

NILU : OR 59/98  
REFERANSE : O-98048  
DATO : OKTOBER 1998  
ISBN : 82-425-1016-4

# **Luftforurensning fra avfallsforbrenningsanlegg i Rådalen**

**Dag Tønnessen**

# Innhold

	Side
<b>Sammendrag</b> .....	<b>2</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Meteorologiske data</b> .....	<b>5</b>
2.1 Vindretning .....	5
2.2 Vindstyrke .....	6
2.3 Stabilitet .....	8
<b>3. Spredningsberegninger</b> .....	<b>9</b>
3.1 Valg av skorsteinshøyde .....	10
3.2 Korttidskonsentrasjoner .....	11
3.3 Årsmiddelverdier.....	12
3.4 Tørr- og våtavsetning .....	14
3.5 Forsuring av vann og jordsmonn .....	15
3.6 Dioksiner og furaner - vurdering av eksponering .....	15
<b>4. Referanser</b> .....	<b>15</b>
<b>Vedlegg A Tekniske data - utslippsverdier</b> .....	<b>16</b>

## Sammendrag

*Norsk institutt for luftforskning (NILU) har etter oppdrag fra Bergensområdets interkommunale renovasjonsselskap (BIR) vurdert utslipp til luft fra et planlagt forbrenningsanlegg for avfall i Rådalen, Bergen. Anlegget vil ha en maksimal kapasitet på 15,4 tonn avfall pr. time. Denne rapporten bygger på tidligere utførte beregninger med forskjellige utslippstall (Böhler, 1992).*

NILU har utført spredningsberegninger for anlegget basert på spesifikke utslippsverdier fra leverandøren av gassrensinganlegget. Meteorologiske data målt av NILU på Skjold i 1983-84 er anvendt for beregning av langtidsmidler. Det er beregnet maksimale timeverdier i bakkenivå og langtidsbelastning over året, og det er tatt hensyn til de spesielle topografiske forhold i området.

Norske retningslinjer for luftkvalitet tar hensyn til virkninger både på helse, vegetasjon og dyr, og en antar derfor at problemer ikke vil oppstå hvis disse verdier ikke overskrides. For de stoffer hvor norske grenseverdier ikke finnes, er det brukt svenske og vesttyske grenseverdier for luftkvalitet. Den beregnede avsetning fra anlegget er sammenlignet med eksisterende avsetning i området av langtransporterte luftforurensninger. I konklusjonen nedenfor må det tas forbehold om de usikkerheter som inngår i estimering av utslippsverdier, spredningskoeffisienter, røykløft og topografiske effekter som benyttes i modellberegningene.

Ved vurdering av skorsteinshøyde er det tatt hensyn til at anlegget er foreslått plassert i steinbruddet i Rådalen. Ut fra dette gir spredningsberegningene at ingen grenseverdier overskrides hvis skorsteinshøyden er 70 m.

De høyeste konsentrasjonene på bakken forekommer i fint vær, ca. 700-1 000 m fra anlegget og i overskyet vær ca. 2000 m avstand. Nitrogenoksider vil gi de høyeste timemidle konsentrasjoner sett i forhold til grenseverdier. De maksimale verdiene for nitrogendioksid utgjør under 10% av retningslinje for luftkvalitet.

Langtidsbelastningen fra anlegget over året vil være liten på grunn av at avansert gassrensing skal benyttes. De mest belastede områdene over året er nord og sørøst for anlegget. Beregninger av årlige middelkonsentrasjoner av utslippene viser maksimale årsmiddelverdier lavere enn 1% av anbefalte luftkvalitetskriterier. Beregningene viser at årlig avsetning av tungmetaller i maksimumsområdet vil være mindre enn 1% av bidraget fra langtransporterte luftforurensninger.

Bidraget til forsuringen fra avfallsanlegget vil i maksimumsområdet være under 10% av eksisterende forsuring av langtransporterte luftforurensninger.

Det er også vurdert eksponering av dioksiner og furaner, forårsaket av utslipp fra avfalls anlegget . Under normale driftsbetingelser ser vi opptaket av disse stoffene via luft i maksimalområdet ikke overskride 0,01% av tolerabelt daglig inntak Forutsetningene for disse beregningene er normale driftsforhold, da utslipp av disse stoffene varierer mye med driftsbetingelsene.

# Luftforurensning fra avfallsforbrenningsanlegg i Rådalen

## 1. Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Bergensområdets interkommunale renovasjonsselskap (BIR) utført en vurdering av utslipp til luft fra et planlagt avfallsforbrenningsanlegg i Rådalen sør for Bergen. Denne rapporten bygger på beregningene utført med forskjellige utslippstall (Bøhler, 1992). Lokaliseringen av anlegget er vist på Figur 1. Forbrenningsanleggets kapasitet 15,4 tonn avfall pr. time, og årlig vil anlegget destruere ca. 90 000 tonn avfall. Det vil bli installert et avansert gassrensutstyr på anlegget.



Figur 1: Lokalisering av det planlagte avfallsforbrenningsanlegget og målestedet for meteorologi og luftkvalitet i 1983-84.

