

NILU  
Teknisk Notat nr 49/73  
Ref: EO 21771  
Dato: April 1973

AKER SYKEHUS  
METEOROLOGISK VURDERING  
AV UTSLIPPSFORHOLDENE

av

Leif Otto Hagen

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
Postboks 15, 2007 KJELLER  
Norge

## INNHOLDSFORTEGNELSE

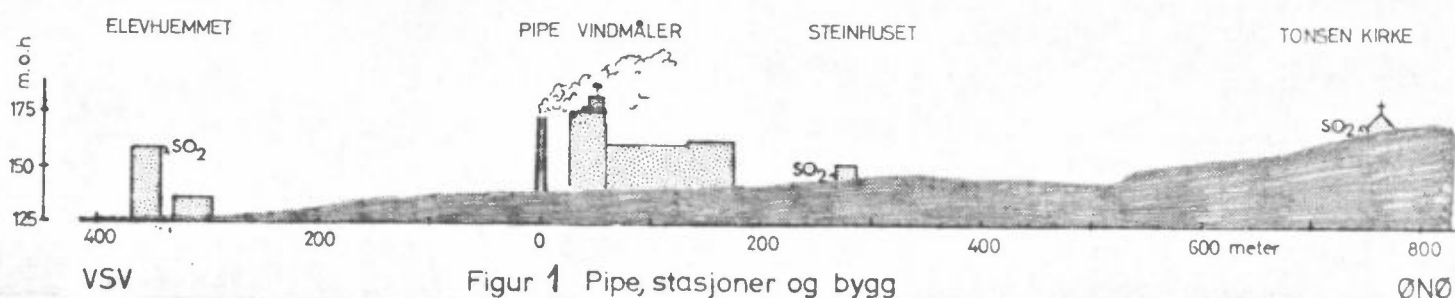
		Side
1	<u>INNLEDNING</u> .....	1
2	<u>VINDFORHOLDENE</u> .....	2
3	<u>STABILITETSFORHOLDENE</u> .....	4
4	<u>SO<sub>2</sub>-MÅLINGER VED AKER SYKEHUS</u> .....	6
5	<u>STRØMNINGSBILDET RUNDT BYGNINGER</u> .....	7
6	<u>PIPEHØYDENS BETYDNING</u> .....	9
7	<u>AVSLUTTENDE KOMMENTAR</u> .....	10

