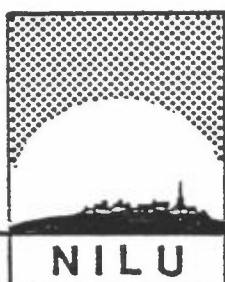


NILU  
OPPDRAGSRAPPORT NR: 12/82  
REFERANSE: 21680  
DATO: MARS 1982

LUFTFORURENSNING FRA UNION BRUK, SKIEN  
JUNI 1980 - JUNI 1981

AV

JØRGEN SCHJOLDAGER



**NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING**

POSTBOKS 130.- 2001 LILLESTRØM

NILU  
OPPDRAKSRAFFORT NR: 12/82  
REFERANSE: 21680  
DATO: MARS 1982

LUFTFORURENSNING FRA UNION BRUK, SKIEN  
JUNI 1980 - JUNI 1981

AV  
JØRGEN SCHJOLDAGER

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM  
NORGE

ISBN-82-7247-300-3

## SAMMENDRAG

Rapporten gjengir resultatene fra en undersøkelse av svoveldioksyd ( $\text{SO}_2$ ) og luktstoffer fra Union Bruk, gjennomført som et samarbeid mellom Norsk institutt for luftforskning, Sentralinstitutt for industriell forskning og Statens forurensnings- tilsyns kontrollseksjon i Nedre Telemark.

Prosjektet har bestått av fire hoveddeler:

- Utslippsmålinger av svoveldioksyd
- Immisjonsmålinger av svoveldioksyd og hydrogensulfid
- Karakterisering av luktende stoffer
- Spredningsberegninger for svoveldioksyd.

Utslippsmålinger av  $\text{SO}_2$  ble foretatt ved hjelp av fjernanalyse med laser-utstyr fra Statens naturvårdsverk, Sverige. Målingene ga sammenliknbare resultater med samtidige målinger med andre metoder. Det gjenstår ennå utviklingsarbeid før utstyret kan brukes til rutinemessig overvåking, men en fikk demonstrert at slikt utstyr på lengre sikt kan bli verdifullt for fjernovervåking av  $\text{SO}_2$ -utslipp.

Målingene av  $\text{SO}_2$  i bedriftens omegn ga maksimalverdier som til dels var høyere enn vanlig brukte grenseverdier for luftkvalitet. De høyeste konsentrasjonene forekom i områdene øst og nord for bedriften. Høyeste døgnmiddelverdi var  $205 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , og høyeste timesverdi var  $1300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i perioden fra juni 1980 til juni 1981. Typiske månedsverdier varierte mellom 10 og  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

$\text{SO}_2$ -nivået i Skien må generelt karakteriseres som høyt etter norske forhold. De aller fleste tilfellene med høye konsentrasjoner forekom ved vind fra Union Bruk mot de aktuelle målestedene.

Det ble ikke registrert hydrogensulfid på de to stedene der slike målinger ble utført (juni-september nord for bedriften og mars-april sør for bedriften).

Hovedårsaken til luktplager i omgivelsene synes å være en rekke utslippssteder hvor avlufting fra prosessen skjer direkte over tak. Videre tyder resultatene på at prosessen med furu som råstoff betyr mest når det gjelder luktutslipp. Utslipp fra prosessen med gran som råstoff har vært betydelig lavere.

Å bygge en høyere hovedpipe ser ikke ut til å være en løsning for å få bedret luktutslippene fra bedriften. Det synes å være en bedre løsning å samle de mest luktende avluftingsutslippene og rense disse enten ved forbrenning eller ved kjemisk, eventuelt biologisk vasking.

Ved hjelp av en spredningsmodell ble den romlige fordeling av SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner beregnet og sammenliknet med målte konsentrasjoner på tre utvalgte dager med relativt høy forurensning. Konsentrasjonene på de tre dagene ble beregnet på nytt under forutsetninger om endrede utslippsforhold, dvs. høyere skorsteiner og eliminering av avluftingsutslipp.

Økning av skorsteinshøydene for fyrhus og scrubber på Union Bruk med 20 m ga maksimale konsentrasjonsreduksjoner i bakkenivå på ca 15%, mens en økning på 40 m ga maksimale reduksjoner på ca 20-25%. Ved å eliminere avluftingsutslippene ble det oppnådd konsentrasjonsreduksjoner ved bakken på inntil 30-50%. De største forbedringene ble oppnådd ved en kombinasjon av økte skorsteins- høyder og fjerning av avluftingsutslipp. Beregningene viste da maksimale reduksjoner på ca 50-70%.

INNHOOLD

	Side
SAMMENDRAG .....	3
1 INNLEDNING .....	7
2 GJENNOMFØRING .....	8
2.1 Utslippsmålinger av svoveldioksyd .....	8
2.2 Immisjonsmålinger av svoveldioksyd og hydrogen- sulfid .....	8
2.3 Karakterisering av luktende stoffer .....	10
2.4 Spredningsberegninger for svoveldioksyd .....	10
3 RESULTATER OG DISKUSJON .....	11
3.1 Utslippsmålinger av svoveldioksyd .....	11
3.2 Immisjonsmålinger av svoveldioksyd og hydrogen- sulfid .....	12
3.2.1 Grenseverdier for luftkvalitet for SO <sub>2</sub> .....	12
3.2.2 Sammendrag av måleresultater for SO <sub>2</sub> .....	14
3.2.3 Måleresultater for hydrogensulfid .....	19
3.3 Karakterisering av luktende stoffer .....	19
3.4 Spredningsberegninger for svoveldioksyd .....	20
3.4.1 Datagrunnlag .....	20
3.4.2 Sammenlikning mellom målinger og beregninger ....	21
3.4.3 Virkning av økt utslippstemperatur .....	25
3.4.4 Virkning av økt skorsteinshøyde .....	26
3.4.5 Samlet virkning av endrede utslippsforhold .....	27
4 KONKLUSJON .....	31
4.1 Utslippsmålinger av svoveldioksyd .....	31
4.2 Immisjonsmålinger av svoveldioksyd og hydrogen- sulfid .....	33
4.3 Karakterisering av luktende stoffer .....	33
4.4 Spredningsberegninger for svoveldioksyd .....	32
5 REFERANSELISTE .....	33

	Side
VEDLEGG A: Måling av SO <sub>2</sub> -utslipp fra Union Bruk ved hjelp av laser-teknikk .....	37
VEDLEGG B: Oversikt over kortvarige SO <sub>2</sub> -konsentrasjoner høyere enn 1000 µg/m <sup>3</sup> , Skien, juni 1980- juni 1981 .....	47
VEDLEGG C: Utslippsdata for SO <sub>2</sub> .....	51
VEDLEGG D: Vind- og stabilitetsdata for dagene 6.11.80, 2.3.81 og 23.6.81 .....	55

LUFTFORURENSNING FRA UNION BRUK, SKIEN,  
JUNI 1980 - JUNI 1981

1 INNLEDNING

Vinteren 1979-80 var det en rekke tilfeller av høye konsentrasjoner av luftforurensning i Skien. Årsaken var store utslipp fra Union Bruk. Det ble målt svært høye konsentrasjoner av svoveldioksyd ( $\text{SO}_2$ ), og det ble klaget over ubehagelig lukt i Skien.

På denne bakgrunn ble Norsk institutt for luftforskning (NILU) bedt om å gjennomføre et prosjekt for måling og beregning av  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner og karakterisering av luktende stoffer, i samarbeid med Sentralinstitutt for industriell forskning (SI) og Statens forurensningstilsyn (SFT), Kontrollseksjonen for industriforurensning i nedre Telemark (1).

Prosjektet ble startet våren 1980, og målinger pågikk fram til sommeren 1981. Både før, under og etter denne perioden har imidlertid Union Bruk og SFT gjennomført egne undersøkelser som ikke har vært en del av samarbeidsprosjektet mellom NILU, SI og SFT.

I denne rapporten blir resultatene av samarbeidsprosjektet mellom NILU, SI og SFT lagt fram. Enkelte deler av prosjektet er tidligere beskrevet i egne rapporter, og i de tilfellene vil konklusjonene bli gjengitt her.

Ytterligere informasjon om undersøkelser omkring Union Bruk er gitt i kontrollnotater og månedsrapporter fra SFTs kontrollseksjon. De viktigste resultatene fra disse undersøkelsene er også gjengitt i Kontrollseksjonens årsrapporter (2,3).



Prosjektet har bestått av fire hoveddeler:

- Utslippsmålinger av svoveldioksyd
- Immisjonsmålinger av svoveldioksyd og hydrogensulfid.
- Karakterisering av luktende stoffer.
- Spredningsberegninger for svoveldioksyd.

Den praktiske gjennomføringen av prosjektet er omtalt i kapittel 2. Kapittel 3 inneholder resultater og diskusjon, mens konklusjonene er gjengitt i kapittel 4. Hvert kapittel har underkapitler om utslippsmålinger, immisjonsmålinger, luktundersøkelser og spredningsberegninger.

## 2 GJENNOMFØRING

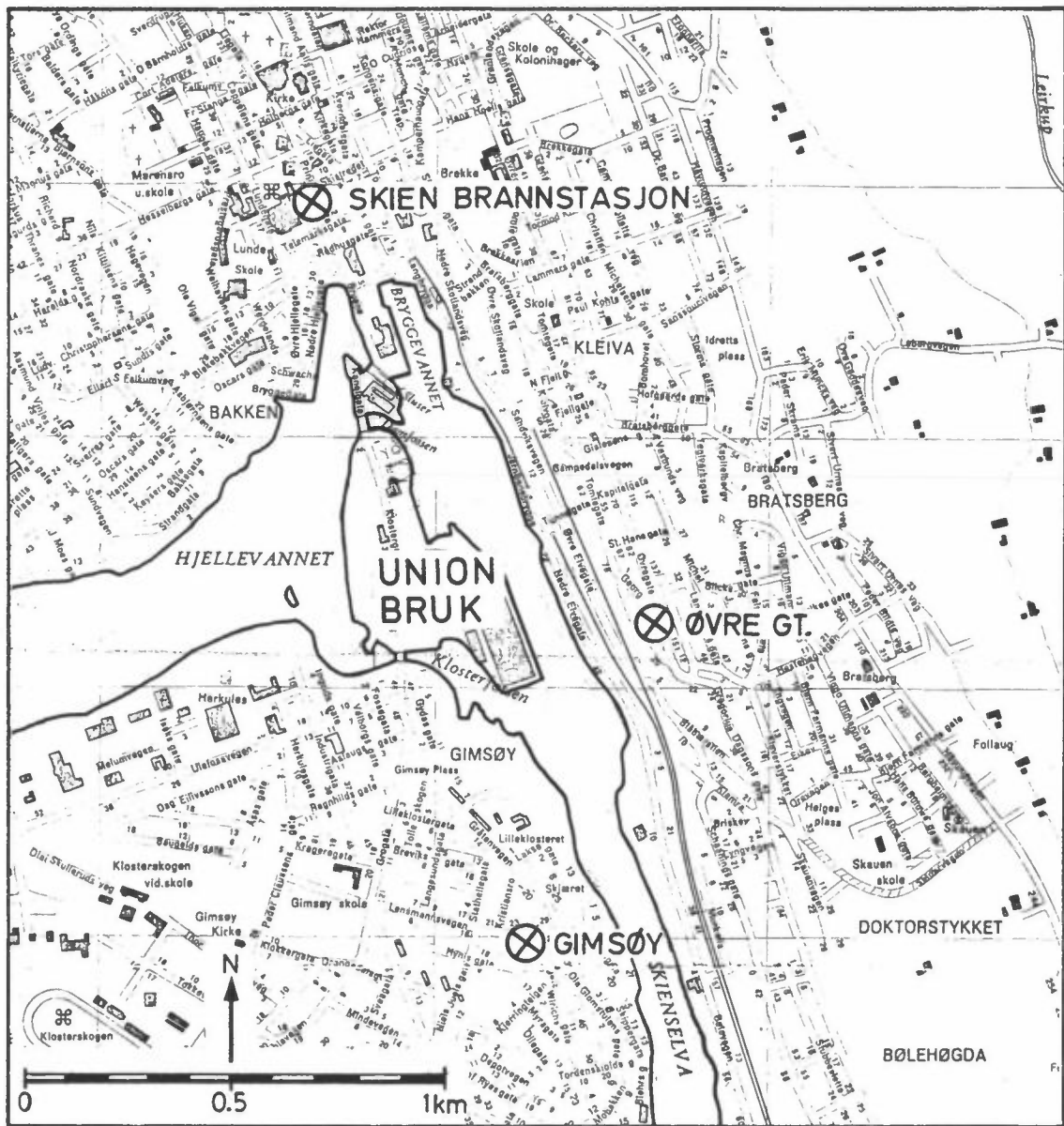
### 2.1 Utslippsmålinger av svoveldioksyd

Måling av  $SO_2$ -utslipp ved hjelp av fjernanalyse ble gjort den 17.6.80 (4). Statens naturvårdsverk i Sverige stilte til disposisjon en målebuss utstyrt med laser-utrustning. Måleprinsippet som også kalles for "lidar" (light detection and ranging), gir  $SO_2$ -konsentrasjoner som funksjon av avstanden langs rette linjer. Ved hjelp av samtidige vindobservasjoner kan en beregne utslipp, både fra skorsteiner og diffuse kilder.

Det svenske laser-systemet var ennå på forsøksstadiet sommeren 1980, og målingene i Skien var en del av systemets utprøving i felt. Samtidig med fjernanalysen ble det målt  $SO_2$ -utslipp i enkelte av skorsteinene på Union Bruk av folk fra SFT og bedriften (5).