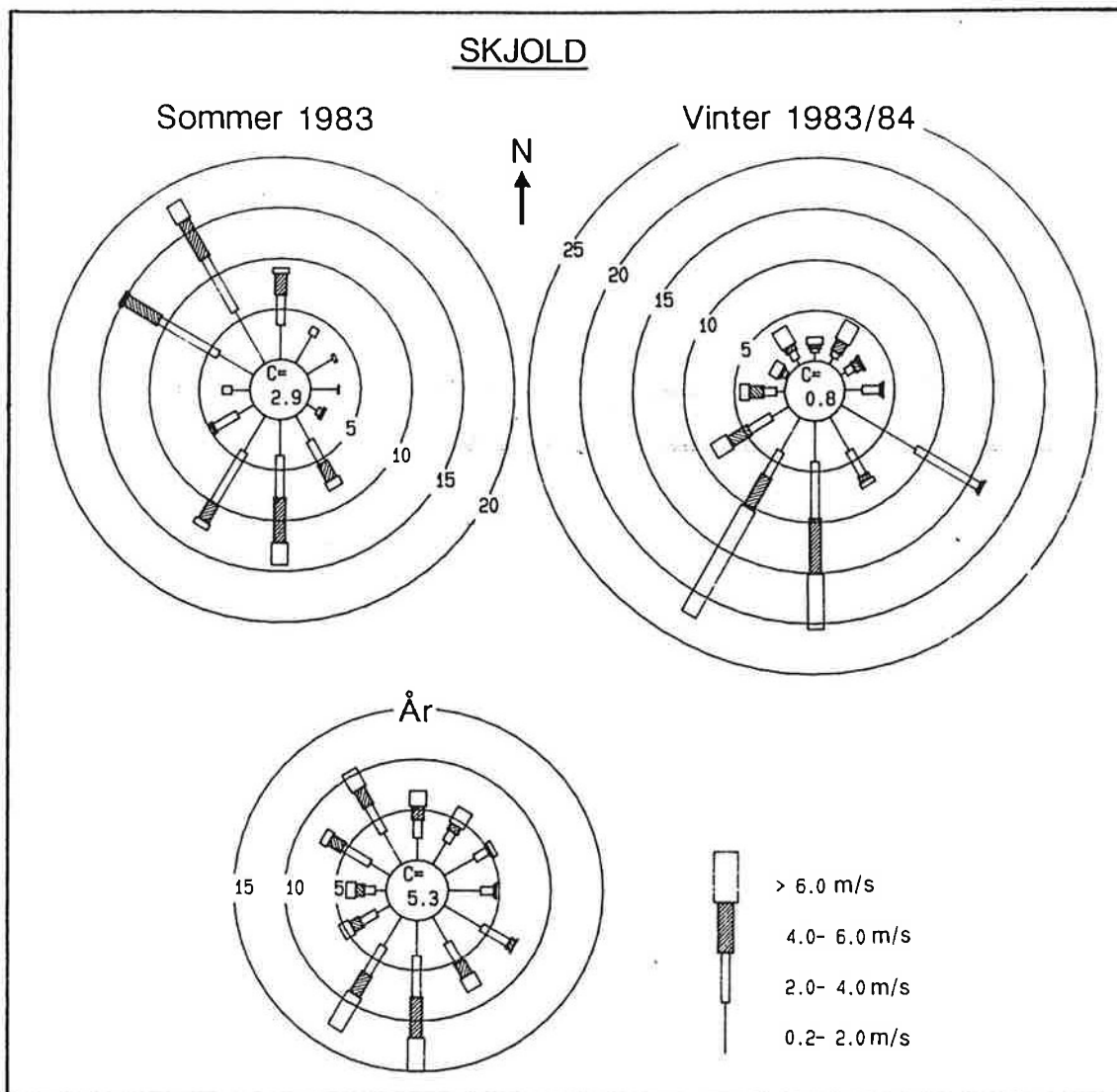
NILU utførte i perioden 1983-85 en basisundersøkelse i Bergen. Denne omfattet målinger av vindforhold og stabilitet på Skjold ca. 2,5 km nordøst for det planlagte avfallsforbrenningsanlegget. Disse målingene antas å være representative for spredningsforholdene rundt det planlagte forbrenningsanlegget. Anleggets bidrag er sammenlignet med luftkvalitetsmålinger gjennomført i Bergen sentrum i tiden 1994-95 og 1995-96.

## **2. Meteorologiske data**

Basisundersøkelsen i Bergen i perioden 1983-85 inneholdt et omfattende måleprogram for meteorologi (Larssen, 1986). Hovedstasjonen for meteorologi var plassert på Skjold, hvor det i tillegg til vindmålinger ble utført temperaturmålinger i 36 m og 10 m for å vurdere atmosfærens stabilitet.

### **2.1 Vindretning**

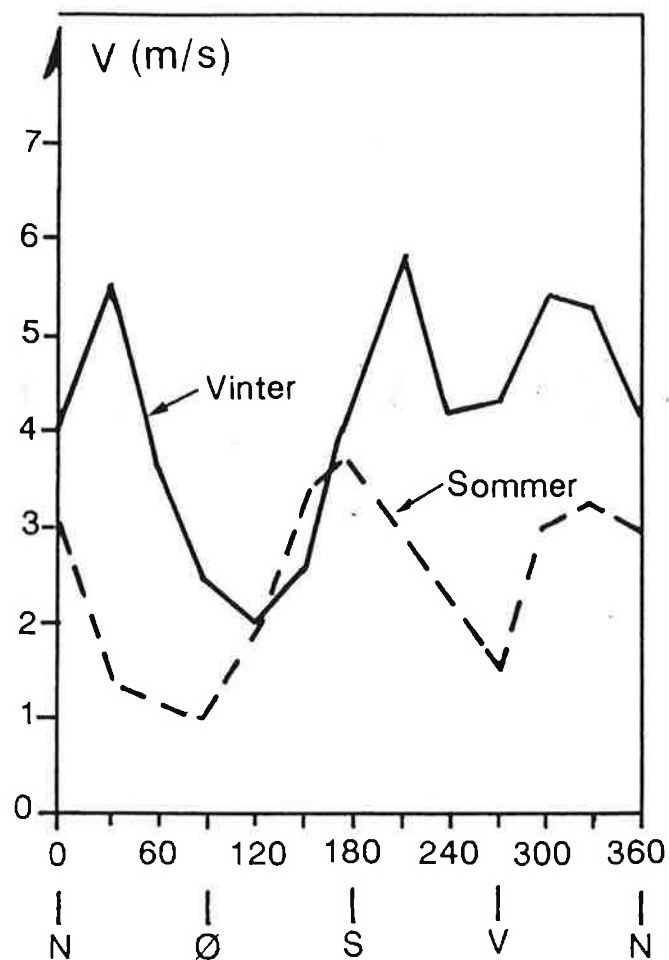
Vindfrekvensfordeling i tolv vindsektorer for sommeren 1983 og vinter 1983/84 på Skjold er vist i Figur 2. Dominerende vindretning om vinteren var fra sørsørvest ( $180^{\circ}$ - $210^{\circ}$ ) som forekom i ca. 43% av tiden. Om sommeren forekom vind fra denne sektoren i ca. 27% av tiden. Dominerende vindretning om sommeren var vind fra nordvest ( $300^{\circ}$  -  $330^{\circ}$ ) med forekomst i ca. 35% av tiden.