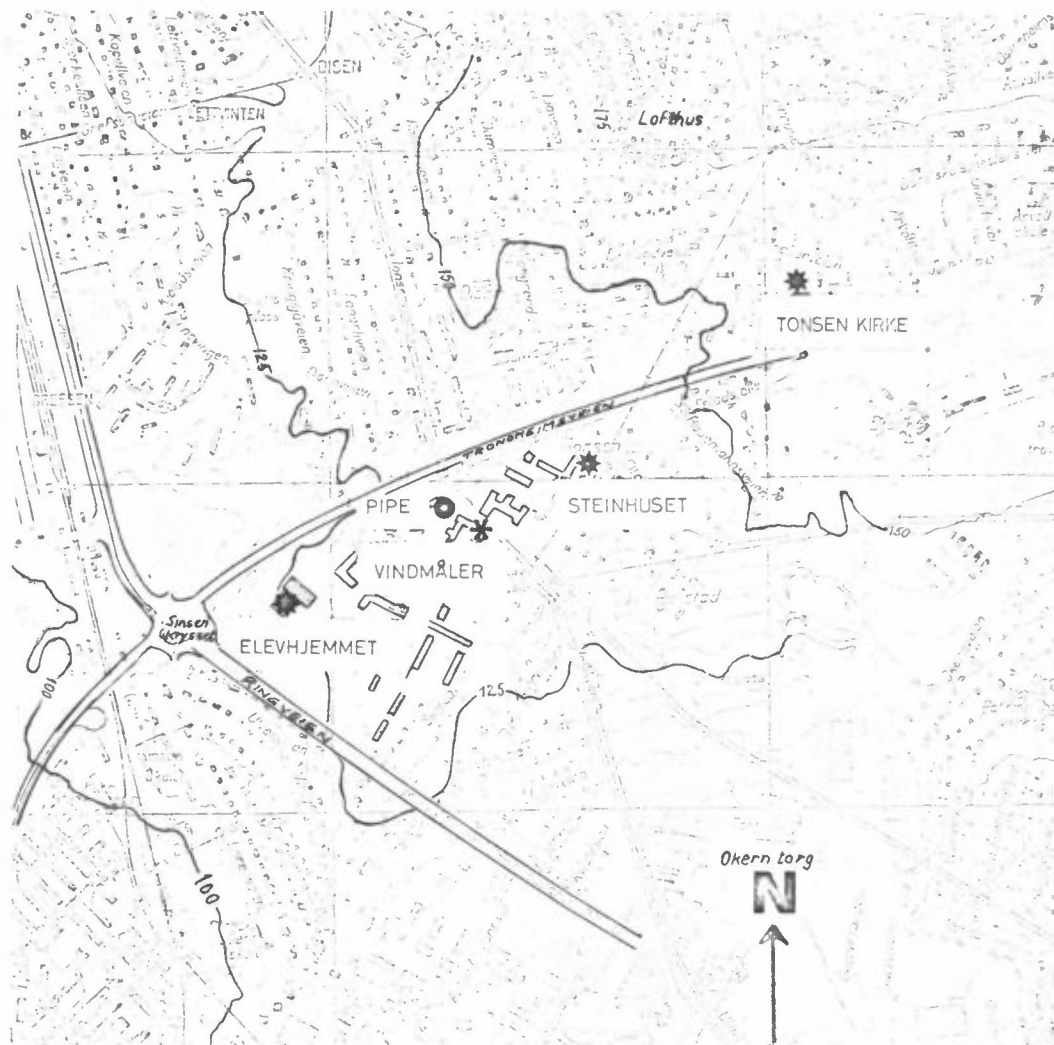
## AKER SYKEHUS - METEOROLOGISK VURDERING AV UTSLIPPSFORHOLDENE

### 1. INNLEDNING

Spredning av luftforurensninger er avhengig av vindretning, vindstyrke og turbulensen i luften. Turbulensintensiteten uttrykker ofte stabilitetsforholdene i atmosfæren, dvs. den vertikale temperaturgradient.

NILU foretok vinteren 1971/72  $SO_2$ -målinger omkring Aker Sykehus (1) på oppdrag fra Byggedirektøren i Oslo Kommune. Samtidig ble det foretatt vindmålinger ved hjelp av en vindmåler Lambrecht Woelfle på toppen av heisehuset til Medisinsk Bygning. Det ble antatt at vindmålingene var representative for hele Aker Sykehus-området og de tilgrensede boligstrøk. Målestedene for  $SO_2$  og vind fremgår av figur 1 og figur 2.





