

DNMI - RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3
TELEFON : (02) 60 50 90

ISBN

RAPPORT NR.

29/89 KLIMA

DATO

19.10.1989

TITTEL

SULDALSLAGEN

LOKALKLIMA, SVOVELNEDFALL OG OMTALE AV GITTE VERSITUASJONAR.

UTARBEIDET AV

PER ØYVIND NORDLI
JØRGEN SALTBNES

OPPDRAGSGIVER

STATKRAFT

OPPDRAGSNR. B-01/9653

SAMMENDRAG

Klimaet i Ryfylke er maritimt med nedbørmaksimum om hausten og vinteren. I somme område er gjennomsnittleg årsnedbør i overkant av 2000 mm.

Svovelnedfallet over Rogaland er utrekna gjennom tiårsperioden 1979 til 1988. I gjennomsnitt for perioden var det årlege nedfallet 1120 mg/m^2 fordelt på 637 mg/m^2 i vinterhalvåret og 483 mg/m^2 i sommarhalvåret.

Tre situasjonar med ekstra surt vatn i Suldalslågen vart granska. I to av dei kom overflateavrenninga vesentleg frå nedbør, i den tredje vesentleg frå snøsmelting.

UNDERSKRIFT

Per Øyvind Nordli

Per Øyvind Nordli
SAKSBEHANDLER

Bjørn Aune

Bjørn Aune
FAGSJEF

I N N H A L D

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
1 SAMANDRAG OG KONKLUSJON	1
2 KORT OM LOKALKLIMAET VED SULDALSVASSDRAGET	2
2.1 Innleiing	2
2.2 Nedbør	3
2.3 Temperatur	4
3 TRANSPORT AV SVOVEL TIL ROGALAND	6
4 ANALYSE AV SPEIELLE TILFELLE VINTEREN 1989	15
4.1 Situasjonen 11.- 15. januar	15
4.2 Situasjonen 27. og 28. januar	18
4.3 Situasjonen 5. til 7. mars 1989	19
5 REFERANSAR	21

1 SAMANDRAG OG KONKLUSJON

Klimaet i Ryfylke er mykje påverka av vind frå havet, dvs. klimaet er maritimt. Det fører til at differensen mellom varmaste og kaldaste månadsnormal berre er 15-17^o mot til dømes 22^o på Blindern og 26^o på Tynset. Varmaste månad er Juli som i låglandet har ein normal på om lag 15^oC.

Eit anna kjenneteikn på det maritime klimaet i Ryfylke er at nedbørmaksimum er om hausten og vinteren. På den årstida er månadsnormalane på somme av stasjonane over 200 mm medan årsnormalen er over 2000 mm, størst årsnedbør har stasjonen 4603 Ulladal - Fjellberg med 2400 mm.

Svovelnedfallet over Rogaland er utrekna gjennom tiårsperioden 1979 til 1988. I gjennomsnitt for perioden var det årlege nedfallet 1120 mg/m² fordelt på 637 mg/m² i vinterhalvåret og 483 mg/m² i sommarhalvåret. Tørredfallet kom både som opptak av SO₂-gass og partikulært sulfat, SO₄. Våtnefallet kom berre som sulfat i nedbør. Alle tala er rekna i eininga mg/m² - som svovel.

Over halvdelan av svovelnedfallet i Rogaland kan ikkje tilbakeførast til bestemte land. For den delen som kan identifiserast, kjem det meste frå Storbritannia medan andre viktige kjelder er Aust-Tyskland, Vest-Tyskland og Noreg.

Det vart sett nærare på veret i ein skilde situasjonar med ekstra surt vatn i Suldalslågen, 15. januar, 28. januar og 7. mars.