### 2.2 Immisjonsmålinger av svoveldioksyd og hydrogensulfid

Målinger av  $SO_2$  er gjort på tre steder omkring Union Bruk. Oversikt over målesteder og -perioder er gitt i tabell 1. Kart over målestedene er gitt i figur 1. Målestedene Skien brannstasjon og Øvre gt. er fortsatt i drift (februar 1982). Denne rapporten inneholder resultater for perioden fra juni 1980 til juni 1981. For måleresultater før og etter denne perioden henvises til årsrapportene fra SFTs kontrollseksjon (2,3).



Figur 1: Kart over målestedene Øvre gt., Skien brannstasjon og Gimsøy.

Tabell 1: Oversikt over SO<sub>2</sub>-målinger

Målested	Periode	Merknader
Øvre gt.	juni 1980- juni 1981	Fortsatt i drift
Skien brannstasjon	juni 1980- juni 1981	Fortsatt i drift
Gimsøy	okt. 1980- juni 1981	

Målingene av SO<sub>2</sub> er gjort med kontinuerlig registrerende instrumenter (fabrikat Philips og Monitor Lab.) Instrumentene er inspisert og vedlikeholdt av personell fra SFTs kontrollseksjon og NILU.

Hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S) er målt på døgnbasis på Skien brannstasjon i perioden 18.6-10.9.80 og på Gimsøy i perioden 24.3-24.4.81. SFTs kontrollseksjon har hatt ansvaret for prøvetaking, og analysene er gjort på NILU. Målingene er basert på adsorpsjon av H<sub>2</sub>S på filter impregnert med blyacetat. H<sub>2</sub>S omdannes til svart blyulfid, som bestemmes reflektometrisk.

### 2.3 Karakterisering av luktende stoffer

Sentralinstitutt for industriell forskning (SI) har hatt ansvaret for denne delen av prosjektet. Personell fra SI og SFT har samlet inn prøver, og analysene er gjort på SI. SFT har hatt prøvetakingsutstyr tilgjengelig for innsamling av prøver på kort varsel. De fleste prøvene er tatt av utslipp, men enkelte prøver i bedriftens omgivelser er også samlet inn (9-11).

### 2.4 Spredningsberegninger for svoveldioksyd

Som grunnlag for disse beregningene har en brukt utslippsdata fra Union Bruk og SFT, samt meteorologiske data innsamlet i nedre Telemark (15-19).

Til beregningene har en nyttet NILUs modeller for spredning fra skorsteiner (12,13). En har sammenliknet målte og beregnede SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner, og virkningen av utslippsreduksjoner og økte utslippshøyder er studert.

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

#### 3.1 Utslippsmålinger av svoveldioksyd

Måleresultatene ved hjelp av laser-instrumentet til Statens naturvårdsverk i Sverige (SNV) er tidligere rapportert i en SNV-rapport sammen med andre utslippsmålinger i nedre Telemark (4). I vedlegg A har en gjengitt kapitlet fra SNV-rapporten som omhandler Union-målingene.

Målingene ble gjort ved at konsentrasjonen ble målt langs rette linjer på lo- og lesiden av utslippene. Ved å måle langs mange linjer med liten innbyrdes avstand og interpolere konsentrasjonen mellom linjene ble den romlige konsentrasjonsfordelingen bestemt. Samtidig ble vindstyrken målt i ulike høyder over bakken ved hjelp av prøveballonger. Ved å multiplisere konsentrasjon med vindstyrke får en et mål for utslippet.

Den 17.6.80 kl 15 ble utslippet fra fyrhus-skorsteinen beregnet til 23 kg/h. Samme dag kl 16 ble utslippet fra scrubber-skorsteinen beregnet til 24 kg/h.

SFT foretok utslippsmålinger i scrubber-skorsteinen den 17.6.80 kl 13-15 med tre forskjellige metoder. Målingene viste utslipp i intervallet 12.2-14.0 kg/h, dvs. lavere enn det laser-målingene viste 1-3 timer seinere (5). Denne forskjellen kan blant annet skyldes SO<sub>2</sub>-utslipp fra avlufting av massebinger, som laser-instrumentet kan ha registrert sammen med skorsteinsutslippene. Utslippene ved avlufting varierer sterkt for ulike faser av produksjonsprosessen. SFT målte et av disse utslippene til 4-6 kg/h kl 1530 (5). Andre utslipp av SO<sub>2</sub> fra cellulosefabrikken er kort omtalt i pkt. 3.4 og i vedlegg C.

Laser-målingene ble gjort som et ledd i SNVs utprøving av måleutstyret. Slikt utstyr vil på lengre sikt være svært verdifullt for fjernovervåking av SO<sub>2</sub>-utslipp. 1980 var imidlertid det første året utstyret ble utprøvd i felt over lengre tid. Det gjenstår ennå utviklingsarbeid før utstyret er egnet til rutinemessig overvåking.

Utslippene av SO<sub>2</sub> fra Union Bruk har vist store variasjoner i løpet av de siste par år. For at utslippsmålinger skal bli representative, er det derfor viktig at tidsperioden er så lang at variasjonene kan bli registrert. Målingene med laser-utstyret sommeren 1980 må bare betraktes som en demonstrasjon av målemetodens brukbarhet. Metoden må imidlertid karakteriseres som lovende, og resultatene samsvarte brukbart med de fra oppsamling og analyse av røykgassene.

### 3.2 Immisjonsmålinger av svoveldioksyd og hydrogensulfid

#### 3.2.1 Grenseverdier for luftkvalitet for SO<sub>2</sub>

I Norge fins det for tida ikke gjeldende grenseverdier for luftkvalitet. Statens forurensningstilsyn er i ferd med å utarbeide forslag til grenseverdier for en del stoffer, blant annet svoveldioksyd. Forslaget ventes å bli framlagt i løpet av 1.halvår 1982.

I tabell 2 er det gjengitt svenske retningslinjer for SO<sub>2</sub> i ute-luft (6). Det er gitt to sett verdier, en "högsta halt" som det som kan godtas i dag og et "planeringsmål" som gir et ønsket maksimumsnivå på lengre sikt.

Tabell 2: Svenske retningslinjer for  $SO_2$  i uteluft (6).

Högsta halt $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Planeringsmål $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tidsperiod som medelvärdet avser	Anmärkning
100	60	Vinterhalvår (okt—mars)	För omräkning till pphm gäller i avrundade värden att 1 pphm = 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
300	200	24 tim	Medelvärdet för 24 tim får överskridas högst 2 % av tiden (3 dagar) under vinterhalvåret. Dessa dagar får dock inte infalla i följd
750	—	1 tim	Medelvärdet för 1 tim får överskridas högst 1 % av tiden under en 30-dagarsperiod

En ekspertgruppe i Verdens helseorganisasjon (WHO) har foreslått veiledende retningslinjer for svoveldioksyd og svevestøv, som vist i tabell 3 (7).

Tabell 3: Forslag fra WHOs ekspertgruppe til veiledende retningslinjer for  $SO_2$  og svevestøv (7).

Midlingstid	Konsentrasjon ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	$SO_2$	Svevestøv
Døgn	100-150	100-150
År	40- 60	40- 60

Retningslinjene baserer seg på undersøkelser der både  $SO_2$  og svevestøv har vært til stede. Av forsiktighetsgrunner blir det imidlertid i WHO-dokumentet anbefalt at grenseverdiene bør gjelde hver for seg (7).

Den internasjonale skogforskningsorganisasjonen IUFRO (International Union of Forestry Research Organizations) har anbefalt grenseverdier for  $SO_2$  med tanke på å beskytte skog, som vist i tabell 4 (8).

Tabell 4: Grenseverdier for  $SO_2$  anbefalt av den internasjonale skogforskningsorganisasjonen IUFRO (8).

	Konsentrasjon ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	30 min <sup>1)</sup>	24 h	1 år
Tilstrekkelig for vanlig, produktiv skog	150	100 <sup>2)</sup>	50
Tilstrekkelig for all skog	75	50	25

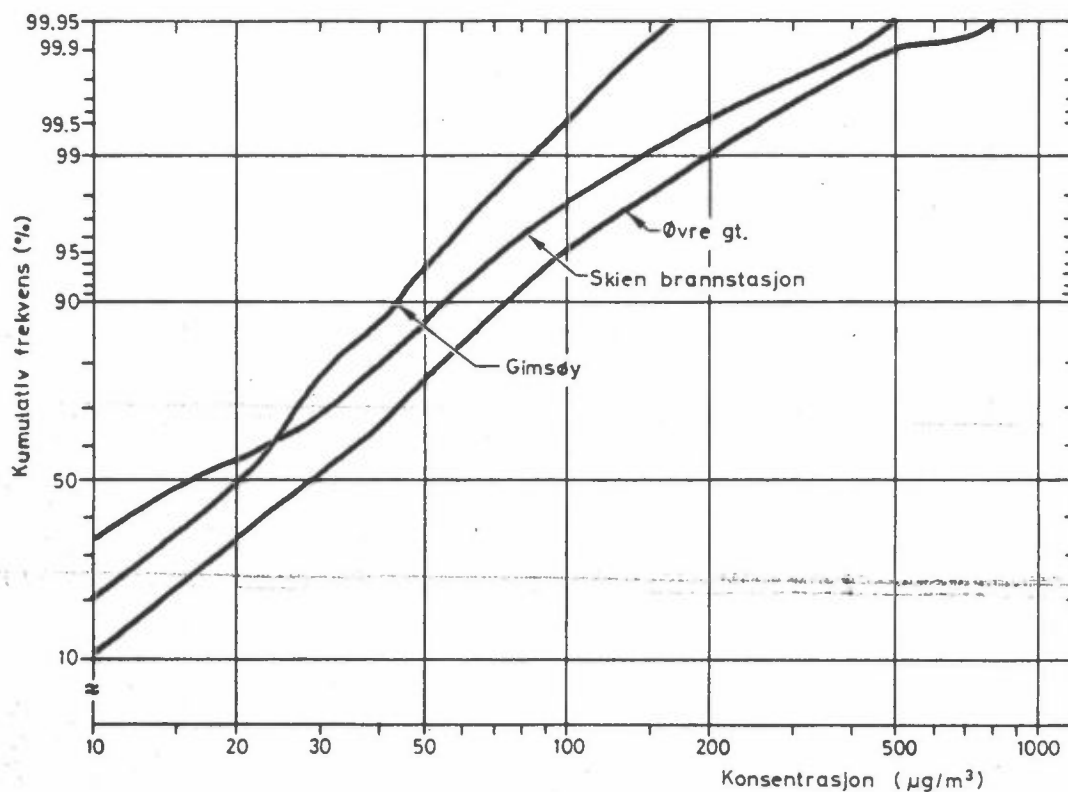
1) kan overskrides 2.5% av tiden i vekstsesongen

2) kan overskrides 12 ganger i løpet av 6 måneder.

### 3.2.2 Sammendrag av måleresultater for $SO_2$

I figur 2 er det gitt kumulativ frekvensfordeling av  $SO_2$ -konsentrasjonen på de tre målestedene. Figuren gir antall prosent av timesverdiene som var lavere enn eller lik bestemte konsentrasjoner. Aksene i figuren er slik at en konsentrasjonsfordeling som er log-normal, gir en rett linje i figuren. (Log-normal fordeling vil si at logaritmen til konsentrasjonene er normalfordelt.)

Flest høye konsentrasjoner forekom i Øvre gt. og på Skien brannstasjon. For alle tre målestedene var konsentrasjonen tilnærmet log-normalfordelt.



Figur 2: Kumulativ frekvensfordeling av timesverdier for  $SO_2$ , Øvre gt og Skien brannstasjon (juni 1980-juni 1981) og Gimsøy (oktober 1980-juni 1981).

I tabell 5 er det gitt maksimal timesverdi på de ulike målestedene, samt antall timer med konsentrasjon høyere enn 100, 150, 300, 500 og 750  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Videre er det gitt maksimale døgnverdier, samt antall døgn med konsentrasjon høyere enn 50, 100, 150 og 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tabellen viser i hovedsak det samme som figur 2, nemlig at de fleste høye konsentrasjoner forekom i Øvre gt.

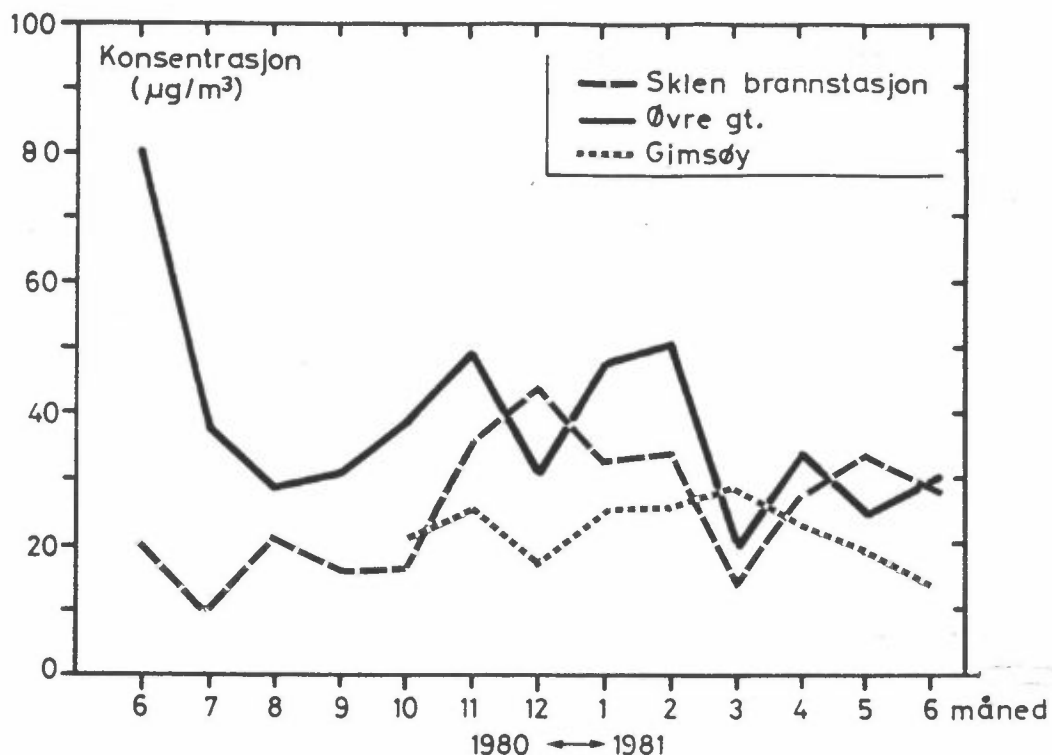


Tabell 5: Sammendrag av SO<sub>2</sub>-målinger på timesbasis og døgnbasis.

