk Bygning med 20 - 30 m avstand og omtrent samme høyde som pipa, er det ikke tatt sikte på å undersøke.

Undersøkelsen er iverksatt etter oppdrag fra Byggedirektøren i Oslo kommune.

## 2 TOPOGRAFI OG MÅLESTASJONER

I figur 1 er vist et kart over området omkring Aker sykehus med målestasjonene inntegnet.

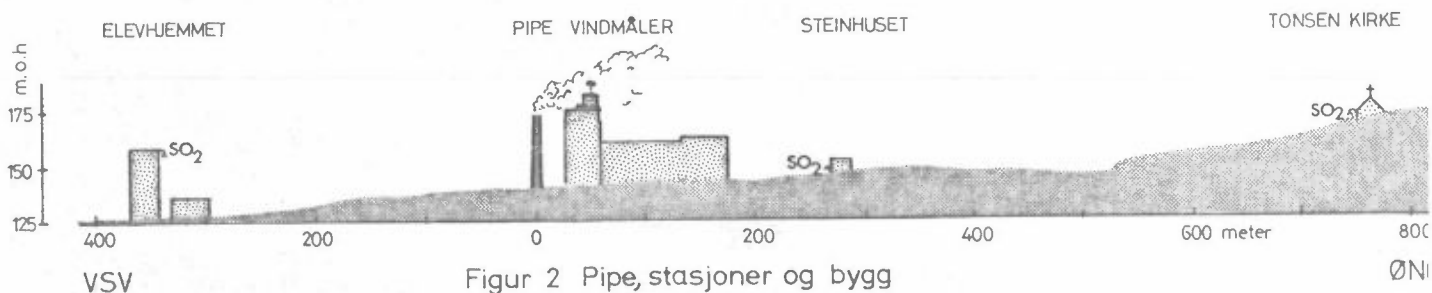
### 2.1 Topografi

Sykehusområdet ligger i skrånende terreng på en åsrygg på nord-siden av Groruddalen.

### 2.2 SO<sub>2</sub>-stasjoner

Det ble opprettet 3 stasjoner for timesmåling av svoveldioksyd (SO<sub>2</sub>). Stasjonene ble opprettet såvidt mulig langs de antatte hovedvindretninger fra pipa, det vil si fra vestsørvest (VSV) og østnordøst (ØNØ). Figur 2 viser et snitt av terrenget i disse retninger, med plassering av stasjoner og de viktigste bygninger. I retningen ØNØ for pipa er det plassert 2 stasjoner; den ene innenfor sykehusets område i det såkalte Steinhuset (avstand 265 meter fra pipa) og den andre stasjonen i Tonsen kirke i avstanden 755 meter fra pipa. Vestsørvest for pipa ble det plassert en stasjon på toppen av Elevhjemmets høybygg (Elevinternatet) i avstanden 350 meter fra pipa.

Måleapparatet har typebetegnelsen Imcometer, firma Bran og Lübbe.



### 2.3 Vindstasjon

Vindmåleren av type Lambrecht Woelfle, ble plassert på toppen av heisehuset til Medisinsk Bygning på en 5 meter høy mast. Vindretning og styrke er avlest som timesverdier. Med sin høye plassering (kotehøyde ca 185 m) antas vindmålingene å være representative for transporten fra pipa til hele Aker sykehusområdet og de tilgrensende boligstrøk.

### 2.4 Temperaturmålinger

En termograf er plassert i Kongeveien i Holmenkollåsen, 317 meter over havets nivå. Det er nyttet en Fuess termograf. Denne sammen med Meteorologisk Institutt's stasjon på Blindern (94 meter over havet) nyttes til vurdering av luftens stabilitet.