Figur 2: Forekomst av vindretning på Skjoldfordelt på tolv sektorer for sommer, vinter og over året. c: forekomst av vindstille.

## 2.2 Vindstyrke

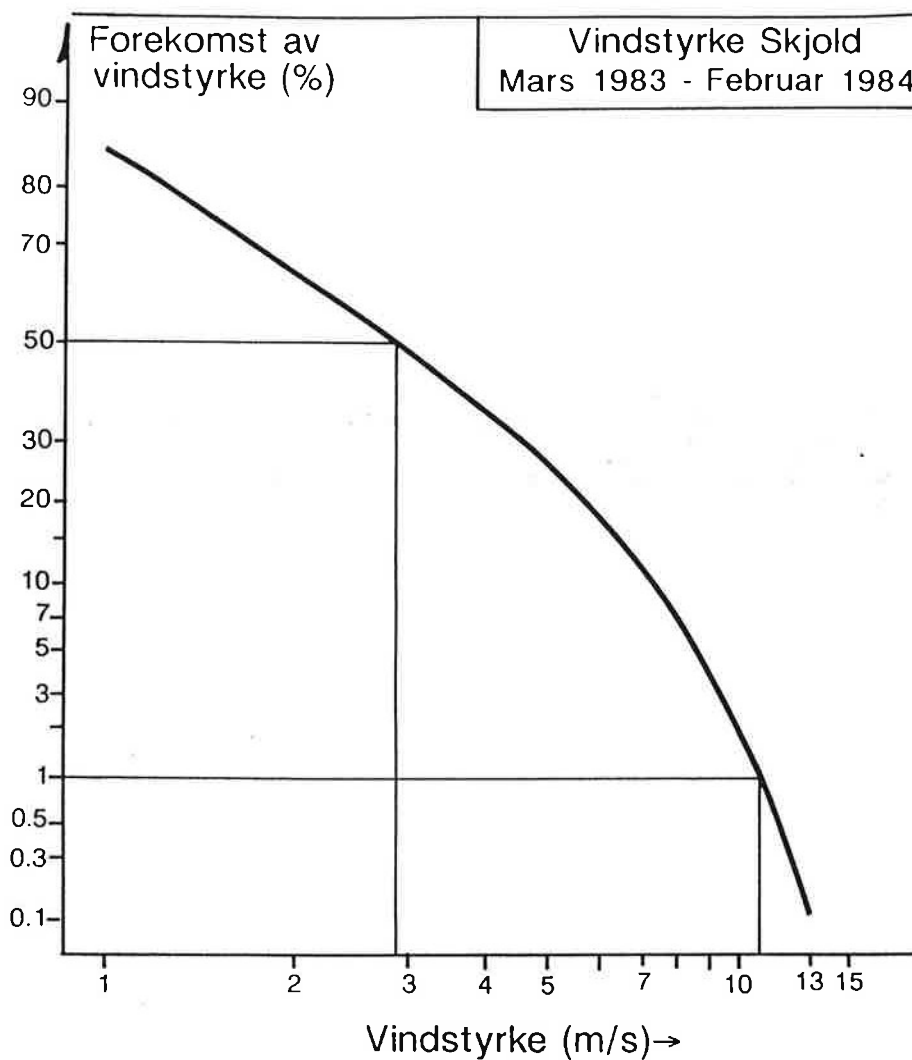
Midlere vindstyrke som funksjon av vindretning fordelt på 12 sektorer for sommeren 1983 og vinteren 1983/84 er vist i Figur 3. Figuren viser at midlere vindstyrke varierer tilnærmet likt med vindretningen for begge årstider med høyere vindstyrker om vinteren. De høyeste vindstyrkene forekom ved vind fra omkring sør og de laveste ved vind fra omkring øst.



Figur 3: Midlere vindstyrke som funksjon av vindretning for sommeren og vinteren.

Figur 4 viser kumulativ frekvensfordeling av vindstyrke på Skjold for perioden mars 1983 til februar 1984. Figuren viser at vindstyrker over 10 m/s forekom i mindre enn ca. 2% av tiden, og vind over 13 m/s forekom i mindre enn 0,1% av tiden over året. Medianverdien var ca. 2,9 m/s.

