

NILU
Teknisk notat nr 52/73
Ref: IO 000869
Dato: April 1973

SVOVELFORURENSNINGER I LUFT OG NEDBØR
VED NORSKE BAKGRUNNSTASJONER
Døgnmålinger november 1971 - juni 1972

av
J Schjoldager

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 15, 2007 KJELLER
NORGE

FORORD

Med dette legges fram endel målinger av luft og nedbør fra forskjellige stasjoner i Norge for perioden november 1971 - juni 1972. Målingene er ledd i et større prosjekt som Instituttet er engasjert i, som går ut på å studere sammenhengen mellom utslipp, transport og nedfall av luftforurensninger i Europa. De målingene som er gjort, kan imidlertid også ha interesse for andre, og dette er årsaken til at målingene nå legges fram.

En stor del av NILU's personale har vært engasjert i oppsetting og drift av målestasjonene og analyse av nedbør- og luftprøvene. Forsker Einar Joranger har ledet arbeidet med oppsetting av stasjoner og bearbeiding av resultater fram til august 1972. Laborant Vidar Lurud har hatt ansvaret for teknisk drift av stasjonene. Forsker Frederick Gram har skrevet regnemaskinprogrammene. Ingeniør Odd Anda har ledet analysearbeidet. Institutt for Atomenergi har utført en del av analysene.

Måleprogrammet skal fortsette i 3 år. Måleresultatene vil etter hvert bli lagt fram slik som i denne rapporten. En tar sikte på å legge fram målinger for et halvt år ad gangen, og knytte endel kommentarer til. Disse kommentarene er noe summariske. Mer omfattende vurderinger og kommentarer vil komme senere som forskningsrapporter fra hovedprosjektet, som har navnet "Long Range Transport of Air Pollutants".

INNHold

		Side
1	<u>INNLEDNING</u>	1
2	<u>STASJONSPLASSERING</u>	1
3	<u>PRØVETAKING</u>	7
	3.1 <u>Nedbør</u> :.....	7
	3.2 <u>Luft</u>	8
4	<u>KJEMISK ANALYSE AV PRØVENE</u>	9
	4.1 <u>Luftprøver</u>	9
	4.2 <u>Nedbørprøver</u>	10
5	<u>RESULTATER</u>	11
6	<u>SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE MÅLINGER</u>	19
7	<u>KONKLUSJON</u>	22
8	<u>LITTERATURLISTE</u>	23
9	<u>BILAG (egen innholdsfortegnelse)</u>	25

SVOVELFORURENSNINGER I LUFT OG NEDBØR
VED NORSKE BAKGRUNNSTASJONER
Døgnmålinger november 1971 - juni 1972

1. INNLEDNING

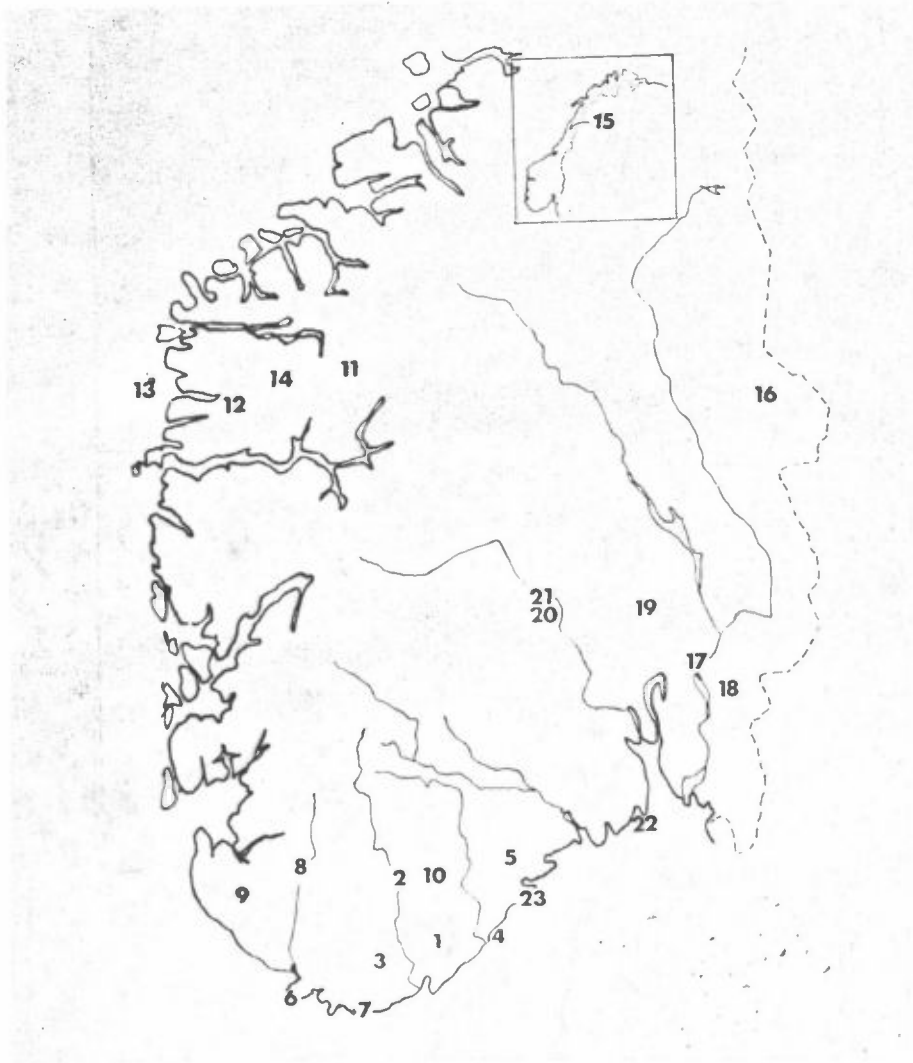
I oktober 1971 opprettet NILU et nett med stasjoner for daglig prøvetaking av luft og nedbør for bestemmelse av konsentrasjoner av svoveloksyder og syre. Målingene var en forberedelse til prosjektet "Long Range Transport of Air Pollutants" (LRTAP). Dette er et OECD-prosjekt med deltakelse av 10 land innen Vest-Europa. Prosjektet startet offisielt 1 juli 1972. Den daglige ledelse ligger hos NILU. Hensikten er å kartlegge sammenhengen mellom utslipp, transport og nedfall av forurensninger, særlig svovel-forbindelser, innen Europa.

Resultatene som legges fram i denne rapporten er fra i alt 23 norske målestasjoner. Hovedtyngden av stasjonene er plassert i de områdene hvor en mener at langtransporten av forurensninger har størst virkning. Derfor er de fleste stasjonene plassert på Sørlandet og Østlandet. En stasjon ligger i Nord-Norge, de andre i Sør-Norge.

Målingene omfatter svoveldioksyd i luft, svovel beregnet som sulfat i svevestøv i luften, samt nedbørmengde, sulfat-konsentrasjon, pH og konsentrasjon av sterk syre i nedbøren. Målingene er fra perioden oktober 1971 - juni 1972.

2. STASJONSPLASSERING

I alt 23 målestasjoner har vært i drift. Kart over stasjonene finnes i figur 1. Som det fremgår av kartet ligger de fleste stasjonene på Sørlandet, imidlertid er noen av stasjonene plassert rundt Oslofjorden for å undersøke bidraget fra dette området. På Sørlandet ligger stasjonene stort sett plassert langs to linjer, en ytre linje relativt nær kysten, og en indre linje lengre fra kysten.



Figur 1. Stasjonskart.

Map of stations.