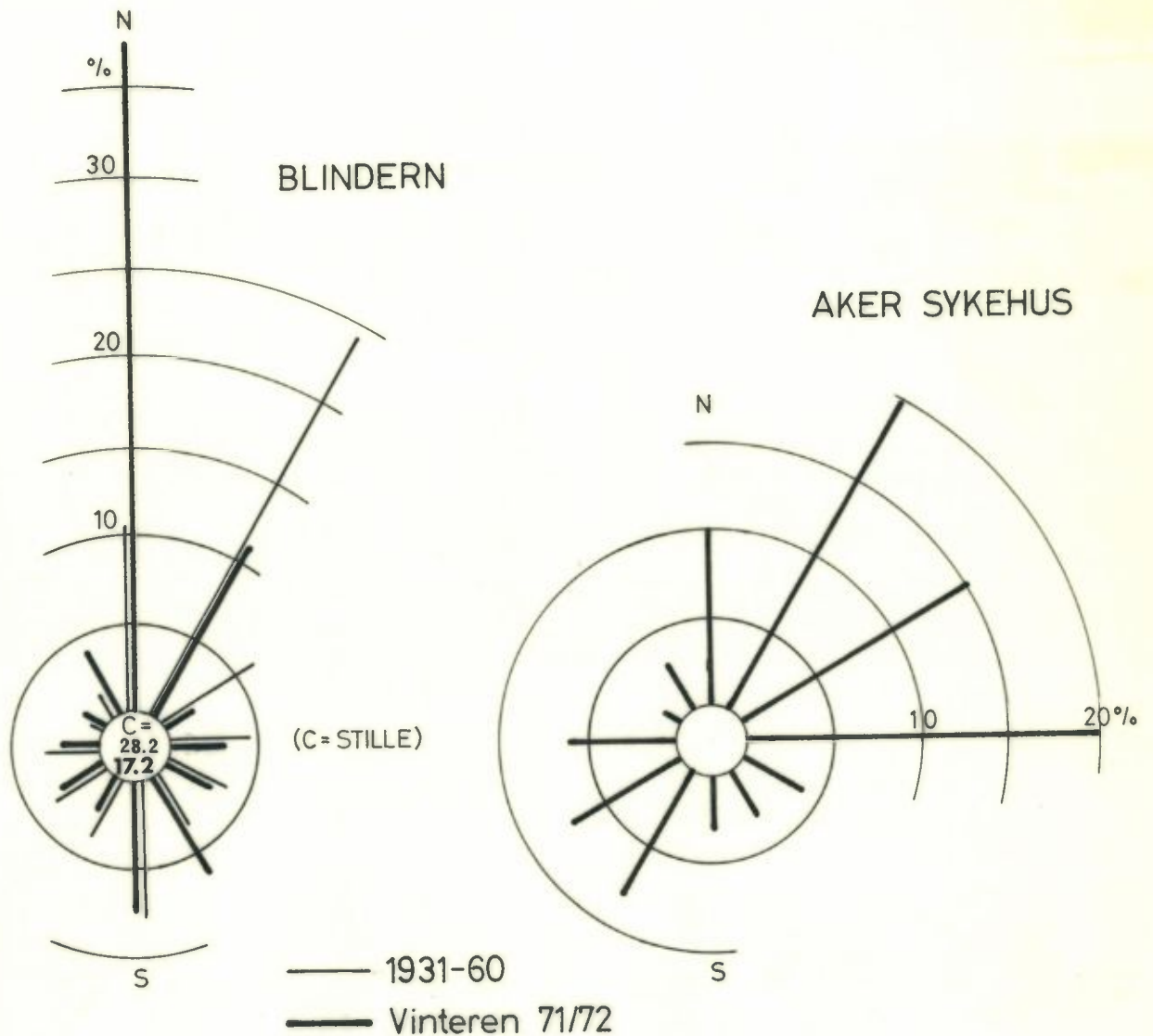
Figur 2 Områdekart, AKER SYKEHUS

Målestokk 1:10000  
Ekvidist. 5 m

## 2. VINDFORHOLDENE

Hovedvindretningen på Blindern om vinteren (desember-februar) er normalt N(nord) til NNØ (nord-nordøst). Figur 3 viser at det vinteren 1971/72 var betydelig mer vind fra N, mens det fra NNØ ( $30^{\circ}$ ) var noe mindre enn normalt. Ser en på de to retningene samlet, er avviket 15%. Samtidig er stillefrekvensen 11% lavere enn i en normal vinter. Det er sannsynlig at endel av de nordlige vindene ligger nær grensen til å bli registrert som stille.

Frekvensen av vind fra de andre retningene avviker lite fra normale forhold. Totalt sett kan det sies at vindforholdene på Blindern var nær det normale vinteren 1971/72. Av denne grunn vil en tro at vindmålingene på Aker Sykehus vinteren 1971/72 er representative for vindforholdene i området.



Figur 3: Frekvens av vind (%) i 12 retninger på Blindern og Aker Sykehus 1.12.1971 - 29.2. 1972.