## 3 METEOROLOGI

### 3.1 Luftens fortykningsevne (stabilitet)

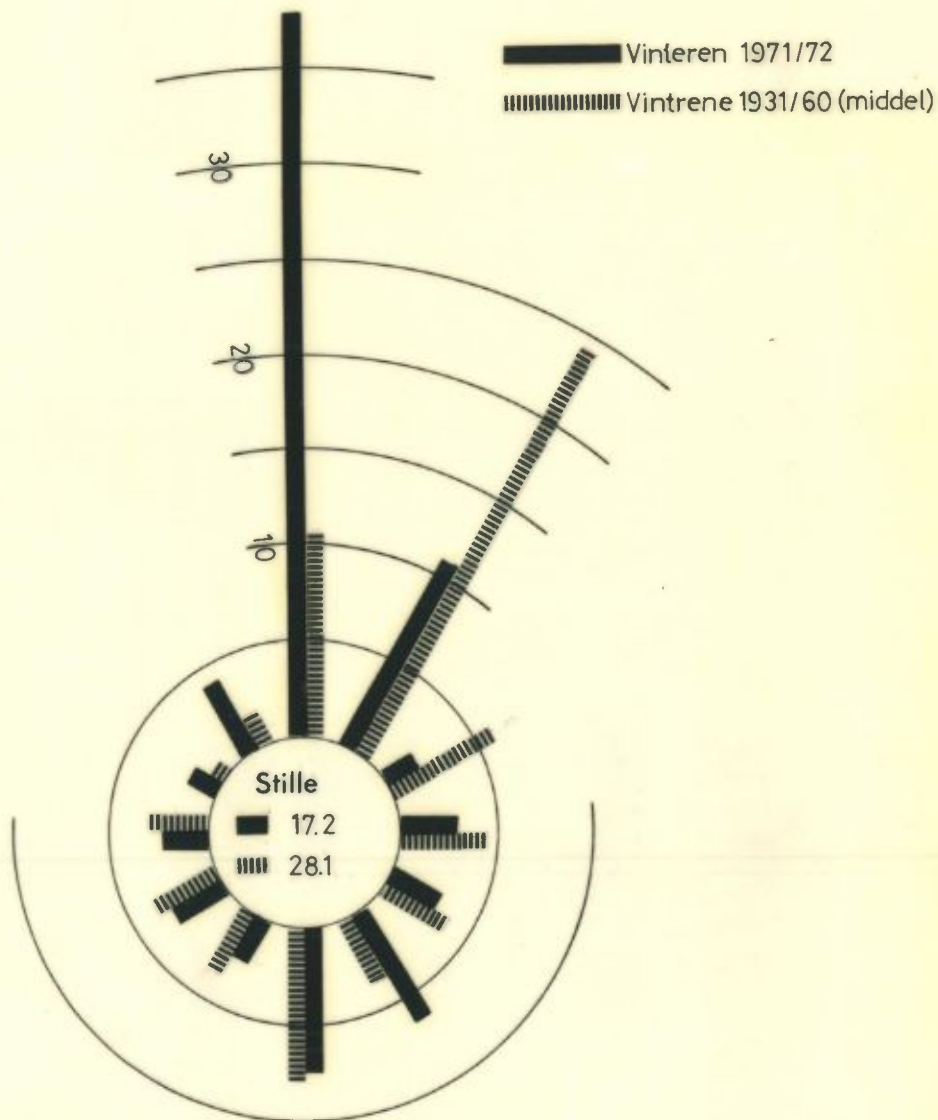
Luftens evne til å fortykke en røyksky avhenger av vindhastigheten og luftens turbulens. Variasjonen i luftens turbulens har nær sammenheng med variasjonen i luftens stabilitet, det vil si temperaturens endring med høyden. Når luften er stabil, det vil i praksis si at temperaturen er konstant eller øker med høyden, skjer fortykningen av forurensningene langsomt. Ved instabile forhold, det vil si at temperaturen avtar med høyden mer enn ca 1°C pr 100 meter, er fortykningen best. Ved nøytral stabilitet avtar temperaturen mellom 0 og 1°C pr 100m. Temperaturdifferansen Kongeveien - Blindern ( $\Delta T$ ) som er nyttet som stabilitetsparameter her, er gruppert i stabilitetsklasser etter følgende skjema:

Klasse 1 instabilt	:	$\Delta T < -2^{\circ}\text{C}$
" 2 nøytral	:	$-2^{\circ}\text{C} \leq \Delta T < 0^{\circ}\text{C}$
" 3 stabil	:	$\Delta T \geq 0^{\circ}\text{C}$

### 3.2 Måleperiodens representativitet

Det er av interesse å undersøke om vind- og stabilitetsforholdene i observasjonsmånedene desember, januar og februar har vært "normale", d v s om perioden er representativ.

For vindforholdene har en undersøkt dette ved å sammenligne 30 års-normalen for disse månedene på Blindern (2) med målingene samme sted i vår måleperiode (se figur 3). Figuren viser at vinden på Blindern i månedene desember, januar og februar 1971/72 er tilnærmet normal. Det vesentlige avvik er at det er hyppigere vind fra N og mindre hyppig med vind fra NØ enn normalt. Anvendt på våre målinger på Aker sykehus, har denne forskjell liten innvirkning fordi vi kan anta at vind fra N og NØ på Blindern vil begge være NØ-lig på Aker sykehus.



Figur 3. Vindfordelingen i % på Blindern desember - februar 1971/72 (for kl 07, 13, 19) sammenlignet med tilsvarende 30 års-normal

I tabellen nedenfor er sammenlignet midlere inversjonshyppigheter for månedene desember, januar, februar i 10 års-perioden 1958/59 - 1967/68 med vår måleperiode (3). Hyppigheten defineres som antall dager pr måned hvor temperaturen på Tryvann er høyere enn på Blindern kl 0700.

	desember	januar	februar
Vinter 1971/72 (dager)	10	4	5
1958/59 - 1967/68 (dager)	10	11,5	11

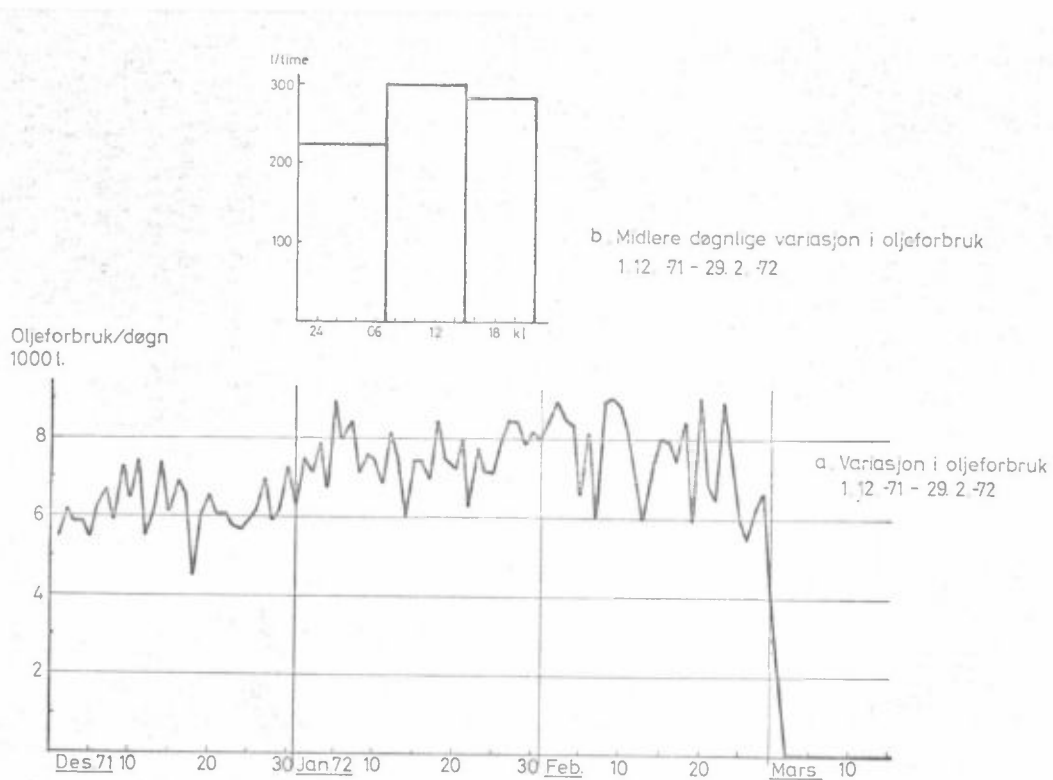
Tabellen viser at det var normalt med inversjonsdager i desember, men langt færre enn normalt i januar og februar.