Da hensikten har vært å studere fjerntransporten, er stasjonsplasseringen foretatt med tanke på å unngå forurensningsbidrag fra lokale kilder. Slike lokale kilder kan være hus som nytter kull, olje eller ved. Mange av stasjonene er plassert på samme sted som nedbørstasjoner til Meteorologisk Institutt. Dette er gjort for å sammenligne våre nedbørmålinger med Meteorologisk Institutt's målinger.

Posisjon til stasjonene finnes i tabell 1 nedenfor. Deretter følger en kort beskrivelse av hver stasjon. Beskrivelsen er et sammendrag av (1).

NO	NAME	METER a.m.s.l.	POS N	POS E	START Opprettet	DISCONT Nedlagt	AIR	PREC	MI
1	Birkenes	190	58°23'	8°15'	1/11-71	-	x	x	
2	Bygland	215	58°50'	7°48'	1/11-71	17/4-71	x	x	
3	Finsland	275	58°19'	7°35'	1/11-71	-	x ¹	x	x
4	Flødevigen	10	58°26'	8°45'	1/11-71	17/4-72	x	x	
5	Gjerstad	240	58°53'	8°57'	1/11-71	-		x	x
6	Lista	13	58°06'	6°34'	1/11-71	-		x	x
7	Mandal	138	58°03'	7°27'	1/11-71	-		x	x
8	Skreådalen	475	58°49'	6°43'	1/11-71	-		x	x
9	Søyland	263	58°41'	5°59'	1/11-71	-	x	x	x
10	Tovdal	227	58°48'	8°14'	1/11-71	-		x	x
11	Bjørkhaug	324	61°38'	7°16'	25/6-71	1/7-72		x	x
12	Førde	42	61°28'	5°51'	25/6-71	15/7-72		x	x
13	Kinn	10	61°34'	4°48'	25/6-71	1/7-72		x	x
14	Skei i Jølster	205	61°34'	6°29'	25/6-71	-		x	x
15	Tustervatn	439	65°50'	13°55'	28/12-71	-		x	x
16	Tågmyra	536	61°25'	12°04'	26/12-71	-		x	x
17	Kjeller	120	59°59'	11°03'	2/2-72	1/2-73		x	
18	Løken	150	59°48'	11°27'	26/2-72	-		x	
19	Bislingen	680	60°14'	10°37'	26/3-72	-		x	
20	Grimelid	367	60°08'	9°36'	25/3-72	-		x	x
21	Norefjell	810	60°13'	9°31'	27/3-72	1/2-73	x	x	
22	Vasser	35	59°04'	10°26'	17/4-72	-	x	x	
23	Lyngør	20	59°38'	9°08'	18/4-72	-	x	x	

¹Luftmåling startet 20/4-72

AIR : Luftmåling
 PREC: Nedbørmåling
 MI : Nedbørstasjon for
 Meteorologisk Institutt

Tabell 1. Stasjonsliste.

List of stations.

- N01 Birkenes: Ligger i Sørlandsheiene 190 m.o.h. Terrenget er småkupert med karakteristiske høydeforskjeller 50-100 meter. Tovdalselva ligger ca 3 km unna, og om lag 150 meter lavere enn stasjonen, som ligger på en nedlagt gård. Avstanden til Birkeland sentrum er 5 km i retning sør, og avstanden til kysten er 20 km.
- N02 Bygland: Ligger ved Byglandsfjorden 215 m.o.h. Dalsidene er om lag 600 meter høye. Avstanden til kysten er 80 km. Stasjonen ble nedlagt fordi korrelasjonsanalyse med andre stasjoner indikerte forurensningsbidrag fra lokale kilder.
- N03 Finsland: Ligger i middels kupert terreng med karakteristiske høydeforskjeller på 100 meter. Stasjonen ligger 30 km nordvest for Kristiansand.
- N04 Flødevigen: Ligger ved sjøen innerst i en bukt om lag 10 meter over havflaten. Stasjonen ble nedlagt fordi den ble påvirket av Arendal, som ligger 2-3 km unna.
- N05 Gjerstad: Ligger i kupert terreng 240 m.o.h. Karakteristiske høydeforskjeller 100-150 meter. Avstanden til kysten er 20 km.
- N06 Lista: Ligger på en flat slette 200-300 meter fra kysten. Ved pålandsvind blir sjøsaltbidraget stort for denne stasjonen.
- N07 Mandal: Ligger 138 m.o.h. Terrenget er kupert med høydeforskjeller 50-150 meter. Stasjonen ligger 2 km nord for Mandal. Avstanden til kysten er om lag 3 km.

- N08 Skreådalen: Ligger på vestsiden av Sirdalen 475 m.o.h. Stasjonen ligger nær vannskillet mot vest. Terrenget omkring har karakteristiske høydeforskjeller 700-800 meter. Avstanden til kysten er 100 km.
- N09 Søyland: Ligger i kupert terreng 263 m.o.h. Karakteristiske høydeforskjeller er 100-300 meter. Avstanden til kysten er 25 km.
- N10 Tovdal: Ligger 227 m.o.h. og 50 meter over dalbunnen. Terrenget har karakteristiske høydeforskjeller 300-500 meter. Avstanden til kysten er 60 km.
- N11 Bjørkhaug: Ligger nord i Jostedalen 324 m.o.h. nær Jostedalsbreen på sørsiden av en bratt skråning 250 meter høyere enn dalbunnen. Fjellene omkring rager 1000-1500 meter over dalen.
- N12 Førde: Ligger på nordsiden av Førdefjorden 42 m.o.h. Fjellene omkring er om lag 700 meter høye. Stasjonen ligger 2 km nordvest for tettstedet Førde.
- N13 Kinn: Ligger nær sjøen på øya Reksta i middels kupert terreng. Karakteristiske høydeforskjeller er 100-300 meter. Stasjonen ligger om lag 10 km vest for Florø.

Stasjonene N11, N12 og N13 var ledd i et spesielt måleprogram og ble nedlagt i juli 1972.

- N14 Skei i Jølster: Ligger ved Jølsterfjorden 205 m.o.h. Fjellene omkring er om lag 1000 meter høye. Stasjonen ligger 1 km nord-vest for Skei.

- N15 Tustervatn: Ligger i nærheten av Røssvatnet i Nordland, 439 m.o.h. Fjellene omkring er om lag 1000 meter høye. Stasjonen ligger 30 km øst for Mosjøen.
- N16 Tågmyra: Ligger i Trysil i kupert Østlands-terreng, 536 m.o.h. Dalsidene er 200-400 meter høye. Stasjonen ligger 15 km nordvest for tettstedet Innbygda.
- N17 Kjeller: Ligger på NILU's område i flatt terreng, 120 m.o.h. Stasjonen ligger 2 km nord for Lillestrøm. Avstanden til Oslo er 20 km.
- N18 Løken: Ligger i Høland i småkupert Østlandsterreng, 150 m.o.h. Karakteristiske høydeforskjeller 50-100 meter. Stasjonen ligger 1.5 km nordvest for tettstedet Løken, og avstanden til Oslo er 40 km.
- N19 Bislingen: Ligger i Lunner 680 m.o.h. i middels kupert terreng med karakteristiske høydeforskjeller på 150 meter. Stasjonen ligger på en ås 35 km nord for Oslo.
- N20 Grimelid: Ligger 367 m.o.h. på vestsiden av Krøderen i en dalside 200 m over dalbunnen.
- N21 Norefjell: Ligger 810 m.o.h. ved Norefjellstua i skoggrensen. Stasjonen ligger om lag 600 meter høyere enn Krøderen på sørsiden av Norefjellplatået. I området er det en del hytter og hoteller. Avstanden til Oslo er om lag 70 km.

