

NILU
OPPDRAGSRAPPORT 19/79
REFERANSE: 21879
DATO: JUNI 1979

VURDERING AV SKORSTEINSHØYDE FOR
KULLFYRT KRAFTVERK I
LONGYEARBYEN

AV
B. SIVERTSEN

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
NORGE

INNHOOLD

	Side
1 INNLEDNING	5
2 ANLEGGET	5
3 METEOROLOGISKE DATA	7
4 BEREGNINGER	9
4.1 Røykløftet	9
4.2 Spredningsparametre	10
4.3 Bakkekonsentrasjoner uten topografi	11
4.3.1 Utslippsalternativ 1: 1.4%S i kull	11
4.3.2 Utslippsalternativ 2: 3.7%S i kull	12
5 DISKUSJON	13
6 KONKLUSJON	15
7 REFERANSER	15
VEDLEGG A	17

VURDERING AV SKORSTEINSHØYDE FOR KULLFYRT KRAFTVERK
I LONGYEARBYEN

1 INNLEDNING

Store Norske Spitsbergen Kulkompani A/S planlegger å forsterke den ekisterende kraftstasjonen i Longyearbyen med to kullfyrte kombinerte fjernvarme- og elektrisitetsproduserende anlegg.

Norsk insitutt for luftforskning (NILU) ble i denne anledning i brev av 1.6.1979 fra NVE Statskraftverkene bedt om å vurdere skorsteinshøyden for et slikt anlegg.

Det har på den korte tiden som har stått til rådighet ikke vært mulig å hente fram et så fullstendig datamateriale som ønskelig særlig når det gjelder topografi, klimatologi, spredningsforhold og bakgrunnsforurensning. De vurderingene som presenteres nedenfor må derfor anses som en innledende orientering.

2 ANLEGGET

NVE Statskraftverkene har gitt følgende opplysninger om anlegget: De to kullfyrte kombinerte blokkene vil hver få en ytelse på 5MWe og 7.5MW varme ved avtapning fra turbin. Dampkjelene vil bli utført med vandrerister. Kjelene vil dessuten bli utstyrt med syklonbatterier for å fjerne støv.

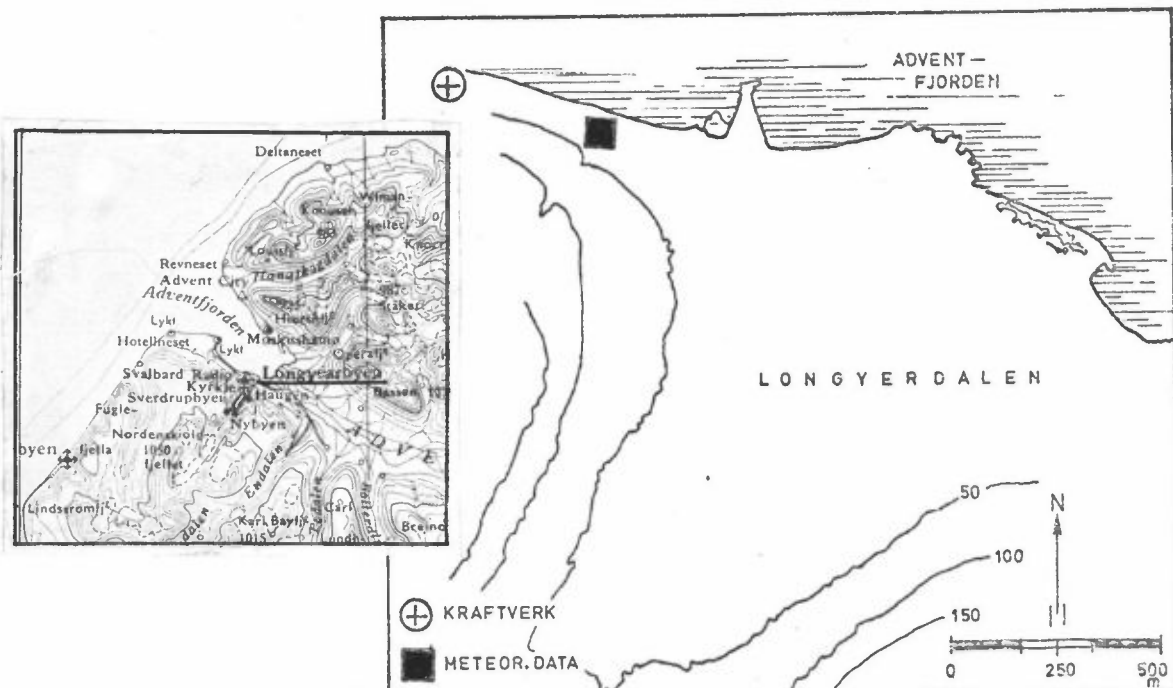
Den nye kraftstasjonen vil erstatte et gammelt kullfyrte verk, samt lokale fyrhus oppvarmet med olje. Tekniske data av betydning for beregning av nødvendig skorsteinshøyde for det nye anlegget er gitt i tabell 1.

