

NILU  
OPPDRAGSRAPPORT NR 13/78  
REFERANSE: 22477  
DATO: MARS 1978

FORELØPIG VURDERING AV  
LUFTFORURENSNINGEN I HØYANGER ETTER  
BYGGING AV NY ALUMINIUMSFABRIKK

AV

K.E. GRØNSKEI, B. LAMB OG B. SIVERTSEN

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM  
NORGE

INNHOLDSFORTEGNELSE

|   | Side |
|---|------|
| OPPSUMMERING OG KONKLUSJON .....  | 5    |
| 1 INNLEDNING .....  | 7    |
| 2 TOPOGRAFI - FABRIKKENS BELIGGENHET .....  | 8    |
| 3 UTSLIPPSDATA .....  | 11   |
| 3.1    Utslipp fra den eksisterende fabrikk<br>i 1975 og 1976 .....                         | 11   |
| 3.2    Utslipp fra det planlagte fabrikkplanlegget ....                                     | 11   |
| 4 SPREDNINGSFORHOLDENE .....  | 14   |
| 5 ESTIMATER AV FREMTIDIGE FORURENSNINGSKONSENTRASJONER<br>I HØYANGER .....                  | 16   |
| 5.1    Anvendelse av spredningsmodellen .....   | 17   |
| 5.2    Beregnete fluoridkonsentrasjoner - middel-<br>belastningen i vekstsesongen .....     | 21   |
| 5.3    Beregnete svoveldioksydkonsentrasjoner -<br>middelbelastningen i vekstsesongen ..... | 24   |
| 5.4    Korttidskonsentrasjoner av fluorider<br>(timesmiddelverdi) .....                     | 26   |
| 5.4.1  Forskjellige utslippsalternativer .....  | 29   |
| 5.4.2  Effektiv pipehøyde for rengassutslippet og<br>for hallgassutslippet .....            | 29   |
| 5.4.3  Stabilitet - Vertikalspredning .....   | 31   |
| 5.5    Beregnete korttidskonsentrasjoner av<br>svoveldioksyd .....                          | 33   |
| 5.6    Utslippsforholdenes virkning på røykgassens<br>høyde over bakken .....               | 33   |
| 5.6.1  Effekten av utslippshastigheten .....  | 35   |
| 5.6.2  Effekten av bygningsturbulensen .....  | 36   |
| 5.6.3  Effekten av utslippstemperaturen .....   | 36   |
| 5.6.4  Oppsummering .....   | 36   |

## OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Bakkekonsentrasjonen av fluor og svoveldioksyd er beregnet for alternative utslipp fra aluminiumsverket i Høyanger. Beregningene er utført for den eksisterende fabrikken og for en planlagt ombygd fabrikk. Utslippsdata er gitt av A/S Årdal og Sunndal Verk. Beregningene må betraktes som foreløpige da de spredningsmeteorologiske dataene for området er mangelfulle. Målinger for å fremskaffe slike data er igangsatt og endelige beregninger vil foreligge høsten 1978.

På grunnlag av beregningene kan en trekke følgende foreløpige konklusjoner:

- Konsentrasjonene av fluorider i bakkenivå, og dermed fluoropptaket i vegetasjon, vil reduseres ved den planlagte utvidelsen av fabrikken. De høye bakkekonsentrasjoner nær munningen av røykkanalen vil reduseres betydelig ved at rengassen vil slippes ut gjennom skorsteiner på fabrikkområdet. Fluorkonsentrasjonene vil også bli mindre i boligområdene i Høyanger.
- Veiledende grenseverdier for fluorider vil kunne overskrides i avstander opp til noen hundre meter fra fabrikken.
- Bakkekonsentrasjonene av svoveldioksyd vil øke i nærheten av fabrikken. De maksimale bakkekonsentrasjonene, som i dag forekommer rundt munningen av røykkanalen oppe i fjellsiden, vil derimot reduseres betraktelig.
- Overskridelsene av konsentrasjonene gitt i veiledende retningslinjer for luftkvalitet vil forekomme i nærheten av fabrikken. Men ved å endre utslippsforholdene er det sannsynlig at en kan bedre luftkvaliteten i boligområdene som ligger i dalbunnen nær fabrikken. Konsentrasjonene er vanligvis små i avstander over 500 m.

## 1 INNLEDNING

A/S Årdal og Sunndal Verk har fra Stortingets side fått tilatelse til en modernisering av Høyanger Verk. Hovedtrekkene i planene for moderniseringen er utarbeidet, og Norsk Institutt for Luftforskning er engasjert til å foreta undersøkelser som gir grunnlag for tilnærmet beregning av de bakkekonsentrasjoner som kan forventes i ulike soner når utslippsmengde og utslipps-høyde varierer.

Registrering av spredningsforholdene ble startet i første halvdel av oktober 1977 og vil pågå i et år ifølge planen utarbeidet i august 1977 (1). Som planlagt presenteres i denne rapporten foreløpige beregningsresultater.

Resultatene bygger på:

1. Oppgaver over eksisterende og fremtidige utslippsmengder og utslippsforhold (2), (3) og (4).
2. Registrering av spredningsforholdene i oktober og november 1977.
3. Registrering av spredningsforholdene fra andre steder på Vestlandet.
4. Vurdering av forutsetninger og resultater ved befaring på stedet.

# HÖYANGER



Figur 2.1: Høyanger. Topografi og tettsted.  
Omriss av detalj-kartet i figur 2.2 er angitt.

### 3 UTSLIPPSDATA

Utslippsdataene er gitt av Årdal og Sunndal Verk (2), (3) og (4).

#### 3.1 Utslipp fra den eksisterende fabrikk i 1975 og i 1976

Utslipp av fluor, støv og SO<sub>2</sub> er basert på målinger av konsentrasjoner og strømningsforhold i utslippet gjennom lanternine og i rengassen som slippes ut gjennom røyktunellen (2) og (3). Dataene som er benyttet i de senere beregningene er vist i tabell 3.1.

Tabell 3.1: Utslippsdata for luftforurensninger fra gammelt fabrikkannlegg.

*F(s): Fluorutslipp i partikkelform*

*F(g): Fluorutslipp i gassform*

*F(t): Fluorutslipp totalt*

| 1975 Vekstsesongen | Støv  | F(s) | F(g) | F(t)  | SO <sub>2</sub> |
|--------------------|-------|------|------|-------|-----------------|
| I ren gass kg/h    |       | 1.47 | 0.31 | 1.78  | 27.6            |
| I takgass "        |       | 3.29 | 6.41 | 9.70  | 8.3             |
| Totalt "           |       | 4.76 | 6.72 | 11.48 | 35.9            |
| 1976 Årsmiddel     |       |      |      |       |                 |
| Totalt kg/t Al     | 9.02  | 1.13 | 2.03 | 3.16  | 12.64           |
| I ren gass kg/h    | 7.65  | 0.92 | 0.75 | 1.67  | 32.32           |
| I takgass "        | 21.20 | 2.69 | 5.74 | 8.43  | 8.12            |
| Totalt "           | 28.85 | 3.61 | 6.49 | 10.10 | 40.44           |

Lokaliseringen av det gamle fabrikkannlegget og av utløpet av røyktunellen hvor rengassen slippes ut er vist i figur 2.2.

#### 3.2 Utslipp fra det planlagte fabrikkannlegget

Luftforurensningene vil i det alt vesentlige oppstå i elektrolysehallene.

| <u>Alt. 2</u> |      | Støv | F(s) | F(g) | F(t) | SO <sub>2</sub> |
|---------------|------|------|------|------|------|-----------------|
| Totalt        | kg/h | 2.0  | 0.35 | 0.36 | 0.71 | 6.2             |
| I ren gass    | kg/h | 4.3  | 0.9  | 1.1  | 2.0  | 28              |
| I takgass     | "    | 13.0 | 2.1  | 2.1  | 4.2  | 26              |
| Totalt        | kg/h | 17.3 | 3.0  | 3.2  | 6.2  | 54              |

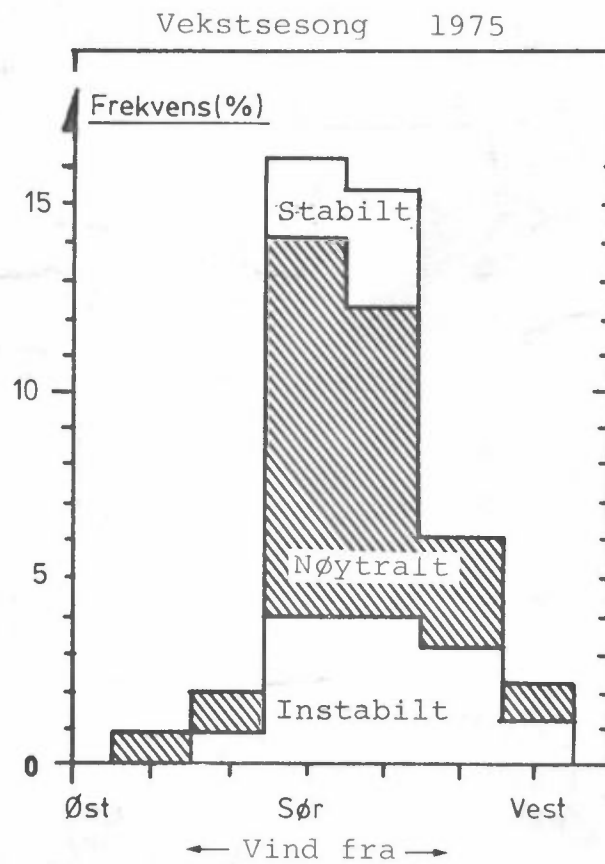
| <u>Alt. 3</u> |         | Støv | F(s) | F(g) | F(t) | SO <sub>2</sub> |
|---------------|---------|------|------|------|------|-----------------|
| Totalt        | kg/t Al | 2.2  | 0.56 | 0.44 | 1.00 | 6.6             |
| I ren gass    | kg/h    | 4.3  | 1.4  | 1.0  | 2.4  | 28              |
| I takgass     | "       | 15.0 | 3.5  | 2.8  | 6.3  | 30              |
| Totalt        | kg/h    | 19.3 | 4.9  | 3.8  | 8.7  | 58              |

Sett i forhold til utslippene før moderniseringen (1976) reduseres totalutslippet av fluor med henholdsvis 56%, 39% og 14% for alternativene 1, 2 og 3. Totalt fluorutslipp pr. tonn produsert aluminium reduseres med 84%, 78% og 68%. SO<sub>2</sub>-utslippene øker totalt med 21%, 34% og 43%, mens utslippet pr. tonn produsert aluminium avtar med 56%, 51% og 48%. Det totale støvutslippet avtar med henholdsvis 47%, 40% og 33% ved alternativene 1, 2 og 3.

Ca 17% av det samlede fluorutslippet og 80% av det samlede SO<sub>2</sub>-utslippet slippes idag ut gjennom røykkanalen i fjellsiden. Ca 30% av det samlede fluorutslippet og ca 50% av det samlede SO<sub>2</sub>-utslippet vil etter moderniseringen slippes ut gjennom 4-6 skorsteiner på fabrikkområdet.