- N22 Hvasser: Ligger på en øy på vestsiden av Oslofjorden på en knaus 35 meter over havflaten. Terrenget er kupert. Avstanden til Tønsberg er 15 km mot nord.
- N23 Lyngør: Ligger på en øy i svakt kupert terreng i utkanten av tettstedet Lyngør 20 m.o.h. Avstanden til sjøen er 700-800 meter.

3. PRØVETAKING

3.1. Nedbør

For oppsamling av nedbør er det hittil brukt en åpen polyetylenbeholder av en type som er produsert for NILU til bruk som støvmåler. Et bilde av måleren med stativ er gjengitt i figur 2. Beholderen er plassert på en stang om lag 2 meter

over bakken. Ved prøvetakingen blir beholderen tømt og skylt med destillert vann. Volumet av prøven blir målt i ml, og nedbørhøyden i mm beregnes ut fra oppsamlingsflaten som er 314 cm^2 .



Pga. aerodynamiske forhold vil en slik måler gi lavere nedbørhøyde enn det som virkelig faller. Feilen blir størst for lett snø ved sterk vind.

Fra ca. 1. juli 1972 er måleren utstyrt med en innvendig trakt for å motvirke fordamping.

Figur 2. Foto av nedbørsamler. Photo of precipitation collector.

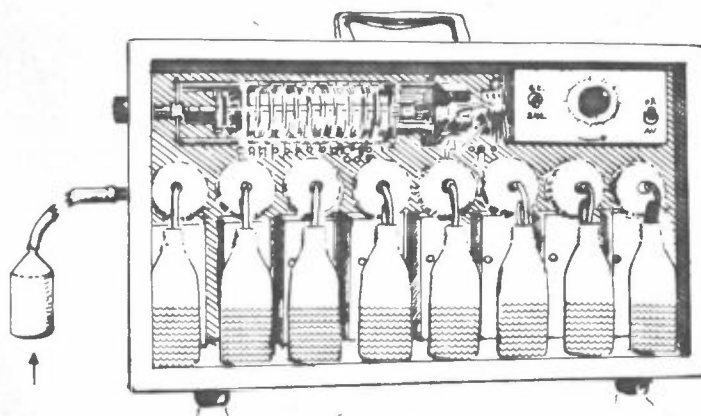
Fordamping fra måleren vil gi for lave nedbørverdier, men er uten betydning for beregning av nedfallet av sulfat og sterk syre, fordi inndampingen også fører med seg en oppkonsentrering av løste stoffer i prøven.

En rekke av stasjonene er plassert i tilknytning til Meteorologisk Institutt's nedbørstasjoner. For stasjonen N03 Finsland er det foretatt sammenligning mellom de to målingene. En enkel regresjonsanalyse basert på alle nedbørtilfellene i 1.halvår 1972, ga som resultat at MI's måler i gjennomsnitt viste 3% mer nedbør enn NILU's måler. På denne stasjonen er MI's måler utstyrt med skjerm for å redusere oppsamlingsfeilen, mens NILU's måler ikke har skjerm. En vil anta at forskjellen mellom de to målerne er mindre for regn enn for snø.

NILU's nedbørmåler vil bli skiftet ut med en ny type som er i samsvar med internasjonale standarder for nedbørmålere. Med den nye typen er også fordampningsfeilen redusert til et minimum.

3.2. Luft

Som luftprøvetaker har en brukt NILU's "kommunekasse". Luften suges inn gjennom et filter og passerer deretter en løsning på 0,3% hydrogenperoksyd. Eventuelle partikler i luften avsettes på filteret, og svoveldioksyd absorberes i løsningen. Et bilde av luftprøvetakeren er vist i figur 3. side 9 . Apparaturen inneholder ialt 8 flasker, og skifter automatisk til ny flaske én gang pr. døgn. Prøver sendes til NILU for analyser én gang pr. uke. Mer detaljert beskrivelse av luftprøvetakeren finnes i (2).



Figur 3. Foto av luftprøvetaker. Photo of air sampler.

4 KJEMISK ANALYSE AV PRØVENE

En kort redegjørelse for analysemetodene i tilknytning til OECD-prosjektet ble gitt på et fellesmøte av Norsk forening for Vassdragspleie og Vannhygiene og Norsk forening for bekjempelse av luftforurensninger i Oslo i januar 1973 (3).

4.1 Luftprøver

I luftprøvene bestemmes sulfat i aerosolpartikler, samlet på filter, ved røntgenfluorescens. Metoden er beskrevet av Grennfelt et al. (4) og videre utprøvd med bidrag fra NORDFORSK av Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning i Gøteborg og av Institutt for Atomenergi på Kjeller (5),(6). Røntgenfluorescens-bestemmelsen på de norske filtrene blir utført av Institutt for Atomenergi.

Svoveldioksyd bestemmes ved den såkalte Thorin-metoden, som er basert på absorpsjon av SO_2 i en sur peroksydholdig løsning, og bestemmelse av sulfatkonsentrasjonen ved disproporsjonering av et farget barium(II)-thoronolkompleks i 70% dioksanmiljø (7),(8).

4.2 Nedbørprøver

Sulfatkonsentrasjonen i nedbøren bestemmes ved Thorin-metoden etter ionebytting med en sur kationbytter (Dowex 50). Natrium- og/eller magnesium bestemmes ved henholdsvis flamme-emisjon og atomabsorpsjonsspektroskopi. Natrium og magnesium brukes til å korrigere for sulfat tilført som sjøsalt. I sjøsalt er forholdene sulfat/natrium og sulfat/magnesium tilnærmet konstant.

Av hensyn til spørsmålet om den sure nedbørs virkninger på jord og vann, bestemmes konsentrasjonen av sterke syrer rutinemessig i samtlige prøver. Den titreringsmetode som anvendes (9) er basert på Liberti's metode (10), med coulometrisk generering av OH^- ioner og ekstrapolering av endepunktet med Gran's plot. Prøvene tilsettes på forhånd en kjent mengde syre slik at pH i prøven blir mindre enn 4. På denne måten måler en i praksis bare konsentrasjonen av syrer som er fullstendig (>90%) dissosiert ved pH=4. Konsentrasjonen av sterke syrer blir oppgitt i mikroekvivalenter pr liter, forkortet $\mu\text{ekv}/\text{l}$. 1 μekv er 1×10^{-6} ekvivalenter som tilsvarer $1,008 \times 10^{-6}$ g H^+ ioner, eller 49×10^{-6} g H_2SO_4 . I tillegg blir pH bestemt i alle prøver. En har fått god overensstemmelse mellom måling av pH og sterk syre for pH<5.

Dersom en ser på sammenhengen mellom sulfatkonsentrasjonen og konsentrasjonen av sterk syre er det åpenbart at det ikke bare er svovelsyre som tilføres med nedbøren. En har også eksempler på tilfeller der konsentrasjonen av sterk syre har vært større enn sulfatkonsentrasjonen skulle tilsi. I slike tilfeller har en ofte mye nitrat i prøvene. Det er gjort analyser av snøprøver i Sør-Norge (11), og en finner betydelige mengder nitrat sammen med sulfat i de forurensede lagene.

I de månedlige nedbørprøvene fra bakgrunnstasjoner som analyseres ved International Meteorological Institute,

Stockholm, bestemmes S, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, Cl, Na, K, Mg, Ca, pH og bikarbonat resp. syre i alle prøvene. Granat (12) har gitt en oversikt over hvordan pH i nedbøren avhenger av konsentrasjonene av disse komponentene.

Valget av sterk syre og sulfat som de viktigste analyseparametre ble truffet fordi denne kombinasjonen syntes å ville gi mest informasjon om sammenhengen mellom sur nedbør og langtransport av luftforurensninger.