Målested	Antall timer med data	Antall timer med konsentrasjon høyere enn					Maksimal timesverdi (µg/m <sup>3</sup> )
		100 µg/m <sup>3</sup>	150 µg/m <sup>3</sup>	300 µg/m <sup>3</sup>	500 µg/m <sup>3</sup>	750 µg/m <sup>3</sup>	
Øvre gt.	8954	438	156	31	9	6	1300
Skien brannstasjon	7798	190	79	17	3	1	774
Gimsøy	5359	30	3	1	0	0	365
Målested	Antall døgn med data	Antall døgn med konsentrasjon høyere enn				Maksimal døgnverdi (µg/m <sup>3</sup> )	
		50 µg/m <sup>3</sup>	100 µg/m <sup>3</sup>	150 µg/m <sup>3</sup>	200 µg/m <sup>3</sup>		
Øvre gt.	378	86	11	3	1	205	
Skien brannstasjon	356	35	2	0	0	124	
Gimsøy	237	6	0	0	0	69	

Høyeste timesverdi i perioden var 1300 µg/m<sup>3</sup>, mens høyeste døgnverdi var 205 µg/m<sup>3</sup>. Disse verdiene er høye etter norske forhold. Det har imidlertid vært målt høyere konsentrasjoner enn dette i Skien før og etter perioden fra juni 1980 til juni 1981 (2,3).

Konsentrasjonen av SO<sub>2</sub> på månedsbasis er illustrert i figur 3. Høyeste månedsmiddelverdi i perioden var 81 µg/m<sup>3</sup> som forekom i Øvre gt i juni 1980. Ellers var månedsmiddelverdiene i intervallet 10-50 µg/m<sup>3</sup>.



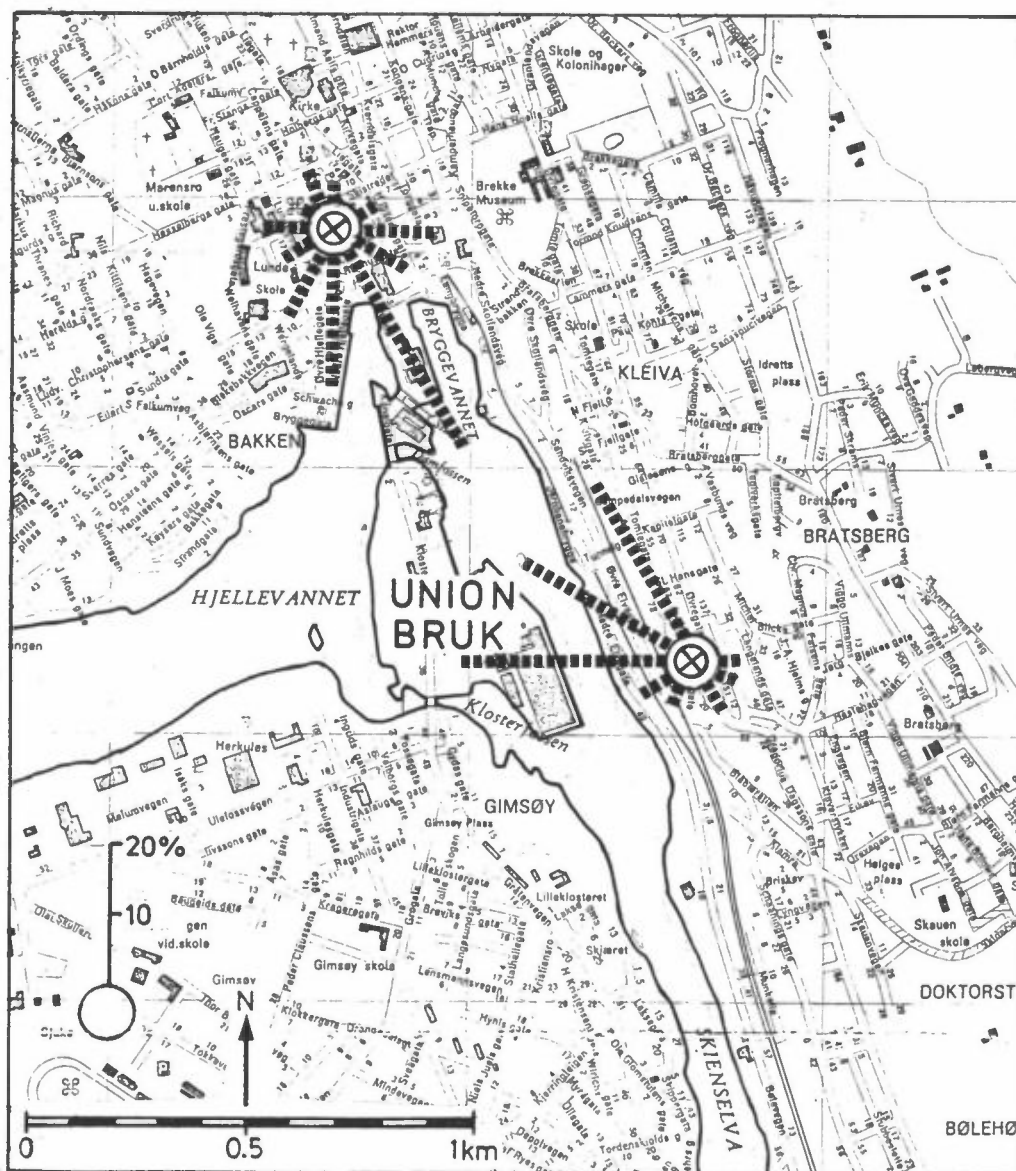
Figur 3: Månedsmiddelverdier av SO<sub>2</sub>, Øvre gt. og Skien brannstasjon (juni 1980-juni 1981) og Gimsøy (oktober 1980-juni 1981).

SO<sub>2</sub>-målerne på de tre målestedene gir konsentrasjonen kontinuerlig på skrivere. Konsentrasjonen blir gjerne midlet over 1/2 time eller en time, og rapporteringen skjer oftest på timesbasis som gjengitt ovenfor. Det har imidlertid vært en del tilfeller der det har vært svært høye konsentrasjoner av kort varighet. En oversikt over slike kortvarige konsentrasjonstopper over 1000 µg/m<sup>3</sup> er gitt i vedlegg B. Det ble i alt registrert 20 slike tilfeller i Øvre gt, 33 tilfeller på Skien brannstasjon og to tilfeller på Gimsøy.

En sammenlikning av målerresultatene for SO<sub>2</sub> med grenseverdiene for luftkvalitet viser at konsentrasjonsnivået ikke synes særlig høyt for lange midlingstider (måneder, år). De høyeste døgnverdiene har imidlertid vært i overkant av WHO-grenseverdiene. Ved midlingstider på en time og kortere har det vært konsentrasjoner som må karakteriseres som svært høye selv om disse har forekommet relativt sjelden i perioden fra juni 1980 til juni 1981.

Disse høye konsentrasjonene må ha hatt sammenheng med ekstraordinært store utslipp og ikke bare med ugunstige meteorologiske situasjoner.

I figur 4 er timesverdiene fra Øvre gt. og Skien brannstasjon som var høyere enn  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , fordelt på samtidige vindretninger målt på Union Bruk. Figuren viser at det overveiende antall av høye timesverdier forekom når vinden blåste fra Union Bruk mot målestedet.



Figur 4: Fordeling (%) av timesverdier av  $\text{SO}_2$  høyere enn  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i Øvre gt. og Skien brannstasjon, ved samtidige vindretninger på Union Bruk.

### 3.2.3 Måleresultater for hydrogensulfid

Det ble ikke registrert hydrogensulfid ( $H_2S$ ) på Skien brannstasjon og Gimsøy i de to måleperiodene. Deteksjonsgrensen har vært  $0.3 \mu g/m^3$ . Det har tidligere (bl.a. vinteren 1979-80) vært klaget på lukt av  $H_2S$  i Skien. Slike utslipp synes ikke å ha skjedd i de to måleperiodene (juni-september 1980) og (mars-april 1981) ved vindretninger som kan ha brakt påvisbare mengder  $H_2S$  til målestedene.

### 3.3 Karakterisering av luktende stoffer

Denne delen av prosjektet er beskrevet i tre rapporter fra SI (9-11). I den siste av disse, som er undersøkelsens sluttrapport, blir det konkludert med følgende:

- Når det gjelder utslipp fra hovedpipe (scrubber) synes det som innholdet av flyktige forbindelser er meget lite. Dette gjelder både når produksjonen går normalt og når det foretas surkjøring av anlegget.
- Det finnes en rekke utslippssteder på Union Bruk hvor avgassene slippes direkte over tak. Disse utgjør tilsammen en ikke uvesentlig del av total luftmengde. I flere av disse utslippene finnes det forholdsvis store mengder flyktige luktforbindelser.
- Resultatene kan tyde på at det først og fremst er H-linjen (høyutbytte med furu som råstoff) som betyr mest når det gjelder luktutslipp. Utslipp fra N-linjen (normalutbytte med gran som råstoff) har i alle undersøkte prøver vært betydelig lavere.
- Man finner igjen flere av de typiske luktstoffene fra utslippene i prøver samlet forskjellige steder øst for bedriften.
- Å bygge en høyere hovedpipe ser ikke ut til å være en løsning for å få bedret luktutslippene fra bedriften. Det synes å være en bedre løsning å samle de mest luktende tak-utslippene og rense disse enten ved forbrenning eller ved kjemisk, eventuelt biologisk vasking.

### 3.4 Spredningsberegninger for svoveldioksyd

Spredningsberegningene er gjennomført ved hjelp av en av NILUS beregningsmodeller for spredning fra skorsteiner. Grunnlaget for modellen er Gaussiske spredningsformler, som baserer seg på at konsentrasjonen er normalfordelt vinkelrett på vindretningen. Modellen er nærmere beskrevet annetsteds, og den er sammenliknet med tilsvarende modeller som er i bruk i andre land (12-14).

#### 3.4.1 Datagrunnlag

Ved beregningene gjør en bruk av utslippsdata, samt meteorologiske og topografiske data for det aktuelle området.

Utslippsdata er samlet av Union Bruk og SFTs kontrollseksjon. For hvert utslipp må følgende være spesifisert:

- Beliggenhet
- Skorsteinshøyde
- Skorsteinsdiameter
- Røykgasstemperatur
- Røykgasshastighet
- Utslippsmengde

I beregningene har en tatt med sju ulike SO<sub>2</sub>-utslipp i Skien. Fem av disse er på Union Bruk, og de to øvrige er Lundetangens Bryggeri og Skotfoss Bruk. I vedlegg C er det gitt data for de sju utslippene for tre aktuelle døgn som er nærmere omtalt i pkt. 3.4.2

Meteorologiske data er hentet fra de faste målestedene i nedre Telemark, som blir drevet av industrien i området, SFTs kontrollseksjon og NILU. Kvartalsvise sammendrag av de meteorologiske målingene blir utgitt rutinemessig (15-19).

Spredningsmodellen gjør bruk av data for vindretning, vindstyrke og atmosfærisk stabilitet. En har nyttet målingene av vindretning og vindstyrke fra Union Bruk, mens data for atmosfærisk stabilitet

er hentet fra målestedet Ås på Eidangerhalvøya, som er det nærmeste stedet slike målinger fins. Meteorologiske data for de tre aktuelle døgn er gjengitt i vedlegg D.

### 3.4.2 Sammenlikning mellom målinger og beregninger

De tre døgnene som er brukt som grunnlag for å sammenlikne målinger og modellberegninger er 6.november 1980, 2.mars 1981 og 23. juni 1981. De tre døgnene var svært forskjellige med hensyn til vindretning, som vist i vedlegg D. Konsentrasjonen av SO<sub>2</sub> viste store romlige variasjoner, som indikert i tabell 6.