Temperaturen i rengassen som slippes ut gjennom skorsteinene (13°C) vil ofte være lavere enn utetemperaturen om sommeren. En kan derfor ikke regne med røykhevning av disse avgassene etter utslippet. Denne forutsetningen kan føre til at en overestimerer forurensningsbidraget ved bakken fra pipeutslippet i vinterperioden.

Da det for Høyanger ikke finnes meteorologiske data for sommeren 1975, har en estimert frekvensfordelingen basert på vind og stabilitetsdata fra Høyanger høsten 1977 vurdert sammen med vinddata fra Mongstad høsten 1977, Mongstad sommeren 1975, samt Leikanger og Svelgen, høsten og sommeren 1975. Den estimerte fordelingen er vist i figur 4.1.

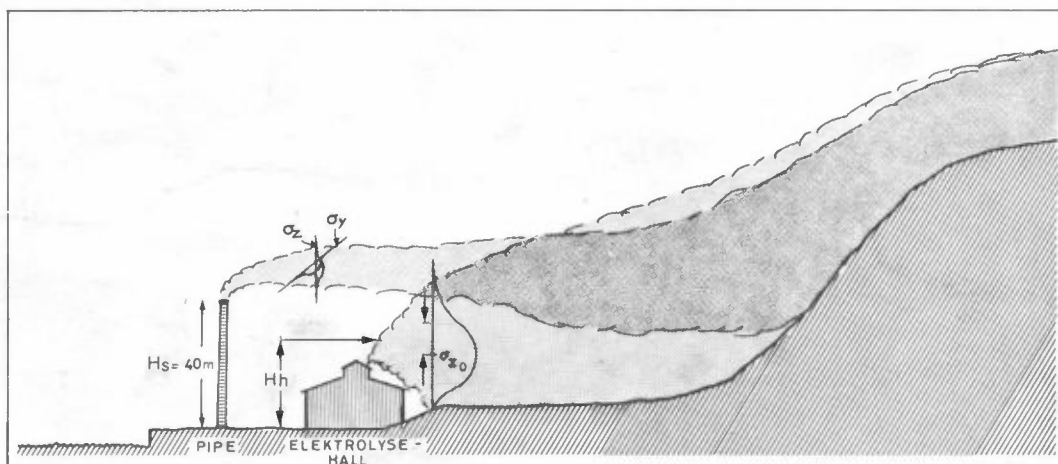


Figur 4.1: Estimert frekvensfordeling av vind innover dalen i Høyanger for vekstsesongen 1975 fordelt på 3 stabilitetsklasser.



### 5.1 Anvendelse av spredningsmodellen

Den Gaussiske spredningsmodellen som brukes i undersøkelsen er programert ved NILU (6). Programmet benyttes til å beregne forurensningskonsentrasjonene ved bakken i hvert punkt i et spesifisert gridsystem. Konsentrasjonsbidraget fra en eller flere punkt eller volumkilder, beregnes og summeres. En grundigere beskrivelse av modellen er gitt i vedlegg 3. Programmet tar hensyn til topografien og et sperresjikt i en vilkårlig høyde  $H$  som hindrer vertikal blanding av forurensningen. Modellen for spredning i området er vist i figur 5.1.



Figur 5.1: Spredningsmodell for punkt og volumkilder i Høyanger. Virkning av topografien.

I gridpunkter hvor terrenget er høyere enn den effektive utslipps-  
høyden til en kilde, antar en at forurensningsskyen treffer  
bakken og representerer en volumkilde i bakkenivå for den videre  
spredningen.

Volumkildene beskrives ved hjelp av spredningsparametere  
( $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$ ) som velges i samsvar med størrelsen for forurensnings-  
skyen (se figur 5.1.).

Topografien i Høyanger forårsaker sansynligvis sterk turbulens  
og ved spredningsberegningene benyttet en foreløpig sprednings-  
parametre som er registrert i et byområde (7).

|    | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21 | 22 | 23 | 24  |     |    |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|----|
| 40 | 195 | 315 | 300 | 275 | 285 | 285 | 275 | 270 | 245 | 260 | 250 | 240 | 235 | 225 | 215 | 205 | 195 | 175 | 145 | 115 | 70 | 40 | 35 | 35  |     |    |
| 39 | 130 | 300 | 280 | 250 | 260 | 260 | 250 | 245 | 245 | 240 | 235 | 235 | 230 | 225 | 215 | 205 | 190 | 165 | 135 | 105 | 65 | 35 | 35 | 35  |     |    |
| 38 | 90  | 295 | 270 | 250 | 240 | 240 | 235 | 235 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 225 | 215 | 200 | 190 | 160 | 125 | 90  | 60 | 35 | 35 | 35  |     |    |
| 37 | 120 | 290 | 260 | 240 | 220 | 220 | 230 | 230 | 225 | 225 | 225 | 225 | 230 | 225 | 215 | 200 | 180 | 150 | 115 | 75  | 40 | 35 | 35 | 35  |     |    |
| 36 | 105 | 275 | 245 | 230 | 205 | 215 | 225 | 225 | 225 | 225 | 230 | 230 | 230 | 230 | 215 | 195 | 170 | 125 | 75  | 50  | 35 | 30 | 30 | 30  |     |    |
| 35 | 270 | 245 | 225 | 210 | 190 | 210 | 225 | 225 | 225 | 225 | 235 | 235 | 235 | 230 | 210 | 185 | 150 | 100 | 55  | 35  | 30 | 30 | 30 | 30  |     |    |
| 34 | 260 | 235 | 210 | 195 | 175 | 210 | 220 | 220 | 225 | 230 | 240 | 240 | 235 | 230 | 200 | 175 | 125 | 80  | 45  | 30  | 30 | 30 | 30 | 35  |     |    |
| 33 | 260 | 230 | 200 | 170 | 175 | 200 | 220 | 215 | 215 | 230 | 235 | 240 | 230 | 210 | 185 | 150 | 110 | 65  | 35  | 30  | 30 | 30 | 30 | 35  |     |    |
| 32 | 260 | 230 | 195 | 145 | 165 | 185 | 200 | 210 | 210 | 220 | 220 | 215 | 210 | 195 | 170 | 125 | 95  | 55  | 30  | 30  | 30 | 30 | 30 | 35  |     |    |
| 31 | 250 | 225 | 175 | 135 | 155 | 165 | 180 | 190 | 200 | 200 | 185 | 185 | 175 | 160 | 145 | 115 | 90  | 50  | 30  | 30  | 25 | 30 | 35 | 40  |     |    |
| 30 | 245 | 200 | 150 | 125 | 125 | 150 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 155 | 150 | 140 | 120 | 100 | 75  | 40  | 30  | 30  | 25 | 25 | 35 | 45  |     |    |
| 29 | 200 | 165 | 135 | 110 | 110 | 130 | 135 | 140 | 135 | 125 | 125 | 125 | 125 | 115 | 100 | 75  | 55  | 25  | 25  | 25  | 25 | 30 | 35 | 50  |     |    |
| 28 | 175 | 150 | 120 | 100 | 90  | 100 | 110 | 115 | 105 | 100 | 90  | 95  | 90  | 85  | 75  | 60  | 35  | 25  | 25  | 25  | 25 | 30 | 35 | 50  |     |    |
| 27 | 160 | 135 | 115 | 100 | 90  | 80  | 80  | 85  | 80  | 75  | 75  | 75  | 75  | 65  | 55  | 40  | 25  | 25  | 25  | 25  | 25 | 30 | 40 | 55  |     |    |
| 26 | 145 | 125 | 110 | 90  | 85  | 85  | 65  | 60  | 60  | 60  | 55  | 65  | 65  | 55  | 35  | 25  | 25  | 25  | 25  | 25  | 30 | 30 | 40 | 60  |     |    |
| 25 | 140 | 115 | 100 | 90  | 75  | 70  | 55  | 50  | 35  | 30  | 30  | 35  | 50  | 35  | 25  | 25  | 20  | 25  | 25  | 25  | 25 | 30 | 45 | 75  |     |    |
| 24 | 140 | 120 | 105 | 95  | 80  | 70  | 60  | 50  | 35  | 35  | 25  | 25  | 25  | 25  | 25  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20 | 25 | 30 | 45  | 75  |    |
| 23 | 135 | 120 | 110 | 100 | 85  | 75  | 65  | 55  | 35  | 25  | 25  | 25  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20 | 25 | 30 | 50  | 75  |    |
| 22 | 145 | 130 | 120 | 115 | 100 | 85  | 65  | 60  | 35  | 25  | 25  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20 | 25 | 30 | 50  | 85  |    |
| 21 | 170 | 150 | 135 | 135 | 110 | 85  | 70  | 60  | 35  | 25  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20 | 25 | 30 | 50  | 85  |    |
| 20 | 160 | 160 | 170 | 150 | 125 | 100 | 75  | 55  | 35  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20 | 25 | 25 | 55  | 95  |    |
| 19 | 135 | 210 | 190 | 165 | 140 | 115 | 85  | 55  | 30  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20 | 20 | 30 | 55  | 95  |    |
| 18 | 250 | 230 | 205 | 180 | 155 | 125 | 85  | 55  | 35  | 25  | 25  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20 | 25 | 35 | 60  | 90  |    |
| 17 | 265 | 240 | 215 | 190 | 160 | 135 | 90  | 65  | 25  | 25  | 25  | 25  | 20  | 20  | 15  | 15  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20 | 20 | 35 | 55  | 90  |    |
| 16 | 265 | 240 | 220 | 195 | 160 | 135 | 95  | 65  | 25  | 25  | 25  | 25  | 25  | 15  | 15  | 15  | 20  | 25  | 25  | 20  | 20 | 30 | 50 | 90  |     |    |
| 15 | 265 | 240 | 220 | 190 | 175 | 115 | 100 | 60  | 25  | 25  | 25  | 25  | 25  | 20  | 15  | 15  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20 | 20 | 50 | 95  |     |    |
| 14 | 260 | 240 | 210 | 195 | 160 | 125 | 90  | 50  | 25  | 25  | 20  | 20  | 20  | 15  | 15  | 15  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20 | 20 | 25 | 50  | 100 |    |
| 13 | 255 | 225 | 200 | 180 | 150 | 115 | 75  | 30  | 20  | 20  | 20  | 15  | 15  | 15  | 10  | 15  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20 | 30 | 65 | 100 |     |    |
| 12 | 250 | 215 | 190 | 165 | 130 | 85  | 55  | 30  | 20  | 20  | 20  | 15  | 15  | 10  | 15  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20 | 35 | 70 | 115 |     |    |
| 11 | 230 | 215 | 190 | 150 | 115 | 75  | 45  | 25  | 25  | 20  | 15  | 15  | 10  | 10  | 15  | 15  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20 | 35 | 75 | 120 |     |    |
| 10 | 220 | 220 | 175 | 135 | 100 | 55  | 30  | 25  | 20  | 20  | 20  | 15  | 15  | 10  | 10  | 10  | 10  | 10  | 15  | 15  | 15 | 35 | 75 | 125 |     |    |
| 9  | 225 | 190 | 160 | 125 | 75  | 45  | 20  | 20  | 20  | 15  | 15  | 15  | 10  | 10  | 5   | 10  | 15  | 15  | 20  | 20  | 20 | 50 | 85 | 125 |     |    |
| 8  | 210 | 175 | 140 | 100 | 50  | 25  | 15  | 15  | 15  | 10  | 10  | 10  | 10  | 10  | 0   | 5   | 10  | 10  | 10  | 10  | 10 | 60 | 95 | 130 |     |    |
| 7  | 200 | 130 | 115 | 65  | 30  | 10  | 10  | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 10  | 5   | 5   | 0   | 5   | 5   | 5   | 5  | 15 | 55 | 95  | 130 |    |
| 6  | 185 | 135 | 85  | 45  | 20  | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 0   | 5   | 5   | 10  | 10 | 15 | 50 | 95  | 120 |    |
| 5  | 180 | 100 | 75  | 35  | 10  | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 0   | 5   | 5   | 5   | 5  | 30 | 80 | 105 |     |    |
| 4  | 100 | 80  | 50  | 25  | 10  | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 0   | 5   | 5   | 5   | 5  | 20 | 55 | 85  |     |    |
| 3  | 100 | 75  | 35  | 25  | 5   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 5  | 5  | 5   | 30  | 65 |
| 2  | 100 | 50  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 15  | 45 |
| 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 10  | 30 |

Figur 5.3: Bakkens middelhøyde over havet i hver gridrute (lite område).  
 Enhet: m.