5

RESULTATER

Måleresultatene og oversiktsberegninger er gjengitt i bilagene. Bilag 1 gir døgnverdier av de enkelte komponentene for samtlige stasjoner. I tillegg er det utarbeidet måneds- og halvårsoversikter for de enkelte komponentene. Konsentrasjonen av natrium som brukes til korreksjon av havsalt, er ikke tatt med i oversiktene. I bilag 2 er vist et fullstendig måleskjema for en stasjon i en måned hvor også natrium- og magnesiumverdiene er med. (Kopi av disse måleskjemaene kan stilles til disposisjon for spesielt interesserte.)

Målingene viser at nedfallet ikke skjer regelmessig, men at det vesentligste kommer i relativt få episoder med 1 - 3 døgns varighet. Tabell for tre slike episoder er gjengitt i bilag 10. Slike episoder har nær sammenheng med de meteorologiske forhold. Studiet av disse sammenhengene er en hovedoppgave for LRTAP-prosjektet og blir ikke behandlet her.

I det følgende er det gitt korte kommentarer og forklaringer til de enkelte bilag.

Bilag 1, side 26-70 viser verdier for følgende størrelser:

- a) Nedbør (mm) i NILU's nedbørmåler.
- b) Offisielle nedbørdata fra Meteorologisk Institutt for de stasjonene som også har måler for MI. I tabellen har en brukt betegnelsen 0.0 både for det som Meteorologisk Institutt kaller "ingen nedbør" og for det som kalles "ikke målbar nedbør". Som en ser kan det være et

visst avvik mellom de to nedbørmålingene.
Dette er nærmere omtalt under punkt 3.
Prøvetaking.

- c) Sulfat i nedbør. Tabellen gir konsentrasjonen av sulfationer i mg/l. Verdiene er korrigert for havsalt.
- d) pH i nedbør.
- e) Sterk syre i nedbør i $\mu\text{ekv/l}$. Bestemmelsen av sterk syre er nærmere omtalt under punkt 4. Kjemisk analyse av prøvene.
- f) Svoveldioksyd i luft. Her oppgis luft-konsentrasjonen av svoveldioksyd i $\mu\text{g/m}^3$ for de stasjoner som har luftprøvetaking.
- g) Sulfat på filter. Dette er konsentrasjonen av svovel i svevestøvet beregnet som $\mu\text{g/m}^3$ sulfat. Tabellene inneholder denne størrelsen bare for juni 1972.
- h) Sulfatnedfall. Dette er produktet av tallene i tabellene a og c, derved fremkommer belastningen målt som mg sulfat/ m^2 . For stasjonene Bjørkhaug, Førde, Kinn og Skei hvor det ikke er målt nedbørmengde i NILU's nedbørmåler, har en brukt Meteorologisk Institutt's nedbørmåling i stedet.
- i) Nedfall av sterk syre. Dette er produktet av tallene i tabell a og e. Belastningen av sterk syre er målt i mekv/ m^2 . For stasjonene Bjørkhaug, Førde, Kinn og Skei gjelder det samme som nevnt i punkt h.

Bilag 2, side 71 viser eksempel på måledata for en stasjon i en måned. Her er som nevnt også natrium- og magnesium-konsentrasjonen med. Av plasshensyn er det bare gitt et eksempel på disse tabellene.

Bilag 3, side 72 viser månedlig nedfall av sulfat for hver stasjon. Tallene har benevnning mg sulfat/ m^2 , hvilket tilsvarer kg sulfat/ km^2 . En ser at Sørlandet har de høyeste verdiene, mens enkelte stasjoner på Østlandet og Vestlandet viser høye tall av og til. For Sørlandet er mars, april og juni de månedene som har størst nedfall. Den høyeste enkeltverdi er Skreådalen for juni. Juni måned har også det høyeste gjennomsnittet. Videre viser Sørlandsstasjonene lavere verdier for oktober og november 1971 enn for vintermånedene 1972. Forskjellen antas å skyldes værforholdene.

Bilag 4, side 73 viser pH i nedbøren oppgitt som veid månedsmiddelverdi. Stasjonene på Sørlandet har månedsverdier mellom pH = 3.9 og 4.5. Svært mange av verdiene ligger rundt 4. Også enkelte av stasjonene på Østlandet har lave verdier.

Bilag 5, side 74 viser nedfall av sterk syre i mekv/m². Tabellen viser i hovedtrekkene det sammen som bilag 3. Juni er den måned som har de høyeste verdier.

Bilag 6, side 75 viser nedfallet av sterk syre beregnet som kg svovelsyre/km². Verdiene fremkommer ved at tallene i bilag 5 multipliseres med 49. Hvis mengden av sterk syre har negativ verdi, er svovelsyrenedfallet satt lik 0.

Svovelsyren i nedbøren antas å være fullstendig dissosiert:



En del av syren er nøytralisert av baser, f eks ammoniakk eller kalsiumkarbonat. Dette vil påvirke forholdet mellom mengden av syrenedfall og mengden av sulfatnedfall. I fortynnet svovelsyre er vektforholdet mellom H⁺-ioner og SO₄²⁻-ioner lik 48 beregnet ut fra de respektive atomvekter. Ved å ta utgangspunkt i bilag 5, nedfallet av sterk syre, beregnes den teoretiske sulfatmengden i nedbøren hvis denne bare hadde inneholdt fortynnet svovelsyre. Ved å sette denne teoretiske sulfatmengden i forhold til den målte sulfatmengden fremkommer prosenttallene i bilag 7, side 76. Hvis mengden av sterk syre er negativ, er prosenttallet satt lik 0. Der prosenttallet er mer enn 100 betyr det at andre sterke syrer enn svovelsyre, f eks salpetersyre, har vært til stede. Ved lave verdier eller verdier lik 0 er syrene helt eller delvis nøytralisert av sterke eller svake baser.

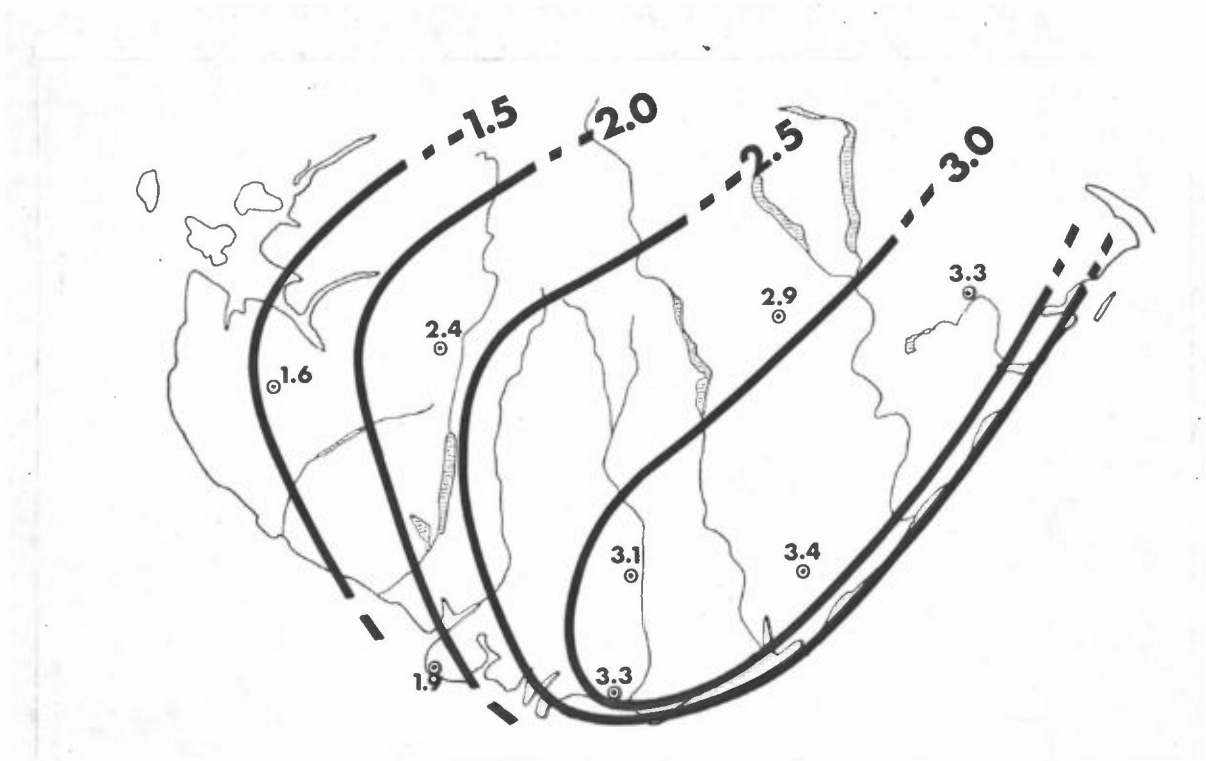
For februar måned ser en at prosenttallet for mange stasjoner er større enn 100. Dette skyldes særlig nedbøren som kom omkring 10 februar. Videre ser en at for stasjonene på Vestlandet og Rogaland kan prosentsatsen variere svært mye.