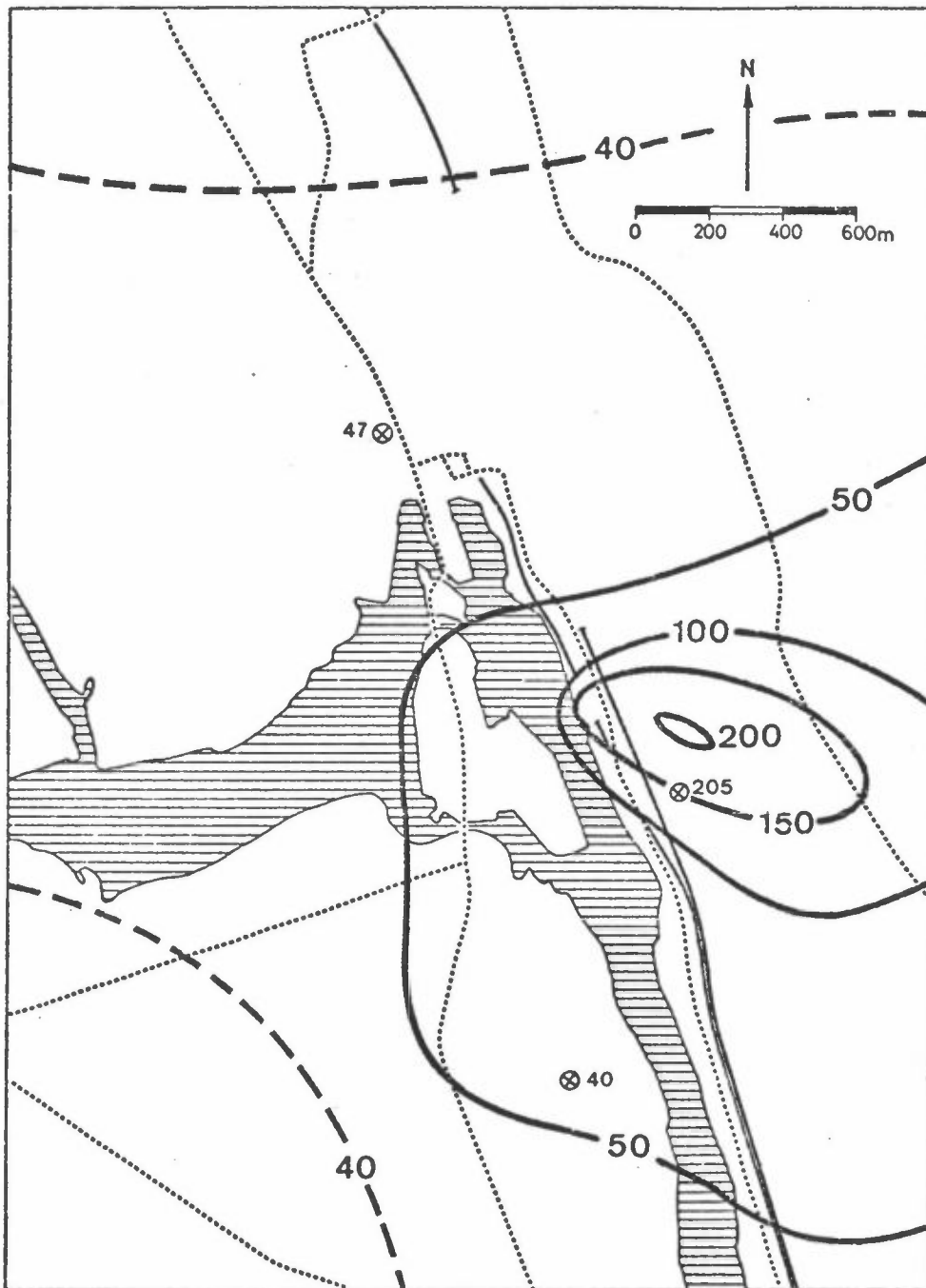
Tabell 6: Døgnverdier av SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) for 6.11.80, 2.3.81 og 23.6.81.

Målested	6.11.80	2.3.81	23.6.81
Øvre gt.	205	32	13
Skien brannstasjon	47	6	85
Gimsøy	40	69	17

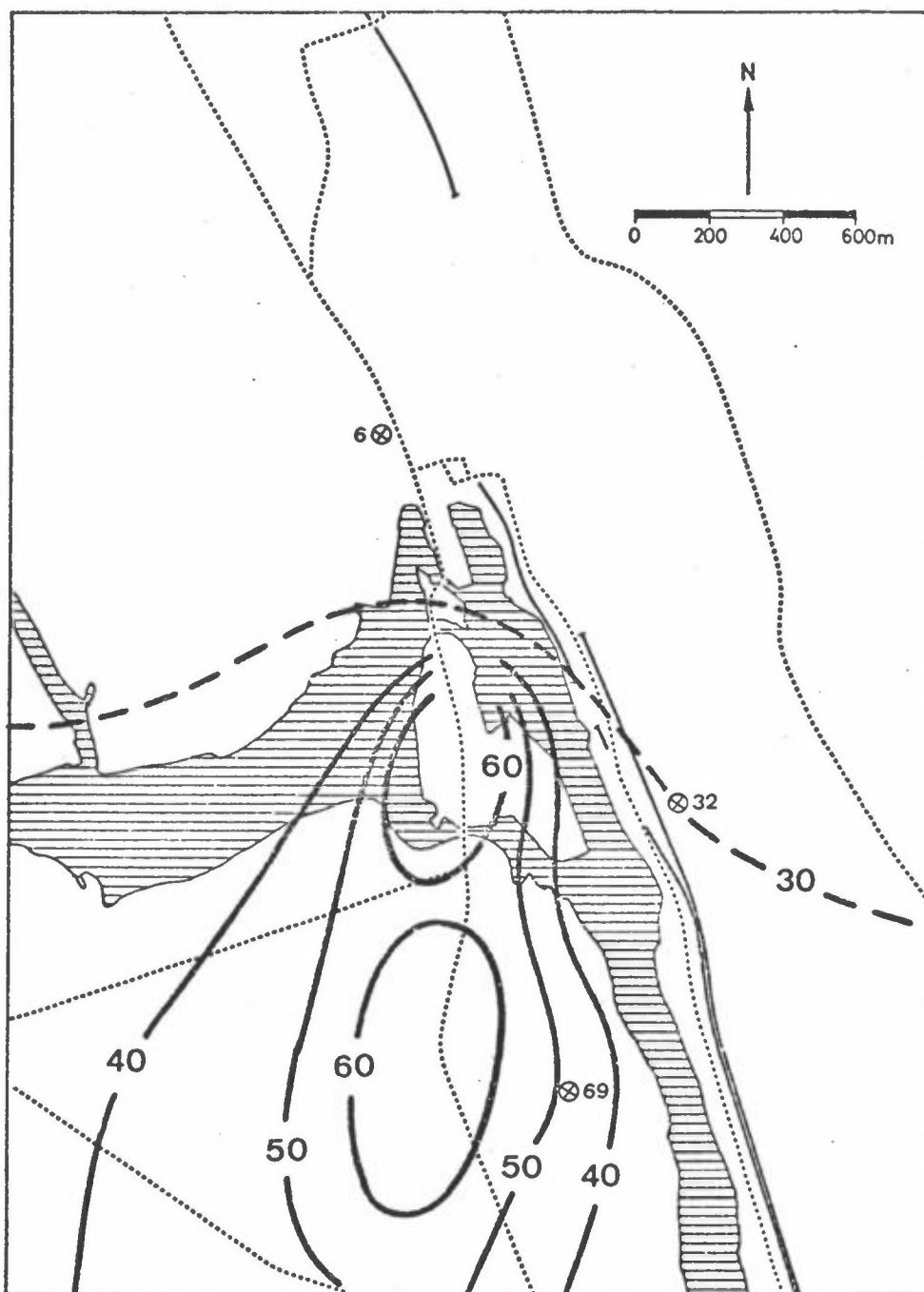
Konsentrasjonen den 6.11.81 i Øvre gt., 205 µg/m<sup>3</sup>, var den høyeste døgnverdien som ble målt i perioden, jfr. tabell 5. Den høyeste døgnverdien på Gimsøy (69 µg/m<sup>3</sup>) forekom den 2.3.81. På Skien brannstasjon var det to dager med døgnverdier høyere enn 100 µg/m<sup>3</sup>, men for begge disse dagene var vindmålingene ved Union Bruk av dårlig kvalitet.

Spredningsmodellen beregner konsentrasjonen ved bakken fra time til time. Disse timesverdiene blir imidlertid mindre pålitelige enn døgnverdiene. Dette skyldes blant annet at vindretning og vindstyrke i modellen blir holdt konstant over hele området fra time til time, og det antas fullstendig "utlufting" av området mellom hver meteorologisk observasjon. En har derfor valgt å sammenlikne målinger og beregninger på døgnbasis.

I figurene 5-7 er det vist beregnede isokonsentrasjonskurver i bakkenivå for SO<sub>2</sub>, sammen med døgnverdiene av SO<sub>2</sub> som ble målt ved Øvre gt., Skien brannstasjon og Gimsøy.

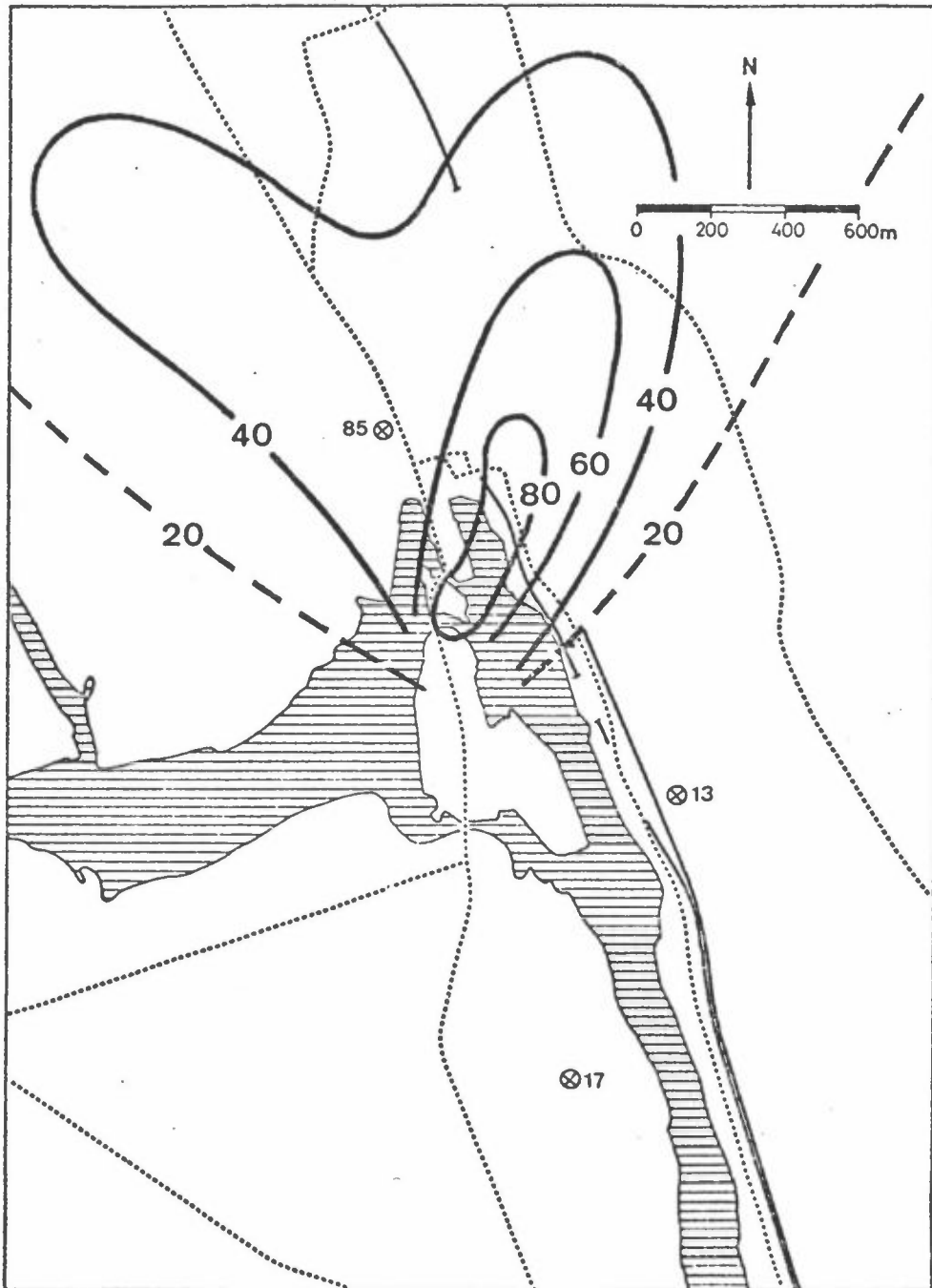


Figur 5: Beregninger og målinger av  $SO_2$ , Skien, 6.11.80.



Figur 6: Beregninger og målinger av  $SO_2$ , Skien, 2.3.81.





Figur 7: Beregninger og målinger av SO<sub>2</sub>, Skien, 23.6.81.

Topografien i Skien er komplisert, med tildels bratte åssider og med Skienselva som dreier  $90^{\circ}$ . Den største usikkerheten i beregningene er derfor antakelsen om at én vindstyrke og -retning kan representere hele området horisontalt og vertikalt innen et tidsintervall på en time. Videre vil usikkerhet i utslippsdata kunne spille inn.

For alle de tre dagene viser beregningene et maksimumsområde som ligger 200-400 m unna målestedene. De beregnede maksimumsnivåene samsvarer imidlertid brukbart med måleresultatene. Det synes derfor mulig å bruke spredningsmodellen til å anslå virkning av endrede utslippsforhold, f.eks. endring i utslippstemperatur, skorsteins- høyder eller reduksjon av enkelte utslippsmengder.

#### 3.4.3 Virking av økt utslippstemperatur

Det har vært framholdt at utslippet fra Union Bruks scrubber får for liten overhøyde (oppdrift) i atmosfæren fordi gassene har for lav temperatur (ca  $70^{\circ}\text{C}$ ). Hvis overhøyden er for liten, blir den "effektive utslippshøyden" (som er lik skorsteinshøyde pluss overhøyde) for lav.

Ved hjelp av vanlig brukte formler for beregning av overhøyde har en beregnet hvilken økning i overhøyde visse temperatur- økninger vil gi. En slik beregning er avhengig av mange forut- setninger, og særlig er resultatet avhengig av vindstyrken. I tabell 7 har en derfor gitt økningen i overhøyde for ulike vind- styrker.

Tabell 7: Økning i overhøyde (m) for utslippet fra scrubber, som funksjon av temperaturøkning og vindstyrke.

Temperaturøkning (°C)	Vindstyrke (m/s)				
	1	2	3	4	5
+30°C	7-11	4-7	3-7	2-6	1-5
+60°C	11-19	5-13	4-12	3-10	2-9
+90°C	15-25	7-17	5-15	4-14	3-12
+120°C	18-30	9-21	7-18	5-17	4-15

Økningen i overhøyde er gitt som intervaller, fordi ulike atmosfæriske stabilitetsforhold gir ulik økning.