Figur 5.3 viser middelhøyden som er avlest for hver gridrute. Dataene er benyttet i beregningene. Figur 5.4 viser en perspektivtegning av topografien i beregningsområdet, basert på høydene i foregående figur.

## 5.2 Beregnete fluoridkonsentrasjoner - middelbelastningen i vekstsesongen:

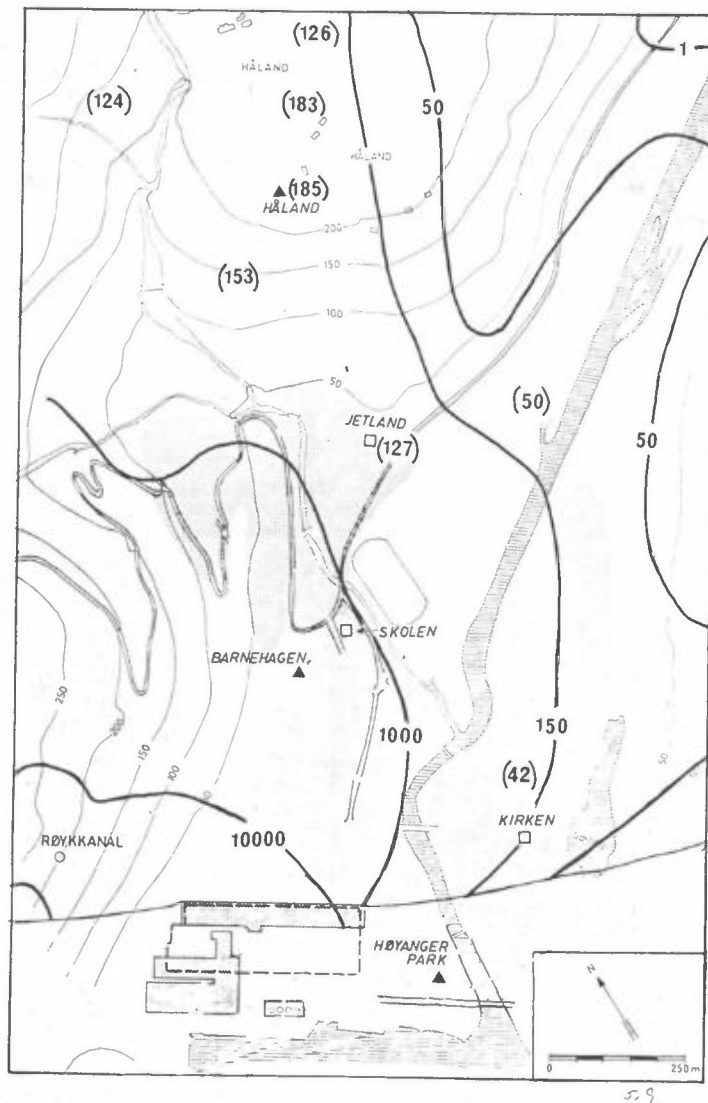
Frekvensfordelingen av spredningsforhold estimert for vekstsesongen mai-oktober 1975 (se pkt. 4), ble brukt til å beregne den midlere totale fluoridkonsentrasjonen i perioden. Beregningene ble utført både for registrerte utslipp i 1975 (se fig. 5.5) og for tre alternative utslipp fra den planlagte fabrikken (se figurene 5.6, 5.7 og 5.8).

### Resultater:

1. De ekstremt høye konsentrasjonene rundt utløpet av røyktunnelen elimineres ved å slippe rengassen ut gjennom skorsteinen på den planlagte fabrikken.
2. Tendensen til transport av forurensning langs dalen, opp mot Håland og opp langs fjellsiden mot vest kommer klart frem i alle figurene (Fig. 5.5-5.8.).
3. Rådgivende grenseverdi for 6-måneders fluoridkonsentrasjon ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) overskrides ved alle utslippsalternativene i fabrikkens umiddelbare nærhet.
4. Fluoridforurensningene ved den nye fabrikken blir mindre enn ved den gamle fabrikken ved samtlige utslippsalternativer.
5. For å sammenligne de forskjellige utslippsalternativene kvantitativt, har en beregnet den prosentvise del av området hvor beregningene viser overskridelser av angitte konsentrasjoner. Resultatene er vist i tabell 5.1. Ved alternativ 1 er det nesten bare på fabrikkens eget område hvor en finner overskridelser.

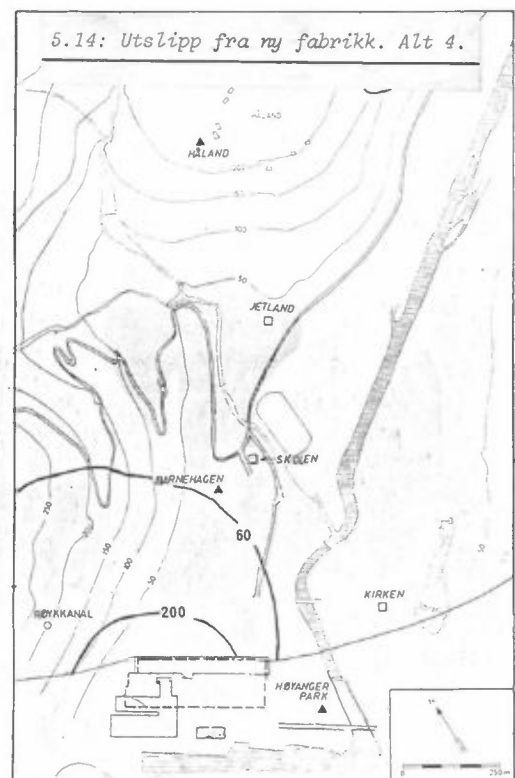
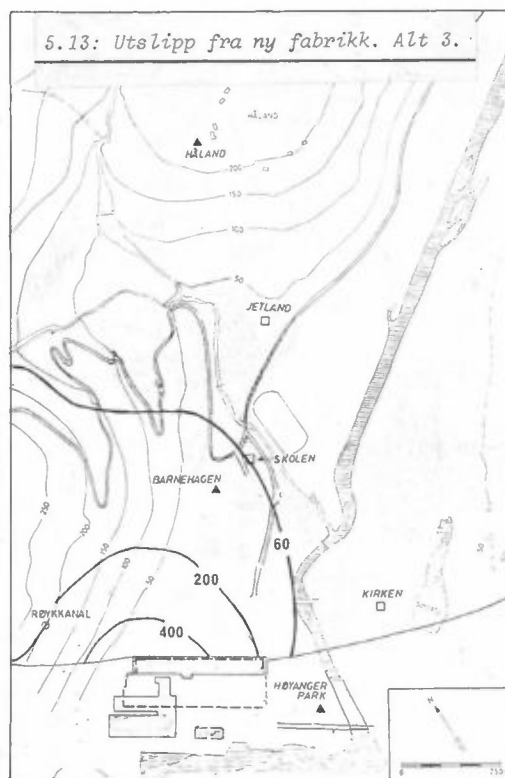
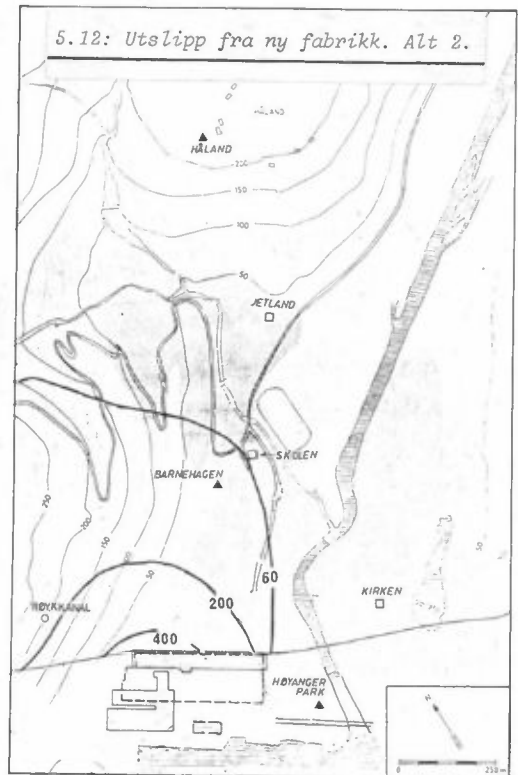
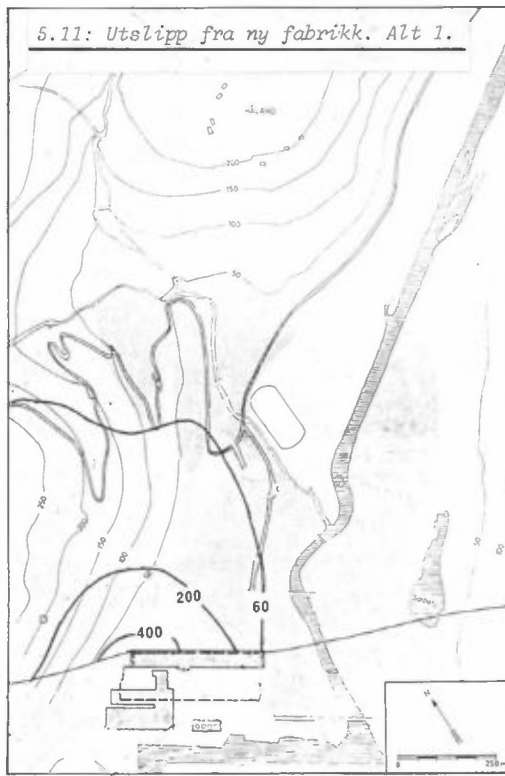
Tabell 5.1: Prosentvis del av beregningsområdet hvor rådgivende luftkvalitetsgrenser overskrides ved forskjellige utslippsalternativer og spredningsforholdene estimert for vekstsesongen 1975.