Nedfallet har altså her en temmelig variabel sammensetning. Forklaringen er antakelig at disse stasjonene også er påvirket av atlantisk luft, og havsalter og nitrogenoksyder får større betydning i forhold til svovelkomponentene her enn for stasjonene i Agder og på Østlandet.

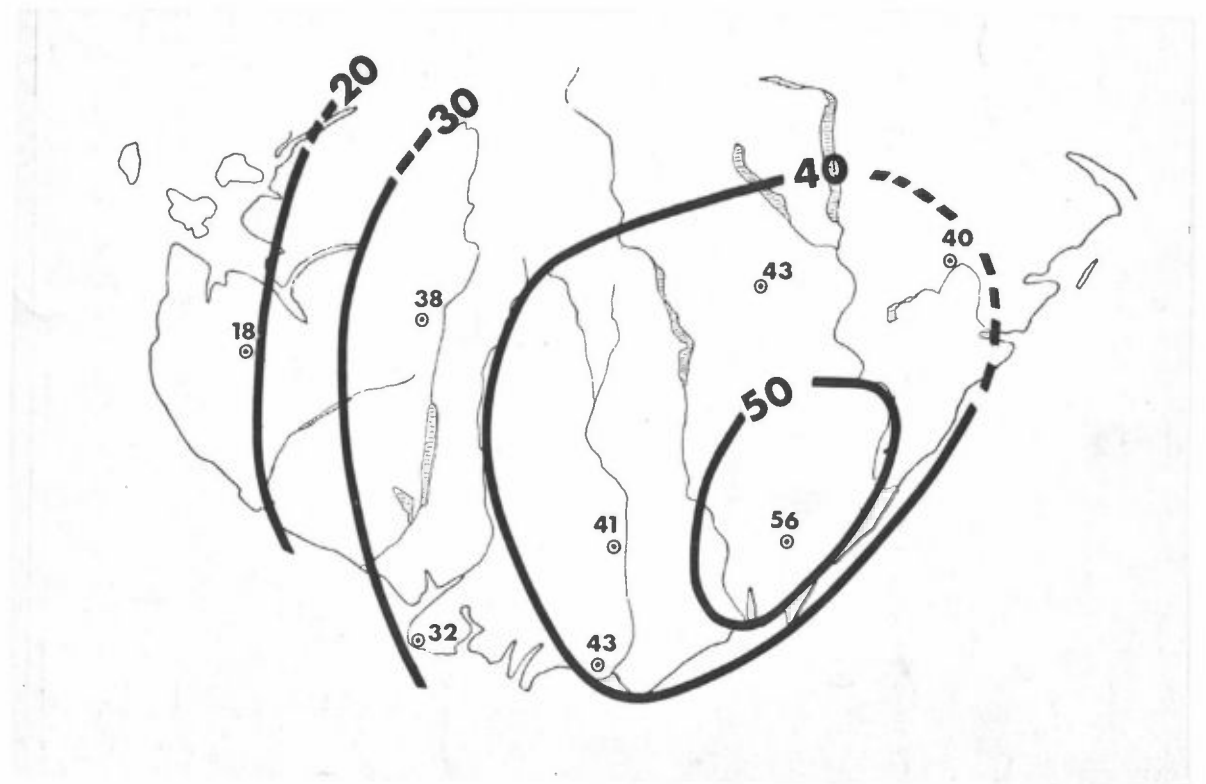
For stasjon Birkenes er det foretatt en enkel regresjonsanalyse for å bestemme sammenhengen mellom observert konsentrasjon av sulfat og sterk syre. Analysen er basert på de 81 nedbør-tilfeller en hadde i første halvår 1972. Resultatet finnes i bilag 8, side 77. Korrelasjonskoeffisienten mellom konsentrasjonen av sulfat og sterk syre var lik 0.89. En ser at regresjonslinjen er meget nær parallell med linjen for fortynnet H_2SO_4 . Konsentrasjonen av sterk syre er ca 16 mekv/l mindre enn fortynnet svovelsyre, dvs en delvis nøytralisering har funnet sted. Som illustrasjon er det også tegnet inn observasjoner fra tre korte perioder. Disse periodene er nærmere beskrevet senere.

Bilag 9, side 78 viser halvårsverdier for sulfat, sterk syre og den beregnede prosent svovelsyre og nedfall av svovelsyre for alle stasjonene som har vært i drift hele halvåret. Tabellen er en sammenstilling av resultatene i bilag 3, 5, 6 og 7.

Figur 4 og figur 5, side 15, viser nedfallskart for sulfat og sterk syre for Sørlandsstasjonene. Kartene er tegnet på grunnlag av tallene i bilag 9 samtidig som en har tatt hensyn til en del nedbørmålinger fra Meteorologisk Institutt som ikke er med i denne rapporten. På kartet er sulfatmengden uttrykt i g/m^2 som er ekvivalent med $kg/dekar$ eller $tonn/km^2$. Sterk syre er uttrykt i $mekv/m^2$. De to kartene viser omtrent den samme fordeling, men sterk syre ser muligens ut til å ha mer markert maksimum enn sulfat.