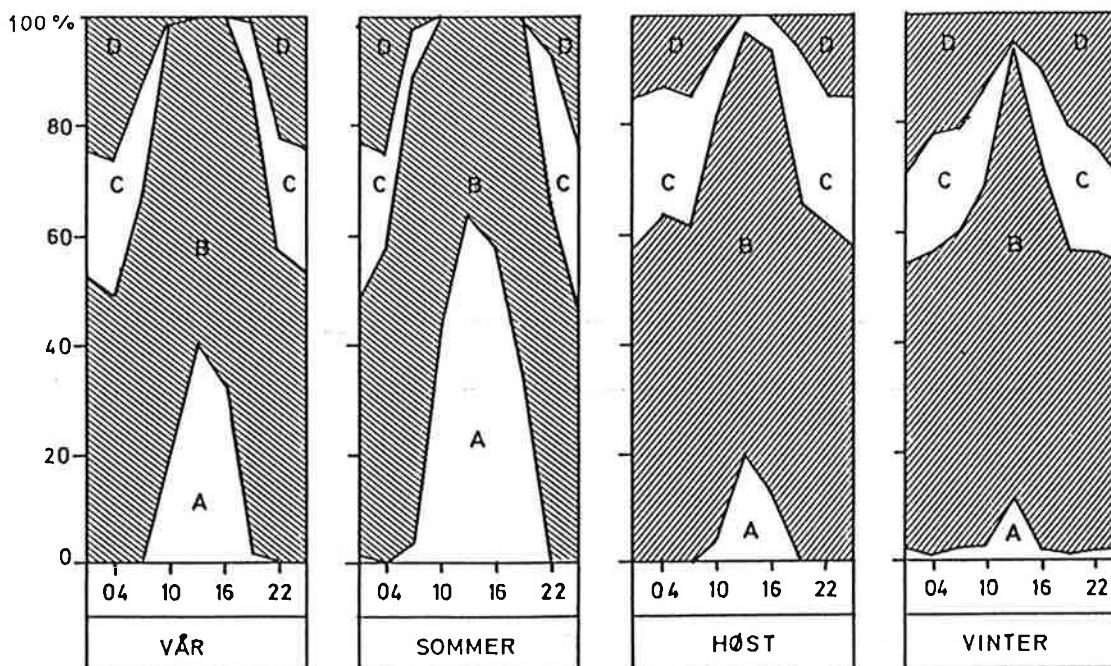




Figur 4: Kumulativ frekvensfordeling av vindstyrke på Skjold for perioden mars 1983 til februar 1984.

### 2.3 Stabilitet

Stabilitetsmålingene er basert på timevise målinger av temperaturdifferansen mellom 36 m og 10 m målt på Skjold. Stabiliteten er avgjørende for vertikalspredningen og fortynningen av luftforurensninger i atmosfæren. Fordeling av stabilitetsklasser over døgnet for hver årstid er vist i Figur 5.



Figur 5: Frekvens (%) over døgnet for hver årstid på Skjold.  
 A: Ustabil (soloppvarming, svak vind)  
 B.: Nøytralt (overskyet, sterk vind)  
 C: Lett stabilt (stille, klart vær)  
 D: Stabilt (stille, klart vær)

Stabil og lett stabil sjiktning med dårlige spredningsforhold forekom oftest om vinteren og høsten på grunn av utstråling og avkjøling av lufta nær bakken. Ustabil sjiktning forekom oftest midt på dagen om våren og sommeren på grunn av soloppvarming. Nøytral sjiktning inntreffer ved sterk vind og overskyet vær, og dette forekom oftest om høsten og vinteren.

### 3. Spredningsberegninger

Ved bruk av meteorologiske data og spesifiserte utslippsverdier for avfallsanlegg, har NILU utført spredningsberegninger for å vurdere både korttids- og årsmiddelverdier for konsentrasjon og avsetning på bakken rundt det planlagte avfallsforbrenningsanlegget i Rådalen. Spredningsberegningene er utført med NILUs gaussiske spredningsmodeller, hvor det antas at konsentrasjonsfordelingen i røykskyen er normalfordelt både horisontalt og vertikalt normalt på vindretningen (Bøhler, 1987). Beregningene er utført for både ustabile, nøytrale og stabile forhold, og det er tatt hensyn til topografi og bygninger og at vindstyrken øker med høyden.

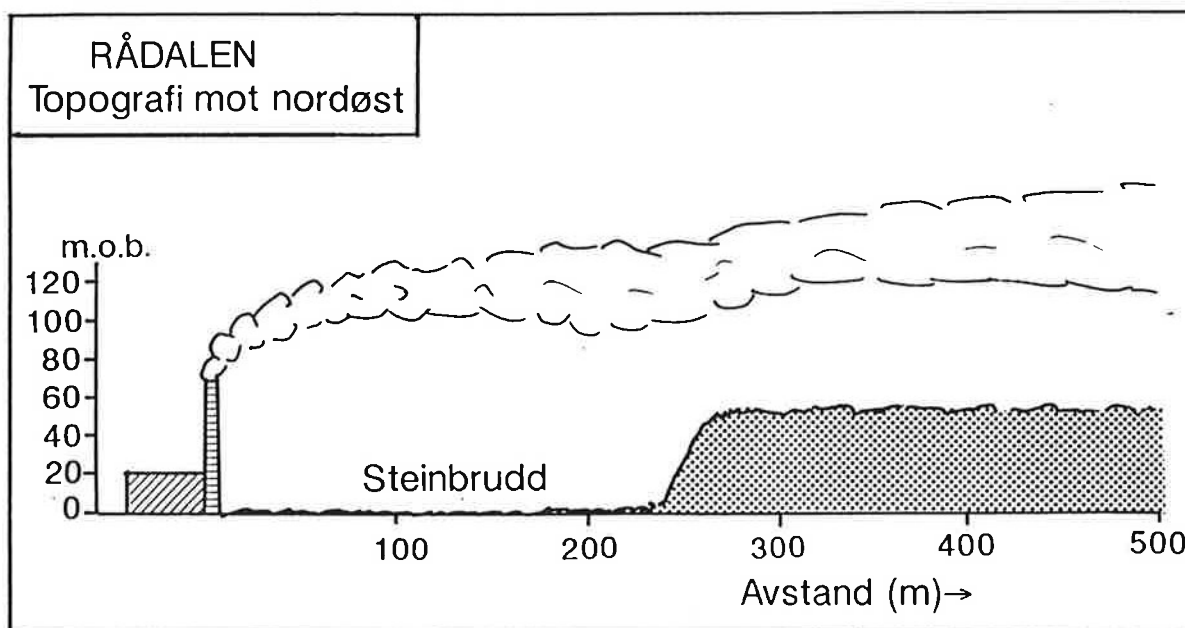
Resultatene er sammenlignet med luftkvalitetsmålinger tatt i basisundersøkelsen og norske og utenlandske anbefalte luftkvalitetskriterier eller omregnede verdier til uteluft fra norske normer for arbeidsatmosfære.