Tabell 1: Tekniske data for et kraftverk med to enheter á 5 MW i Longyearbyen (kilde: NVE).

Brennstoff-forbruk	7 tonn/h
Røykgassmengde	22.2 m _N ³ /s
Støvinnhold i røykgass etter filter	500 mg/Nm ³
Nitrogenoksyder, anslått	< 350 ppm ved 3% O ₂
Avgasstemperatur	433 K
Antatt utslippshastighet	15 m/s
Antatt skorsteinsdiameter*	1.9 m
SO ₂ -utslipp alt 1, (1.4%S)	54 g SO ₂ /s
alt 2, (3.7%S)	144 g SO ₂ /s

* "skorsteinen" antas å bestå av to rør et fra hver enhet plumet ved siden av hverandre. Den angitte "ekvivalent diameter" er estimert for beregning av røykløftet.

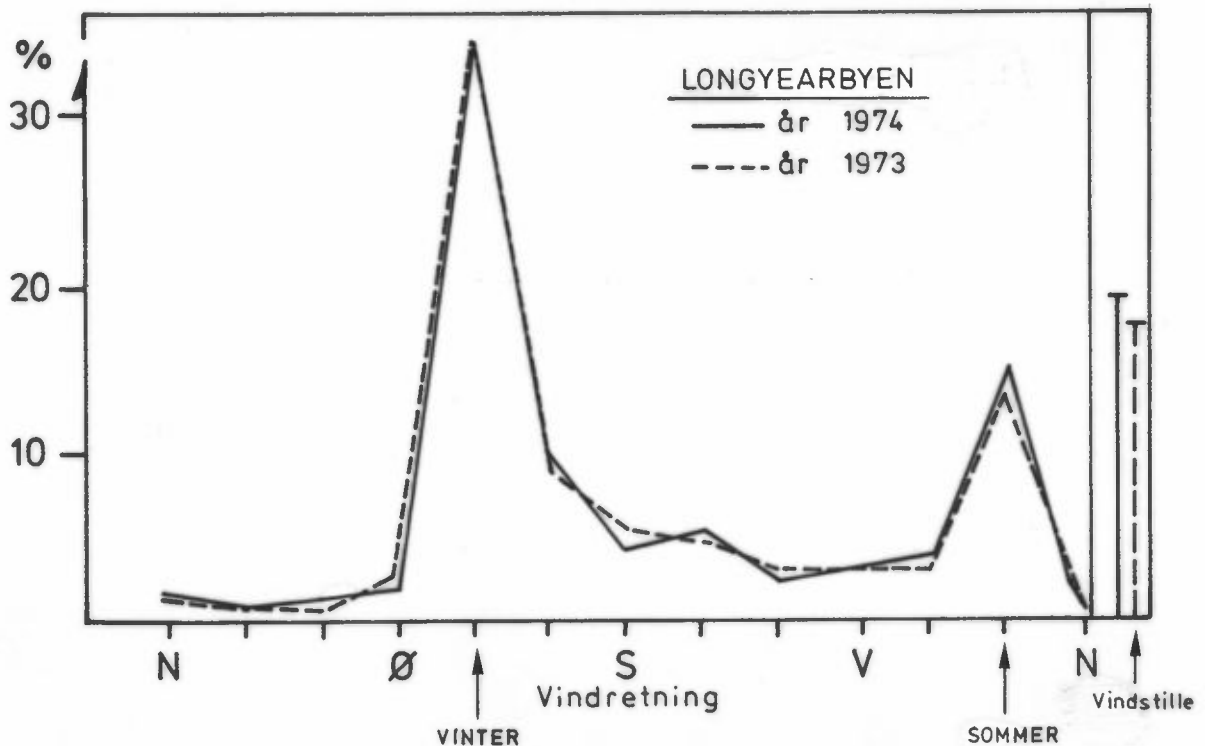
To alternative kulltyper er vurdert. Den ene med et svovelinnhold på 1.4%. I det andre alternativet skal det anvendes "Askeladd"-kull med 3.7% svovel. Dette alternativet ble trukket inn i vurderingene etter at beregningene på det nærmeste var avsluttet. Den nye kraftstasjonen vil bli plassert i sjøområdet mellom det eksisterende dampkraftverket og en reserve dieselstasjon (se kartskisse figur 1).