| Utslipp | Total fluoridkonsentrasjon       |                                  |                                  | Svoveldioksydkonsentrasjon       |                                   |                                   |
|---------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|         | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$<br>% | 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$<br>% | 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$<br>% | 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$<br>% | 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$<br>% | 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$<br>% |
| 1975    | 16.4                             | 10.0                             | 2.6                              | 7.6                              | 1.6                               | 0.9                               |
| Alt.1   | 9.7                              | 4.7                              | 0                                | 18.6                             | 7.2                               | 2.2                               |
| Alt.2   | 13.0                             | 6.5                              | 0.9                              | 19.4                             | 8.0                               | 2.7                               |
| Alt.3   | 16.6                             | 9.0                              | 2.2                              | 20.3                             | 8.6                               | 3.2                               |
| Alt.4   | -                                | -                                | -                                | 14.7                             | 4.5                               | 0.7                               |

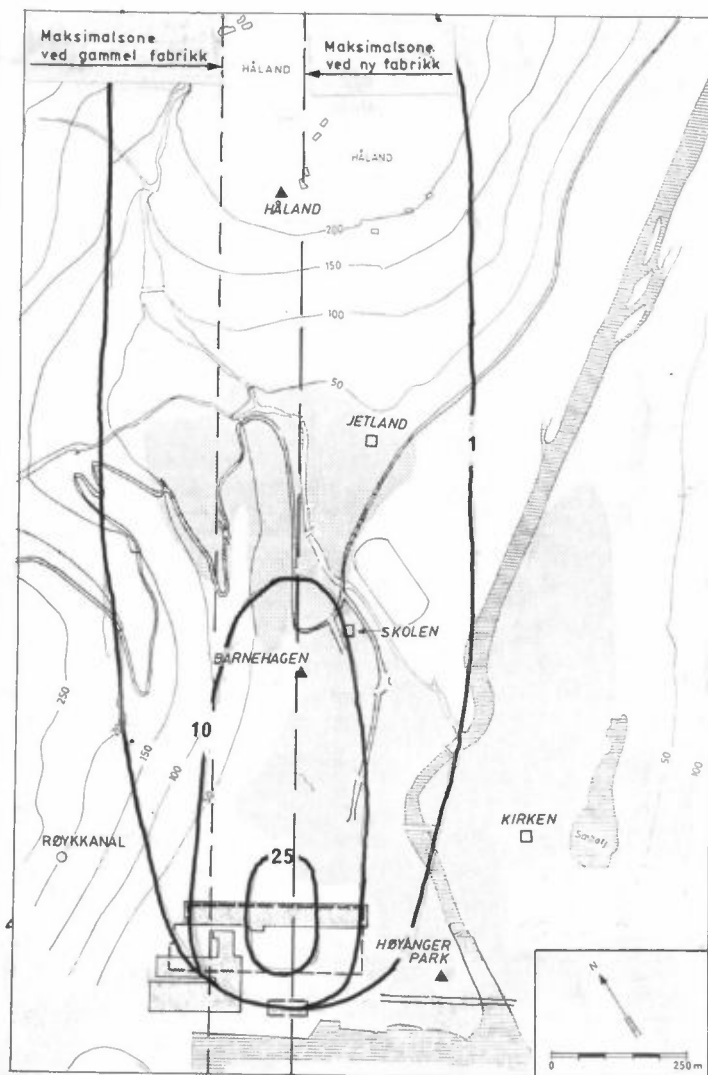


Figur 5.9: Opptak av fluorid i beitegress.  
Enhet: ppm F i gress (tørr vekt).  
Utslipp: Gammel fabrikk. Vekstsesongen 1975.  
Spredningsforhold. Vekstsesongen 1975.

Ved hjelp av enkle beregningsmetoder (9) og de estimerte middelkonsentrasjonene for fluorider totalt (se figur 5.5), har en estimert opptaket i beitegress i vekstsesongen 1975. Resultatene er vist i figur 5.9. I figuren er observasjoner av fluoropptaket fra forskjellige steder i området inntegnet. Overensstemmelsen mellom beregnede og observerte verdier representerer en grov kontroll av resultatene. En ønsker imidlertid å dokumentere de høye konsentrasjonene nær fabrikkområdet ved målinger. En grundigere kontroll av anvendbarheten av spredningsparametrene i området er også nødvendig.



Figurene 5.11 - 5.14: Midlere  $SO_2$ -konsentrasjon. Enhet:  $\mu g/m^3$ .  
Spredningsforhold: Vekstsesongen 1975.



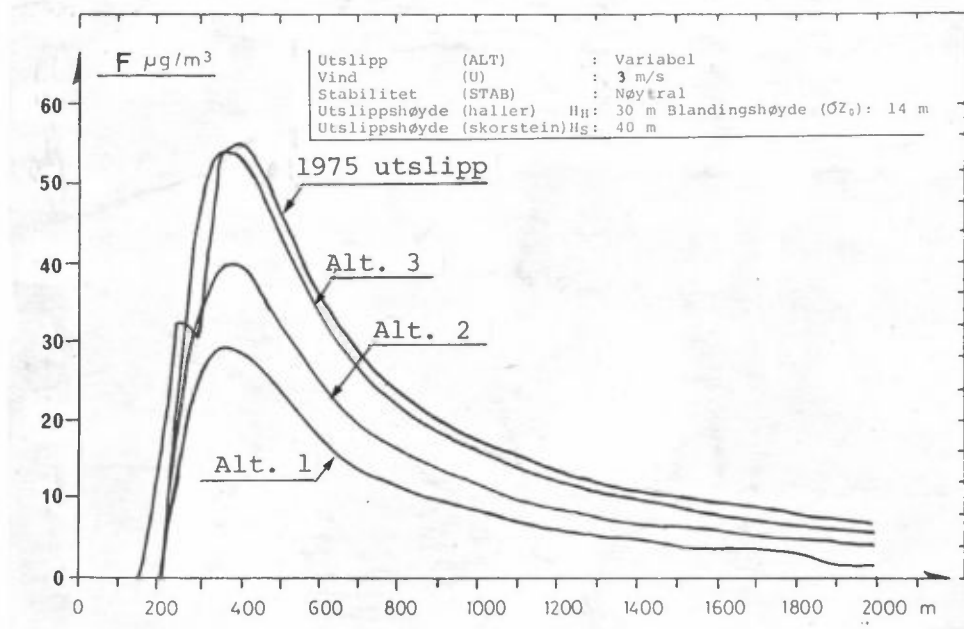
Figur 5.15: Total fluoridkonsentrasjon.  
Enhet:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .  
Utslipp: Alle kilder ved ny fabrikk. Alternativ 1.  
Spredningsforhold: Vindhastighet: 3 m/s  
Vindretning : Mot Håland  
Stabilitet : Nøytral.

Bidragene fra pipene og hallene er vist henholdsvis i figurene 5.16 og 5.17. Av figurene ser en at bidraget fra hallgassene dekker et større område enn bidraget fra pipene (rengassen). Maksimalkonsentrasjonene fra pipene er større enn fra hallene.

#### 5.4.1 Forskjellige utslippsalternativer

Figur 5.18 viser konsentrasjonsfordelingen i et snitt langs y-aksen i maksimumssonen (se figur 5.15).

Som ventet svarer de laveste fluoridkonsentrasjonene til de laveste utslippene (alternativ 1). En bør merke seg at konsentrasjonsverdiene som er angitt er omvendt proporsjonale med vindhastigheten. Eksempelvis må konsentrasjonene multipliseres med 3 ved en vindhastighet på 1 m/s.



Figur 5.18: Total fluoridkonsentrasjon langs y-aksen i maksimumssonen (se fig 5.15) ved forskjellig utslippsalternativ.

#### 5.4.2 Effektiv pipehøyde for rengassutslippet og for hallgassutslippet

Figurene 5.19 og 5.20 viser effekten av å øke den effektive utslippshøyden for henholdsvis rengassutslippet gjennom fire skorsteiner og lanternineutslippet fra hallene. Ved vanlige spredningsforhold vil en økning i den effektive skorsteinshøyden med en faktor to, medføre en reduksjon av maksimal bakkekonsentrasjon med ca 40%. En økning med en faktor tre, vil redusere maksimalkonsentrasjonen i bakkenivå med over 50%. Dersom den effektive utslippshøyden og vertikalspredningen ved hallene økes med en faktor to reduseres maksimalkonsentrasjonene i bakkenivå med ca 30%.

Dersom høyden økes med en faktor tre, reduseres maksimalkonsentrasjonen med ca 40%. Når avstanden fra fabrikkene er større enn 500 m er effekten av økt effektiv utslippshøyde liten.

#### 5.4.3 Stabilitet - Vertikalspredning

Figur 5.21 viser virkningen av stabilitetsforholdene på maksimalkonsentrasjonene. Når vertikalblandingen i atmosfæren er dårlig (lett stabile og stabile forhold) beregnes høyere konsentrasjoner enn ved nøytrale atmosfæreforhold.

Ved de valgte spredningsparametre (MacElroy-Pooler) forekommer maksimalkonsentrasjonene selv under stabile forhold innenfor en avstand av 200-300 m fra kildene. Ved gode vertikale blandingsforhold (ustabile forhold) er maksimal bakkekonsentrasjon mindre enn de som beregnes ved vanlige forhold (nøytrale forhold).

Meteorologiske data indikerer at temperaturinversjoner nær bakken kan forekomme ofte om vinteren i motsetning til om sommeren. Målingene i Høyanger indikerer at en har meget høy frekvens av inversjoner nær bakken (over 80%) og at vinden stort sett var fra nordøst og disse situasjonene, (se vedlegg 1). Inversjoner som brytes opp ved oppvarming fra bakken vil ofte forårsake et sperresjikt i en viss høyde over bakken. Sperresjiktet vil hindre vertikalspredningen og forårsake høye konsentrasjoner i større avstander fra kilden.

Figur 5.22 viser effekten på konsentrasjonsfordelingen av et sperresjikt i 70 meters høyde. Eksempelvis ser en at konsentrasjonen faller lite med avstanden utover 600 m og konsentrasjonen øker med en faktor 8 på en avstand 1800 m fra kildeområdet. Stabile sperresjikt kan forekomme i Høyanger, særlig om våren når sjøen er kaldere enn luften. Soloppvarmingen av fjellssidene fører dels til sjø-landbris, dels til at et stabilt sjikt brytes opp nedenfra og at det dannes et sperresjikt ved pålandsvind. Virkningen av de angitte forurensningsutslippene på luftkvaliteten under slike spredningsforhold skal undersøkes nærmere ved blant annet sporstoffundersøkelsene.



### 5.5 Beregnete korttidskonsentrasjoner av svoveldioksyd

Noen av beregningene som er beskrevet i foregående kapitel, ble også utført for utslippet av svoveldioksyd. Effekten av forskjellige utslippsalternativer på konsentrasjonsfordelingen er vist i figur 5.23.

Ved alle utslippsalternativene finner en overskridelser av rådgivende grenseverdier for timesverdier av SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen (400 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) ved lave vindhastigheter. I oktober og november var midlere vindhastighet 3-4 m/s ved pålandsvind og maksimalkonsentrasjonene vil da være lavere enn de rådgivende grenseverdier for timeskonsentrasjoner. Effekten av å redusere svoveldioksydutslipppet som følger med rengassen med 50% er vist ved alternativ 4. Maksimalkonsentrasjonen vil da være ca 60% av verdien ved utslippsalternativ 1.