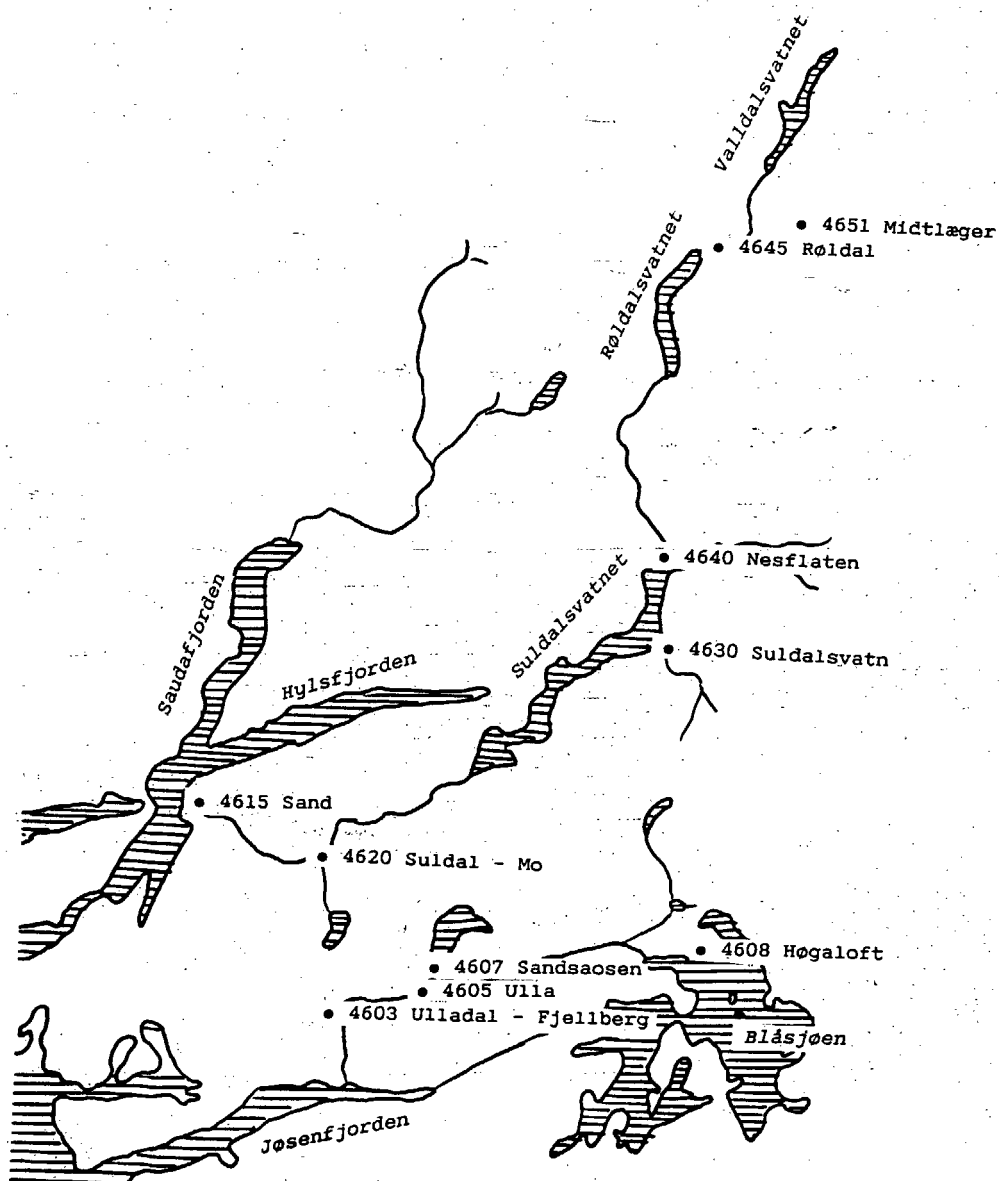
15. og 28. januar 1989: Det var vestavind, mykje nedbør og mildt. Avløpet i Suldalslågen skreiv seg frå både snøsmelting og regn der regnet utgjorde det langt største bidraget.

7.mars 1989: Det var sønnvind, mildver og lite medbør. Snøsmeltinga gav det største bidraget overflateavrenninga.

2 KORT OM LOKALKLIMAET VED SULDALSVASSDRAGET

2.1 Innleiing

Ei skisse over Suldalsvassdraget er gjeve på figur 2.1. Vassdraget er sterkt regulert og vatn som før rann ned i Jøsenfjorden er ved Ulla/Førre-reguleringa ført over til Suldalsvatnet. Det same gjeld eit mindre felt ved Blåsjøen som før rann til Setesdal. I tilknytning til vassdraget vil vi gje nokre generelle klimadata for nedbør og temperatur.



Figur 2.1 Kartskisse over Suldalsvassdraget.