Figur 1: Kartskisse med tenkt lokalisering av nytt kraftverk.

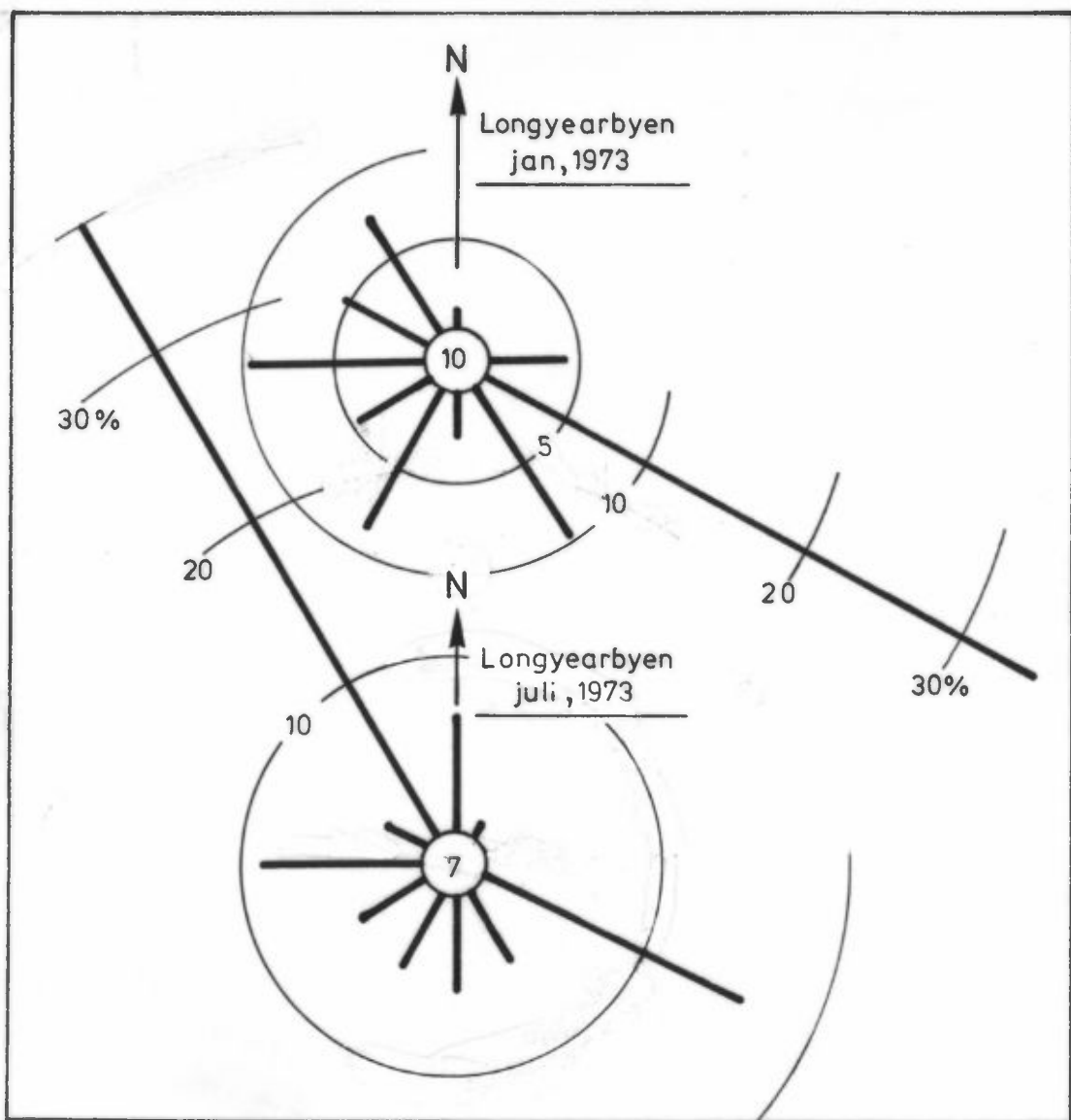
3 METEOROLOGISKE DATA

Et meget begrenset meteorologisk datamateriale er framskaffet i forbindelse med vurderingene. En har konsentrert oppmerksomheten om vindforholdene og basert presentasjonen på Meteorologisk institutts klimadata fra Longyearbyen (1). Stasjonen ligger ved Radiostasjonen 37 m.oh. Dataene viser en utpreget kanalisering av vinden ut og inn Adventfjorden. Fordelingen av de forskjellige vindretningene viser også liten variasjon fra ett år til et annet som det framgår av figur 2.