#### 4 OLJEFORBRUK VED AKER SYKEHUS

Oljeforbruket ved Aker sykehus ble i perioden 2/12 1971 til 2/3 1972 registrert hvert døgn ved hjelp av peilepinne, og ca 50% av tiden 3 ganger døgnlig (kl 0700, 1500 og 2200). I figur 4 a og b, er vist variasjonen av døgnforbruket gjennom perioden og den midlere døgnlige variasjon av oljeforbruket. Ifølge opplysninger fra maskinsjefen ble det ikke brukt olje etter 2/3. Vårt observasjonsmateriale er på grunnlag av disse opplysninger delt i to grupper (1/12 til 29/2 og 1/3 til 15/3) for å sammenligne SO<sub>2</sub>-belastningene i området med og uten utslipp fra Aker sykehus' fyringsanlegg.

Av figur 3b fremgår at variasjonen i det døgnlige forbruk ikke er så stort at det er hensiktsmessig å klassifisere våre SO<sub>2</sub>-data etter tid på døgnet.

Oljen som leveres er et spesialdestillat med svovelinhold på mellom 0,8 og 1,0%. Dette vil for 7030 liter olje som midlere døgnlig utslipp gi 1,37 g SO<sub>2</sub>/s.



Figur 4 Oljeforbruket 1.12.71 - 15.3.-72 AKER SYKEHUS

## 5 BELASTNINGSUNDERSØKELSER

### 5.1 Middelverdier

	1/12 - 29/2		1/3 - 15/3		Gruppering
	Middel $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall obs	Middel $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall obs	
Elevhjemmet	50	1583	38	254	1. Alle observasjoner
Steinhuset	48	1626	27	346	
Tonsen kirke	42	315	17	164	
Elevhjemmet	51	1457	38	253	2. Alle samtidige observa- ved Elevhjemmet, Stein- huset og vindstasjonen.
Steinhuset	50	1457	30	253	
Elevhjemmet	70	413	65	24	3. Alle observasjoner Vindstyrke < 2 m/s Stab. 3
Steinhuset	74	407	52	23	
Tonsen	60	95	-	0	
Elevhjemmet	70	404	63	23	4. Samtidige observasjoner Vindstyrke < 2 m/s Stab. 3
Steinhuset	74	404	53	23	

Tabell 1: Middelverdier for  $\text{SO}_2$  total og i grupperinger.  
Forklaring: se neste side.



Tabell 1 viser hvilken måte som er valgt for gruppering av SO<sub>2</sub>-dataene. På grunn av en del svikt i regulariteten av SO<sub>2</sub>-målingene og vindmålingene er hovedvekten lagt på undersøkelse av samtidige data; d v s data fra tidspunkt hvor det foreligger målinger fra samtlige stasjoner unntatt Tonsen.

Tabellen viser at for perioden 1/12 - 29/2 er SO<sub>2</sub>-middelverdien for stasjonene Elevhjemmet og Steinhuset tilnærmet like både for alle observasjoner og for stabile situasjoner. I perioden 1/3 - 15/3 med liten eller ingen fyring på sykehuset, er det i begge grupper (1 og 3) høyere verdi for Elevhjemmet enn Steinhuset.

Middelverdiene fra Tonsen antyder lavere forurensningsnivå, men dette resultat er mer usikker p g a for få data.