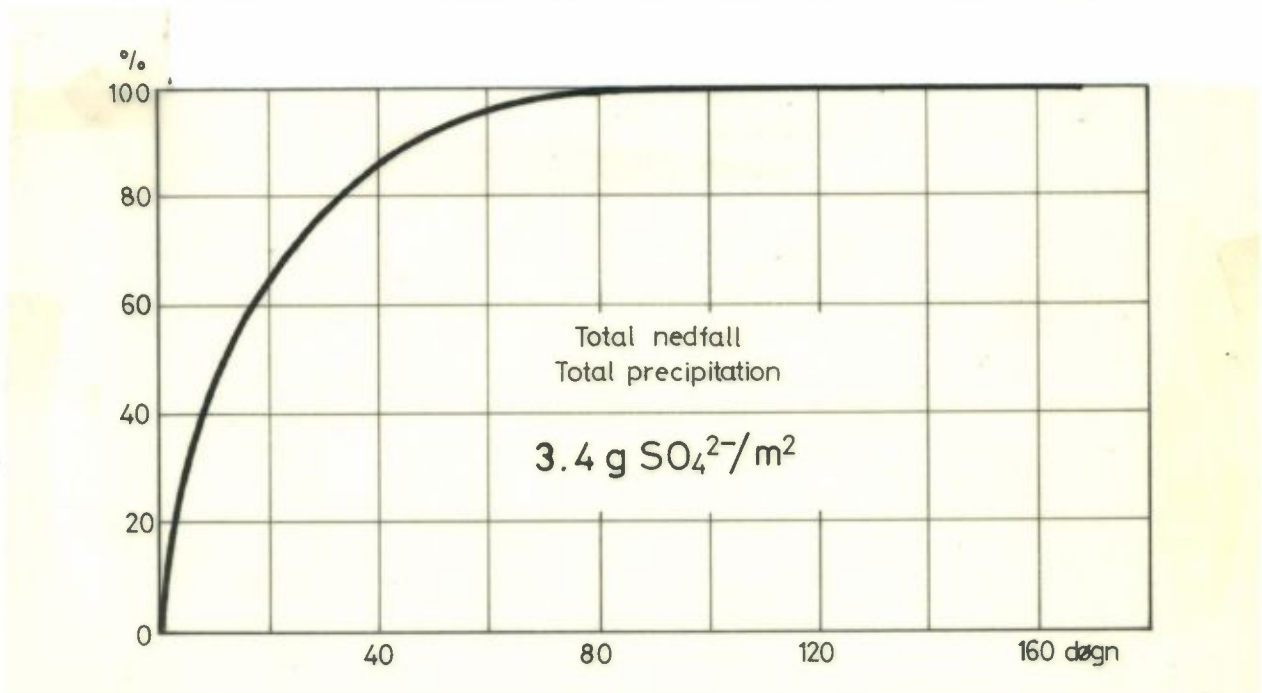


Figur 4. Nedfall av sulfat 1. halvår 1972.
Precipitated sulphate 1.1 - 30.6.1972. (g/m^2)



Figur 5. Nedfall av sterk syre 1. halvår 1972.
Precipitated strong acid 1.1 - 30.6.1972. (mekv/m^2)

Figur 6. viser kumulativ fordeling av sulfat i nedbør for stasjon Birkenes. Abscissen viser nedbørdøgn, og nedbørdøgnene er ordnet etter avtakende mengde forurensning. Ordinaten viser % nedfall av det totale nedfallet i halvåret. Kurven viser at ca 65% av nedfallet er kommet i løpet av ca 20 nedbørdøgn. Episoder med mye forurensning i første halvår 1972 har blant annet inntruffet i tidsrommene 23 - 25 januar, 9 - 13 februar, 3 - 7 mars, 10 - 11 april, 28 - 30 april, 24 - 25 mai, 2 - 6 juni, 10 - 11 juni og 18 - 21 juni.



Figur 6. Kumulativ fordeling av sulfat i nedbør, BIRKENES, 1. halvår 1972

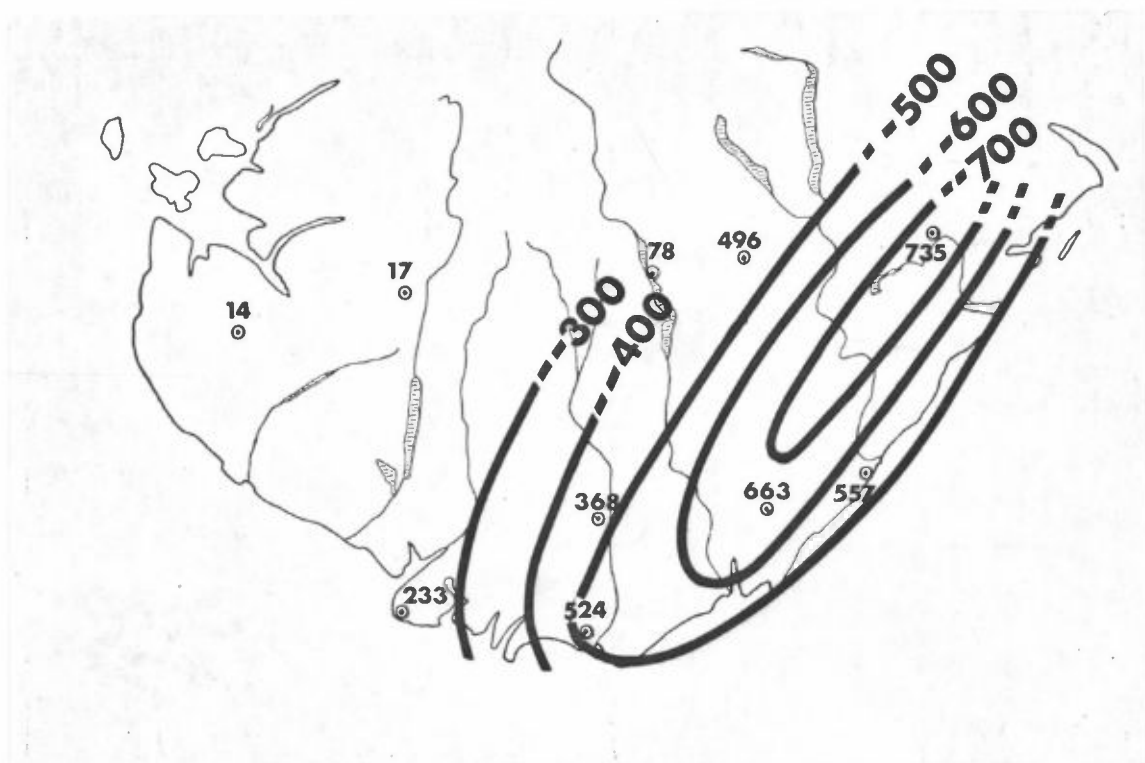
Cumulative distribution of precipitated sulphate, BIRKENES, 1.1 - 30.6.1972

Bilag 10, side 79 viser tabell over nedfall av sulfat og sterk syre for alle stasjonene for tre episoder, nemlig 3 - 7 mars, 28 - 30 april og 2 - 6 juni. Den første av disse var den enkeltepisode som medførte størst forurensning første halvår 1972. For Birkenes' vedkommende kom 20% av halvårets nedfall i denne episoden, for Gjerstad var prosenten 23 og for Mandal 16.