Oppvarming av røykgassen vil kreve ca 0.4 MW tilført varmeeffekt for hvert 30 graders-intervall temperaturen skal økes. Det vil derfor også være et økonomisk spørsmål om røykgassen bør varmes opp eller skorsteinshøyden bør økes, hvis en ønsker å øke den effektive utslippshøyden.

#### 3.4.4 Virkning av økt skorsteinshøyde

Fordelen med økt skorsteinshøyde framfor oppvarming av røykgassen er at økningen i effektiv utslippshøyde vil gjelde uavhengig av vindstyrke og stabilitetsforhold.

I tabell 8 har en gitt den relative endring i maksimal bakkekonsentrasjon fra scrubber-utslippet ved fem ulike skorsteinshøyder. Beregningen gjelder for flatt terreng, og røykgassens temperatur er holdt konstant lik 70°C. I tabellen er det brukt to kategorier av atmosfærisk stabilitet, nemlig "Nøytral/instabil" og "Stabil/lett stabil". For den første kategorien er atmosfærens blandingsevne størst, og maksimal bakkekonsentrasjon forekommer nærmest utslippet.

Tabell 8: Relative maksimale bakkekonsentrasjoner (%) ved økning av skorsteinshøyden for Union Bruks scrubber.

Stabilitetskategori	Økning i skorsteinshøyde				
	0 m	+10 m	+20 m	+30 m	+40 m
Nøytral/instabil	100	77	62	51	43
Stabil/lett stabil	100	84	68	56	47

Tabellen angir konsentrasjonen i prosent av konsentrasjonen uten økning av skorsteinshøyden, dvs. at ved økning av skorsteinshøyden på 20 m vil maksimal konsentrasjon ved nøytral eller instabil atmosfære være 62% av tilsvarende konsentrasjon ved dagens forhold.

#### 3.4.5 Samlet virkning av endrede utslippsforhold

For de tre døgnene som er beskrevet i pkt. 3.4.2, har en beregnet konsentrasjonsendringer som følge av endring av utslippsforholdene. En har valgt en del tilfeller med endring av skorsteinshøyder og utslippsmengder og sett på hvilken endring en får i maksimal døgnmiddelverdi for  $SO_2$ .

Følgende tilfeller er studert:

1. Økning av skorsteinshøyde for scrubber med 20 m.
2. Økning av skorsteinshøyder for scrubber og fyrhus med 20 m.
3. Økning av skorsteinshøyder for scrubber og fyrhus med 40 m.
4. Fjerning av  $SO_2$ -utslipp fra prosessventilasjon, tømmebinger og kondensatbrønn (avløftingsutslipp) se vedlegg C.
5. Kombinasjon av tilfelle 2 og 4.
6. Kombinasjon av tilfelle 3 og 4.

Disse endringene er valgt ut fra antakelsen om at høye SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i Skien ikke bare skyldes ekstraordinært store utslipp i perioder med akutte driftsproblemer, men også utslipp over tak i relativt liten avstand fra tettbebyggelsen, samt at skorsteinshøydene muligens ikke er tilstrekkelige til å bringe røykgassen klar av terrenget omkring.

For de seks tilfellene har en beregnet den romlige fordelingen av SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner, som vist på figur 8. Av plasshensyn har en ikke gjengitt konsentrasjonskart for de seks tilfellene og alle tre dagene. I stedet har en i tabell 9 gitt hvilken maksimal døgn-konsentrasjon en har fått i hvert enkelt tilfelle.

*Tabell 9: Beregnede maksimale SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner på døgnbasis for dagene 6.11.80, 2.3.81 og 23.6.81 for endringer i skorsteinshøyder og utslippsmengder.*

Tilfelle	Skorsteinshøyder		Avluftingsutslipp	Maksimale døgnverdier av SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		
	Scrubber	Fyrhus		6.11.80	2.3.81	23.6.81
1	+20 m	"	"	176	63	73
2	"	+20 m	"	176	56	70
3	+40 m	+40 m	"	163	53	61
4	+ 0 m	+ 0 m	Nei	97	45	57
5	+20 m	+20 m	"	75	36	43
6	+40 m	+40 m	"	65	32	34

I tabell 10 har en uttrykt konsentrasjonene fra tabell 9 på relativ basis, dvs. en har satt konsentrasjonene i tilfelle 0 (med utslipp som i vedlegg C) lik 100%, og gitt konsentrasjonene i tilfellene 1-6 som prosent av tilfelle 0.

Tabellene viser at økning av begge skorsteinshøydene med 20 m (tilfelle 2) ga maksimal konsentrasjonsreduksjon på 13-16%, mens økning av begge høydene med 40 m (tilfelle 3) ga maksimal konsentrasjonsreduksjon på 19-27%.

Fjerning av avluftingsutslippene uten økning av skorsteinshøyder (tilfelle 4) viste seg effektivt, med maksimale konsentrasjonsreduksjoner på 31-52%. I det mest vidtgående tilfellet (tilfelle 6), med fjerning av avluftingsutslipp og økning av skorsteinshøydene med 40 m, ble den maksimale reduksjonen beregnet til 51-68%.

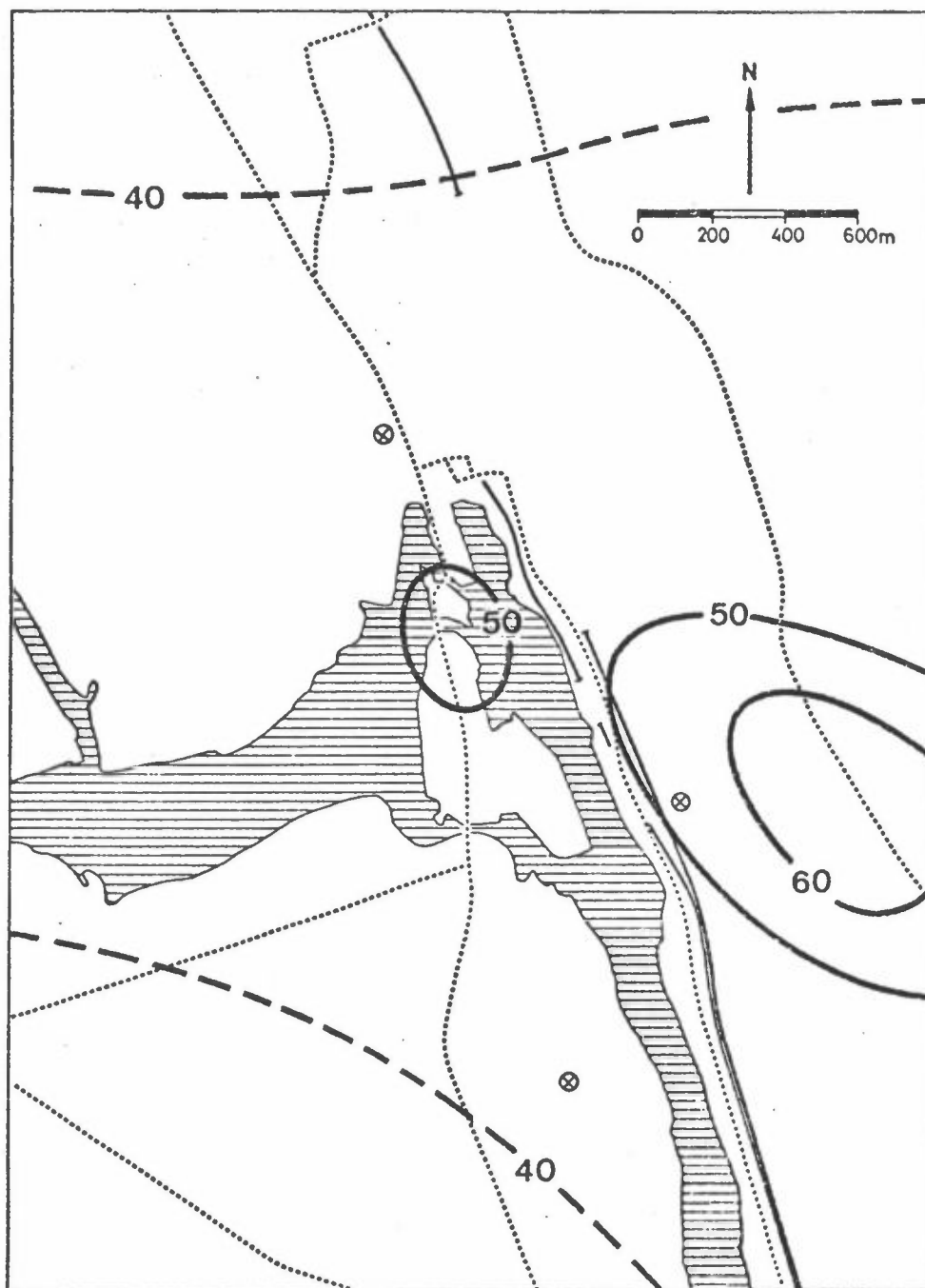
Tabell 10: Beregnede, relative SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner (%) i maksimumsområdene, for dagene 6.11.80, 2.3.81 og 23.6.81. Se ellers tabell 9.

Tilfelle	Relative SO <sub>2</sub> -konsentrasjoner (%)		
	6.11.80	2.3.81	23.6.81
0	100	100	100
1	87	97	88
2	87	86	84
3	81	82	73
4	48	69	69
5	37	55	52
6	32	49	41

I figur 8 er det gitt beregnet konsentrasjonsfordeling for 6.11.80 for tilfelle 6, dvs. økning av skorsteinshøydene med 40 m, samt fjerning av avluftingsutslippene. Maksimal konsentrasjon ble da beregnet til å være ca en tredel av den målte konsentrasjonen.

Det er viktig å være klar over at spredningsmodeller generelt er usikre. De oppgitte reduksjoner må derfor ikke tas som nøyaktige beregninger, men snarere som indikasjoner på hvilke forbedringer som kan oppnås ved de gitte forutsetningene.

For alle de tre døgnene indikerer beregningene at de maksimale SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene vil kunne reduseres vesentlig hvis skorsteinshøydene økes og/eller avluftingsutslippene fjernes. Særlig det siste synes viktig, og dette er ikke overraskende ettersom avstanden fra bedriften til de nærmeste boligstrøkene bare er noen få hundre meter.



Figur 8: Beregnet konsentrasjon av  $SO_2$  den 6.11.80, forutsatt økning av skorsteins høydene med 40 m og fjerning av æluftingsutslippene på Union Bruk (Tilfelle 6).

## 4 KONKLUSJON

### 4.1 Utslippsmålinger av svoveldioksyd

Utslippsmålingene ved hjelp av laser-utstyr fra Statens naturvårdsverk i Sverige ga utslippsmengder som samsvarte brukbart med målinger foretatt av Union Bruk og SFTs kontrollseksjon. Laser-målingene ble bare gjort i løpet av noen få timer på en dag, og disse målingene ga derfor ikke generell informasjon om utslippene på Union Bruk. Utstyret virket imidlertid tilfredsstillende, og en fikk demonstrert at metoden på lengre sikt vil kunne bli svært verdifull for fjernovervåking av SO<sub>2</sub>-utslipp.

### 4.2 Immisjonsmålinger av svoveldioksyd og hydrogensulfid

Målingene av svoveldioksyd i bedriftens omegn ga maksimalverdier som til dels var høyere enn vanlig brukte grenseverdier for luftkvalitet. De høyeste konsentrasjonene forekom i områdene øst og nord for bedriften. Høyeste døgnmiddelverdi var 205 µg/m<sup>3</sup>, mens høyeste timesverdi var 1299 µg/m<sup>3</sup> i perioden fra juni 1980 til juni 1981. Det er imidlertid målt høyere konsentrasjoner før og etter denne perioden.

Over lange midlingstider, dvs. én måned og mer, var ikke SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene spesielt høye, og typiske månedsverdier varierte mellom 10 og 50 µg/m<sup>3</sup>. Høyeste månedsverdi var 81 µg/m<sup>3</sup>.

Over kortere tider enn én time ble det målt ca 50 tilfeller med maksimale konsentrasjoner høyere enn 1000 µg/m<sup>3</sup>. Slike konsentrasjonstopper må ha hatt sammenheng med ekstraordinære SO<sub>2</sub>-utslipp og har oftest hatt varighet fra 2 til 10 minutter på målestedene.

SO<sub>2</sub>-nivået i Skien må generelt karakteriseres som høyt etter norske forhold. De aller fleste tilfeller med høye konsentrasjoner forekom ved vind fra bedriften mot de aktuelle målestedene.



Det ble ikke registrert hydrogensulfid ( $H_2S$ ) på Skien brannstasjon (måleperiode juni-september 1980) eller på Gimsøy (måleperiode mars-april 1981). Slike utslipp synes derfor ikke å ha skjedd i de to periodene ved vindretninger som kan ha brakt påvisbare mengder til målestedene.

#### 4.3 Karakterisering av luktende stoffer

Undersøkelsene utført av Sentralinstitutt for industriell forskning viser at utslippet fra cellulosefabrikkens hovedpipe (scrubber) er lite, både når produksjonen går normalt og når det foretas surkjøring av anlegget.

Hovedårsaken til luktplager i omgivelsene synes å være en rekke utslippssteder hvor avgassene slippes direkte over tak. Videre tyder resultatene på at H-linjen (høyutbytte med furu som råstoff) betyr mest når det gjelder luktutslipp. Utslipp fra N-linjen (normalutbytte med gran som råstoff) har vært betydelig lavere.

Å bygge en høyere hovedpipe ser ikke ut til å være en løsning for å få bedret luktutslippene fra bedriften. Det synes å være en bedre løsning å samle de mest luktende av de andre utslippene og rense disse, enten ved forbrenning eller ved kjemisk, eventuelt biologisk vasking.

#### 4.4 Spredningsberegninger for svoveldioksyd

Ved hjelp av en spredningsmodell har en beregnet den romlige fordeling av  $SO_2$ -konsentrasjoner på døgnbasis og sammenliknet med målte konsentrasjoner på tre utvalgte dager med relativt høye konsentrasjoner. Det var rimelig godt samsvar mellom beregninger og målinger på de tre dagene.