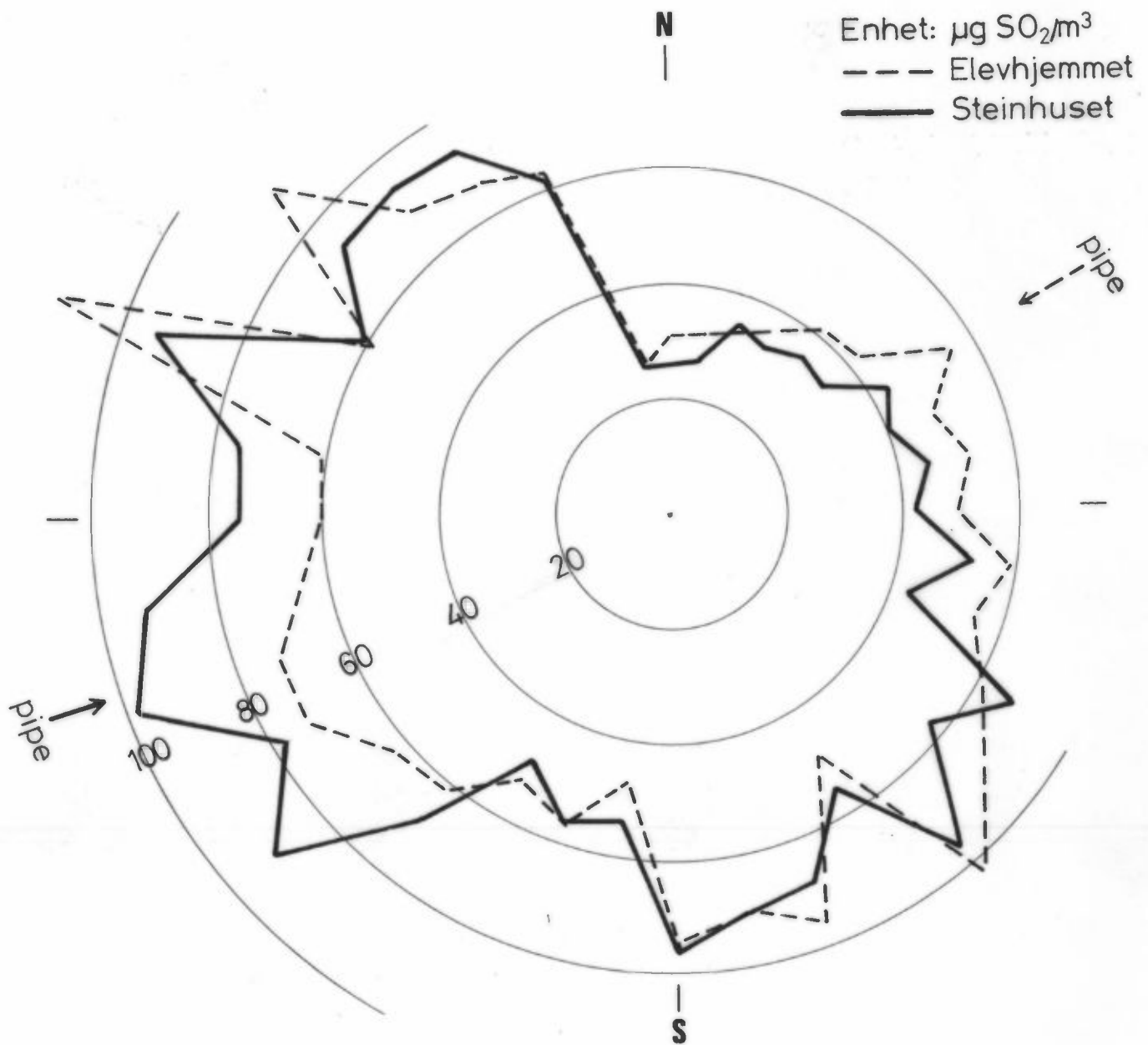
## 5.2 Sammenheng mellom SO<sub>2</sub> belastning og vindretning

For å belyse virkningen av utslippet fra Aker sykehus, er SO<sub>2</sub>-middelverdier beregnet for hver vindretning. Dette er gjort separat for periodene 1/12-71 til 29/2-72 og 1/3 til 15/3-72. For første periode er også beregnet middelverdien for stabile forhold (klasse 3) med vindstyrke < 2 m/s. De midlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner for hver klasse er sammensatt i såkalte forurensningsroser, som vist i figurene 5, 7, og 9.

De respektive vindroser er vist i figurene 6, 8, og 10. Det var ingen tilfeller med stille (< 0.5 m/s). Stillefrekvensen er derfor ikke tatt med i vindrosene.

Figur 5 viser forurensningsrosene for samtidige data for Steinhuset og Elevhjemmet (Tonsen har for få data) i perioden 1/12-71 til 29/2-72. SO<sub>2</sub>-middelverdier er gitt for hver 10. grad og for den retning vinden kommer fra. Eks: For vind fra vest har Steinhuset middelverdi 74 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> og Elevhjemmet 60 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. I periferien er avmerket retningene fra pipa til hver stasjon (i sirkelens sentrum) med hver sin pil. Figuren viser at med vind fra pipa mot Steinhuset (VSV) er det markert høyere SO<sub>2</sub>-