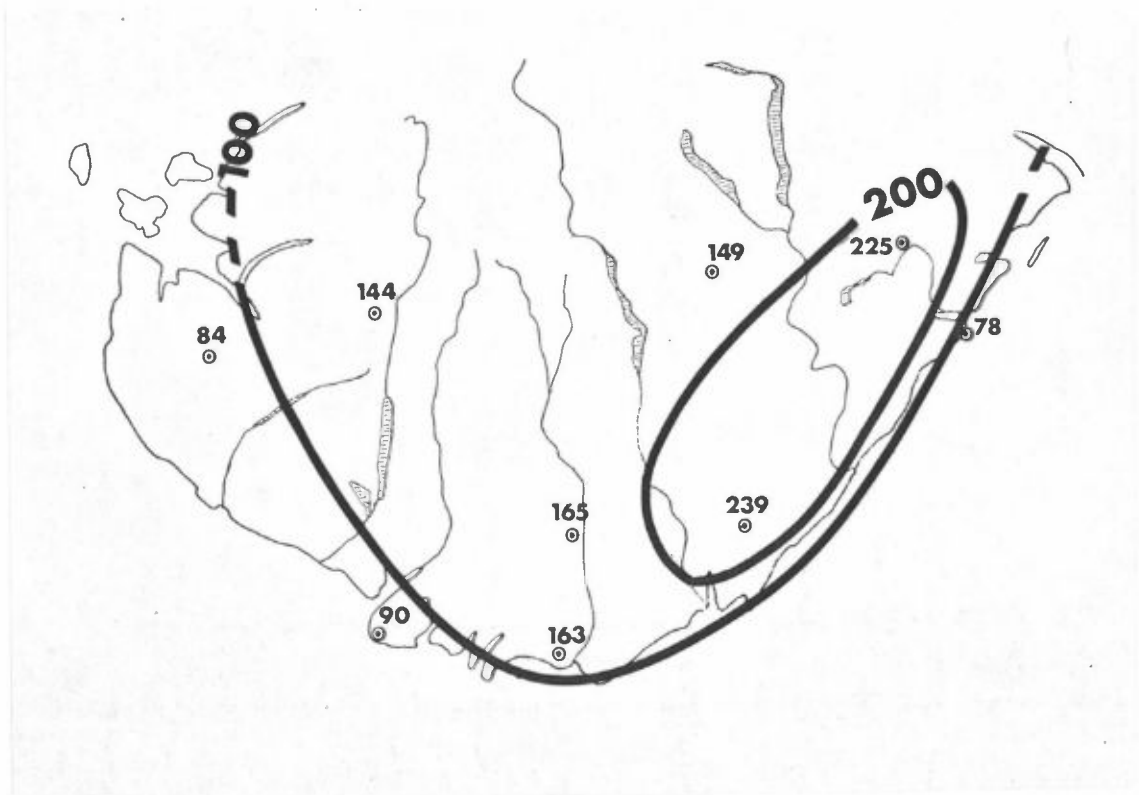
Kart over sulfatnedfallet for episoden 3 - 7 mars finnes i figur 7, side 17. En ser at Aust-Agder fikk den største delen av forurensningen. Kurvene er i dette tilfelle trukket uten hensyn til Finsland, som hadde noe mindre nedfall denne

gangen enn det en kunne vente ved sammenligning med nabostasjonene. Byglands verdier er det heller ikke tatt hensyn til.

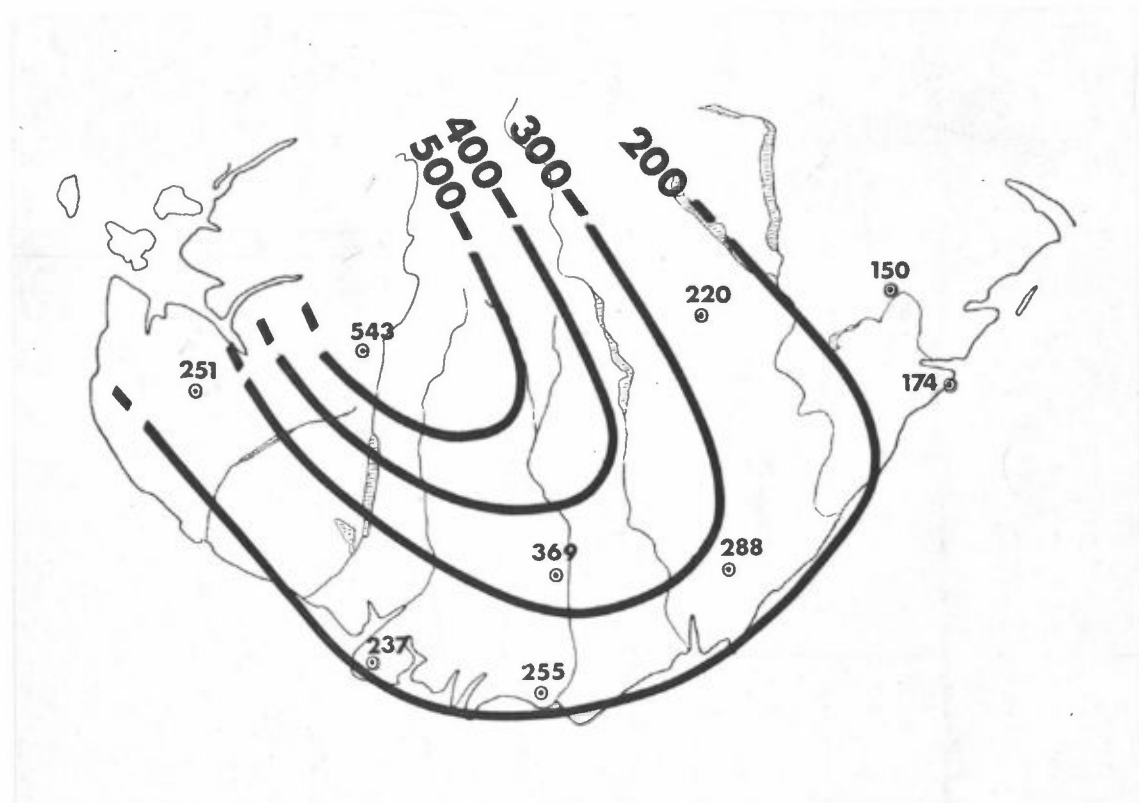
Kart over sulfatnedfallet for perioden 28 - 30 april finnes i figur 8. En ser at forurensningene i denne perioden var jevnere spredt over hele Sørlandet, samtidig som verdiene var lavere enn for mars-perioden. Figur 9, side 18 viser nedfallet av sulfat for perioden 2 - 6 juni. I dette tilfellet lå maksimum i området mellom Vest-Agder og Rogaland. Stasjon Skreådalen hadde den høyeste verdien.



Figur 7. Nedfall av sulfat, 3 - 7 mars 1972.
Precipitated sulphate, 3 - 7 march 1972. (mg/m²)



Figur 8. Nedfall av sulfat, 28 - 30 april 1972.
Precipitated sulphate, 28 - 30 april 1972. (mg/m²)



Figur 9. Nedfall av sulfat, 2 - 6 juni 1972.
Precipitated sulphate, 2 - 6 june 1972. (mg/m²)

Målingene av svoveldioksyd i luft og sulfat på filter foregår på et relativt lite antall målestasjoner og konklusjonene fra disse målingene må derfor bli noe usikre. Imidlertid ser en at verdiene gjennomgående er lave. Når det gjelder svoveldioksyd ligger verdiene langt under det som er vanlig i norske byer. Enkelte høye verdier har en imidlertid observert, da gjerne i sammenheng med episodene. Videre viser stasjon Norefjell høye verdier i månedsskiftet mars/april, dette skyldes antakelig lokal forurensning på Norefjell i forbindelse med påsketraffikken.

Av de øvrige stasjoner er det Hvasser som har høyest verdier, og bidraget kan like mye skyldes forurensninger fra Oslofjordområdet som forurensninger lenger sørfra. Den høyeste verdien vi har målt for svoveldioksyd er $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, målt på Hvasser ved nordlig vindretning.

6 SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE MÅLINGER

I 1955 ble det opprettet et stasjonsnett for månedsvis innsamling av nedbør i Europa. Stasjonsnettet er organisert av IMI (International Meteorological Institute) i Stockholm. Nettet omfatter målestasjoner både i Skandinavia og på Kontinentet. Norske stasjoner som for tiden er i drift er Lista, Ås, Romerike, Kise, Trysil, Filefjell og Tana. Nedbøren for alle stasjonene analyseres på en rekke komponenter, blant annet sulfat og syre.