### 3.1 Valg av skorsteinshøyde

Ved valg av skorsteinshøyde for et avfallsforbrenningsanlegg er det normalt hydrogenklorid som er den dimensjonerende komponent hvis kun elektrofilter blir brukt til rensing. Dette anlegget vil imidlertid bli bygget med et mer avansert renseanlegg for å vaske ut bl.a. sure komponenter, slik at det blir nitrogendioksid som blir dimensjonerende komponent.

Minste skorsteinshøyde for et slikt anlegg vil normalt være lav på grunn av de små utslippene etter rensing. Bygningsdimensjoner og topografiske forhold vil da være avgjørende for valg av skorsteinshøyde. Nedslag bak bygninger og innslag på hauger og åser kan føre til korte perioder med høye konsentrasjoner som bør unngås.

Avfallsforbrenningsanlegget er planlagt plassert i Fana steinknuseverk. Mot sørsørvest er terrenget relativt flatt, mens det mot nordøst er en ca. 50 m høy bratt skrent 200-250 m fra anlegget. Om vinteren er dominerende vindretning fra sørsørvest, slik at utslippet vil transporteres mot skrenten i ca. 43% av tiden om vinteren og ca. 30% av tiden over året. Beskrivelse av terrenget ved vind mot skrenten er gitt i Figur 6.

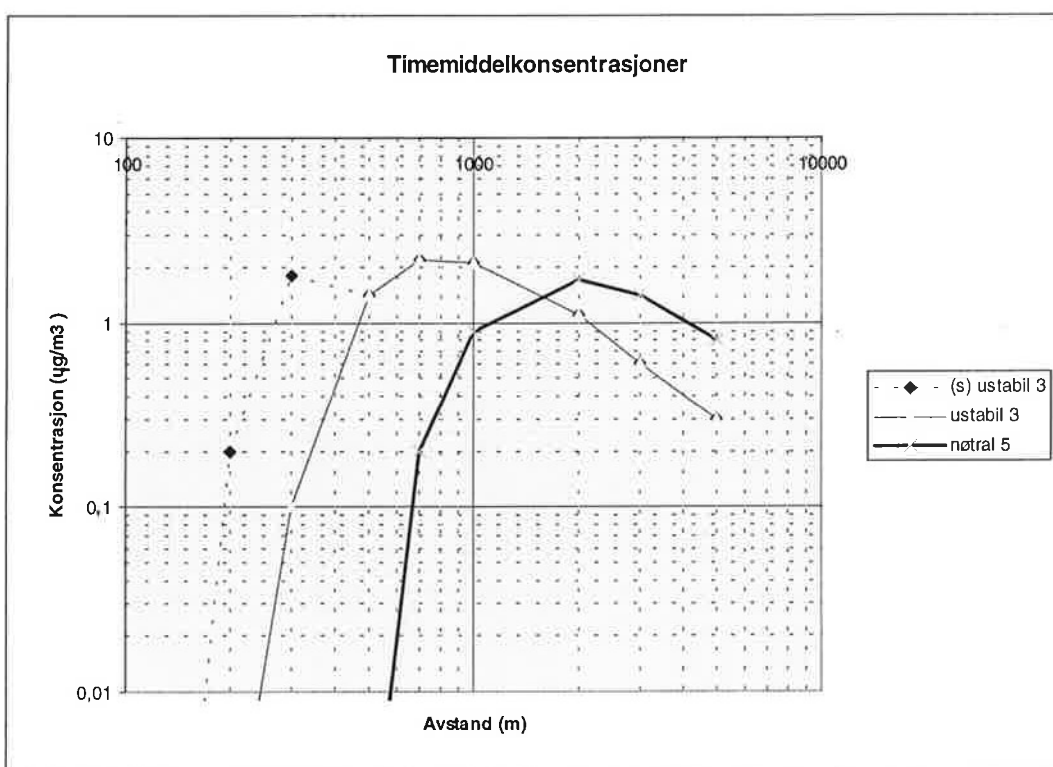


Figur 6: Terrengbeskrivelse ved vind fra sør-sørvest (210 °).

Den spesielle topografien som skrenten forårsaker vil være avgjørende for valg av skorsteinshøyde. Beregningene er utført med utslippstemperatur 120°C som er garantert fra leverandøren av anlegget (vedlegg A). Spredningsberegninger gir at for skorsteinshøyde 70 m vil konsentrasjonene ved skrenten ikke være høyere enn i det ellers maksimalt belastede området 700 m fra anlegget. Maksimale bakkekonsentrasjoner vil ved normal drift ligge godt under norske forslag til retningslinjer for uteluft ved valg av skorsteinshøyde på 70 m.