Målingene på Aker Sykehus viser at vinder i sektoren fra N til Ø er mest vanlig om vinteren, med NNØ og Ø som mest fremtredende. Totalt sett blåser det fra denne sektoren i 65% av tiden. Sektoren fra SSV (sør-sørvest) til V har en vindfrekvens på 20%.

En har valgt å konsentrere seg om vindforholdene i vintermånedene, da en må regne at problemet med luftforurensning er størst denne tiden av året. I sommerhalvåret brukes elektrisk oppvarming på sykehuset.

Midlere vindhastighet på Blindern var 2,7 m/s vinteren 1971/72, mens den normale vindhastighet om vinteren er 2,4 m/s. Det er rimelig å anta en midlere vindstyrke ved Aker Sykehus på omlag 2,5 m/s om vinteren.

De fremherskende vindretningene ved Aker Sykehus gjør at det er området i sektoren mellom S og V for pipen som blir belastet i lengst tid av SO<sub>2</sub>-utslippet. Vind rett fra Ø vil imidlertid føre røyken vekk fra området. Retning 30° (NNØ) vil særlig belaste elevhjemmet og sykepleieskolen. Den mest ugunstige vindretningen er NV, som vil føre forurensningen rett mot medisinsk avdeling og den planlagte lungeavdelingen. Spesielt uheldig er det at toppen av pipen ligger under toppen av bygningene. Nå forekommer NV-vind (300° og 330°) under 5% av tiden, slik at det bare er korte tider ad gangen de nevnte avdelinger vil bli sterkt belastet. Ved V- til VSV- vinder vil røntgen-, kirurgisk-, operasjons- og fødeavdeling kunne få sterk belastning av forurensning. Disse avdelinger vil være belastet 15% av tiden. Totalt vil de sentrale sykehusområdene være utsatt for svoveldioksydutslipp fra pipen i omlag 20% av tiden.

### 3. STABILITETSFORHOLDENE.

Spredning av forurensninger er foruten vinden avhengig av luftens turbulens. Turbulensen har nær sammenheng med luftens stabilitet, dvs. temperaturrendring med høyden. Når luften er stabil, det vil i praksis si at temperaturen er konstant eller øker med høyden (inversjon), skjer

spredningen eller fortynningen i vertikal retning av forurensningene langsomt. Når temperaturen avtar med høyden mer enn  $1.0^{\circ}\text{C}$  pr 100 m., instabile forhold, er spredningen meget god. Ved nøytral stabilitet avtar temperaturen mellom  $0^{\circ}\text{C}$  og  $1.0^{\circ}\text{C}$  pr 100 m. Spredningen av røyk er da god. Det kritiske for spredning av luftforurensninger er således frekvensen av inversjoner. I den før nevnte NILU-rapport er det gitt en midlere inversjonsfrekvens for månedene desember, januar og februar basert på målinger i 10-årsperioden 1958/59 - 1967/68. Hyppigheten defineres som antall dager pr måned hvor temperaturen på Tryvannshøgda er høyere enn på Blindern kl 0700. Resultatene er som følger:

Desember: 10 dager

Januar : 12 dager

Februar : 11 dager

Sum vinter: 33 dager eller 37%

En vil gjøre oppmerksom på at den definisjonen som er gitt av inversjonshyppigheten ikke er god. Oftest er inversjoner observert fra fjorden og opp til vel 100 m over denne. (Bakkeinversjon). Ved bakkeinversjoner vil Aker Sykehus som regel ligge over inversjonstoppen, slik at spredningen av forurensninger vil være god.

En del inversjoner når imidlertid høyere opp i atmosfæren enn bakkeinversjonene. Sondeoppstigninger fra Universitetet i Oslo (2) viser at toppen av disse inversjonene vanligvis finnes mellom 400 og 450 m.o.h. I langvarige situasjoner synes det stabile sjiktet å utvikle seg oppover, men det er fremdeles sterkest og mest markert under ca 450 m.o.h. enn videre oppover.