Modellen er brukt til å vise virkningen av oppvarming av røykgassen og økning av skorsteinshøyden. Konsentrasjonene på de tre utvalgte dagene ble beregnet på nytt under forutsetninger om

endrede utslippsforhold, dvs. høyere skorsteiner og fjerning av avluftingsutslipp.

Økning av skorsteinshøydene for fyrhus og scrubber på Union Bruk med 20 m ga maksimale konsentrasjonsreduksjoner på ca 15%, mens en økning på 40 m ga maksimale reduksjoner på ca 20-25%. Fjerning av avluftingsutslippene ga alene konsentrasjonsreduksjoner på inntil 30-50%. De største forbedringene ble oppnådd ved en kombinasjon av økte skorsteinshøyder og fjerning av avluftingsutslippene. Beregningene viste da maksimale reduksjoner på ca 50-70%.

Det er viktig å være klar over at spredningsmodeller generelt er usikre. Dette forhindrer imidlertid ikke at det synes å være mulig å redusere de maksimale SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene vesentlig dersom skorsteinshøydene økes, og særlig dersom avluftingsutslippene kan fjernes.

## 5 REFERANSELISTE

- (1) Immisjonsundersøkelser, Skien. Prosjektforslag fra Norsk institutt for luftforskning og Sentralinstitutt for industriell forskning. Lillestrøm 1981.
- (2) Statens forurensningstilsyn      Årsrapport for 1980 for industriforurensning i nedre Telemark. Porsgrunn, Statens forurensningstilsyn, Kontrollseksjonen, 1981.
- (3) Statens forurensningstilsyn      Årsrapport for 1981 for industriforurensning i nedre Telemark. Porsgrunn, Statens forurensningstilsyn, Kontrollseksjonen, under utarbeiding.
- (4) Fredriksson, K.      Laserteknik för mätning av luftföroreningar. Mätprojekt i Porsgrunn-Brevik-Skien, Norge, juni 1980. Solna, Statens naturvårdsverk, 1980 (SNV PM 1458).

- (5) Statens forurensnings-  
tilsyn SO<sub>2</sub>-målinger i cellulosefabrikken  
ved Union Bruk 17.6.80.  
Porsgrunn, Statens forurensningstil-  
syn, 1980. Notat nr. 50/80.
- (6) Riktværdene for luftkvalitet; svavel-  
dioxid og stoft. Stockholm, Statens  
naturvårdsverk, 1976. (Publikation  
1976:8.)
- (7) Sulfur oxides and suspended parti-  
culate matter. Geneva, World Health  
Organization, 1979. (Environmental  
Health Criteria 8.)
- (8) Resolution on air quality standards  
for the protection of forests.  
*IUFRO News* No. 25 (3/1979).
- (9) Berg, N. Undersøkelse av luktkomponenter på  
aktivt kull, Union Bruks nye cellu-  
losefabrikk. Foreløpig rapport.  
Oslo, Sentralinstitutt for indu-  
striell forskning, 1980. Rapport  
nr. 421.905.
- (10) Berg, N. Immisjonsundersøkelser i Skiens-  
området. Analyse av luftutslipp  
Union Bruk, Skien. Foreløpig  
rapport etter 2 måleserier.  
Oslo, Sentralinstitutt for indu-  
striell forskning, 1980. (Rapport  
nr. 80 09 02-1.)
- (11) Berg, N. Undersøkelse av luftutslipp ved  
Union Bruk, Skien samt immisjons-  
undersøkelser i Skiensområdet.  
Sluttrapport.  
Oslo, Sentralinstitutt for  
industriell forskning, 1980. (Rapport  
nr. 80 09 02-2.)

- (12) Schjoldager, J. Program KILDER. Beregning av spredning fra punktkilder og volumkilder. Programbeskrivelse og brukerveiledning. Kjeller 1975. (NILU TN 2/75.)
- (13) Sivertsen, B. The application of Gaussian dispersion models at NILU. Lillestrøm 1980. (NILU TN 11/80.)
- (14) Practical demonstration of urban air quality simulation models, Bruxelles, NATO/CCMS, 1980. (Report No. 106, part I and II.)
- (15) Sivertsen, B. Friberg, A.G. Meteorologiske data fra nedre Telemark, sommeren 1980. Lillestrøm 1981. (NILU OR 2/81.)
- (16) Sivertsen, B. Friberg, A.G. Meteorologiske data fra nedre Telemark, høsten 1980. Lillestrøm 1981. (NILU OR 15/81.)
- (17) Sivertsen, B. Friberg, A.G. Meteorologiske data fra nedre Telemark, vinteren 1980/81. Lillestrøm 1981. (NILU OR 21/81.)
- (18) Sivertsen, B. Arnesen, K. Meteorologiske data fra nedre Telemark, våren 1981. Lillestrøm 1981. (NILU OR 48/81.)
- (19) Sivertsen, B. Arnesen, K. Meteorologiske data fra nedre Telemark, sommeren 1981. Lillestrøm 1982. (NILU OR 11/82.)



## VEDLEGG A

### MÅLING AV SO<sub>2</sub>-UTSLIPP FRA UNION BRUK VED HJELP AV LASER-TEKNIKK.

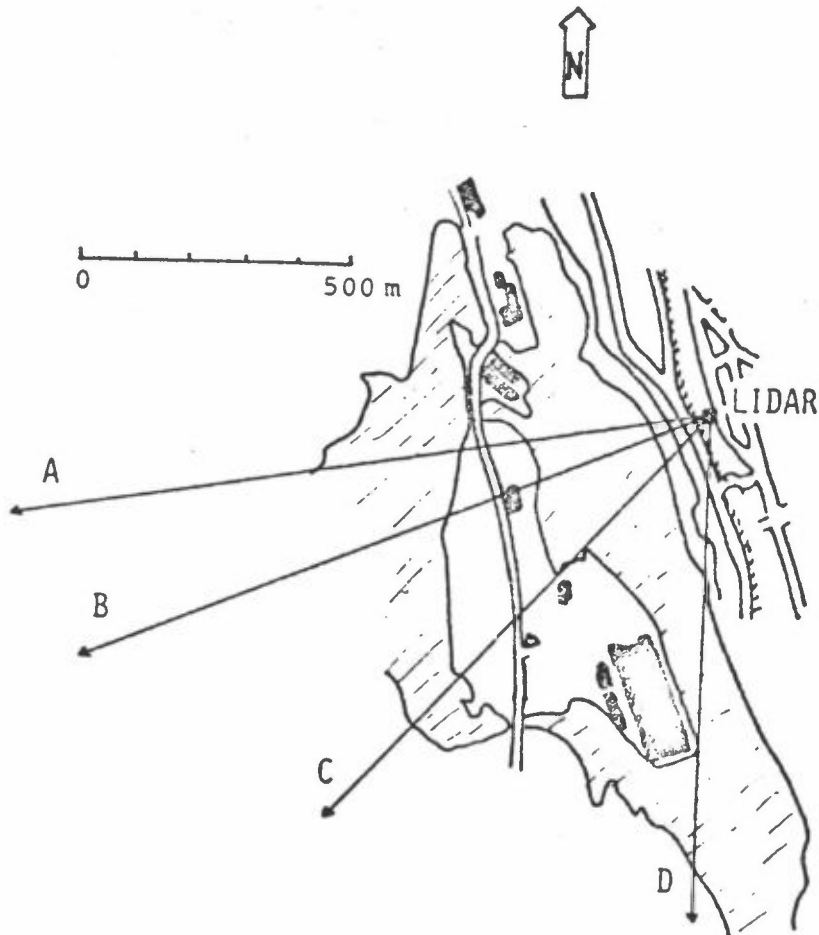
Fra rapporten

"Laserteknik för mätning av luftföroreningar.  
Mätprojekt i Porsgrunn-Brevik-Skien, Norge,  
juni 1980" av Kent Fredriksson, Statens natur-  
vårdsverk, Sverige (4).

## 6. Mätningar av svaveldioxid vid A/S Union i Skien

A/S Union i Skien är en cellulosafabrik med utsläpp av svaveldioxid,  $\text{SO}_2$ . Förutom utsläpp i koncentrerade polymer förekommer också diffusa utsläpp av gasen. Delvis beroende på lokaliseringen av fabriken kan halterna ibland bli mycket höga och besvärande för befolkningen i Skien. Lidartechniken erbjuder här en unik möjlighet att kartlägga  $\text{SO}_2$ -halter vid industriområdet och i dess omgivning och också till att bestämma det totala flödet av  $\text{SO}_2$  från fabriken.

Mätningarna gjordes dagarna 800616-17 med lidarsystemet parkerat på en höjd på ett avstånd av ungf. 375 m från industrianläggningen. Placeringen framgår av kartskissen i Fig. 8. Under den senare mätdagen kompletterades lidarmätningarna med vindmätningar, vilket gjorde det möjligt att studera det totala flödet. Vindmätningarna genomfördes av



Figur 8: Kartskiss över mätområdet vid A/S Union i Skien. Markeringarna A-D anger horisontell inriktning för olika serier av mätningar.

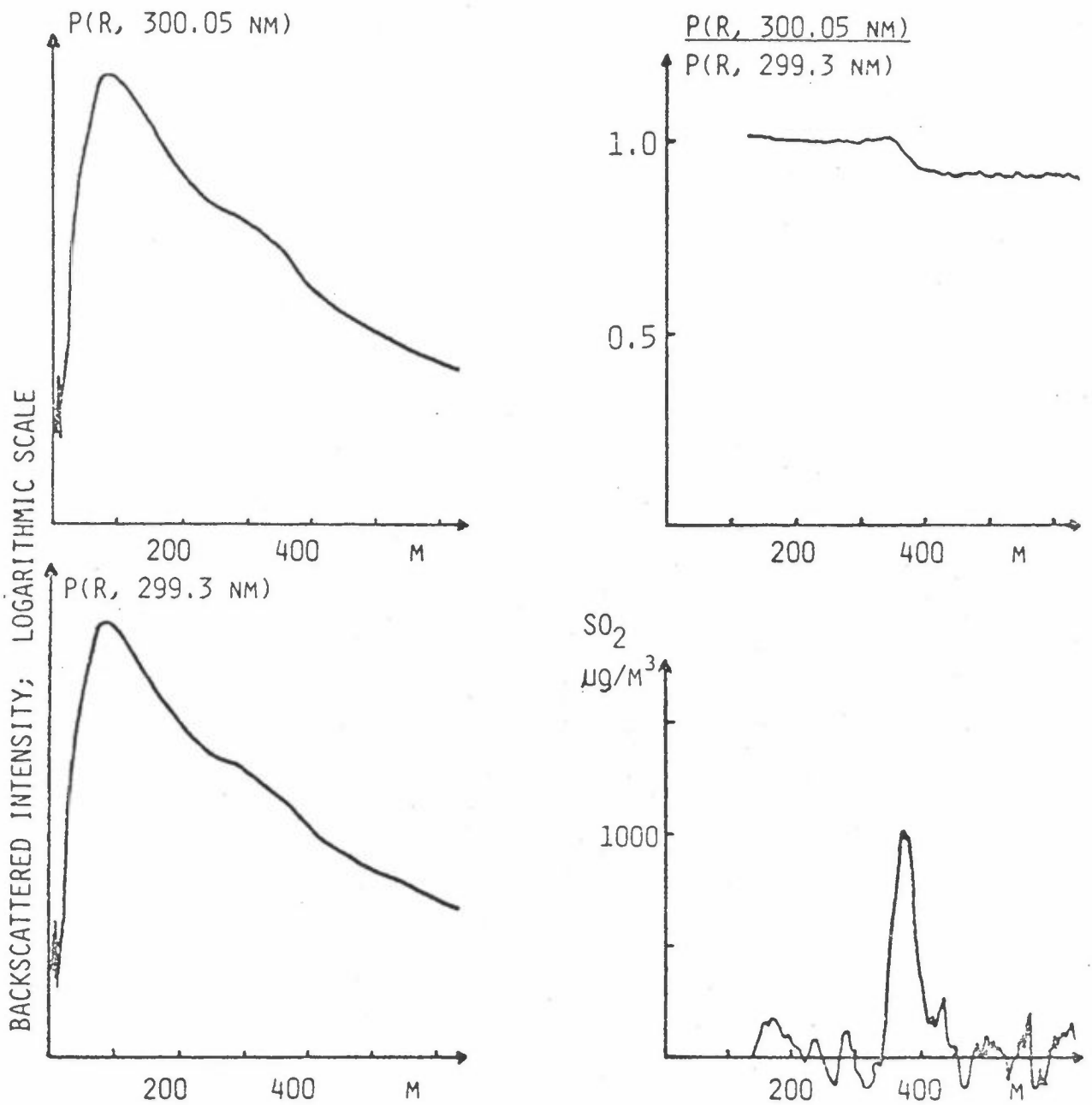
NILU med pilotmetoden, medan den laserbaserade mätmetod som använts vid senare fältförsök ännu ej tagits i bruk.

Ett exempel på en bestämning av  $\text{SO}_2$ -koncentrationen i en riktning strax över cellulosafabriken visas i Fig. 9. De två mätkurvorna, den dividerade dialkurvan och den beräknade koncentrationen som funktion av avståndet återges i figuren. Inriktningen i mätningen motsvarar inriktningen B enl. skissen i Fig. 10, och vinden vid mättillfället var ungt. sydlig, dvs åt höger i denna figur. Som framgår av mätresultatet var koncentrationen upp till  $1 \text{ mg/m}^3$  över anläggningen.