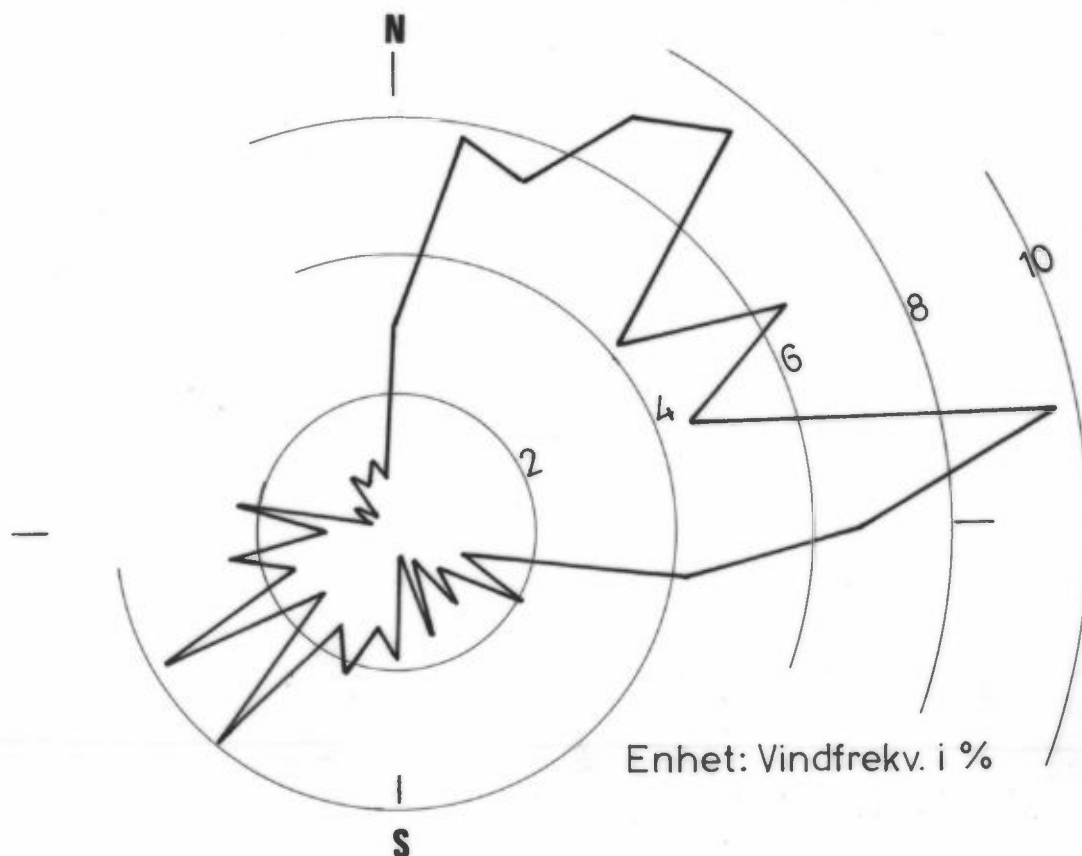
konsentrasjoner, ca  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i middel for  $30^\circ$ -sektoren, omkring retningen ved Steinhuset enn ved Elevhjemmet. Det omvendte forhold gjør seg gjeldende ved vind fra pipa mot Elevhjemmet (NØ), idet  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonene ved Elevhjemmet da er i middel for  $30^\circ$ -sektoren ca  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  høyere enn ved Steinhuset.



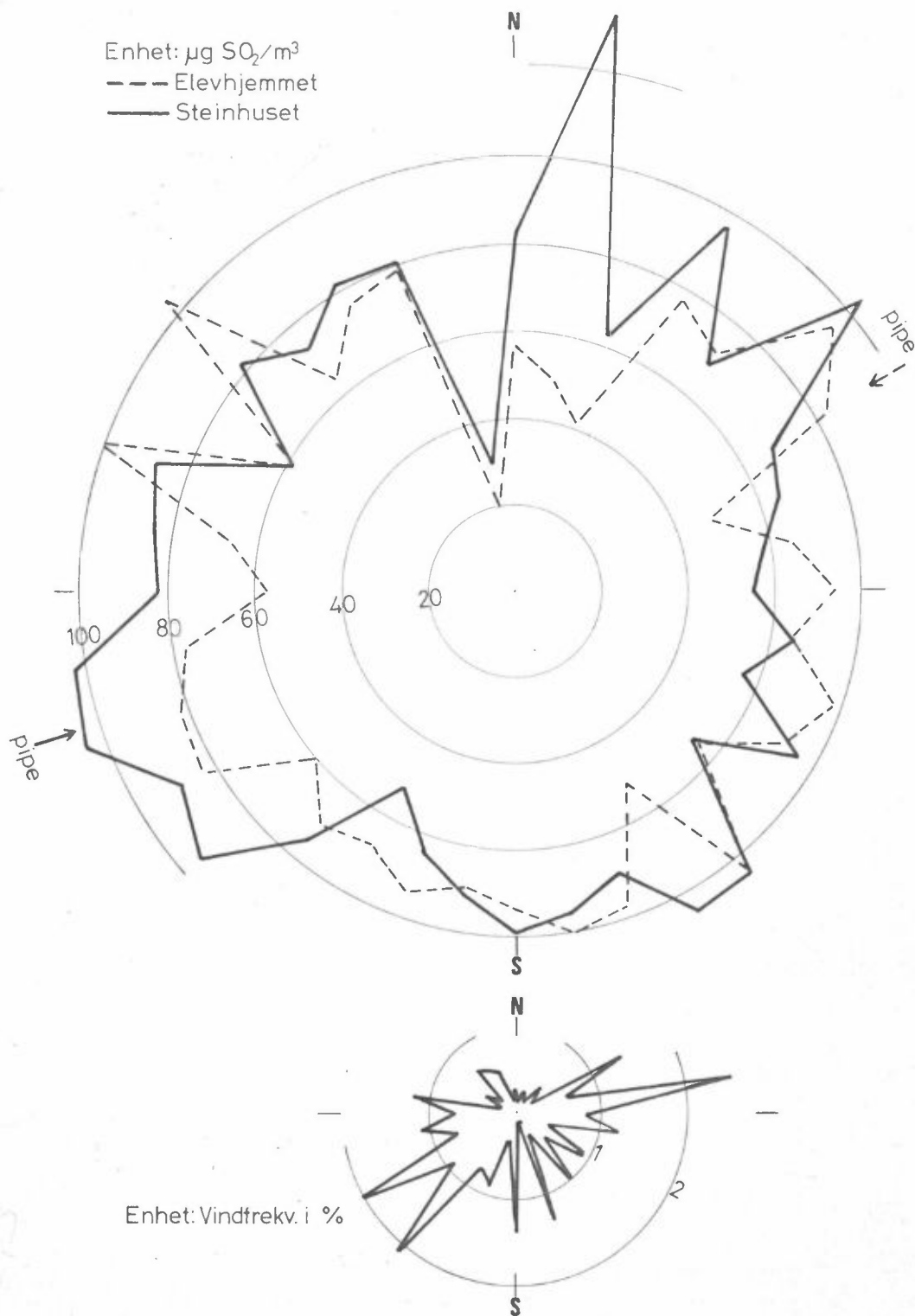
Figur 5.  $\text{SO}_2$ -forurensningsroser.  
Periode 1.12.71 - 29.2.72. Samtidige data