Dersom en øker skorsteinshøyden med 10 m (til 50 m) ved alternativ 4, vil maksimalkonsentrasjonene være anslagsvis 50% av verdiene ved alternativ 1.

I motsetning til denne moderate forbedringen ved alternativ 4, vil en økning av pipehøyden til 60 m ved utslippsalternativ 1, redusere maksimalkonsentrasjonene med 30% (se figur 5.24). De effektive utslippshøyden for rengassene, kan økes ved å øke skorsteinshøyden og ved å øke utslippstemperaturene over lufttemperaturen.

### 5.6 Utslippsforholdenes virkning på røykgassens høyde over bakken

Spredningen av forurensningsutslippet fra en skorstein, kan både fysisk og matematisk deles inn i fire faser, hvor henholdsvis utslippshastigheten, nærliggende bygninger, tetthetsforskjeller mellom røyken og luften og til slutt turbulensforholdene i luften har betydning for høyden og spredning av røyken.

Røykgassene som slippes ut gjennom pipene vil først stige på grunn av utslippshastigheten. Dersom pipene ikke er høye nok, kan avgassen bringes ned igjen på grunn av bygningsturbulensen og dersom utslippstemperaturen ikke er stor nok, kan utslippshøyden reduseres fordi røykgassen er tyngre enn luften. Utslippshøyden reduseres dersom avgassene er tyngre enn luften og reduksjonen viser seg å finne sted når vindhastigheten er liten.

### 5.6.1 Effekten av utslippshastigheten

Den effektive pipehøyden på grunn av utslippshastigheten kan anslås ved følgende formel:

$$h^1 = h_s + 2 \left( \frac{V_s}{u} - 1.5 \right) D$$

- $h_s$  : pipehøyde
- $V_s$  : utslippshastighet
- $u$  : vindhastighet
- $D$  : pipediameter

I Høyanger får en ved en vindhastighet på 3 m/s og 4 piper:

$$\begin{aligned} h^1 &= 40\text{m} + 2 \left( \frac{10}{3} - 1.5 \right) \cdot 3.0\text{m} \\ &40\text{m} + 11\text{m} && \underline{= 51\text{m}} \end{aligned}$$

ved 6 piper:

$$\begin{aligned} h^1 &= 40\text{m} + 2 \left( \frac{10}{3} - 1.5 \right) \cdot 2.4 \\ &40\text{m} + 9\text{m} && \underline{= 49\text{m}} \end{aligned}$$

Ved en vindhastighet på 1 m/s finner en:

$$\text{ved 4 piper: } h^1 = 9\text{m}$$

$$\text{ved 6 piper: } h^1 = 8\text{m}$$

6 REFERANSER

- (1) Sivertsen, B. Plan for undersøkelse av spredningsforholdene i Høyanger. NILU 1977.
- (2) Brev fra Årdal og Sunndal Verk A/S, Hovedkontoret den 22. desember 1977. Undersøkelse av spredningsforholdene i Høyanger - Aktuelle utslippsdata for en foreløpig spredningsberegning.
- (3) Brev fra Årdal og Sunndal Verk A/S. Høyanger Verk den 28. november 1977. Forurensningsdata - Høyanger Verk 1975.
- (4) Milde, A., Forurensningsrapport for 1976 fra ÅSV-Høyanger Verk. ÅSV-Høyanger Verk 1977.
- (5) Grotheim, K.  
Kvande, H.  
Motyfeldt, K.  
Welch, B.J. The formation and composition of the fluoride emissions from aluminium cells. Paper presented at the International Symposium on the Fluoride Problem in the Aluminium Industry. Trondheim, May 24-26, 1972.
- (6) Schjoldager, J. Program Kilder. Beregning og avspredning fra punktkilder og volumkilder. Programbeskrivelse og brukerveiledning. Kjeller 1975 (NILU TN 2/75).
- (7) MacElroy, J.L. A Comparative Study of Urban and Rural Dispersion. *J. Appl. Met.* 8, 19-31 (1969).
- (8) Statens Vegvesen  
Vegdirektoratet  
Plankontoret Sogn og Fjordane. Lånefjord - Høyanger BI.1. Målestokk 1:5000. Ekvidistanse: 5m.

VEDLEGG A

MÅLERESULTATER I OKTOBER OG  
NOVEMBER 1977

### A.1 Beskrivelse av det kontinuerlige måleopplegget

Befaring av stasjonsplasseringen i Høyanger ble utført den 4.10.77. I samarbeid med ÅSV, Høyanger, kom en frem til stasjonsplasseringen som er vist i figur 2.2.

HØYANGER PARK 25-m mast med automatisk værstasjon (AWS).

Her måles vind i 25 m nivå, temperatur i 3 og 10 m og stabilitet (som temperaturforskjellen mellom 25 og 10 m), rel.fukt. i 3 m nivå.

BARNEHAGEN 10 m mast med vindmåler (type Woelfle) plassert ca 500 m nordøst for fabrikkens. Hensikten er å måle forskjellen mellom vinden 25 m over bakken midt i dalen og vinden i nærheten av dalsida (opptrekk ved soloppvarming).

HÅLAND En termograf er plassert på Håland ca 220 moh. Termografen står på en høyde, grasdekt og relativt flat på toppen. Hensikten er å sammenligne temperaturen her med den i 25 m masta, for å estimere termisk stabilitet mellom de to nivåene.

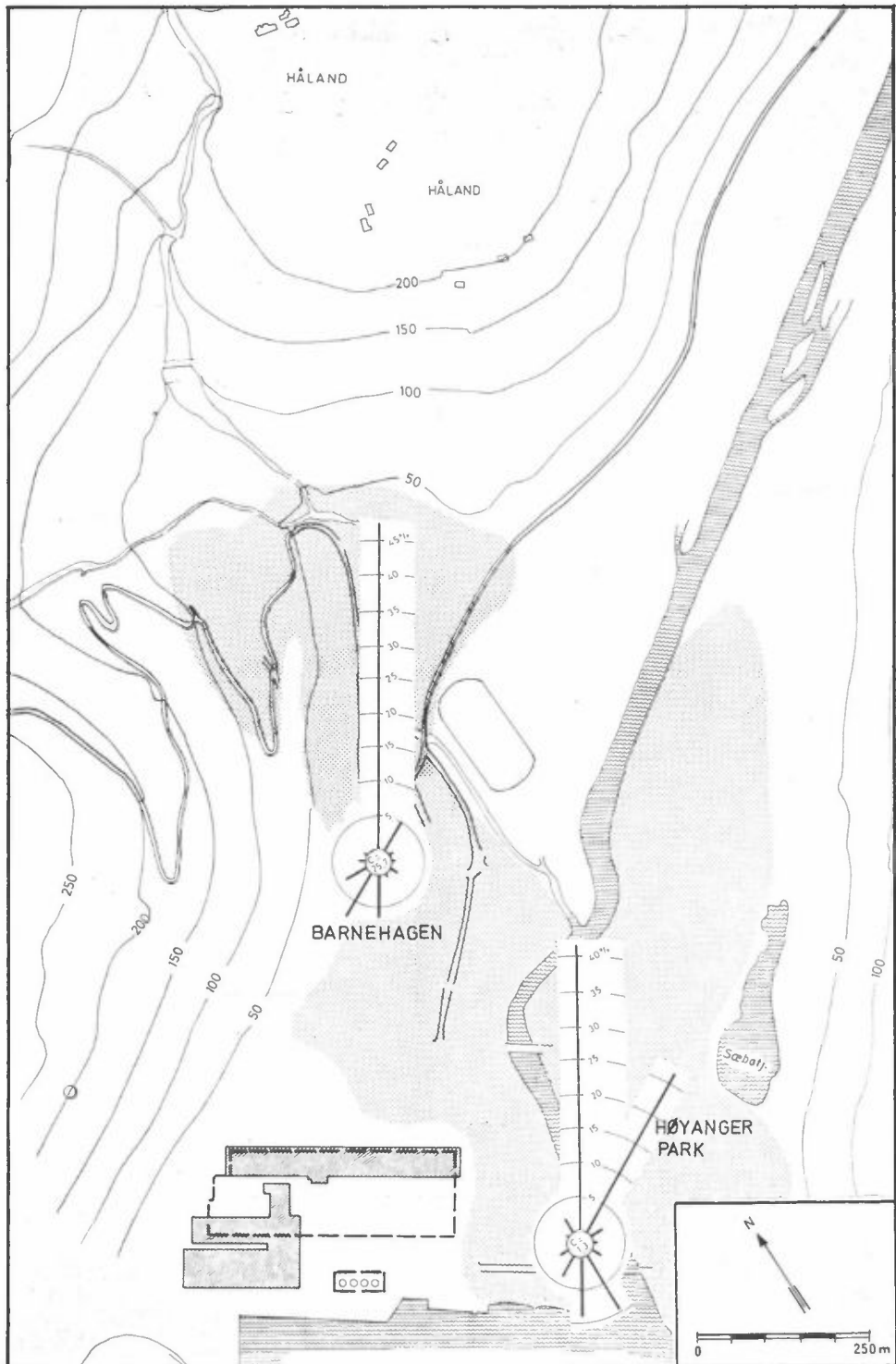
KNARVIK En vanntemperaturføler er plassert ca 300 m sørvest for fabrikkområdet. Her registreres temperaturen ca 10 cm under vannoverflaten.

Montering av stasjonene startet umiddelbart etter befaring og ble avsluttet den 10.10.77.

### A.2 Vurdering av målingene i oktober og november

#### Vindforholdene

I tabellene A1 og A2 angis vindforholdene 25 m over Høyanger Park og 10 m over bakken ved Barnehagen som frekvens av timesobservasjoner av vindretninger og vindhastigheter, samt midlere vindhastighet som funksjon av vindretningen. Frekvensen av vindretninger (vindrose) angis som funksjon av tid på døgnet.



Figur A.1: Frekvensen av vindobservasjoner i 30°-sektorer. Linjene ut fra sirkelen omkring stasjonsplasseringene angir frekvensen vind fra de respektive 30°-sektorene. I sirkelen er vindstillefrekvensen angitt i prosent av alle timesobservasjonene (C). Observasjonperiode: oktober og novemeber 1977.

- Tabell A1: Vindforholdene 25 m over bakken ved Høyanger Park.
- Tabell A2: Vindforholdene 10 m over bakken ved Barnehagen.
- Tabell A3: Frekvensfordeling av stabilitetsforholdene i Høyanger. Temperaturforskjellen mellom 25 m og 10 m over bakken ved Høyanger Park.
- Tabell A4: Frekvensfordelingen av stabilitetsforholdene i Høyanger. Temperaturforskjellen mellom Håland (230 moh.) og Høyanger Park (10 moh.).
- Tabell A5: Frekvensfordelingen av spredningsforholdene i Høyanger.
- a) Vind fra Høyanger Park.  
Stabilitet ved temperaturdifferensen mellom 25 og 10 m over Høyanger Park.
  - b) Vind fra Høyanger Park.  
Stabilitet ved temperaturdifferensen mellom Håland og Høyanger Park.
  - c) Vind fra Barnehagen.  
Stabilitet ved temperaturdifferensen mellom Håland og Høyanger Park.