I sistnevnte undersøkelse angis også hvor høyt opp i atmosfæren forurensningene nådde. Dette kalles sperresjikhøyden. Den kan ligge midt i en inversjon som strekker seg fra bakken og flere hundre meter oppover, eller den kan ligge i underkanten av en inversjon som ikke når ned til bakken. Vanlig høyde for sperresjiktet er omlag 250 m.o.h. Målinger av røykkonsentrasjoner ved Hygienisk Institutt, Universitetet i Oslo, har gitt de høyeste verdier når sperresjiktet ligger mellom 150 og 200 m.o.h.

Sammenfattende kan en si at spredningen av luftforurensninger ved Aker Sykehus vil være dårlig i de tilfeller hvor det ligger en inversjon 300-400 m.o.h. med et sperresjikt 200-250 m.o.h. ( 50-100 m. over bakken ved Aker Sykehus). Da samles røyken i laget mellom bakken og sperresjiktet, og er det videre svak horisontal utlufting, kan konsentrasjonen bli forholdsvis høy. En vil også nevne at inversjonsfrekvensen om vinteren er forholdsvis høy og at inversjonene vanskelig brytes ned om dagen på grunn av svak solinnstråling.

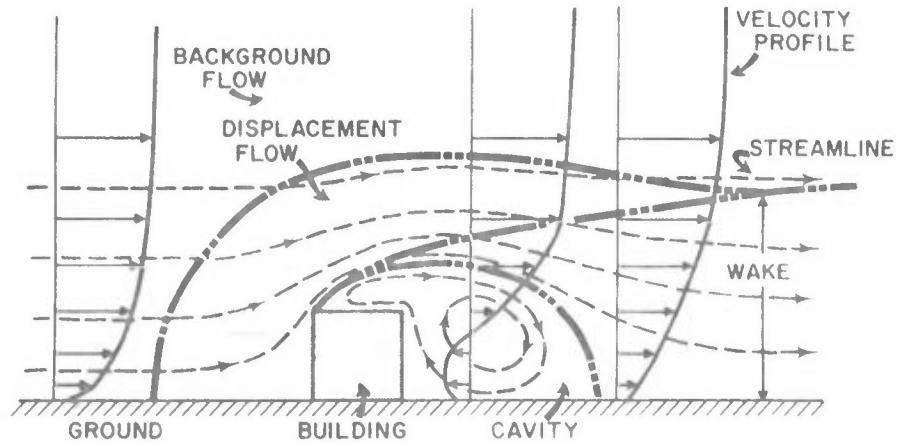
4. SO<sub>2</sub>-MÅLINGER VED AKER SYKEHUS.

NILU har foretatt målinger av SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen ved Aker Sykehus vinteren 1971/72. (1). En har også gjort en beregning av forventet midlere konsentrasjon og sammenliknet disse med målte midlere verdier den tiden vinden blåste fra pipen mot målepunktene. Beregningene er gjort under forutsetning av flatt lende og ingen døgnlig variasjon av utslippet. For Elevinternatet er resultatene identiske ( 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). I denne retningen skråner terrenget jevnt og det er liten virkning av mellomliggende bygninger. For Steinhuset gir beregning 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mens målte verdier gir 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , altså en faktor 10 i forskjell. I denne retningen er det flere bygninger med tak i samme høyde som utslippet. Det er tydelig at en får turbulens bak bygningene i området som fører til nedslag av røyk.