Ofta är den totala halten  $\text{SO}_2$  i ett sådant här område av större betydelse än en lokal koncentration som kan fluktuera kraftigt i tiden. Genom att integrera halten  $\text{SO}_2$  över en viss distans i lidarregistreringen kan man bestämma den totala  $\text{SO}_2$ -belastningen i ett visst område. Ett par sådana exempel ges i Fig. 10. Mätvärdena här anger den med avståndet integrerade  $\text{SO}_2$ -halten över cellulosafabriken för olika höjdiriktningar. Dessa värden ger tillsammans den totala  $\text{SO}_2$ -halten i ett vertikalt snitt.

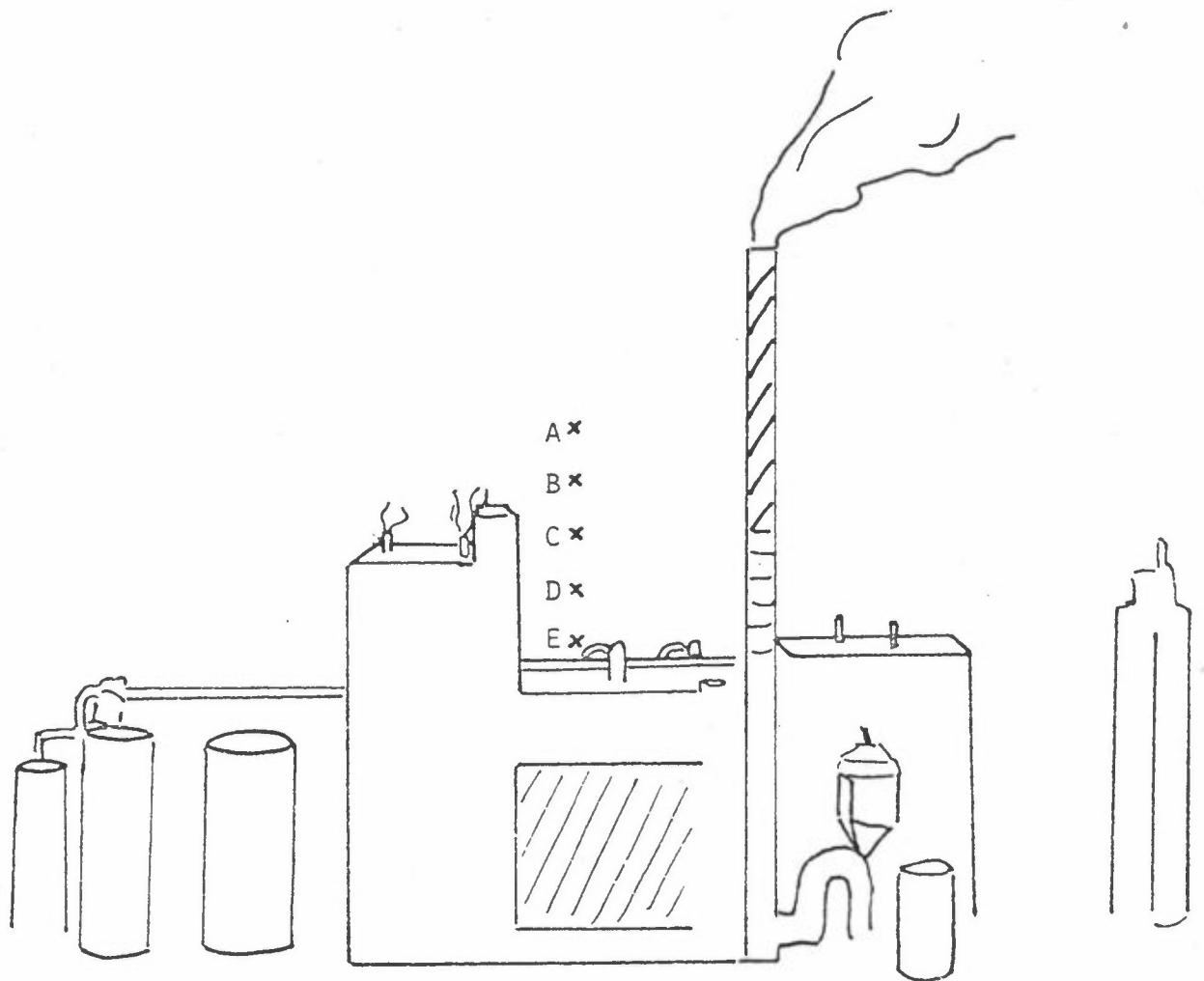
Utsläppet från den större skorstenen vid kemikalieåtervinningsanläggningen studerades också under mätningarna. Då detta utsläpp innehöll mycket vatten, vilket absorberar laserljuset, gjordes dessa mätningar på ett visst avstånd från skorstenen, där vattnet helt förångats. Lidarinriktningen framgår av Fig. 8., markering A. Ett exempel på en mätning är Fig. 11., där mätkurvor, dialkurva och den beräknade koncentrationen som funktion av avståndet visas. Det framgår att i det här fallet befanns koncentrationen i plymen vara av storleksordningen  $2 \text{ mg/m}^3$  på ungt. 100 m avstånd från källan.





SKIEN , B                      800617 12.30

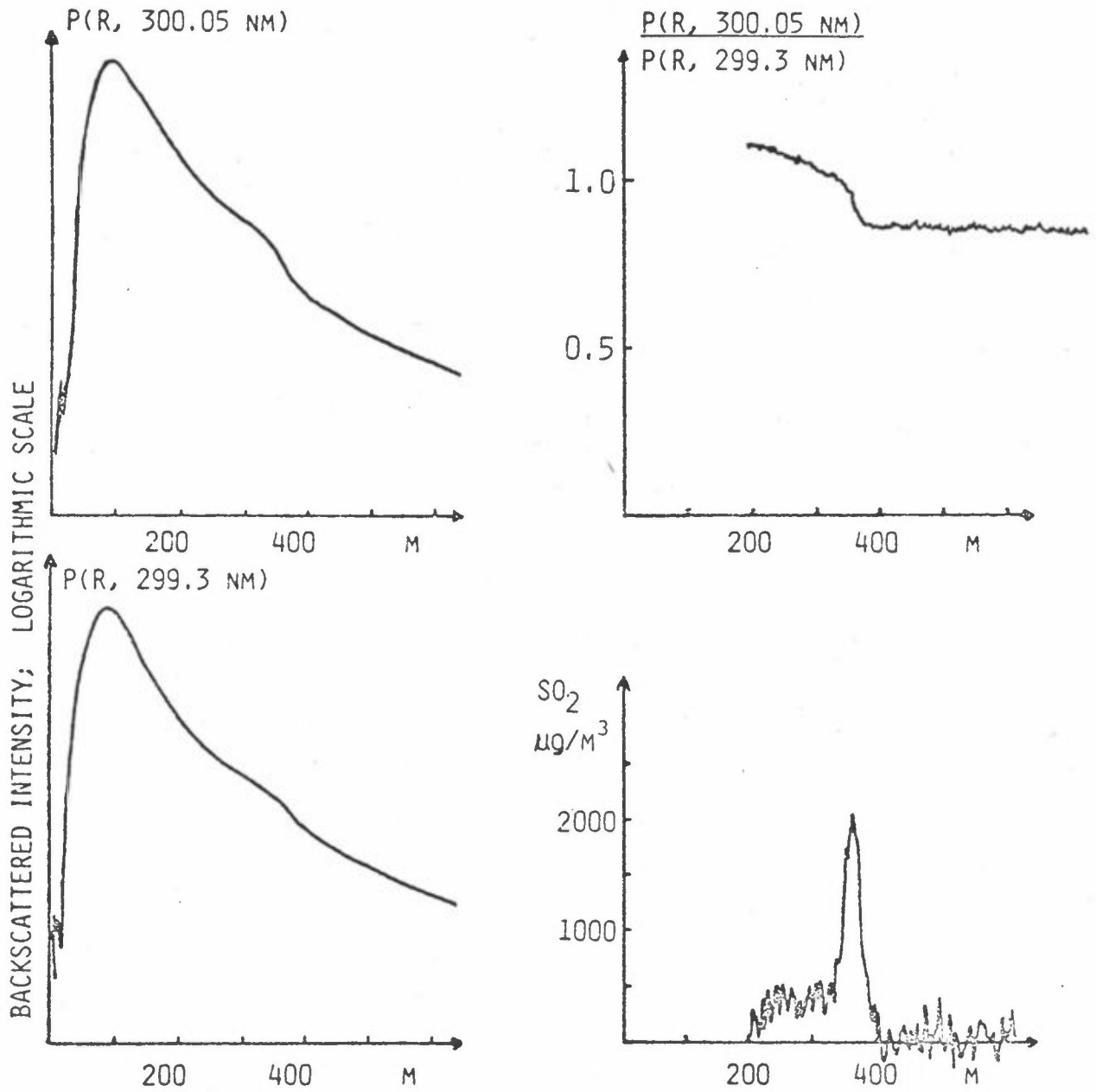
Figur 9: Svaveldioxidmätning över cellulosafabriken i Skien. Mätkurvorna och den dividerade dialsignalen återges. Det fjärde diagrammet är en beräkning av koncentrationen uttryckt i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  för olika avstånd. Inriktningen för den här mätningen motsvarar B i Fig. 10.



UNION, SKIEN

	SO <sub>2</sub> INT. mg/M <sup>3</sup> ·M	
	12.30	16.30
A	30	20
B	60	30
C	75	35
D	50	30
E	50	20

Figur 10: Den uppmätta integrerade halten svaveldioxid för olika vertikal inriktning. Inriktningen för de olika mätningarna ges i skissen i figuren och i tabellen redovisas mätresultat från två olika mätserier.



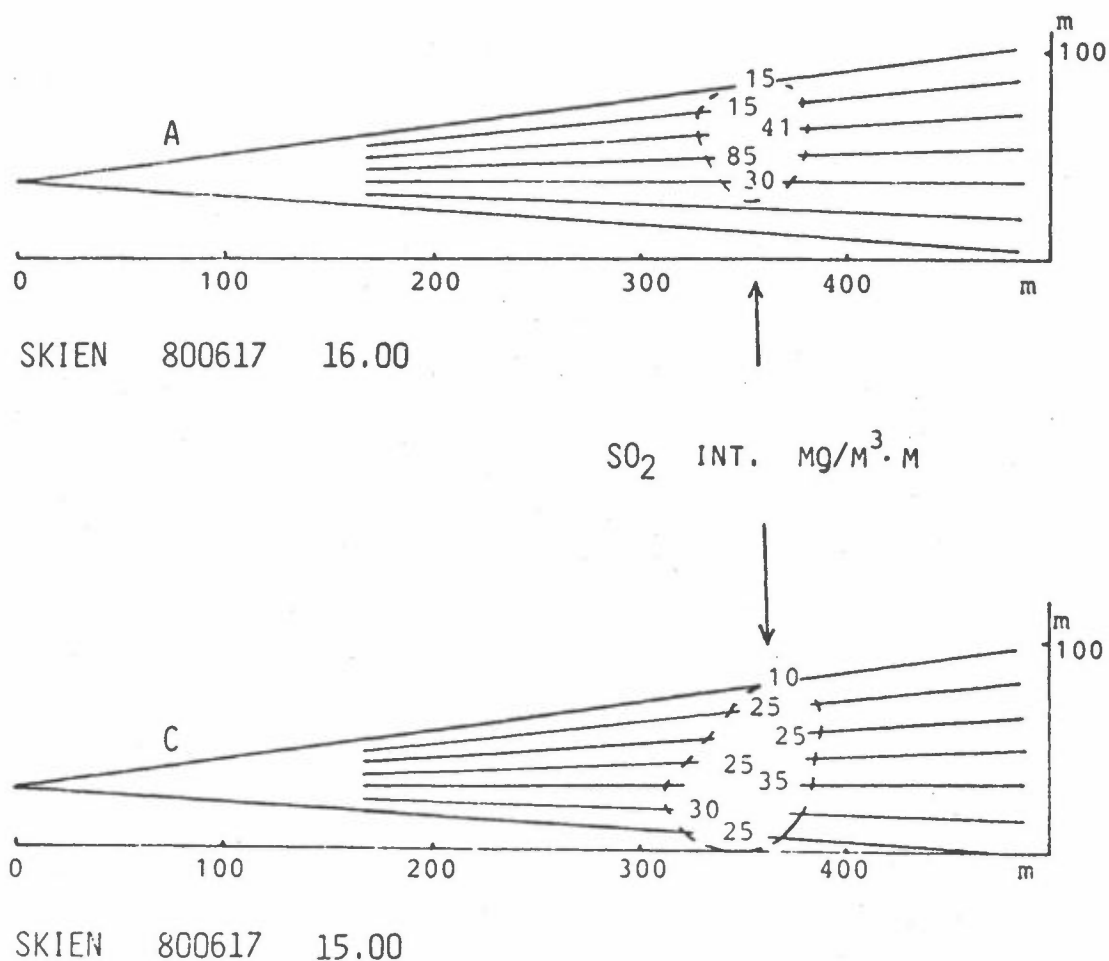
SKIEN

800617 16.00

Figur 11: Mätning av svaveldioxidkoncentrationen i utsläppet från den större skorsteinen vid kemikalieåtervinningsanläggningen. Koncentrationen har beräknats med ca 20 meters längdupplösning.

Med hjälp av vindmätningar kunde det totala flödet på läsidan om anläggningen bestämmas. Mätresultaten kl. 16.00-16.25 framgår av det övre diagrammet i Fig. 12. Den genom plymen integrerade halten  $SO_2$  för olika vertikal lidarinriktning har angivits tillsammans med en vertikal snittbild av plymen. Den horisontella inriktningen framgår av kartskissen i figuren. Den integrerade halten i snittet A i Fig. 8 bestämdes i mätningen till 2.1 g/m vilket motsvarar ett flöde av 24 kg/h, för en från pilotmätningarna beräknad vindhastighet av 3.3 m/s.