Figur 2: Frekvens (i %) av forskjellige vindretninger, fordelt på tolv 30°-sektorer og vindstille, for årene 1973 og 1974 ved Longyearbyen.

Den oftest forekommende vindretningen er vind fra østsørøst ($\text{ØSØ} \pm 15^\circ$). På årsbasis blåser det i ca 35% av tiden i denne 30° -sektoren. Middelvindstyrken for disse vindene er ca 4.5 m/s. Den nest hyppigste vindretningen er representert ved vinder fra nord-nordvest, som forekommer i ca 15% av tiden. Middelvindstyrken ved disse retningene er bare ca 2.5 m/s. Middelvindstyrken over hele året ligger omkring 3-4 m/s. Vindfrekvensfordelingene har en karakteristisk årlig variasjon i Longyearbyen, som vist i figur 3.



Figur 3: Vindroser fra Longyearbyen for januar og juli 1973. Stolpene angir frekvens av vind (i %) fra tolv 30° -sektorer. Vindstillefrekvens er angitt i indre sirkel.

I vintermånedene blåser det oftest utover Adventdalen fra SSØ. Det er i enkelte vinter måneder observert at vinden er i denne 30^o-sektoren i mer enn 50% av tiden. I januar 1973 var 35% av vinden i denne sektoren. I juli 1973 blåste det oftest innover dalen fra NNØ. Dette synes imidlertid bare å være tilfelle i et par av årets måneder (vanligvis juli og august).

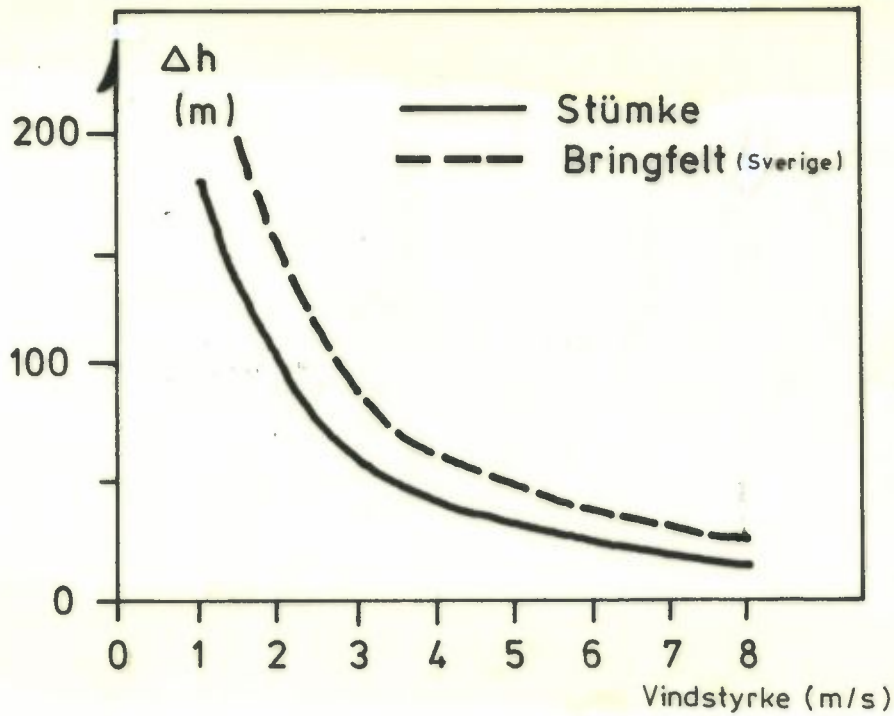
4 BEREGNINGER

Spredningsberegningene som er foretatt for å vurdere krav til skorsteinshøyde er basert på såkalte "gaussiske modeller" der konsentrasjonsfordelingen av gass horisontalt og vertikalt vinkelrett på vindretningen antas å være normalfordelt. Modellene er beskrevet i mer detalj i tidligere rapporter fra NILU (2).