5. STRØMNINGSBILDET RUNDT BYGNINGER.

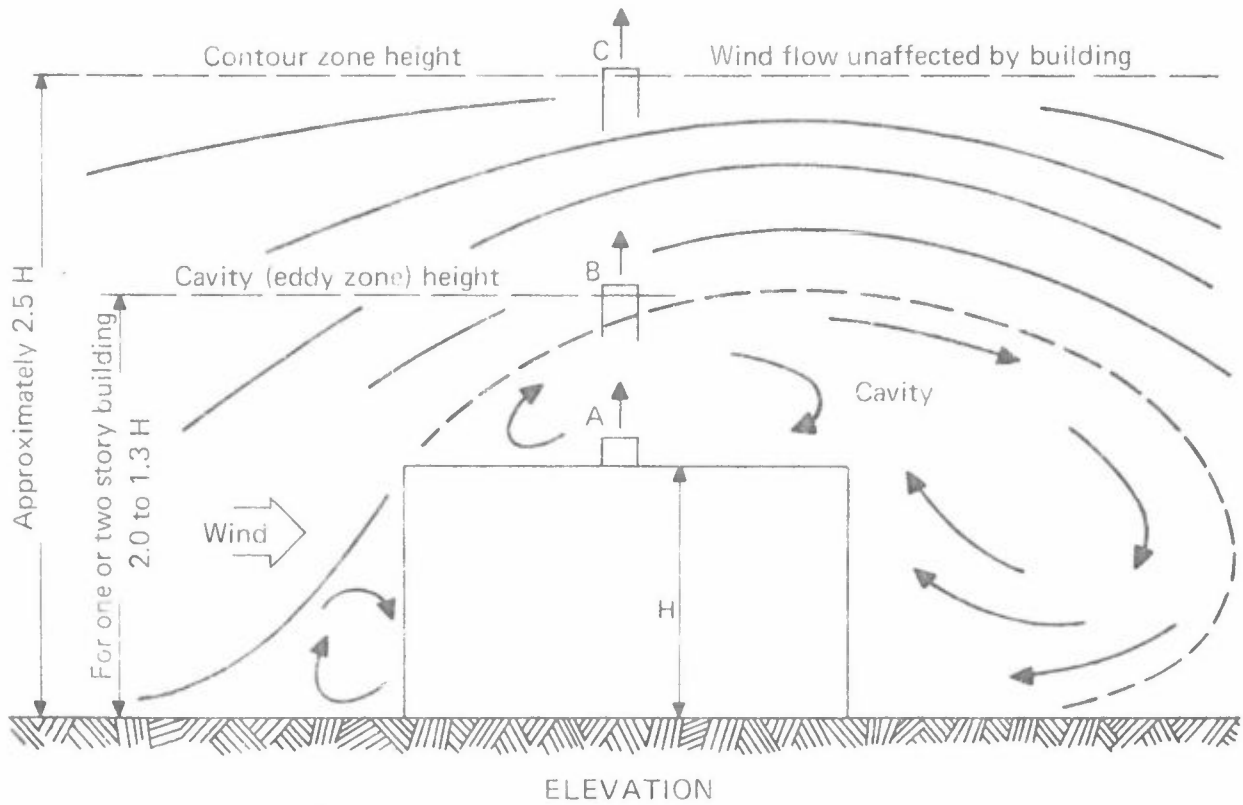
For å vise hvordan vindstrømmingen påvirkes av en bygning har en presentert figur 3. (3). Den viser det karakteristiske



Figur 3. Luftstrøm rundt en kubisk bygning.

strømningsbildet rundt en kubisk bygning. Tilstrekkelig høyt over bygningen påvirkes ikke vinden (utenfor "displacement flow"). Bygningen skaper en forstyrrelse i luftstrømmingen som er karakterisert av et turbulent "kjølvann" ("wake"). I den delen av det turbulente området som er nærmest bygningen finner en kaviteten ("cavity") hvor det oppstår et roterende strømningsbilde. På denne måten kan forurensningene bli ført ned bak bygningen.

Fra en artikkel av Dr. P. C. Blokker (4) har en presentert figur 4. og figur 5. Figur 4. viser vindstrømning rundt en bygning med angivelse av relativ høyde av laget som påvirkes av bygningen. Over 2,5 ganger høyden av bygningen vil ikke denne ha noen virkning. Høyden av kaviteten går opp til  $1,3H - 2,0H$  der  $H$  er bygningens høyde.