### 3.2 Korttidskonsentrasjoner

Tekniske data gitt i vedlegg A er brukt til å beregne maksimale timeverdier for et utslipp på 1 g/s. Spredningsberegninger er utført for ustabile, nøytrale og stabile forhold og for forskjellige vindretninger. Resultatene er vist i Figur 7 for skorsteinshøyde 70 m. Figuren viser maksimale timeverdier på bakken som funksjon av avstanden fra utslippet. Spesielt er det beskrevet bakkekonsentrasjoner på skrenten nordøst for anlegget. Ved ustabil sjiktning, som forekommer på dagen ved lave vindstyrker og soloppvarming, vil røykskyen fluktuere mye horisontalt og vertikalt. Dette vil føre til at konsentrasjonene på skrenten blir noe høyere enn ved andre transportretninger. Ved nøytral og stabil sjiktning er den vertikale utstrekning av skyen mindre og røykskyen når ikke ned til bakken før på større avstander.



Figur 7: Maksimale timeverdier på bakken som funksjon av avstand fra anlegget for et utslipp på 1 g/s. (s) : Transportering mot skrenten .

Ved bruk av utslippsdata gitt i vedlegg A, er maksimale timeverdier i åpent, flatt terreng og mot skrenten for de enkelte stoffer satt opp i Tabell 1. Forutsetning for beregningene er bruk av avansert gassrensning og røykgasstemperatur 120°C.

Tabell 1: Maksimale timeverdier på bakken for utslipp fra avfallsanlegget ved normal drift.

Maks. kapasitet: 15,4 tonn avfall pr. time.

	Utslipp		Ingen topografi		Mot skrent		Forslag til grenseverdi	
Støv	0,1	g/s	0,25	µg/m <sup>3</sup>	0,2	µg/m <sup>3</sup>	100	µg/m <sup>3</sup>
Hydrogenklorid	0,07	"	0,15	"	0,12	"	80	"
Svovesdioksyd	0,1	"	0,25	"	0,2	"	200	"
Nitrogendioksid	3,8	"	8,4	"	6,9	"	100	"
Hydrogenfluorid	2,3	mg/s	5,0	ng/m <sup>3</sup>	4,0	ng/m <sup>3</sup>	80	"
Kvikksølv	0,23	"	0,5	"	0,4	"	1 200	ng/m <sup>3</sup>
Tungmetaller *)	2,3	"	5	"	4	"	5 000	"
Kadmium	0,23	"	0,5	"	0,4	"	800	"
Dioksiner	1,1	ng/s	0,003	pg/m <sup>3</sup>	0,002	pg/m <sup>3</sup>	-	

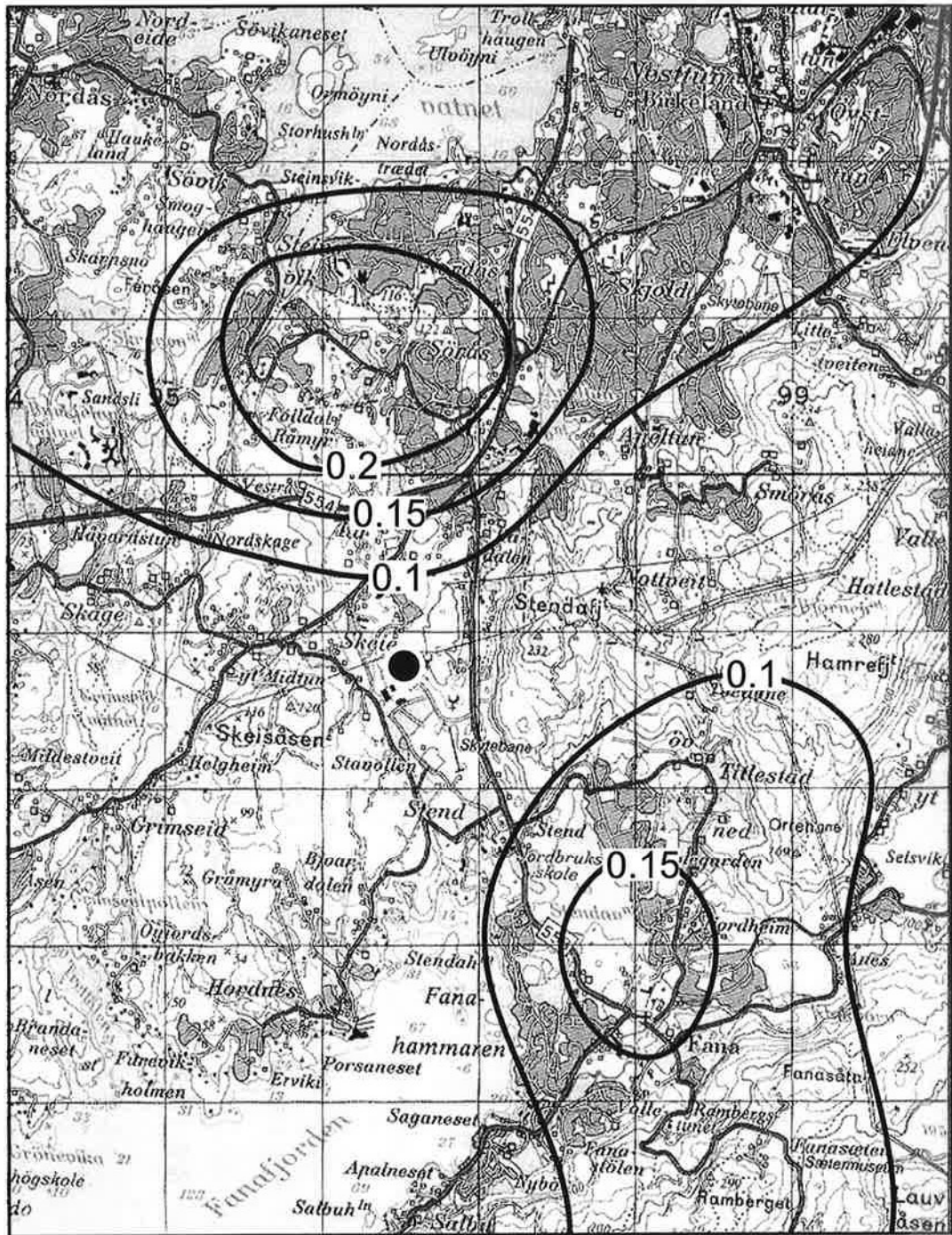
mg = 10<sup>-3</sup>, µg = 10<sup>-6</sup>, ng = 10<sup>-9</sup>, pg = 10<sup>-12</sup>g