4.1 Røykløftet

Beregningene av det løftet røyken får etter at den passerer skorsteinsmunningen er av stor betydning for vurdering av fysisk skorsteinshøyde. Det finnes en rekke metoder for slike beregninger (3). I disse beregningene har en ut fra størrelsen på anlegget, gassmengder og temperatur valgt å basere beregningene på formler gitt av Stümke (4) for instabil og nøytral luft, og Briggs (5) for stabile tilfeller. Dette vil sannsynligvis også føre til at konsentrasjonene ikke beregnes for lavt (vi er på "den sikre siden").

Figur 4 viser røykløftet for det skisserte anlegget som en funksjon av vindstyrken under forutsetning av at avgassene fra de to enhetene føres ut i to rør som ligger helt inntil hverandre. I figuren har en også tatt med beregninger basert på svenske metoder (6).



Figur 4: Røykløftet (Δh) som funksjon av vindstyrken i en instabil eller nøytral atmosfære, beregnet ved hjelp av Stümke's og Bringfelt's metoder.

4.2 Spredningsparametre

For anlegget i Longyearbyen har en valgt å anvende Singer og Smith's empiriske spredningsparametre, basert på forsøk med utslipp fra en 100 m mast ved Brookhaven laboratoriene i USA (4). Spredningsparametrene er gitt på formen:

$$\sigma_y = ax^p \quad \text{og} \quad \sigma_z = bx^q$$

der x er avstanden fra utslippet. Koeffisientene a , b , p og q er gitt i tabell 2 for de fire anvendte stabilitetsklasser.

Tabell 2: Koeffisientene i uttrykkene for spredningsparametrene σ_y og σ_z .

Stabilitet	σ_y		σ_z	
	a	p	b	q
instabilt	0.36	0.86	0.33	0.86
nøytralt	0.32	0.78	0.22	0.78
lett stab.	0.31	0.74	0.16	0.74
stabilt	0.31	0.71	0.06	0.71

For stabil sjikting og liten vind er vanligvis σ_y underestimert fordi en da oftest observerer meandrering av vinden over så lang periode som 1 time, som beregningene gjelder for. Dette er tatt hensyn til i diskusjonen av stabile tilfeller.

4.3 Bakkekonsentrasjoner uten topografi

4.3.1 Utslippsalternativ 1: 1.4%Si kull

I tabell 3 har en presentert sammenhengen mellom fysisk skorsteinshøyde, maksimal bakkekonsentrasjon og meteorologiske forhold for utslippsalternativ 1. Det er i denne tabellen ikke tatt hensyn til topografiske effekter.

Tabell 3: Maksimale timesmidlele bakkekonsentrasjoner av SO₂ for forskjellige skorsteinshøyder ved det foreslåtte kraftverket i Longyearbyen (utslippsalt. 1: 1.4%S i kull)

Skorsteins- høyde (m)	Maks.konsentr. (times middel) (µg SO ₂ /m ³)	Avstand til maks.kons. (km)	Meteorol.forhold	
			Stabilitet	Vindstyrke (m/s)
50	380	0.5	instab.	2-3
50	280	1.5	nøytr.	3-4*
60	320	0.6	instab.	2
70	200-260	0.6-2	inst./nøytr.	~ 2
90	200	~ 1	instab.	1-2
100	140-180	1-3	inst./nøytr.	1-3

*vanligste meteorologiske situasjon

Hvis skorsteinen bygges mindre enn 50 m, vil bakkekonsentrasjonen av SO₂ i enkelte meteorologiske stasjoner kunne komme opp mot 400 µg/m³ innenfor 1 km fra utslippet. For en skorstein som ikke er høyere enn 50 m bør en i tillegg vurdere innflytelsen av bygningene på kraftverket. Når skorsteinshøyden økes til ca 90 m vil den maksimale bakkekonsentrasjonen av SO₂ ikke overskride 200 µg/m³. For den vanligst forekommende meteorologiske situasjonen, som er antatt å være 3-4 m/s vind og nær nøytral eller lett stabil atmosfære, vil bakkekonsentrasjonen fra en 50 m høy skorstein være omkring 300 µg/m³ eller lavere.

4.3.2 Utslippsalternativ 2: 3.7%S i kull

Beregningene for utslippene ved bruk av "Askeladd"-kull er basert på den samme luftgassmengde, skorsteinsdiameter og avgasstemperatur som for alternativ 1. Maksimale bakkekonsentrasjoner for forskjellige skorsteinshøyder er vist i tabell 4.

Tabell 4: Maksimale timesmidlele bakkekonsentrasjoner av SO₂ for forskjellige skorsteinshøyder ved et kraftverk i Longyearbyen fyrst med Askeladd-kull (3.7% S i kull).