2.2 Nedbør

Topografien spelar ei viktig rolle i nedbørutløysingsprosessen. I Suldalsområdet ris terrenget oppover frå fjorden i vest til fjellet i aust. Stigninga er på 1000 m og meir i eit belte langsetter kysten som kan vera frå 20 til 40 km breitt. Da vindar med ein vestleg komponent er svært vanlege, vil lufta bli heva i det ho passerer fjella og dermed avkjølt. Nedbør blir da ofte felt ut (orografisk nedbør).

Både ute mot kysten og innover mot Setesdal er nedbøren mindre enn i Suldalsområdet. Såleis utgjer området frå Suldal og oppover mot høgfjellet ei maksimumssone. Sjølv om terrenget grovt sett stig oppover frå fjordane mot høgfjellet, er det også her store variasjonar i nivå ved at dalar skjer seg inn i landet og toppar ris i veret. Topografien er den viktigaste årsaka til variasjonane i nedbørnormalane i tabell 2.1.

Tabell 2.1 Nedbørnormalar i mm for perioden 1931/60

Stasjon	hoh	jan	feb	mrs	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	år
4590 Fister	1	100	80	54	77	56	91	105	124	142	160	132	144	1265
4603 Ulladal - Fb	382	233	185	127	156	96	163	153	187	265	295	252	288	2400
4605 Ulla	200	195	155	106	132	81	137	129	158	224	247	211	241	2016
4607 Sandsaosen	605	180	143	98	122	75	126	119	146	206	228	194	221	1858
4615 Sand i Ryfk.	25	190	155	109	133	82	131	128	162	221	241	217	231	2000
4620 Suldal - Mo	58	173	138	94	115	72	113	107	136	190	215	189	208	1750
4630 Suldalsvatn	333	163	131	89	104	69	108	99	128	183	210	174	188	1646
4640 Nesflaten	72	148	116	78	91	59	92	89	115	165	185	153	169	1460
4645 Røldal	393	147	114	76	89	56	87	90	115	166	183	150	171	1444
4651 Midtlæger	1079	85	70	50	55	45	80	110	115	125	120	95	100	1050

Trass i desse ulikskapane ser vi likevel eit mønster i tabellen. Stasjonen 4590 Fister ligg svært nær kysten og har difor mindre nedbør enn stasjonane i maksimumssona. Det er også tilfelle med stasjonane øvst i vassdraget som 4645 Røldal og 4651 Midtlæger. Maksimumssona er representert ved stasjonane 4605 Ulla og 4603 Ulladal - Fjellberg. Truleg høyrer 4607 Sandsaosen også med til maksimumssona, men på grunn at stasjonen stod oppe på heia var han meir utsett for oppfangningstap enn dei andre stasjonane, da med unntak av 4651 Midtlæger.

Svært viktig for klimaet på ein stad er nivået staden ligg på. Når luft stig oppover, blir ho avkjølt av trykkreduksjonen. Når luft søkk ned, blir ho etter same lova vermt opp av trykkauken. Denne effekten, isolert sett, fører til at temperaturen minkar med aukande høgd over havet.

Grovt sett ser vi av tabell 2.2 at minkinga er om lag $0,6^{\circ}\text{C}$ for kvar 100 m, om vinteren jamt over noko mindre enn om sommaren.

3 TRANSPORT AV SVOVEL TIL ROGALAND

Ved DNMI utføres det beregninger av lufttransporterte forurensninger som krysser de nasjonale grenser i Europa. Dette skjer etter oppdrag fra FNs økonomiske kommisjon for Europa, ECE. De resultater som er vist i dette avsnittet, er hentet fra prosjektet, EMEP, eller mer fullstendig: "Co-Operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long Range Transmission of Air Pollutants in Europe".

Om vi begrenser oss til problemet sur nedbør, regnes i hovedsak dette å være knyttet til forsurende nedfall hvor svovel spiller en dominerende rolle. Derfor er mye av arbeidet innen EMEP knyttet til svovel-utslipp og de kjemiske forbindelser som kan relateres til disse utslippene. Siden svovel-komponentene (SO_2 -gass og partikulært sulfat) har en oppholdstid i luften fra ett til flere døgn, forstår man lett at dette vil medføre transport og utveksling av svovel mellom alle land i Europa.