\*) Bly, Krom, Kopper, Mangan, Antimon, Arsen, Kobolt, Nikkel, Vanadium og Sink

Resultatene av spredningsberegningene gir at nitrogendioksid vil få de relativt høyeste bakkekonsentrasjonene på under 10% av forslag til grenseverdi. Det forutsettes da at alt nitrogen slippes ut som nitrogendioksid. Dette er et overestimert, idet utslippet også inneholder nitrogenmonoksid. For saltsyre vil de høyeste timemidlete bakkekonsentrasjonene være ca. 0,2% av forslag til grenseverdi. Til sammenligning var middelbelastningen av NO<sub>2</sub> for Bergen sentrum i vinterhalvåret 34 µg/m<sup>3</sup> (94-95) og 46, µg/m<sup>3</sup> (95-96).

### 3.3 Årsmiddelverdier

Samtidige målinger av vind og stabilitet på Skjold er brukt for å utarbeide statistikk over vind- og stabilitetsfordelinger over året. Disse er sammen med midlere utslipp fra anlegget brukt til å beregne årsmiddel av konsentrasjon og avsetning på bakken. Resultatet av spredningsberegningene for nitrogendioksid er vist på Figur 8.



Figur 8: Midlere bakkekonsentrasjoner i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  over året for utslipp på 3,8 g/s fra avfallsanlegget.

Spredningsberegningene gir høyest belastning nord og sørøst for anlegget som er de to dominerende vindretninger. Området nord for anlegget vil få størst belastning.

I Tabell 2 er maksimale årsmiddelverdier for gassene sammenlignet med målte verdier på Hop, ca. 5 km nordøst for anlegget. Målingene på Hop er fra perioden

november 1983 til februar 1984. Årsmidler er normalt lavere enn vintermiddelverdier.

Tabell 2: Beregnete maksimale årsmiddelkonsentrasjoner sammenlignet med målte verdier om vinteren på Hop.

Stoff	Konsentrasjon		Grenseverdier	
	Beregnet	Målt <sup>1)</sup>	6 mnd	
Støv	0,006 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Svoveldioksid	0,006 "	7 "	40 "	
Nitrogendioksid	0,22 "	30 "	50 "	
Kvikksølv	0,01 $\text{ng}/\text{m}^3$	-	-	
TCDD-ekv.	0,06 $\text{fg}/\text{m}^3$	-	-	

1) november-februar 1983/84  
fg =  $10^{-15}$

Tabellen viser at utslippet fra anlegget selv i maksimumsområdet gir helt neglisjerbare bidrag til det eksisterende forurensningsnivået i området, og bidraget er også svært lavt i forhold til grenseverdiene. Maksimalbelastningen av nitrogendioksider fra anlegget er mindre enn 1% av vintermiddelkonsentrasjonen i Bergen sentrum. Konsentrasjonsnivået der er gjengitt i kapittel 3.2 ( $34\text{-}46 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ ).

### 3.4 Tørr- og våtavsetning

Ved beregning av total avsetning på bakken er det brukt avsetningshastighet 1 cm/s for både tørr- og våtavsetning som er en relativ høy verdi. Våtavsetning er det som vaskes ut med nedbør, mens tørravsetning går direkte fra luften til overflaten. Avsetning av gasser og partikler vil ved bruk av gaussiske modeller få samme fordeling i området som bakkekonsentrasjoner. Total årlig avsetning i  $\text{g}/\text{m}^2$  fås ved å skalere årsmiddelkonsentrasjonen i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  med en faktor lik 0,3. Tungmetaller, kadmium og dioksiner i maksimumsområdet nordøst for anlegget er gitt i Tabell 3. På grunnlag av målinger i tungmetaller i lav og mose, og innhold av stoffene i luft og nedbør, er bidraget til avsetning som kommer fra andre land beregnet for det sørlige Skandinavia (Steinnes, 1984). Beregnet årlig avsetning i maksimumsområdet er i Tabell 3 sammenlignet med bidraget fra andre land.

Tabell 3: Maksimal årlig avsetning av tungmetaller og organiske forbindelser sammenlignet med bidrag fra andre land.

Stoff	Beregnet avsetning	Bakgrunnsverdier
Kadmium	0,003 $\text{mg}/\text{m}^2 \text{ år}$	0,1 $\text{mg}/\text{m}^2 \text{ år}$
Tungmetaller	0,03 "	5,0 "
Dioksiner	0,017 $\text{ng}/\text{m}^2 \text{ år}$	-

Beregningene viser at bidraget til avsetning fra det planlagte avfallsforbrenningsanlegget i maksimumsområdet vil være under 1% av bakgrunnsnivået.