Skorsteins- høyde (m)	Maks.konsentr. (timesmiddel) (µg SO ₂ /m ³)	Avstand til maks.kons. (km)	Meteorol.forh.	
			Stabilitet	Vindstyrke
70	540	2	nøytr.	~ 2
90	550	1-3	inst./nøytr.	1-2
90	400	2-5	nøyt./stab.	3-4*
120	320-400	1.2-4	inst./nøyt.	1-2
150	250-300	1.5-5	inst./nøyt.	1-2

* vanligste meteorologiske situasjon

Som det framgår av tabellen kreves det for dette alternativet en skorstein på opp mot 120 m for å være sikker på å unngå bakkekonsentrasjoner over 400 µg SO₂/m³. Det presiseres at overhøydeberegningene er "konservative", slik at de angitte konsentrasjonene i alle fall ikke er underestimert.

5 DISKUSJON

Som utgangspunkt for å diskutere kravet til skorsteinhøyde for det kullfyrte kraftverket i Longyearbyen, må en sette en grense for hvilke konsentrasjoner av SO₂, støv og NO_x en skal tillate i området. En oversikt over forslag til retningslinjer i Norge er presentert i Vedlegg A. Vi skal ikke her ta stilling til hvorvidt Statens forurensningstilsyn (SFT) vil tillate de samme konsentrasjonene over Arktis, hvor bakgrunnsbelastningen vanligvis er mye mindre enn vi er vant til i Norge.

Når det ikke tas hensyn til topografiens innflytelse, viser beregningene for alternativ 1 at de maksimale timesmidlele bakkekonsentrasjonene ikke vil overskride 400 µg SO₂/m³ (som er SFT's forslag til grense i Norge) bare skorsteinen er høyere enn 50 m. Hvis skorsteinen er 90 m høy, vil bakkekonsentrasjonen heller ikke overskride 200 µg SO₂/m³.

Når det gjelder konsentrasjonene av svevestøv og nitrogenoksyder vil disse representere en større sikkerhetsmargin i forhold til normene enn SO₂. Konsentrasjonene av disse komponentene vil for alternativ 1 være ca 20% av de beregnet for SO₂, for alternativ 2 enda lavere.

Bakgrunnsforurensningen i området er ikke vurdert. Det er heller ikke foretatt målinger av luftkvalitet i Longyearbyen. En er imidlertid gjort kjent med at følgende kilder til luftforurensninger finnes i nærheten:

- støvutslipp fra oppredningsverk
- vinderosjon av sedimentære bergarter samt kullager
- skjeidesteinsbranner.

Den sistnevnte representerer den største potensielle SO₂-belastningen, men det er noe uvisst hvilket omfang disse har i dag.

De topografiske forholdene rundt Longyearbyen er kompliserte. Longyeardalen går inn som en sidedal til Adventdalen. Fjellsidene går opp i flere hundre meter innenfor 1-2 km fra kraftverket. Vindmålingene som er foretatt ved Radiostasjonen (37 m.oh.) viser kanalisering ut og inn langs Adventfjorden. Under enkelte meteorologiske forhold med svært stabil luft (inversjoner) og svak vind, vil en derfor kunne få høye konsentrasjoner i begrensede områder av fjellsiden nær kraftverket, selv om skorsteinen bygges svært høy.

Det er foretatt et grovt estimat av bakkekonsentrasjonen for utslipp fra en 90 m høy skorstein i en slik situasjon. Ved 1-2 m/s vind og inversjon kan det dannes et "røykteppe" som ligger ca 150 m over dalbunnen. Hvis dette treffer fjellsiden i en avstand av rundt 1-2 km, kan konsentrasjonen her lett overskride 800 µg/m³. Sannsynligheten for en slik situasjon kan ikke kvantifiseres før bedre spredningsdata foreligger.

Konsentrasjoner med lenger midlingstid enn én time er ikke vurdert, da dette krever en vind/stabilitetsfrekvens-matrise, basert på data fra kraftverksområdet.

6 KONKLUSJON

Med alle forbehold om spesielle meteorologiske forhold og topografiske effekter, viser beregningene som er foretatt følgende:

- for kull med 1.4% svovel, bør skorsteinen på det planlagte kraftverket ikke være lavere enn 50 m for å tilfredsstille de retningslinjer for luftkvalitet som gjelder for Norge
- bygger man en 70 m høy skorstein for dette anlegget (1.4%S) vil man ha en viss sikkerhetsmargin å gå på, når man igjen ser bort fra spesielle meteorologiske/topografiske effekter
- for kull med 3.7% svovel viser beregningene at skorsteinen bør være minst 120m for å "være på den sikre siden".