Prosjektet innhenter målinger fra stasjoner i de fleste land i Europa. Den målestasjonen som ligger nærmest til det aktuelle området er Skreådalen i Vest-Agder. Fig. 3.1 viser stasjonsnettet i perioden 1979-1986. For samme periode er det utført modell-beregninger som sammenlignet med målinger vises i fig. 3.2 for Skreådalen (ref. 1 og 2). Sammenligningsperioden dekker 8 år og viser månedsmiddelverdier av konsentrasjonen for både målinger og beregninger av SO_2 (gass) og SO_4 (partikulært sulfat). Godheten av beregningene kan her vurderes mot målingene, om målingene godtas som mål for hva som virkelig skjedde i denne perioden.

Det typiske er en årlig periode i SO_2 -konsentrasjonen, med lave sommerverdier og høye vinterverdier. Det har sin årsak i at man om vinteren karakteristisk har større utslipp, mindre avsetningshastighet og perioder med stabil sjiktning. Dette gir gjerne høyere konsentrasjoner og lengre transport som SO_2 -gass. Om sommeren er det gjerne motsatt. Utslippene er mindre, sterkere oppvarming av bakken, mer instabil sjiktning, større avsetningshastigheter, sterkere omvandling av SO_2 til sulfat. Dette resulterer i middel i lavere SO_2 -konsentrasjoner.

Beregningene og målingene synes å følge hverandre i rimelig grad, kanskje med unntak av vinteren 83/84 og 84/85 som viser langt høyere beregninger enn målinger.

For partikulært sulfat har vi ikke den samme årlige periode, men målinger og beregninger synes å være i rimelig grad i samsvar.

Beregninger kan videre vise nedfall av svovel og hvor dette hadde sin kilde.

Fig. 3.3 viser beregningsområdet, spesielt to ruter i Sør-vest-Norge, hvor vi vil gi mer detaljerte beregninger fra. Beregningene er tenkt representative for ruter på $150 \times 150 \text{ km}^2$.

Tabell 3.1 viser forholdene mer for Vest-Norge, mens tabell 3.2 er mer sentrert om indre Agder. Tabellene viser halvårslige svovelnedfall (sommer- og vinter-halvår) for ti-årsperioden 1979-1988. Dette omfatter både tørt og vått nedfall.

Tabellene inneholder totalt nedfall, målt som $[\text{mg}/\text{m}^2]$ som S. Videre er nedfallet splittet opp slik at de forskjellige lands bidrag kan leses i prosent av total-nedfallet. Listen er rangert. Vi har her benyttet den internasjonale to-bokstavkode for land-identifikasjon, se tabell 3.3.

Bakgrunnskonsentrasjoner: Med de metoder disse beregningene bygger på, er det ikke mulig å sette "merkelapp" på hele det beregnede nedfallet. Dette har sin rot i begrepet "bakgrunnskonsentrasjoner". Om vi velger ut de dager hvor luften i all hovedsak kommer inn fra havet, og ikke har vært i kontakt med kjente "man-made"-svovelutslipp de siste fire døgn, vil vi likevel finne svovel i denne luften og den tilhørende nedbør. Typiske tall er:

$$q_b = 0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \quad \text{som S for SO}_2 \text{ i luft.}$$

$$s_b = 0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3 \quad \text{som S for partikulært sulfat i luft.}$$

$$c_b = 0.3 \text{mg}/\text{l} \quad \text{som S for sulfat i nedbør.}$$

Dette er verdier som kan avledes av målte data for vær-forhold og utslipps-forhold omkring 1980.

Disse bakgrunns-konsentrasjoner er årsak til de uidentifiserbare kilders bidrag i våre beregninger av nedfall av svovel. Vi mener at kildene for disse konsentrasjoner kan være mange, men vi kan ikke kvantifisere dem med de teknikker vi rår over.

Nevnes kan:

- a) Transport av svovel fra kilder i Nord-Amerika.
- b) Transport av svovel fra kilder i Europa, men som har hatt en lengre oppholdstid i luften enn vi kan følge den.
- c) Lokale kilders virkning.
- d) Naturlige kilder.
Indikasjoner tyder på at havet kan gi utslipp av svovel. Strandsoner vet vi er kildeområder.
Forråtnelse og oksidasjon av biologisk materiale kan gi svovelutslipp.

Vi ser at for alle perioder toppes rangeringslisten av kilde-området IND=indetermined sources. Andre store bidrag kommer som vi ser fra GB, DD, PL, NO, DE. Av disse er GB å regne som ansvarlig for ca. 15-25% av totalen.