De statistiske parametre som presenteres i tabellene 6-11 er som følger:

- 1) Antall dager med observasjoner
- 2) Middelerdien
- 3) Maksimalverdien
- 4) Dato for maksimalverdien
- 5) Klokkeslett for maksimalverdien
- 6) Minimumsverdien
- 7) Dato for minimumsverdien
- 8) Klokkeslett for minimumsverdien
- 9) Midlere døgnlig maksimalverdi og minimumsverdi
- 10) Antall døgn og antall timer med observerte verdier under tre angitte verdier.

I tabellenes gruppe 2 angir en middelerdien og standardavvik, samt antall observasjoner for hvert klokkeslett.

Tabell A1

VINDROSE FRA PARKEN

1/10-77 - 30/11-77 FRA TAPE 1

| SEKTOR     | VINDROSE KL. |      |      |      |      |      |      |      | DØGN |
|------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | 1            | 4    | 7    | 10   | 13   | 16   | 19   | 22   |      |
| 20- 40     | 48.9         | 42.6 | 54.3 | 37.8 | 28.3 | 45.7 | 44.7 | 31.3 | 41.8 |
| 50- 70     | 23.4         | 31.9 | 17.4 | 26.7 | 34.8 | 26.1 | 23.4 | 31.3 | 26.6 |
| 80-100     | 2.1          | 0.0  | 2.2  | 2.2  | 4.3  | 2.2  | 0.0  | 6.3  | 1.9  |
| 110-130    | 0.0          | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 2.1  | 0.0  | .6   |
| 140-160    | 2.1          | 4.3  | 0.0  | 2.2  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.5  |
| 170-190    | 6.4          | 4.3  | 8.7  | 13.3 | 6.5  | 6.5  | 8.5  | 16.7 | 9.4  |
| 200-220    | 8.5          | 8.5  | 8.7  | 8.9  | 13.0 | 13.0 | 6.4  | 6.3  | 9.1  |
| 230-250    | 6.4          | 4.3  | 4.3  | 6.7  | 4.3  | 0.0  | 4.3  | 4.2  | 3.6  |
| 260-280    | 2.1          | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 2.2  | 2.1  | 4.2  | 1.5  |
| 290-310    | 0.0          | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| 320-340    | 0.0          | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 2.1  | 0.0  | .3   |
| 350- 10    | 0.0          | 0.0  | 4.3  | 0.0  | 6.5  | 4.3  | 4.3  | 0.0  | 2.4  |
| STILLE     | 0.0          | 4.3  | 0.0  | 2.2  | 2.2  | 0.0  | 2.1  | 0.0  | 1.3  |
| ANT. OBS.  | 47           | 47   | 46   | 45   | 46   | 46   | 47   | 48   | 1117 |
| MIDL. VIND | 2.6          | 2.4  | 2.8  | 3.1  | 2.9  | 3.0  | 2.7  | 2.7  | 2.7  |

VINDANALYSE

| DØGNMIDDEL     | 30   | 60   | 90  | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 | TOTAL |
|----------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| STILLE         |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1.3   |
| .6- 2.0 M/S    | 16.1 | 18.6 | 1.6 | .5  | 1.0 | 3.7 | 3.4 | 1.3 | .4  | 0.0 | .3  | .3  | 47.3  |
| 2.1- 4.0 M/S   | 21.9 | 5.6  | .3  | .1  | .3  | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 35.2  |
| 4.1- 6.0 M/S   | 2.2  | 1.6  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 1.5 | .3  | .1  | 0.0 | 0.0 | .4  | 7.4   |
| OVER 6.0 M/S   | 1.5  | .8   | 0.0 | 0.0 | .3  | 2.8 | 2.5 | .3  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | .7  | 8.9   |
| TOTAL          | 41.8 | 26.6 | 1.9 | .6  | 1.5 | 9.4 | 9.1 | 3.6 | 1.5 | 0.0 | .3  | 2.4 | 100.0 |
| MIDL. VIND M/S | 2.5  | 2.0  | 1.3 | 1.4 | 3.0 | 4.2 | 4.3 | 2.9 | 2.5 | 0.0 | 1.6 | 4.5 | 2.7   |
| ANT. OBS.      | 467  | 297  | 21  | 7   | 17  | 105 | 102 | 40  | 17  | 0   | 3   | 27  | 1117  |

MIDLERE VINDSTYRKE FOR HELE DATASETET ER 2.7 M/S, BASERT PÅ 1120 OBSERVASJONER

SLUTT ROSE

Tabell A2

VINDROSE FRA BARNEHAGEN

1/10-77 - 30/11-77 FRA TAPE 1

| SEKTOR     | VINDROSE KL. |      |      |      |      |      |      |      | DØGN |
|------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | 1            | 4    | 7    | 10   | 13   | 16   | 19   | 22   |      |
| 20- 40     | 50.9         | 52.7 | 43.6 | 40.0 | 52.7 | 53.6 | 41.1 | 41.1 | 47.3 |
| 50- 70     | 0.0          | 7.3  | 14.5 | 1.8  | 10.9 | 0.0  | 8.9  | 5.4  | 5.0  |
| 80-100     | 0.0          | 0.0  | 0.0  | 1.3  | 1.8  | 0.0  | 1.8  | 1.8  | .5   |
| 110-130    | 0.0          | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.8  | 0.0  | 0.0  | .6   |
| 140-160    | 1.8          | 3.6  | 3.6  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.8  | 1.5  |
| 170-190    | 0.0          | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.8  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | .7   |
| 200-220    | 7.3          | 3.6  | 1.8  | 9.1  | 7.3  | 3.6  | 3.6  | 10.7 | 6.5  |
| 230-250    | 5.5          | 9.1  | 5.5  | 12.7 | 5.5  | 7.1  | 8.9  | 3.6  | 7.5  |
| 260-280    | 3.6          | 0.0  | 1.8  | 1.8  | 7.3  | 5.4  | 3.6  | 7.1  | 3.8  |
| 290-310    | 0.0          | 1.8  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.8  | 0.0  | 0.0  | .7   |
| 320-340    | 0.0          | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.8  | 3.6  | 0.0  | 0.0  | .3   |
| 350- 10    | 0.0          | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| STILLE     | 30.9         | 21.8 | 29.1 | 32.7 | 10.9 | 23.2 | 32.1 | 28.6 | 25.7 |
| ANT. OBS.  | 55           | 55   | 55   | 55   | 55   | 56   | 56   | 56   | 1329 |
| MIDL. VIND | 1.2          | 1.3  | 1.3  | 1.5  | 1.6  | 1.6  | 1.3  | 1.4  | 1.4  |

VINDANALYSE

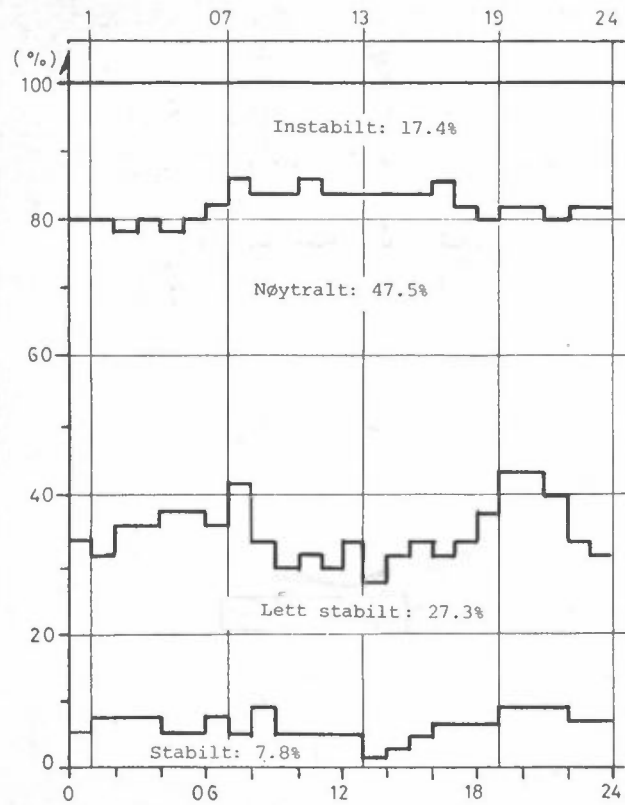
| DØGNMIDDEL     | 30   | 60  | 90  | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 | TOTAL |
|----------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| STILLE         |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 25.7  |
| .6- 2.0 M/S    | 37.5 | 5.0 | .5  | .6  | 1.5 | .7  | 3.9 | 3.2 | 3.3 | .5  | .2  | 0.0 | 57.0  |
| 2.1- 4.0 M/S   | 4.2  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 2.0 | .4  | .2  | .2  | 0.0 | 8.7   |
| 4.1- 6.0 M/S   | 3.4  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | .7  | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.0   |
| OVER 6.0 M/S   | 2.1  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | .1  | 1.4 | .1  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.6   |
| TOTAL          | 47.3 | 5.0 | .5  | .6  | 1.5 | .7  | 6.5 | 7.5 | 3.8 | .7  | .3  | 0.0 | 100.0 |
| MIDL. VIND M/S | 1.6  | .8  | .7  | .7  | 1.0 | .9  | 2.1 | 3.2 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 0.0 | 1.4   |
| ANT. OBS.      | 628  | 66  | 7   | 8   | 20  | 9   | 86  | 100 | 50  | 9   | 4   | 0   | 1329  |

MIDLERE VINDSTYRKE FOR HELE DATASETET ER 1.4 M/S, BASERT PÅ 1330 OBSERVASJONER

1 3 1 0 3 2.00 4.00 6.00 0.00 0.00 0.00 .50  
PARKEN 12 1 1 0 0 0 0.00



Tabell A4



FREKVENNS AV FØRSKJELLIGE STABILITETER

|           | GRUPPE 1<br>X=(←-1, 0) | GRUPPE 2<br>X=(-1, 0-←0, 0) | GRUPPE 3<br>X=(0, 0-←1, 0) | GRUPPE 4<br>X=(1, 0-→) |
|-----------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------|
| 1         | 19.57                  | 45.65                       | 28.26                      | 6.52                   |
| 2         | 19.15                  | 48.94                       | 23.40                      | 8.51                   |
| 3         | 21.28                  | 42.55                       | 27.66                      | 8.51                   |
| 4         | 19.15                  | 44.68                       | 27.66                      | 8.51                   |
| 5         | 21.28                  | 40.43                       | 31.91                      | 6.38                   |
| 6         | 19.15                  | 42.55                       | 31.91                      | 6.38                   |
| 7         | 17.39                  | 45.65                       | 28.26                      | 8.70                   |
| 8         | 13.95                  | 44.19                       | 34.88                      | 6.98                   |
| 9         | 15.91                  | 50.00                       | 25.00                      | 9.09                   |
| 10        | 15.91                  | 54.55                       | 22.73                      | 6.82                   |
| 11        | 13.64                  | 54.55                       | 25.00                      | 6.82                   |
| 12        | 15.91                  | 54.55                       | 22.73                      | 6.82                   |
| 13        | 15.91                  | 50.00                       | 27.27                      | 6.82                   |
| 14        | 15.91                  | 56.82                       | 25.00                      | 2.27                   |
| 15        | 15.91                  | 52.27                       | 27.27                      | 4.55                   |
| 16        | 15.56                  | 51.11                       | 26.67                      | 6.67                   |
| 17        | 13.33                  | 55.56                       | 22.22                      | 8.89                   |
| 18        | 17.78                  | 48.89                       | 24.44                      | 8.89                   |
| 19        | 20.00                  | 42.22                       | 28.89                      | 8.89                   |
| 20        | 17.39                  | 39.13                       | 32.61                      | 10.87                  |
| 21        | 17.39                  | 39.13                       | 32.61                      | 10.87                  |
| 22        | 19.57                  | 41.30                       | 28.26                      | 10.87                  |
| 23        | 17.39                  | 47.83                       | 26.09                      | 8.70                   |
| 24        | 17.39                  | 50.00                       | 23.91                      | 8.70                   |
|           | 17.37                  | 47.52                       | 27.30                      | 7.81                   |
| 1088 OBS. |                        |                             |                            |                        |
|           | Instabilt              | Nøytralt                    | Litt stabilt               | Stabilt                |