IMI og NILU har altså en stasjon felles, nemlig Lista, og det kan være av interesse å sammenligne resultatene for perioden fra oktober 1971 til juni 1972. Tabell 2 viser månedlig nedfall av sulfat og syre, samt pH i nedbør for de to stasjonene. En skal være oppmerksom på at IMI's målinger er månedsmålinger, mens NILU's målinger er døgnmålinger som så er summert opp for en måned. En har et visst avvik for enkelte av månedene. Avviket ser ikke ut til å være systematisk, og halvårsverdiene stemmer bra overens. For syre bruker IMI og NILU forskjellige analysemetoder. Forskjellen antas ikke å gi seg vesentlige utslag i resultatene.

		nov 71	des 71	jan 72	febr 72	mars 72	apr 72	mai 72	juni 72	Sum 1. halvår 72
Sulfat mg/m ²	NILU	222	142	327	216	282	429	176	516	1946
	IMI	279	274	238	255	331	432	213	531	2000
Sterk syre mekv/m ²	NILU	4.04	1.99	4.49	5.00	3.86	7.22	2.88	8.71	32.2
	IMI	2.65	1.90	3.80	4.14	3.95	8.18	2.63	9.88	32.6
pH i ned- bør	NILU	4.8	4.4	4.2	3.9	4.1	4.2	4.1	4.0	
	IMI	4.9	4.6	4.0	3.7	3.9	4.0	4.3	4.3	

Tabell 2. Sammenligning mellom NILU's og IMI's nedbør-målinger, LISTA, oktober 1971 - juni 1972.

Comparison of NILU's and IMI's precipitation data, LISTA, November 1971- June 1972.

På grunnlag av årsverdiene for stasjonsnettets er det i Sveriges Case Study for FN-konferansen i Stockholm 1972 (13) tegnet nedfallskart for sulfat og sterk syre for Europa. Når det gjelder Sørlandet er kartene noe misvisende idet nedfallet er tegnet avtakende fra kysten. NILU's målinger viser derimot at nedfallet er større noen kilometer inne i landet enn langs kysten. Dette skyldes at forurensningene felles ut med nedbøren, og at nedbørmaksimum ligger noe lengre inne i landet (orografisk nedbør).

Tabell 3 viser nedfallet av sulfat og sterk syre for årene 1967 - 1971 for IMI-stasjonen Lista. Korreksjonen for sjø-salt er foretatt ved hjelp av målinger av natrium. I tabellen er også innført verdier for første halvår 1972.

Når det gjelder sulfat varierer nedfallet relativt sterkt fra år til år med 1967 og 1969 som de år med størst nedfall. På grunnlag av verdien for første halvår 1972 er det ikke råd å si om det har skjedd noen økning eller minking av nedfallet.

Nedfallet av sterk syre varierer også betydelig fra år til år med 1968 som det året med mest nedfall. Verdien for 1. halvår 1972 er også høy, mens årene 1969, 1970 og 1971 viser lavere verdier.

År	Sulfat mg/m ²	Sterksyre mekv/m ²	% svøvel- syre	Svovelsyre tonn/km ²
1967	4700	33.0	34	1.62
1968	3240	44.3	66	2.17
1969	4470	31.4	34	1.54
1970	3730	26.3	34	1.29
1971	3290	22.7	33	1.11
1972 ⁺ IMI	2000	32.6	78	1.60
1972 ⁺ NILU	1946	32.2	79	1.58

⁺ bare 1. halvår.

Tabell 3. Nedfall av sulfat og syre, samt beregnet prosent svovelsyre og nedfall svovelsyre for IMI-stasjon LISTA 1967 - 1972.

Precipitation of sulphate and strong acid, calculated percentage sulphuric acid, and precipitated sulphuric acid, IMI-station LISTA, 1967 - 1972.

Hvis en ser på den beregnede prosent svovelsyre, legger en merke til at tallene kan deles inn i to grupper. For 1967, 1969, 1970 og 1971 var verdiene svært like, for 1968 og 1. halvår 1972 var verdiene langt høyere og høyest for 1. halvår 1972.

Hvis en ser på regresjonslinjen for sammenhengen mellom konsentrasjon av sulfat og sterk syre for Birkenes (bilag 8 side 77), vil høye konsentrasjoner av sulfat og syre gi et høyt prosenttall, mens lavere verdier gir lavt prosenttall. Dette er tilfelle fordi innholdet av "base" ble funnet meget nær konstant lik 16 mekv/l, og det får da mindre betydning ved høye konsentrasjoner enn ved lave.

Dersom de samme forhold gjelder for Lista som for Birkenes, kan det bety at konsentrasjonen av sulfat og sterk syre i nedbøren har vært høyere enn tidligere. Noe definitivt er det imidlertid for tidlig å si.

En kjenner til at utslipp av svoveldioksyd i Europa har økt i perioden 1967 - 1972. Nedfallet henger naturlig sammen med vær- og nedbørforhold, som kan variere sterkt fra ett år til et annet.

7

KONKLUSJON

En har lagt fram døgnmålinger av luft og nedbør for perioden oktober 1971 - juni 1972.

Den geografiske fordeling av nedfall av sulfat og sterk syre på Sørlandet er vist. Nedfallsmaksimum lå om lag 50 km fra kysten. Aust-Agder fikk det største nedfallet.

Nedfallet kommer periodisk i form av episoder. Disse har varighet fra ett til 3-4 døgn. Episodene synes å ha nær sammenheng med de meteorologiske forhold.

Sammenlignet med målinger analysert i Sverige viser våre verdier god overensstemmelse på halvårsbasis.

På grunnlag av målingene på Lista de siste 5 år, kan en av sulfat-målingene 1. halvår 1972 ikke slutte om det har skjedd en økning eller minking. Nedfallet av sterk syre kan tyde på en økning. Dette må imidlertid vises over flere år, fordi meteorologiske forhold kan variere betydelig fra et år til et annet.

LITTERATURLISTE

- (1) Joranger, E NILU teknisk notat 37/72, september 1972
- (2) Berg, T C, Bruksanvisning for automatisk luftprøvetaker, NILU-rapport 1972
- (3) Semb, A Vann, 4 (1), 1972
- (4) Grennfelt, P Atm. Environment, 5, 1 - 6, 1971
Åkerstrøm, Å
Brosset, C
- (5) Brosset, C NORDFORSK Report, March 1972.
Grennfelt, P
- (6) Bonnevie-Svendsen, M IFA Work Report CH-98, June 1972
Follo, A
- (7) Persson, G Air and Water Poll. Int. J. 10,
845-852, 1966
- (8) Anda, O NILU teknisk notat 5/71, April 1971
- (9) Bysveen-Larsen, J NILU teknisk notat 15/71, Oktober 1971
- (10) Brosset, C IVL-Rapport B 107 Gøteborg, Desember
Askne, S 1971
- (11) Henriksen, A Vatten 28 (5), 1972
- (12) Granat, L On the relation between pH and the chemical composition in atmospheric precipitation. International Meteorological Institute (IMI), Stockholm, March 1972

(13)

Air pollution across national boundaries. The impact on the environment of sulfur in air and precipitation.

Swedens case study for the UN conference on the human environment. Stockholm 1971

B I L A G

<u>Innholdsfortegnelse</u>	side
Bilag 1 Døgnverdier	26 - 70
november 1971	26
desember 1971	30
januar 1972	34
februar 1972	38
mars 1972	42
april 1972	46
mai 1972	54
juni 1972	62
" 2 Tabell for én stasjon	71
" 3 Månedsnedfall sulfat	72
" 4 Månedsmiddel pH	73
" 5 Månedsnedfall sterk syre	74
" 6 Månedsnedfall svovelsyre	75
" 7 Prosent svovelsyre	76
" 8 Regresjonslinje Birkenes	77
" 9 Halvårsoversikt	78
" 10 Tabell over tre episoder	79