### 3.5 Forsuring av vann og jordsmonn

Avsetning i tørt vær og i nedbør av de sure gassene svoveldioksid, nitrogenoksider, hydrogenfluorid og hydrogenklorid vil kunne føre til forsuring av vann og jordsmonn. Det samlede bidrag til forsuringen i maksimumsområdet er beregnet til ca 5 mekv/m<sup>2</sup> år. Til sammenligning er det målt forsuring i området, forårsaket av langtransporterte forurensninger på ca 70 mekv/m<sup>2</sup> år. Bidraget til forsuringen i maksimumsområdet nordøst for anlegget vil derfor være lavere enn 10% av langtransporterte luftforurensninger.

### 3.6 Dioksiner og furaner - vurdering av eksponering

Utslipp av organiske mikroforurensninger fra avfallsanlegg er avhengig av anleggets driftsbetingelser, og beregningene nedenfor gjelder for normale driftsforhold som vil si at anlegget oppfyller utslippsnivået som er kontraktfestet mellom BIR og anleggsleverandør. Begrepet organiske forurensninger omhandler en rekke stoffer, deriblant dioksiner og furaner, som er en fellesbetegnelse for 210 forskjellige isomerer av klorerte dioksiner og furaner. Det er stor variasjon i toksisiteten av isomerene, og i tabellene foran er utslippene omregnet til 2,3,7,8-TCDD-ekvivalenter som er det mest toksiske stoffet. For denne isomeren er det angitt et tolerabelt daglig inntak på 1-5 pg/kg kroppsvekt (pg = 10<sup>-12</sup> gram).

Opptak av dioksiner kan skje gjennom innånding eller via inntatt føde. Opptak til mennesker via næringskjeden vil i første rekke skje gjennom konsumering av melkeprodukter og kjøtt fra husdyr som beiter i avsetningsområdet. Andre mulig opptaksveier gjennom føde er konsumering av frukt, bær og grønnsaker fra områder der avsetning har funnet sted.

Opptak via innånding ved at en voksen person puster inn ca 20 m<sup>3</sup> luft pr. døgn, gir et opptak i maksimumsområdet på 0,001 pg TCDD-ekv. pr. døgn. Maksimalt opptak via luft vil derfor utgjøre mindre enn 0,01 % av tolerabelt daglig inntak.

## 4. Referanser

- Bøhler, T. (1992) Vurdering av utslipp til luft fra et planlagt avfallsforbrenningsanlegg i Rådalen. Lillestrøm (NILU OR 32/89 revidert utgave).
- Bøhler, T. (1987) User's guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm (NILU TR 8/87).
- Larssen, S. (1986) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Bergen 1983-85. Hovedrapport. Lillestrøm (NILU OR 58/86).
- Steinnes, E. (1984) Contribution from long-range atmospheric transport to the deposition of trace metals in southern Scandinavia. Lillestrøm (NILU OR 29/84).



## **Vedlegg A**

### **Tekniske data - utslippsverdier**

### Driftsdata for forbrenningsanlegget

Maksimal kapaistet	:	15,4 tonn pr. time
Midlere røykgassvolum	:	81 100 m <sup>3</sup> N/h
Gasstemperatur	:	120 °C
Utslippshastighet	:	24 m/s
Utslippsdiameter	:	1,3 m
Driftstid	:	8 000 timer/år

Tabell A1 Utslippsverdier for spesialavfallsanlegg

Stoff	Rågass		Renset gass	
Støv	1 700	mg/m <sup>3</sup> N	5	mg/m <sup>3</sup> N
Saltsyre	600	"	3	"
Svoveldioksyd, SO <sub>2</sub>	300	"	5	"
Nitrogendioksid, NO <sub>2</sub>	170	"	170	"
Hydrogenfluorid, HF	5	"	0,1	"
Kvikksølv, Hg	0,5	"	0,01	"
Kadmium, Cd	1	"	0,01	"
Øvrige tungmetaller	15	"	0,1	"
TCDD-ekv.			0,05	ng/m <sup>3</sup> N



# Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 59/98	ISBN 82-425-1016-4 ISSN 0807-7207	
DATO 12.10.98	ANSV. SIGN. Øystein Hor	ANT. SIDER 17	PRIS NOK 30,-
TITTEL Luftforurensning fra avfallsforbrenningsanlegg i Rådalen		PROSJEKTLEDER D. Tønnesen	
		NILU PROSJEKT NR. O-98048	
FORFATTER(E) Dag Tønnesen		TILGJENGELIGHET * B	
		OPPDRAGSGIVERS REF. Toralf Igesund	
OPPDRAGSGIVER Bergensområdet Interkommunale Renovasjonsselskap Jektevigen 5 5010 BERGEN			
STIKKORD Avfall	Spredning	Konsentrasjoner	
REFERAT NILU har på oppdrag fra Bergensområdets interkommunale renovasjonsselskap gjennomført nye beregninger for et planlagt søppelforbrenningsanlegg i Rådalen. Utslippsbetingelser og utslippsmengder er i henhold til garanti fra leverandør av anlegget. Utslippstallene er lave, og med 70 m skorsteinshøyde og 120 °C avgasstemperatur blir forurensningsbelastningen meget liten.			
TITLE Air pollution from a waste incinerator in Rådalen			
ABSTRACT			

\* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU  
B Begrenset distribusjon  
C Kan ikke utleveres