## VEDLEGG B

BESKRIVELSE AV LUFTKVALITETSKRITERIER OG  
RÅDGIVENDE GRENSEVERDIER

BESKRIVELSE AV LUFTKVALITETSKRITERIER OG  
AV RÅDGIVENDE GRENSEVERDIER

B1 Opptak av fluorid i vegetasjon (1)

En må regne med at det i første rekke er perioder med høyt fluoridinnhold i lufta som gir sviing og synlige skader på vegetasjon. Fluorider som tas opp i plantene, akkumuleres og samler seg gjerne i bladspisser eller bladrande der en etter hvert får gulfarging og døde partier. Målinger viser at svoveldioksydkonsentrasjonene i lufta neppe er høye nok til å gi sviskader.

Det er vel kjent at gassformige fluorider bindes sterkt ved absorpsjon på overflater, og at plantene tar opp fluorider direkte fra lufta (2). Tørravsetningen av gasser bestemmes vesentlig av den turbulente diffusjon (3). Det er de uordnede bevegelsene som fører forurensningene ned til bakken og markoverflaten er nærmest et perfekt sluk for både svoveldioksyd og for gassformige fluorider. I de par siste år er det publisert målinger som viser at avsetningshastigheten til grasdekt mark er mellom 0.5 og 2 cm/s for SO<sub>2</sub> (4, 5). I middel er det vanlig å bruke 0.8 cm/s og referanse høyde 1 eller 2 m. For gassformige fluorider vil avsetningshastigheten sannsynligvis være den samme som for SO<sub>2</sub>.

De partikulære fluorider kan også sette seg av på vegetasjonen, men her er tørravsetningen avhengig av partikkelstørrelsen. Antakelig er de partikulære fluorider dannet ved kondensasjon fra gassfasen. Dette gir normalt aerosoler med liten partikkeldiameter, mellom 0.1 og 0.8 µm. For slike aerosoler regner en at avsetningshastigheten er i området 0.1 til 0.4 cm/s.

Det har stor interesse å se hva fluoridkonsentrasjonene i vekstsesongen fører til av opptak på vegetasjonen. Fluoridinnholdet i høy og beitegras bestemmes for øvrig rutinemessig som et ledd i kontrollordningen for aluminiumsfabrikkene.

Når det gjelder retningslinjer for fluorider i andre land, bruker ifølge Stern (6) staten New York i USA døgnmiddelverdiene  $7 \mu\text{g F/m}^3$  for byområder og  $26 \mu\text{g F/m}^3$  for industriområder. I Pennsylvania i USA brukes  $5 \mu\text{g F/m}^3$ . I Canada brukes verdien  $7 \mu\text{g F/m}^3$  for boligstrøk. Det oppgis ingen tillatt hyppighet for overskridelser av disse verdiene, og de må da oppfattes som maksimalverdier.

På grunnlag av de norske veiledende luftkvalitetsstandardene har en ved NILU valgt følgende vurderingsgrunnlag for total mengde fluorider (8):

|                   |  |
|-------------------|--|
| Meget høyt        | : høyeste døgnmiddel over $75 \mu\text{g F/m}^3$<br>eller døgnmiddel over $25 \mu\text{g F/m}^3$<br>mer enn 2% av tiden eller halvårsmiddel<br>over $10 \mu\text{g F/m}^3$ . |
| Høyt              | : halvårsmiddel $5 - 10 \mu\text{g F/m}^3$   |
| Tilfredsstillende | : halvårsmiddel $1 - 5 \mu\text{g F/m}^3$  |
| Lavt              | : halvårsmiddel under $1 \mu\text{g F/m}^3$  |

En vil presisere at disse verdiene er satt ut fra hensynet til helseeffekter. Flora og fauna og til dels grasetende dyr er meget mer ømfintlige enn mennesker for fluoridforurensninger i luft.

Forholdet mellom de angitte helseeffekter og konsentrasjonen av svoveldioksyd og svevestøv kan brukes som indeks for graden av forurensninger. Det er sannsynligvis av stor betydning om det samtidig forekommer partikler med høyt syre- og sulfatinnhold i luften. Lavere konsentrasjoner av svoveldioksyd og svevestøv skulle bety mindre risiko for helsen. Det kan imidlertid være vanskelig å fastslå styrken av en slik påstand ut fra epidemiologiske data, fordi tolkningen av disse kan være usikker ved påvirkning fra andre faktorer enn luftforurensninger.

I tabell B2 og B3 angis rådgivende grenseverdier som Statens Forurensningstilsyn anbefaler for norske forhold. Ved å sammenholde grenseverdiene med mulige effekter av forurensninger (tabell B1) ser en sikkerhetsmarginen som er innebygd.

Selv om det er utarbeidet separate grenseverdier for SO<sub>2</sub> og svevestøv bør forurensningsforholdene vurderes samlet. Spesifiserte målemetoder anbefales når en skal sammenligne målte verdier med grenseverdiene.

Tabell B2: Grenseverdier for svoveldioksyd (SO<sub>2</sub>)

| Midlingstid | Grenseverdi (µg/m <sup>3</sup> ) | Anmerkning   |
|-------------|----------------------------------|--|
| 6 måneder   | 60                               | Aritmetisk middelværdi i en vilkårlig 6 mnd. periode   |
| 24 timer    | 200                              | Bør ikke overskrides i mer enn 2% av tiden i en vilkårlig 6 mnd. periode og ikke som en sammenhengende periode |
| 1 time      | 400                              | Bør ikke overskrides mer enn 1% av tiden i en vilkårlig 30 dagers periode                                      |

Tabell B3: Grenseverdier for sot.

| Midlingstid | Grenseverdi (µg/m <sup>3</sup> ) | Anmerkning   |
|-------------|----------------------------------|--|
| 6 måneder   | 40                               | Aritmetisk middelværdi i en vilkårlig 6 mnd. periode   |
| 24 timer    | 120                              | Bør ikke overskrides i mer enn 2% av tiden i en vilkårlig 6 mnd. periode og ikke som en sammenhengende periode |

## VEDLEGG C

FORELØPIG VURDERING AV LUFTFORURENSNINGEN  
I HØYANGER ETTER BYGGING AV NY  
ALUMINIUMFABRIKK - UTBYGGING I TO TRINN



FORELØPIG VURDERING AV LUFTFORURENSNINGEN I HØYANGER  
ETTER BYGGING AV NY ALUMINIUMFABRIKK  
- UTBYGGING I TO TRINN

C1 INNLEDNING

Det vises til møte angående undersøkelse av spredningsforholdene i Høyanger den 13.3.78 og til brev av 14.3.78. Ifølge avtalen på møtet er det utført beregninger for utbyggingsplanen i to trinn. Rapporten om tilleggsberegningene er skrevet som vedlegg C til NILUs oppdragsrapport nr. 13/78.

C2 UTSLIPP

Byggingen av ny aluminiumfabrikk i Høyanger er planlagt i to trinn:

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. trinn: Ny hall A med produksjon             | 38.000 t/år        |
| Bibehold av nåværende hall C<br>med produksjon | <u>20.000 t/år</u> |
| SUM produksjon                                 | <u>58.000 t/år</u> |

2. trinn: Riving hall C  
Bygging av ny hall B  
som i prod. og størrelse er lik  
hall A.

Etter at trinn 2 er gjennomført:

|                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| Hall A med produksjon | 38.000 t/år        |
| " B " " "             | <u>38.000 t/år</u> |
| SUM produksjon        | <u>76.000 t/år</u> |

Denne tilleggsutredningen inneholder en omtale av forurensnings-situasjonen etter 1. og 2. utbyggingstrinn.

Forurensningsmengder ved første utbyggingstrinn:

F(S): Fluorutslipp i partikkelform

F(g): Fluorutslipp i gassform

F(t): Fluorutslipp totalt

Ny hall A

Utslippsmengdene betegnes: korrigert alternativ 2.

|                 | Støv       | F(S)       | F(g)       | F(t)       | SO <sub>2</sub> |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|
| Totalt, kg/tA1  | <u>2.3</u> | <u>0.4</u> | <u>0.4</u> | <u>0.8</u> | <u>7.0</u>      |
| I rengass, kg/h | 2.3        | 0.5        | 0.6        | 1.1        | 15.8            |
| I takgass "     | <u>7.3</u> | <u>1.2</u> | <u>1.2</u> | <u>2.4</u> | <u>14.6</u>     |
| Sum kg/h        | <u>9.7</u> | <u>1.7</u> | <u>1.8</u> | <u>3.5</u> | <u>30.4</u>     |

Hall C

Normalt utslipp

|                |             |            |            |            |             |
|----------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
| Totalt kg/tA1  | <u>9.0</u>  | <u>1.0</u> | <u>2.0</u> | <u>3.0</u> | <u>11.0</u> |
| I rengass kg/h | 6.0         | 0.35       | 0.16       | 0.5        | 13.8        |
| I takgass "    | <u>14.7</u> | <u>2.1</u> | <u>4.4</u> | <u>6.5</u> | <u>11.6</u> |
| Sum kg/h       | <u>20.7</u> | <u>2.4</u> | <u>4.6</u> | <u>7.0</u> | <u>25.4</u> |

Totalt utslipp ved 1. utbyggingstrinn:

Hall A + Hall C

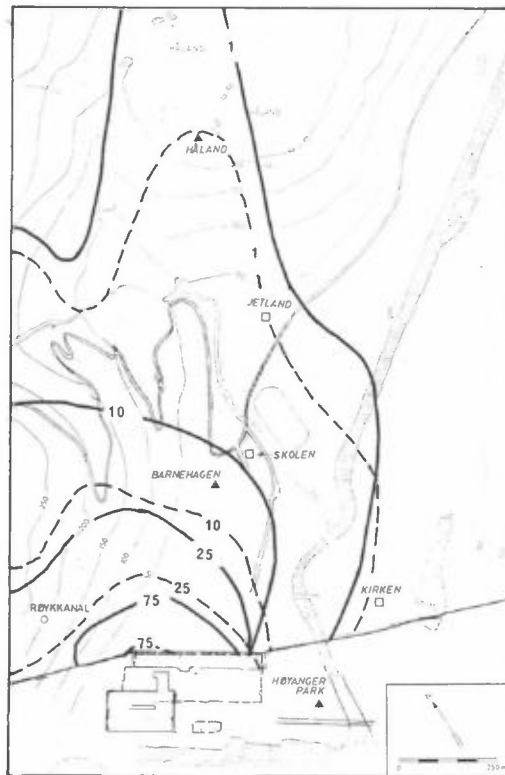
|                |             |            |            |             |             |
|----------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|
| I rengass kg/h | 8.4         | 0.8        | 0.8        | 1.6         | 29.6        |
| I takgass "    | <u>22.0</u> | <u>3.3</u> | <u>5.6</u> | <u>8.9</u>  | <u>26.2</u> |
| Sum kg/h       | <u>30.4</u> | <u>4.1</u> | <u>6.4</u> | <u>10.5</u> | <u>55.8</u> |

Totalt utslipp ved 2. utbyggingstrinn

Ny hall A + ny hall B

|                |             |            |            |            |             |
|----------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
| I rengass kg/h | 4.6         | 1.0        | 1.2        | 2.2        | 31.6        |
| I takgass "    | <u>14.6</u> | <u>2.4</u> | <u>2.4</u> | <u>4.8</u> | <u>29.2</u> |
| Sum kg/h       | <u>19.2</u> | <u>3.4</u> | <u>3.6</u> | <u>7.0</u> | <u>60.8</u> |

Utslippdataene som er gitt ovenfor er senere i rapporten betegnet med utslippsalternativ 5, 1. og 2. utbyggingstrinn.



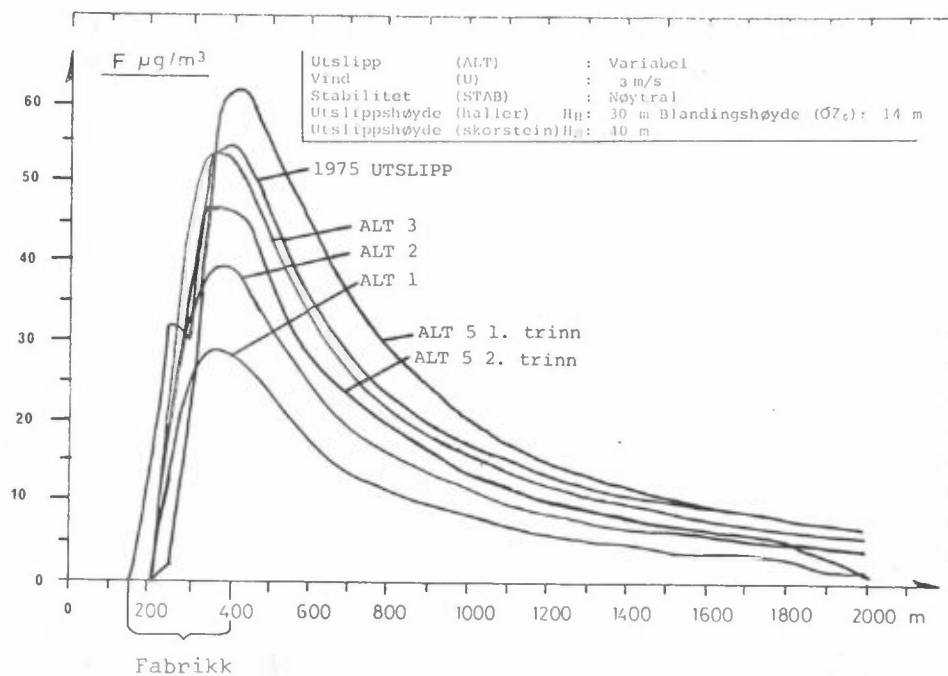
Figur C1: Midlere total fluoridkonsentrasjon.  
Enhet:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .  
Spredningsforhold: Vekstsesongen 1975.  
————: Utslippsalternativ 5 1. byggetrinn  
-----: Utslippsalternativ 5 2. byggetrinn

### C3.2 Beregnete svoveldioksydkonsentrasjoner - middelbelastningen i vekstsesongen

Tilsvarende beregninger som for fluorider er utført for utslippet av svoveldioksyd. Resultatet for de to utbyggingsalternativene er vist i figur C2.

De høye konsentrasjonene langs fjellsiden og ved røykkanalen er imidlertid eliminert.

Etter 2. utbyggingstrinn er forurensningskonsentrasjonene redusert ytterligere slik at konsentrasjonsfordelingen ligger mellom fordelingene ved alternativ 2 og 3.



Figur C3: Fluoridkonsentrasjonen i maksimumssonen (se figur 5.15) ved forskjellige utslippsalternativer.

#### C4 SKORSTEINSTEMPERATUR, FUKTIGHET OG SPREDNING

NILU har i rapporten (side 36) pekt på mulige spredningsmessige problemer ved rengassutslippet når utslippstemperaturen er lavere enn lufttemperaturen.

ÅSV har foreslått å heve rengasstemperaturen om sommeren ved hjelp av varmt vann. Vurdering av sammenhengen mellom utslippstemperatur, fuktighet og spredning fører til følgende bemerkninger:

1. Ved oppvarming tar en sikte på å øke temperaturen i rengassen noe over lufttemperaturen, slik at en unngår røyknedslag om sommeren når utetemperaturen er vesentlig høyere enn  $13^{\circ}\text{C}$ .
2. I luft med temperaturer på 15 og  $25^{\circ}\text{C}$  vil vanndampinnholdet ved metning være henholdsvis 13 og  $20 \text{ g/m}^3$ .
3. Det planlagte rengassutslippet utgjør  $10^6 \text{ Nm}^3/\text{time}$ , som det kan være nødvendig å varme opp ca  $10^{\circ}\text{C}$ . Til oppvarmingen kreves det  $3.12 \cdot 10^6 \text{ Kcal/time}$  som kan tilføres avgassene ved en kombinasjon av:
  - a) varmeutveksling mellom vann og luft
  - b) blanding av varm damp og kald luft med frigjøring av dampens kondensasjonsvarme.

Hvilke av prosessene som er av størst betydning vil være avhengig av oppvarmingsprosessen.

4. Etter oppvarmingen kan en regne med at luften vil være mettet med vanndamp. I tåke og i de fleste skyer i atmosfæren er det frie vanninnholdet (i dråpeform) mindre enn  $1 \text{ g/m}^3$ . Dersom oppvarmingen skjer med vanndamp vil det kondenseres vann, men en regner ikke med at det frie vanninnholdet i utslippet vil overstige  $1 \text{ g/m}^3$ .
5. Dersom en holder det frie vanninnholdet i rengassutslippet under  $1 \text{ g/m}^3$ , vil det sannsynligvis ikke medføre uheldige effekter for spredningen eller for tåkedannelsen i området. Tilførselen av vann og vanndamp er lite i forhold til den mengden som er i luften hvor uttynningen foregår.

## C5 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Bakkekonsentrasjonen av fluor og svoveldioksyd er beregnet for to utbyggingstrinn for en ny aluminiumsfabrikk.

Sett i sammenheng med hovedrapportens oppsummering og konklusjon vil en bemerke følgende i forbindelse med utslippsalternativ 5:

- Etter 1. utbyggingstrinn vil fluorforurensningene i boligområdene i Høyanger være omtrent som ved den gamle fabrikk. De høye bakkekonsentrasjonene nær munningen av røykkanalen vil reduseres betydelig ved at rengassen vil slippes ut gjennom skorsteiner på fabrikkområdet.
- Etter 2. byggetrinn vil fluorkonsentrasjonene bli mindre også i boligområdene i Høyanger.
- Bakkekonsentrasjonene av svoveldioksyd vil øke gradvis (i boligområdene) ved 1. og 2. utbyggingstrinn.

Når det gjelder tiltak for eventuelt å bedre luftkvaliteten i Høyanger, vil en referere til prioriteringen gitt i hovedrapporten.

### Oppvarming av rengassen med varmt vann:

Når oppvarmingen bare er nødvendig om sommeren, anser en det for lite sannsynlig at tilskuddet av vann/vanndamp vil medføre problemer for spredningen eller forårsake sjenerende tåkedannelse, men utslippet vil bli mer synlig.



## NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

(NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FORSKNINGSRÅD)  
 POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM  
 ELVEGT. 52.

TLF. (02) 71 41 70

|   |                            |  |
|---|----------------------------|--|
| RAPPORTTYPE<br>Oppdragsrapport  | RAPPORTNR.<br>OR 13/78     | ISBN--82-7247-013-6                                |
| DATO<br>6.3.1978  | ANSV. SIGN.<br><i>O.S.</i> | ANT. SIDER OG BILAG                                |
| TITTEL<br>FORELØPIG VURDERING AV LUFTFORURENS-<br>NINGEN I HØYANGER ETTER BYGGING AV<br>NY ALUMINIUMSFABRIKK  |                            | PROSJEKTLEDER<br>K.E. Grønskei                     |
| FORFATTER(E)<br>K.E. Grønskei, B. Lamb og<br>B. Sivertsen   |                            | NILU PROSJEKT NR<br>22477                          |
| OPPDRA GSGIVER<br>Årdal og Sunndal Verk A/S   |                            | TILGJENGELIGHET **                                 |
| 3 STIKKORD (å maks.20 anslag)<br>Aluminiumindustri  |                            | SPREDNINGSBEREGNINGER Fluorider og SO <sub>2</sub> |
| REFERAT (maks. 300 anslag, 5-10 linjer)<br>Bakkekonsentrasjonen av fluor og svoveldioksyd er beregnet for alternative utslipp fra aluminiumsverket i Høyanger. Konsentrasjonene av fluorider vil reduseres og konsentrasjonen av svoveldioksyd vil øke i boligområdene etter byggingen av ny fabrikk. For å unngå mulige overskridelser av veiledende luftkvalitetsstandarder anbefales følgende tiltak:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>- Utslipppet av SO<sub>2</sub> reduseres til et minimum.</li> <li>- Høyden av skorsteinene bør økes, fra 40 til minst 60 m.</li> <li>- Temperaturen i rengassutslippet gjennom skorsteinene bør økes.</li> </ul>   |                            |  |
| TITTEL Preliminary evaluation of air pollution in Høyanger when a new Aluminium factory is built.   |                            |  |
| ABSTRACT (max. 300 characters, 5-10 lines)<br>Ground level concentration of fluor and SO <sub>2</sub> is estimated for alternative emissions from the Aluminium Plant in Høyanger. The fluoride concentration will decrease and the SO <sub>2</sub> -concentration will increase when the new factory is built. In order not to exceed air quality standards, the following are recommended:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>- The emission of SO<sub>2</sub> is reduced to a minimum</li> <li>- The stack height should be increased from 40 to at least 60m</li> <li>- The temperature in the clean gas emission through the stacks should be increased during summer. The emission should not be colder than ambient air.</li> </ul> |                            |  |

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