Liknande vertikala kartläggningar på vindsidan om den stora skorstenen, enl. markeringarna C och D i kartskissen, Fig. 8,



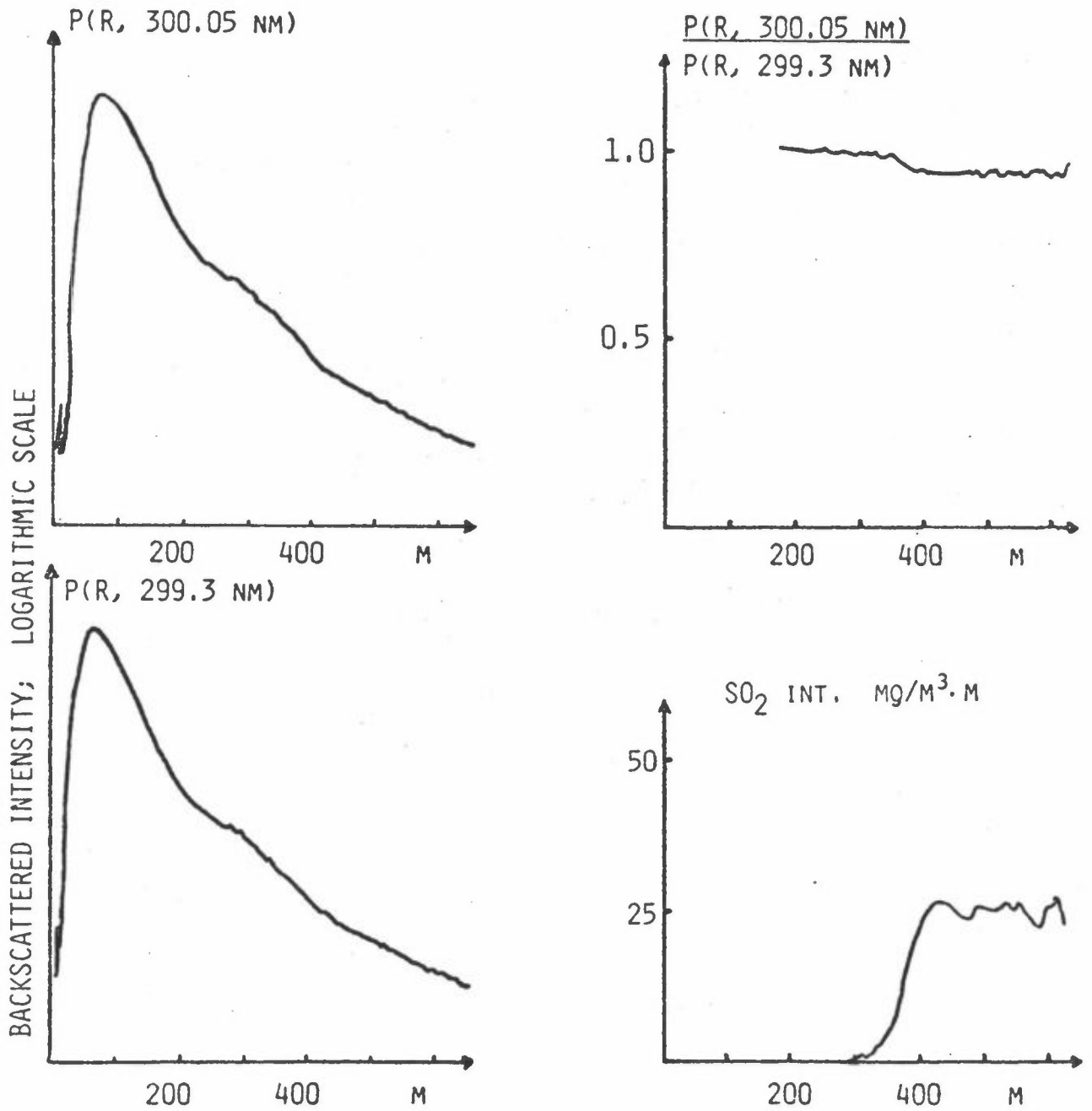
Figur 12: Kartläggning av plymer i vertikala snitt. Den horisontella inriktningen framgår av markeringarna A resp. C i Fig. 8. Den integrerade halten för varje mätriiktning genom plymerna har angivits i figuren. Plymernas utseende har skisserats från mätresultaten, som diskuteras vidare i texten. Ett exempel på mätkurvor i denna kartläggning ges i Fig. 13.

genomfördes vidare. Mätningen med inriktningen D är inte påverkad av cellulosafabriken och uppvisade ingen mätbar  $\text{SO}_2$ -koncentration. I kartläggningen C, kl. 14.55-15.20, genom industriområdet kunde vi däremot notera en ganska utbredd  $\text{SO}_2$ -plym, enligt det nedre diagrammet i Fig. 12. Den integrerade halten i denna kunde vi bestämma till 2.0 g/m. Med vinddata från pilotmätningarna skulle detta motsvara ett flöde av 23 kg/h, men i det här fallet är det tveksamt om vindhastigheten enl. pilotmetoden ger ett relevant värde för flödet. Den lågt liggande delen av  $\text{SO}_2$ -plymen rör sig antagligen med en lägre hastighet och ger därför ett för högt värde för flödesberäkningen. Ett exempel på en mätning med inriktningen C ges i Fig. 13, där den integrerade  $\text{SO}_2$ -halten beräknats i det fjärde diagrammet.

Samtidigt med lasermätningarna gjorde SFT mätningar vid anläggningen. Mätresultaten framgår av Tabell 3. Då mätförhållandena inte är identiska kan man inte förvänta sig att få en direkt jämförelse mellan mätresultaten från en enda dags mätningar, som för laseraktiviteternas del var uppdelad på flera olika mätsituationer. Lasermätningarna påvisade dessutom stora skillnader i utsläppet under dagen. Under lasermätningens senare del, från 16.15 kunde vi notera att det synliga utsläppet vattenånga från skorstenen reducerades kraftigt.

Tabell 3: Mätresultat från A/S Union i Skien 800617 vid SFTs provtagning i skorstenen från kemikalieåtervinningsanläggningen.

	kg $\text{SO}_2$ /h	Mättid
Mätning med absorptionsinstrument	14.0 kg	13.20-14.00
Mätning med vakuumflaska	13.5 kg	14.05
Kontinuerligt $\text{SO}_2$ -instrument + bidrag i uppsamlat kondensvatten	12.2 kg	12.50-14.50



SKIEN

800617 15.00

Figur 13: Exempel på en svaveldioxidmätning ur mätserierna, som ligger till grund för kartläggningen i Fig. 12. Den integrerade halten har här beräknats.

VEDLEGG B

OVERSIKT OVER KORTVARIGE SO<sub>2</sub>-KONSENTRA-  
SJONER HØYERE ENN 1000 µG/M<sup>3</sup>, SKIEN,  
JUNI 1980 - JUNI 1981.

Skien brannstasjon

Dato	Tidspunkt (kl)	Varighet (min)
7. 7.80	1535	3
7. 7.	1935	5
13. 7.	0650	15
13. 7.	0710	15
13. 8	1100	5
16. 8	1505	5
4. 9	0925	5
5. 9	1600	5
5. 9	1615	2
5. 9	1630	4
5. 9	1645	4
5. 9	1700	20
5. 9	1745	3
7. 9	1745	5
13. 9	0150	5
23. 9	1040	12
24. 9	0810	5
28. 9	2305	3
1.10	0935	5
6.10	0050	4
6.10	1930	5
7.10	2150	15
7.10	2340	5
1.11	2130	3
11.12	1105	2
11.12	1150	5
19. 3.81	0015	5
19. 3.81	0110	2
7. 4	1830	5
18. 5	1315	5
22. 6	1300	2
23. 6	0830	5



Øvre gt.

Dato	Tidspunkt (kl)	Varighet (min)
2. 7.80	1530	10
2. 7	1615	2
2. 7	1645	10
3. 7	1735	5
5.11	1915	5
5.11	1945	30
6.11	0600-0930	ca 30% av tiden
13.11	1930	10
14.11	2330	30
16.11	1330	15
24.11	1100	2
25.11	1045	5
16.12	1115	2
16.12	1130	2
16.12	1415	10
16. 1.81	1400	30
9. 4	1945	5
10. 4	1115	2
15. 4	0915	10
21. 4	0900	10

Gimsøy

Dato	Tidspunkt (kl)	Varighet (min)
20.2.81	2015	5
6.3.81	1200	15

VEDLEGG C

UTSLIPPSDATA FOR SO<sub>2</sub>. FASTE UTSLIPPS-  
DATA SAMT UTSLIPP PÅ DAGENE  
6.11.80, 2.3.81 og 23.6.81.

Navn	Utslipps- høyde (m)	Utslipps- diameter (m)	Røykgass- temperatur (°C)	Røykgass- hastighet m/s	Midlere døgnutslipp (kg/h)		
					6.11.80	2.3.81	23.6.81
Scrubber, Union Bruk	62	2.0	70	3-4	40	14.5	33
Fyrhus, Union Bruk	54	2.4	175	1-4	28	44.5	16
Prosessventilasjon, sileri, Union Bruk	40	0.8	30	15.6	5	5	5
Tømmebinger, Union Bruk	40	1.0	60	1.3	8.5	11.5	9
Kondensatbrønn, Union Bruk	40	- <sup>1)</sup>	90	- <sup>1)</sup>	5	5	5
Lundetangens Bryggeri	27	0.8	220	8	4 <sup>2)</sup>	3 <sup>2)</sup>	4 <sup>2)</sup>
Skotfoss Bruk	42	1.5	100	6.4	58	58	58

1) Utslippsrøret peker horisontalt og har gassvolum ca 500 Nm<sup>3</sup>/h.

2) Utslipp skjer bare i tida kl 05-15.



VEDLEGG D

VIND- OG STABILITETSDATA FOR DAGENE

6.11.1980

2.3.1981

23.6.1981

Vindretning og vindstyrke: Union Bruk, Skien.

Stabilitet: Ås, Eidangerhalvøya

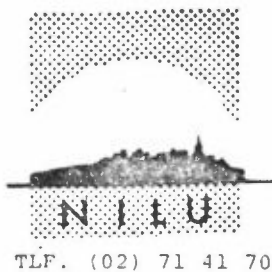
Stabilitetsklasse 1: Instabil

Stabilitetsklasse 2: Nøytral

Stabilitetsklasse 3: Lett stabil

Stabilitetsklasse 4: Stabil

Kl.	6.11.1981			2.3.1981			23.6.1981		
	Vind- styrke (m/s)	Vind- retning (grader)	Stabilitets- klasse	Vind- styrke (m/s)	Vind- retning (grader)	Stabilitets- klasse	Vind- styrke (m/s)	Vind- retning (grader)	Stabilitets- klasse
1	0.5	320	3	4.1	10	2	1.6	150	3
2	1.3	360	3	3.7	20	2	1.1	150	3
3	0.8	320	3	4.2	20	2	1.5	140	4
4	0.6	360	3	4.1	360	2	2.1	140	3
5	1.7	330	3	3.5	10	2	2.0	150	3
6	1.7	320	3	3.6	10	2	1.9	140	2
7	0.9	320	3	2.7	10	2	1.8	150	2
8	0.9	300	3	3.0	360	2	2.5	150	2
9	0.5	290	3	3.5	360	2	2.9	180	1
10	1.4	280	2	3.5	350	2	3.1	200	1
11	2.4	290	2	2.6	30	2	3.6	170	1
12	2.6	290	1	2.4	70	2	3.8	190	1
13	2.2	290	2	3.4	360	2	3.6	180	1
14	2.4	290	2	1.9	50	2	3.8	170	1
15	1.1	290	2	2.1	30	2	4.1	190	2
16	0.8	280	3	2.0	40	2	3.5	180	2
17	0.4	260	3	1.9	60	2	3.3	190	2
18	0.2	280	3	1.4	20	3	2.9	180	2
19	0.7	320	3	2.6	360	3	2.5	200	2
20	0.7	280	4	2.6	360	3	2.1	190	3
21	1.1	290	4	2.9	20	3	2.3	180	3
22	1.5	280	4	2.6	20	3	3.1	200	3
23	1.1	280	3	1.4	310	3	2.8	200	3
24	2.5	280	3	1.4	320	3	3.1	200	3



# NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

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

TLF. (02) 71 41 70

RAPPORTTYPE Oppdragsrapport	RAPPORTNR. OR 12/82	ISBN--82-7247-300-3
DATO MARS 1982	ANSV.SIGN. B.Ottar	ANT.SIDER 57
TITTEL Luftforurensning fra Union Bruk, Skien juni 1980-juni 1981.		PROSJEKTLEDER J.Schjoldager
FORFATTER(E) Jørgen Schjoldager		NILU PROSJEKT NR 21680
		TILGJENGELIGHET ** A
OPPDRAAGSGIVER A/S Union, Union Bruk		OPPDRAAGSGIVERS REF.
3 STIKKORD (å maks.20 anslag) Svoveldioksyd	Lukt	Skien
REFERAT (maks. 300 anslag, 5-10 linjer) Svoveldioksyd og luktstoffer fra Union Bruk er undersøkt. De høyeste SO <sub>2</sub> -konsentrasjonene har vært over vanlig brukte grenseverdier for luftkvalitet. Luktstoffene synes i hovedsak å stamme fra avluftingsutslipp over tak, særlig fra prosessen med furu som råstoff. Spredningsberegningene indikerer betydelige reduksjoner av SO <sub>2</sub> -konsentrasjonene hvis skorsteinshøydene økes og avluftingsutslipp fjernes.		
TITLE Sulphur dioxide and odor from a pulp and paper mill, Skien		
ABSTRACT (max. 300 characters, 5-10 lines) Sulphur dioxide and odorous compounds have been investigated. The highest ambient SO <sub>2</sub> -concentrations exceeded the WHO 24-h guideline. The impact of increased stack height and reduced emissions were studied by means of a Gaussian dispersion model. Therooftop emissions seemed to play a major role, both with respect to sulphur dioxide and the odorous compounds.		

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