Vindrosen for disse observasjonene (figur 6) viser at vind fra N til Ø er mest fremherskende. Vind i retningen fra pipa til Elevhjemmet er derfor særlig hyppig forekommende. Vind i retningen fra pipa mot Steinhuset forekommer mindre hyppig.

For de øvrige retninger synes middelkonsentrasjonene på de to stasjonene å være omlag de samme, unntatt ved vind fra V til NV hvor Elevhjemmet er mest eksponert. Vind fra NV og fra SØ (Økern-området) gir høye konsentrasjoner, men hyppigheten av vind fra disse retninger er liten.



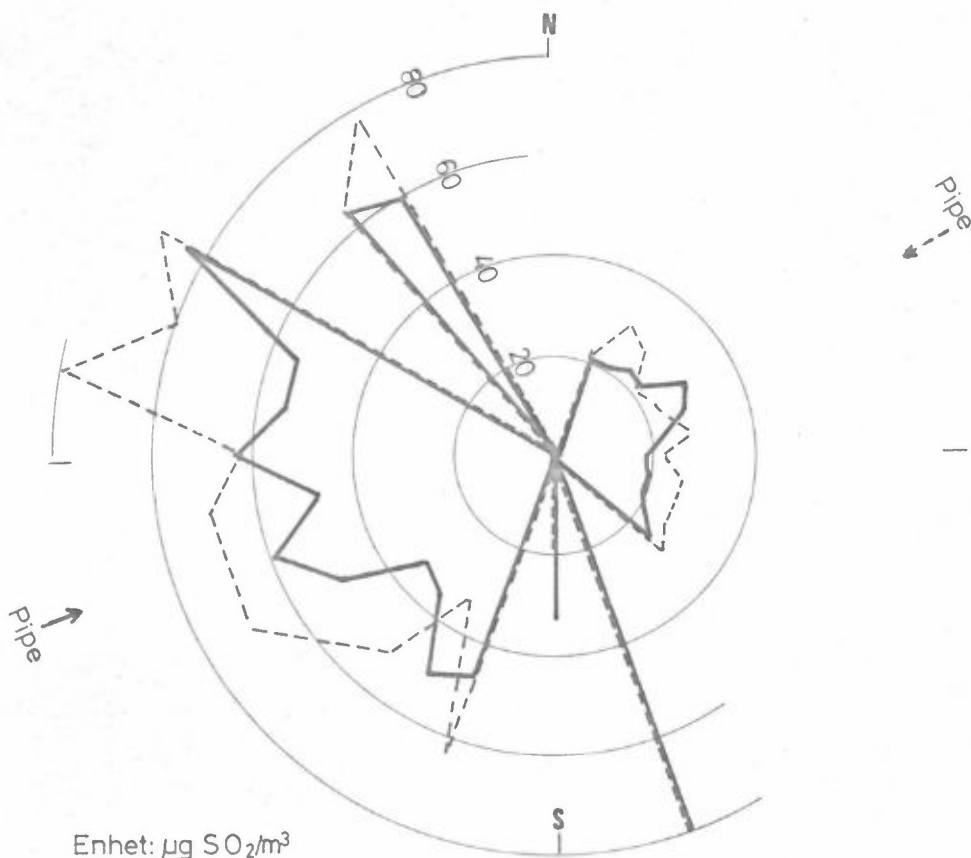
Figur 6. Vindrose.  
Periode: 1.12.71 - 29.2.72



Figur 7 og 8 Forurensningsroser og vindrose  
Periode 1.12.-71-29.2.-72  
Stabil luftskiktning Vindstyrke < 2 m/sek  
Samtidige data

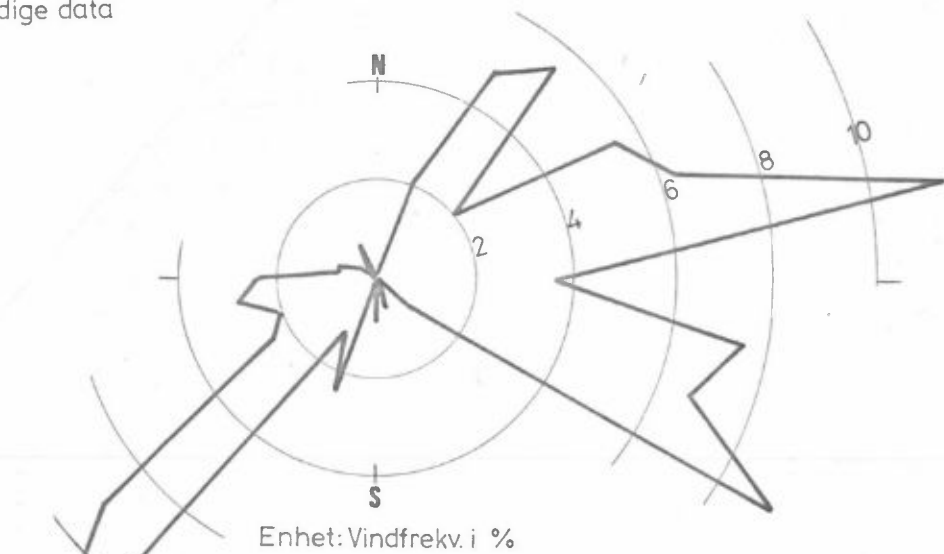
Under forhold med stabil luftskikting og svak vind er forurensningen normalt sterkest. For å undersøke forurensningsbelastningen omkring Aker sykehus under slike forhold, er det for stasjonene Steinhuset og Elevhjemmet også utarbeidet forurensningsroser (figur 7) og vindroser (figur 8) for samtidige målinger foretatt under stabile forhold (klasse 3) og svak vind ( $< 2\text{m/s}$ ). Figur 7 viser at det er en generell heving av forurensningsnivået for alle retninger. Ved vind fra SV er det omlag samme differanse i midlere  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner mellom Steinhuset og Elevhjemmet som for alle observasjoner under ett (figur 5).