Stack heights:

- A – Discharge into cavity should be avoided because re-entry will occur. Dispersion equations not applicable.
- B – Discharge above cavity is good. Re-entry will be avoided, but dispersion may be marginal or poor from standpoint of air pollution. Dispersion equations not applicable.
- C – Discharge above contour zone is best – no re-entry, maximum dispersion.

Fig. 4 Effects of air flow over buildings

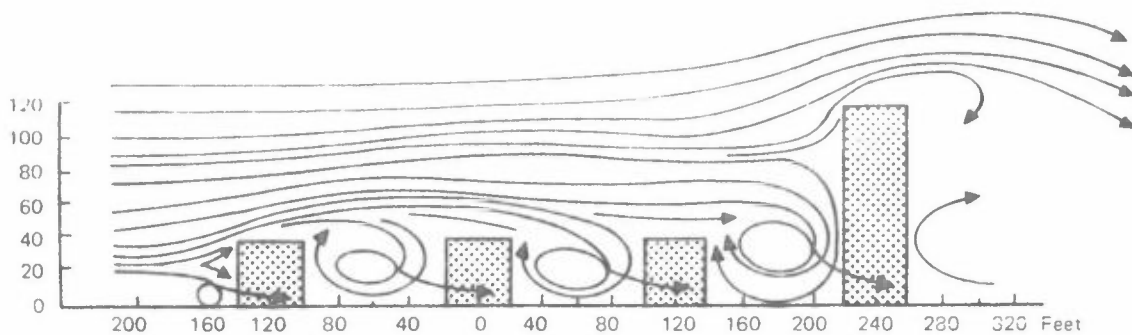
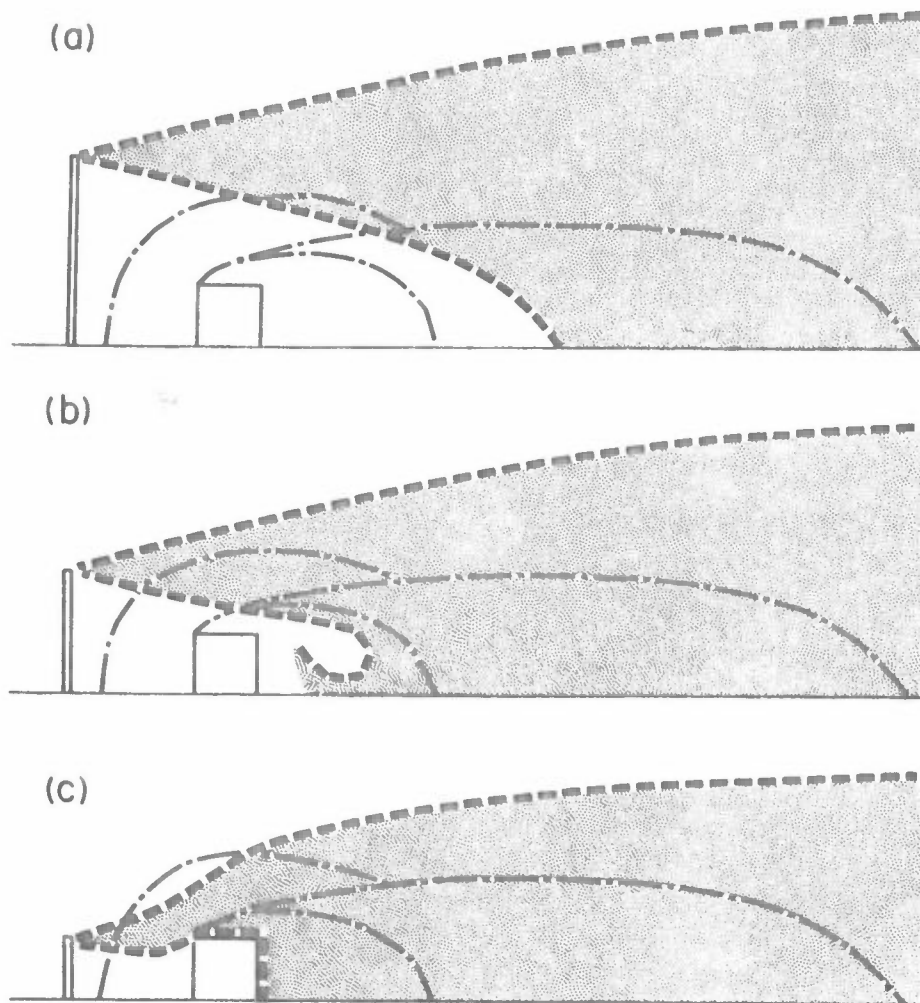