Det presiseres at beregningene av røykløft sannsynligvis er noe underestimert, slik at konsentrasjonene beregnet for flatt terreng, er noe høyere enn det en vil erfare i framtiden.

7 REFERANSER

- (1) Det norske meteorologiske institutt Norsk Meteorologisk Årbok 1974 og 1975, (Oslo 1975 og 1977).
- (2) Sivertsen, B. Virkninger av luftforurensninger fra et oljefyrt varmekraftverk (Østlandet-Rogaland-Sørlandet). Kjeller 1975. (NILU OR 1/76.)
- (3) Sivertsen, B. Plume Rise Calculations. Kjeller 1974. (NILU TN 80/74.)

- (4) Stümke, H. Korrektur der Schornsteinbauhöhe
wegen des Geländeeinflusses
Staub, 24, 525-28, (1964).
- (5) Briggs, G.A. Chimney Plumes in Neutral and
Stable Surroundings.
Atm.Env. 6, 507-510 (1972).
- (6) Bringfelt, B. Plume Rise Measurements at
Industrial Chimneys.
atm.Env. 2, 575-598 (1968).

VEDLEGG A

RETNINGSLINJER FOR UTENDØRS
LUFTKVALITET

RETNINGSLINJER FOR UTENDØRS LUFTKVALITET

Denne oversikten over retningslinjer for luftkvalitet er basert på et notat fra SFT (1), samt oversikter om luftkvalitet fra NILU-rapporter (2)(3).

SFT har utarbeidet retningslinjer for følgende stoffer:

- svoveldioksyd
- svevestøv og sot
- nitrogendioksyd
- fluorider

De angitte grenseverdier definerer et forurensningsnivå som ut i fra nåværende viten ikke medfører helseskader, eller ulemper av betydning for menneskers trivsel eller andre vesentlige skadevirkninger. I grenseverdiene er det dessuten innebygd en viss sikkerhetsmargin slik at en ikke uten videre kan forvente negative effekter ved overskridelser. Retningslinjene må derfor sees i sammenheng med den forklarende tekst.

Ved utarbeidelsen av retningslinjene har det vært lagt særlig vekt på helsemessige virkninger. Retningslinjene vil derfor først og fremst ha sin gyldighet i bomiljøer eller andre områder med alminnelig ferdsel av mennesker over et tidsrom som minst tilsvarer grenseverdienes midlingstider. Retningslinjene gjelder ikke innenfor rene bedriftsområder.

Retningslinjene er veiledende og ikke juridisk bindende. Dette skyldes blant annet at det kan være vanskelig å spore en bestemt forurensningssituasjon tilbake til kildene. Utslippene fra de forskjellige kilder vil derfor fortsatt bli regulert ved hjelp av individuelle utslippstillatelser og forskrifter.

De angitte grenserverdier må ikke oppfattes som noe absolutt krav til luftkvalitet som må oppfylles umiddelbart. Overskridelser av grenseverdiene tilsier at utslippsreducerende tiltak må vurderes med sikte på å redusere konsentrasjonene av forurensende stoffer til et nivå som ikke medfører uønskede skader eller ulemper, og som gir en forsvarlig sikkerhetsmargin.

Grunnlaget for retningslinjene med hensyn på SO₂ og svevestøv har først og fremst vært det materiale som foreligger fra Verdens helseorganisasjons (WHO) ekspertkomité (4) samt det materiale som ellers ligger til grunn for tilsvarende retningslinjer i Sverige (5).

Svoveldioksyd og svevestøv

I tabell 1, 2 og 3 er angitt de grenseverdier som er gjort gjeldende som veiledende retningslinjer for luftkvalitet med hensyn på SO₂, sot og total mengde svevestøv.

Når det gjelder svevestøv gjelder ikke retningslinjene dersom stoffer som beryllium, tungmetaller, arsen og tilsvarende utgjør en betydelig del av svevestøvmassen. Dersom så er tilfelle, vil en slik situasjon måtte bli gjenstand for en egen vurdering.