For bedre å kunne verifisere den spesifikke  $\text{SO}_2$ -forurensning fra Aker sykehus fyringsanlegg, er det også utarbeidet forurensningsroser (figur 9) for Steinhuset og Elevhjemmet for perioden 1/3 - 15/3-71 da det ikke fant sted fyring med olje på Aker sykehus, (se figur 4). Den tilhørende vindrose (figur 10) viser fremherskende vindretninger fra sektorene NØ-ØSØ og SV. Figur 9 indikerer at ved vind fra VNV til SV er Elevhjemmet mer eksponert enn Steinhuset for forurensninger fra denne sektor. Dette tyder på at området omkring Steinhuset er sterkere forurenset av utslipp fra pipa på Aker sykehus enn antydnet i kommentarene til figur 5 (ca  $20 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ ). Figuren viser videre at ved vind fra sektoren NNØ til SØ er forurensningsforholdene temmelig like ved Steinhuset (middel  $24.6 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ ) og Elevhjemmet (middel  $25.2 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ ). Merbelastningen ved Elevhjemmet fra pipa ved Aker sykehus ved normalt utslipp midtvinters og NØ-lig vind skulle derfor være som antydnet under kommentaren til figur 5 ( $5-10 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ ).



Enhet:  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$   
— Steinhuset  
- - - Elevhjemmet.

Figur 9 Forurensningsroser  
Periode 1.3.72 - 15.3.72  
Samtidige data



Enhet: Vindfrekv. i %

Figur 10 Vindrøse  
Periode 1.3.72 - 15.3.72  
Samtidige data

### 5.3 Kortperiodiske maksimumsbelastninger

Høyeste målte timesmiddelverdi for SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen ble målt til 280 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> på Elevhjemmet den 10 desember kl 2200 (240 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> på Steinhuset) og 260 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> på Steinhuset den 23 februar kl 1200 (160 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> på Elevhjemmet og 100 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> på Tonsen). I første tilfelle manglet vindmåling; i annet tilfelle var det skiftende svak vind.

Største merbelastning på Steinhuset i forhold til de to øvrige stasjonene fikk vi den 27 februar kl 1000, da det ble målt timesverdiene 210, 65 og 100 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> på henholdsvis Steinhuset, Elevhjemmet og Tonsen. Vinden var fra sørvest (250°) og 0.6 m/s. SO<sub>2</sub>-middelverdiene for timene 0200 til 2100 samme dag, med stabilt vær og fremherskende svak vind fra V og SV, var henholdsvis 150, 53 og 94 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Disse belastningsforskjeller over mange timer antyder muligheten av at stasjonenes eksponering for SO<sub>2</sub>-forurensninger fra fjerne kilder (i Oslo) i noen situasjoner kan være forskjellig.

Største merbelastning på Elevhjemmet i forhold til Steinhuset ble målt 1 januar kl 1800 med stabil skikting og vind fra øst (90°) og 1.1 m/s. Timesverdien på Elevhjemmet var 210 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, på Steinhuset 70 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.

## 6 SPREDNINGSBEREGNINGER

Det er av interesse å sammenligne den målte SO<sub>2</sub>-belastning ved Aker sykehus med beregnede SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner på basis av midlere utslippsmengder fra pipa.

For beregning av langtidsmidler av bakkekonsentrasjon  $\chi$  kan en bruke følgende formel (se (1)):

$$X = \sum_S \sum_N \left\{ \frac{2Q f(\theta, S, N)}{\sqrt{2\pi} \sigma_{zS} u_N \left(\frac{2\pi x}{M}\right)} \cdot \exp \left( -0,5 \left(\frac{H}{\sigma_{z,S}}\right)^2 \right) \right\}$$

hvor Q = utslippsmengde

f(θ,S,N) = frekvens som funksjon av vindretning (θ), stabilitetsklasse (S) og vindstyrkeklasse (N).

σ<sub>zS</sub> = vertikal spredningsparameter for avstanden x og spredningsklasse (S).

u<sub>N</sub> = representativ vindstyrke i klasse N

M = antall vindretningsklasser

H = effektiv utslippshøyde.

Formelen forutsetter at utslippet har konstante døgnverdier og ingen døgnlig variasjon gjennom måleperiodene. Det fremgår av kap. 3 at dette er noenlunde tilfredsstillende. Videre er det forutsatt flatt lende omkring utslippsstedet. Dette er noenlunde tilfredsstillende i retningen fra pipa mot Elevhjemmet mens det i retningen mot Steinhuset (grunnet de mellomliggende høye bygg) ikke kan gjøres bruk av formelen. Sammenligning mellom beregnede og målte verdier vil imidlertid kunne gi indikasjon på virkningen av de mellomliggende irregulariteter.