Fig 5 Air flow about three low buildings and a tall slab block

Figur 5. viser virkningen av flere bygninger etter hverandre i vindretningen. Det oppstår sterk turbulens bak hver av bygningene.

6. PIPEHØYDENS BETYDNING.

I tilknytning til figur 3. vises til figur 6. (3) som viser effekten av forskjellig pipehøyder. Det skraverte området



Figur 6. Spredning av røyk fra piper med forskjellig høyde.

viser hvordan røykspredning er med en gitt pipehøyde i forhold til vindretningen. Vinden blåser fra pipen normalt mot én vegg på bygningen. Tegning (c) viser i grove trekk hvordan situasjonen er på Aker Sykehus idag. Hele røykfanen kommer inn i "displacement" - sonen og derfra inn i det turbulente området. Hvis røykfanens senterlinje faller i nærheten av kavitetsgrensen, vil røyken raskt avbøyes ned-

over i le av bygningen. Konsentrasjonen i kaviteten kan bli høy. En høy pipe vil føre til at røykfanen helt eller delvis unngår "displacement"-sonen. I (a) blir bare den nedre delen av røykfanen påvirket, men ikke noe av røyken blir ført tilbake til bygningen. I (b) kommer en liten del av røykfanen inn i kaviteten. Noe av røyken blir ført bakover et stykke mot bygningen. Hvor stor del av røykfanen som kommer inn i den turbulente sonen, er avhengig av pipehøyden og atmosfærens stabilitet. I instabile og nøytrale forhold, hvor spredningen er relativt god, vil en lett kunne få røyknedslag bak bygninger. I stabile forhold (inversjoner) er det liten spredning av røyken, og med høy nok pipe kan en unngå røyknedslag. På den annen side kan røyken i slike situasjoner bli liggende som et lag over området under sperresjiktet og eventuelt spre seg nedover mot bakken innen det stabile laget.

#### 7. AVSLUTTENDE KOMMENTAR

Utslipp fra en pipe i nærheten av bygninger bør skje så høyt at det ikke påvirkes av det spesielle strømningsbildet rundt bygningene. Referert til fig. 4. betyr det at pipens høyde over bakken bør være omlag 2,5 høyden av bygningene. Ved en så høy pipe er en sikret mot røyknedslag. Som regel er utslipp over grensesonen til kaviteten tilfredsstillende når det gjelder nedslag like bak en bygning. Høyden av pipen over bygningene bør i så fall være av samme størrelse som bygningenes egen høyde. En vil også nevne at en økning i utslippshastigheten i pipen vil øke den effektive utslippshøyden. Det kan således være aktuelt med en kombinasjon av økt utslippshastighet og økt skorstenshøyde.

#### REFERANSER:

- (1) E. Joranger: Målinger av svoveldioksyd omkring Aker Sykehus. NILU Oppdragsrapport nr 45/72, oktober 1972.
- (2) B. Sivertsen: En meteorologisk undersøkelse av luftforurensningene i Oslo vinteren 1967 - 68. September 1969, Institutt for geofysikk, Universitetet i Oslo.

- (3) M. Smith : Recommended Guide for the Prediction  
of the Dispersion of Airborne Effluents.  
The American Society of Mechanical  
Engineers, New York, May 1968.
- (4) Dr. P.C. Blokker : Influence of Buildings on Air Pollution.  
Stichting Concawe, The Hague, March 1970.