I retningslinjene er det skilt mellom total mengde svevestøv (målt med veibare prøver tatt med stort luftvolum) og sot ("international standard smoke", målt reflektrometrisk med OECD-metoden av 1964). I samme miljø kan de to ovennevnte målemetoder justeres til å gi samme resultater. Vanligvis vil imidlertid de veibare prøvene gi noe høyere måleresultater enn de reflektrometriske målingene. Til nå har vi i Norge vesentlig data fra reflektrometriske målinger av luftens sotinnhold og siden målinger med veibare prøver er betydelig mer krevende med hensyn til utstyr og arbeidsinnsats, er det grunn til å regne med at denne målemetoden også i stor utstrekning vil være dominerende når det gjelder de fremtidige målinger. I enkelte tilfelle vil det imidlertid være av stor betydning å måle luftens totale innhold av svevestøv (lyst industristøv etc.). Av den grunn bør det også være grenseverdier for total mengde svevestøv.

De angitte grenseverdier er først og fremst fastsatt på grunnlag av kriterier utarbeidet av WHO's ekspertgruppe (4). Ved å samholde grenseverdiene med de nevnte kriterier framgår at det i grenseverdiene er innebygd en viss sikkerhetsmargin.

Selv om det er utarbeidet separate grenseverdier for SO₂ og svevestøv må som det framgår av kriteriene, verdiene for SO₂ og svevestøv vurderes i nær sammenheng når det gjelder helseeffekter.

Tabell 1: Grenseverdier for svoveldioksyd (SO₂).

Midlingstid	Grenseverdi (µg/m ³)	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 2: Grenseverdier for sot ¹⁾.

Midlingstid	Grenseverdi (µg/m ³)	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

1) Målt ifølge OECDs retningslinjer

Tabell 3: Grenseverdier for totalt svevestøvinnhold ¹⁾.

Midlingstid	Grenseverdi (µg/m ³)	Anmerkning
6 måneder	60	Aritmetisk middelværdi i en vilkårlig 6 mnd periode
24 timer	150	Bør ikke overskrides i mer enn 2% av tiden i en vilkårlig 6 mnd periode og ikke som en sammenhengende periode

I NILUS referansemeter for måling (3) anbefales det i forbindelse med totalt svevestøv å anvende høyvolum prøvetakere og veiging av filtrene. Målemetoden er nærmere beskrevet i en publikasjon fra Verdens helseorganisasjon (7). Her presiseres det at luft skal dras gjennom et filter med en høy gjennomstrømningshastighet (1.1 - 1.7 m³/min). Dette fører til at partikler i området 0.1 - 100 µm (Stokes ekvivalente diameter) passerer gjennom filtret (glassfiberfilter).

Tabell 4: Verdens helseorganisasjons ekspertgruppes kriterier for luftkvalitet med hensyn på SO₂ og sot.

Forurensning	Overdørlighet Økt antall sykehus- innleggelser	Tilstandsforverring hos pasienter med lungesykdommer	Påvirkning av åndings- funksjonen	Nedsatt s: ubehags- effekter
Svoveldioksyd	500 µg/m ³ døgnmiddel- verdi	500-250 µg/m ³ døgnmiddelverdi	100 µg/m ³ årsmiddel- verdi	80 µg/m ³ geometrisk årsmiddel- verdi
Sot ¹⁾	500 µg/m ³ døgnmiddel- verdi	250 µg/m ³ døgnmiddel- verdi	100 µg/m ³ årsmiddel- verdi	80 µg/m ³ geometrisk årsmiddel- verdi

REFERANSER

- (1) Forslag fra SFT røykskaderådet til Miljøverndepartementet om retningslinjer for utendørs luftkvalitet. Oslo 13.10.1977.
- (2) Hagen, L.O. Landsoversikt over luftforurensningstilstanden i Norge. Lillestrøm 1977. (NILU OR 14/77.)
- (3) Schjoldager, J.
Hanssen, J.E. Retningslinjer for luftkvalitet. Referansemetoder for måling av svoveldioksyd, sot, svevestøv, nitrogendioksyd og fluorid. Lillestrøm 1977. (NILU OR 24/77.)
- (4) Air Quality Criteria and Guides for Urban Air Pollutants. Geneve 1977. (WHO Techn. report Ser. No 506, 1972.)
- (5) Riktvärden för luftkvalité, svoveldioksyd och stoft. Stockholm 1976. (Statens Naturvårdsverk, Publikasjon 1976:8.)
- (6) Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft vom 28 August 1974. Gemeinsames Ministerial blatt 1974 S. 426, 452.
- (7) Verdens helseorganisasjon Selected methods of measuring air pollutants. Geneve 1976 (WHO Offset Publication No. 24).