Et rimelig overslag av de midlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i en bestemt avstand og retning kan fås ved å innføre midlere stabilitet og vindstyrke i formelen. På grunnlag av den statistiske bearbeidelse av de meteorologiske data brukes nøytral stabilitet (klasse 2) og midlere vindstyrke settes lik 3 m/s. Inndeles videre vindretningene i 30°-sektorer (M = 12), får vi uttrykket:

$$X = \frac{12 \cdot Q \cdot f(\theta)}{\pi \sqrt{2\pi} \cdot \sigma_z \cdot u \cdot x} \cdot \exp \left( -0,5 \left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2 \right)$$



For de øvrige parametre innføres følgende verdier for de tre stasjoner:

	St.hus	Elevhj.	Tonsen
Utslippsmengde: $Q$ (mg $SO_2/s$ )	1370	1370	1370
Vindfrekvens i $30^\circ$ -sektoren fra pipa mot stasjon: $f$	0.067	0.15	0.066
Midlere vindhastighet: $u$ (m/s)	3	3	3
Avstand til pipa: $x$ (m)	265	350	755
Tilnærmet utslippshøyde: $H$ (m)	25	17	0
Vertikal spredning: $\sigma_z$ (m)	13	17	35

Dette gir følgende midlere  $SO_2$ -konsentrasjoner:

Steinhuset:  $\chi = 2 \mu g SO_2/m^3$

Elevhjemmet:  $\chi = 11 \mu g SO_2/m^3$

For Elevhjemmet stemmer den beregnede verdi godt overens med den belastning fra pipa som indikeres med målingene (ca  $10 \mu g SO_2/m^3$ , se 4.2). Den beregnede verdi for Steinhuset ( $2 \mu g SO_2/m^3$ ) avviker derimot meget fra de målte midlere  $SO_2$ -belastninger (ca  $20 \mu g SO_2/m^3$ , se 5.2). Dette skyldes sannsynligvis de høye bygningene mellom pipa og Steinhuset. Bak bygningene (i le for vinden) dannes store turbulenselementer, og disse kan føre forurensningene ned til bakken.

7

## KONKLUSJON

Forurensningsbelastningen fra fyringsanlegget på Aker sykehus på de nærmeste omgivelser er undersøkt ved hjelp av måling av  $SO_2$  som timesverdier. En sentralt plassert vindmåler er anvendt for å finne vindfordelingen og forurensningenes variasjon med vindretningen.

Den målte vindfordeling er sannsynligvis representativ for måleperioden. Målingene siste vinter viste at de hyppigste vindretninger er fra den nordøstlige sektor, det vil si at røyken fra pipa på Aker sykehus transporteres hyppigst til den sør-

vestlige sektor hvor Elevhjemmet ligger. Røyken fra pipa transporteres i en del tilfeller vest for og mot de sentrale bygninger på Aker sykehus' område.

Inversjonshyppigheten er lavere enn normalt. Den generelle forurensning må derfor antas å være lavere enn normalt.

Oljeforbruket vinteren 1971/72 (desember, januar, februar) var ifølge oppgavene i middel ca 7 000 l/døgn eller ca 275 kg olje/time (svovelvektprosent 0.8 - 1.0).

Sammenligning av SO<sub>2</sub>-målingene indikerer at under de rådende vind- og stabilitetsforholdene representerte utslippene fra Aker sykehus i en 3-måneders periode en merbelastning i området rundt Elevhjemmet på ca 10 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> for den tiden vinden står fra pipa mot de respektive målesteder.

Maksimal ekstrabelastning på Steinhuset i forhold til Elevhjemmet (timesverdi) ble målt til 145 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, og omvendt 140 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> Elevhjemmet i forhold til Steinhuset.

Under stabile forhold med lite vind er SO<sub>2</sub>-forurensningen gjennomgående noe større for alle vindretninger enn for de mindre stabile klasser. Disse værforhold synes imidlertid ikke å ha forsterkende effekt på SO<sub>2</sub>-forurensningene fra pipa på Aker sykehus på de omgivelser hvor målinger er utført. På grunn av at spredningen av røykfanen under stabile forhold er meget liten, er imidlertid sjansen til å få målt de høye konsentrasjoner med stasjonære målinger tilsvarende liten.

Området omkring Steinhuset synes å være sterkest belastet av SO<sub>2</sub>-forurensninger fra pipa på området. Dette skyldes etter all sannsynlighet at pipa er relativt lav i forhold til de nærmeste bygningene. Ved den utbygging av fyringsanlegget som er prosjektert (1400 kg olje/time), vil en få en 4-5 dobling av SO<sub>2</sub>-utslippet sammenlignet med siste vinter. Selv om utbyggingen vil resultere i høyere gasstemperatur og dermed større effektiv pipehøyde, vil økt utslipp kunne medføre episoder med sterke forurensninger bak bygningene øst for pipa. Det er nærliggende å anta at dette også vil kunne forårsake økte forurensninger innenfor hele sykehuskomplekset.

Referanse

- (1) US Department of Health, Education and Welfare:  
Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates 1970  
Publ. Health Service Publication no 999-AP-26.
  
- (2) Det Norske Meteorologiske Institutt:  
Standard Normals 1931-40 of Monthly Wind.  
Summaries for Norway by Thor Werner Johannessen  
and Lori Håland 1969.
  
- (3) Det Norske Meteorologiske Institutt:  
Norsk Meteorologisk Årbok, årene 1959 til 1968  
og 1971.