Om vi som en avslutning prøver å gi et konsentrat av tabell 3.1 og 3.2 om svovelnedfallet i Rogaland, kommer vi til følgende:

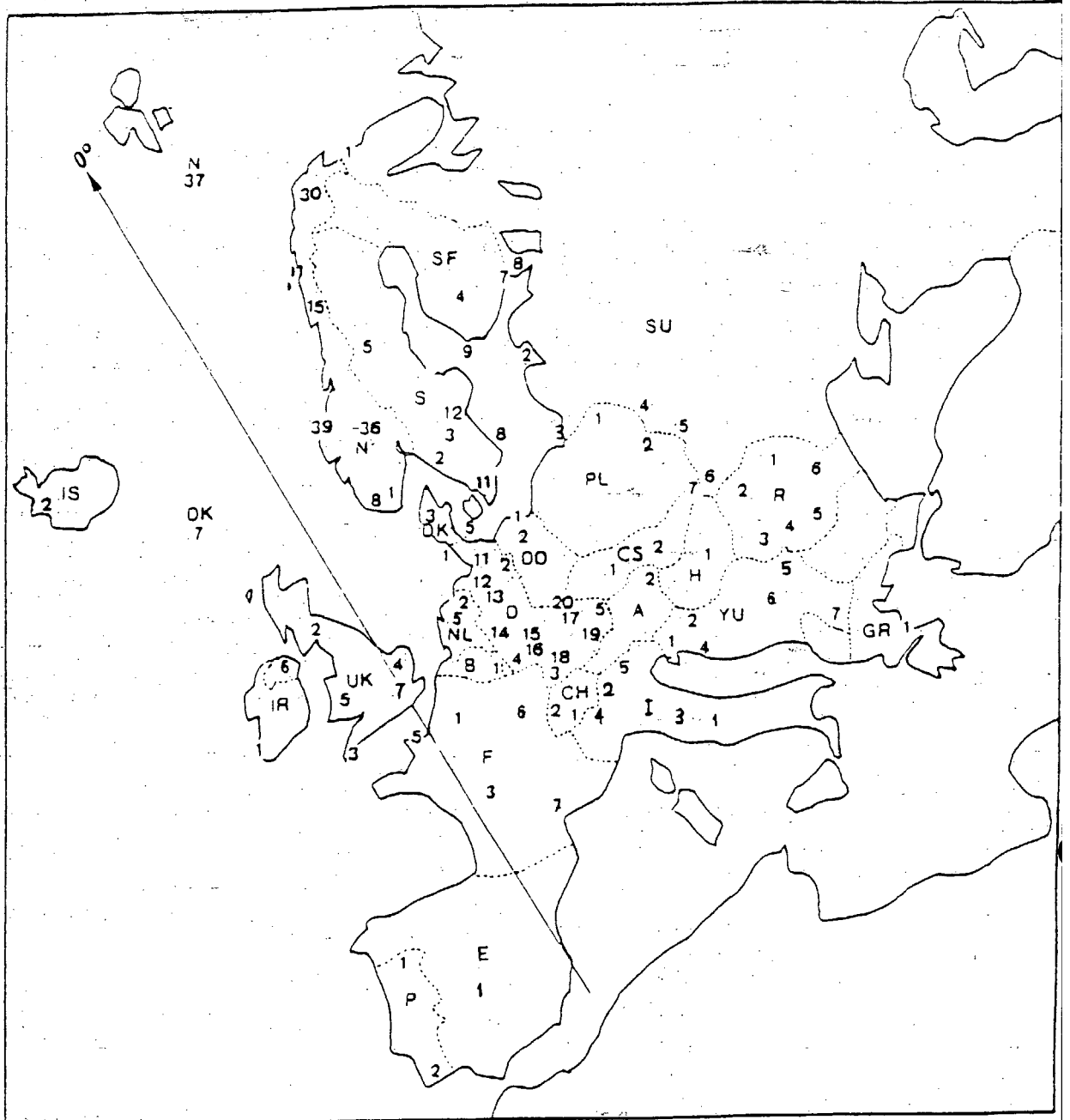
Svovelnedfall i Rogaland

(10-års middel) - (1979-1988)

Enhet: $[mg/m^2]$ - som S

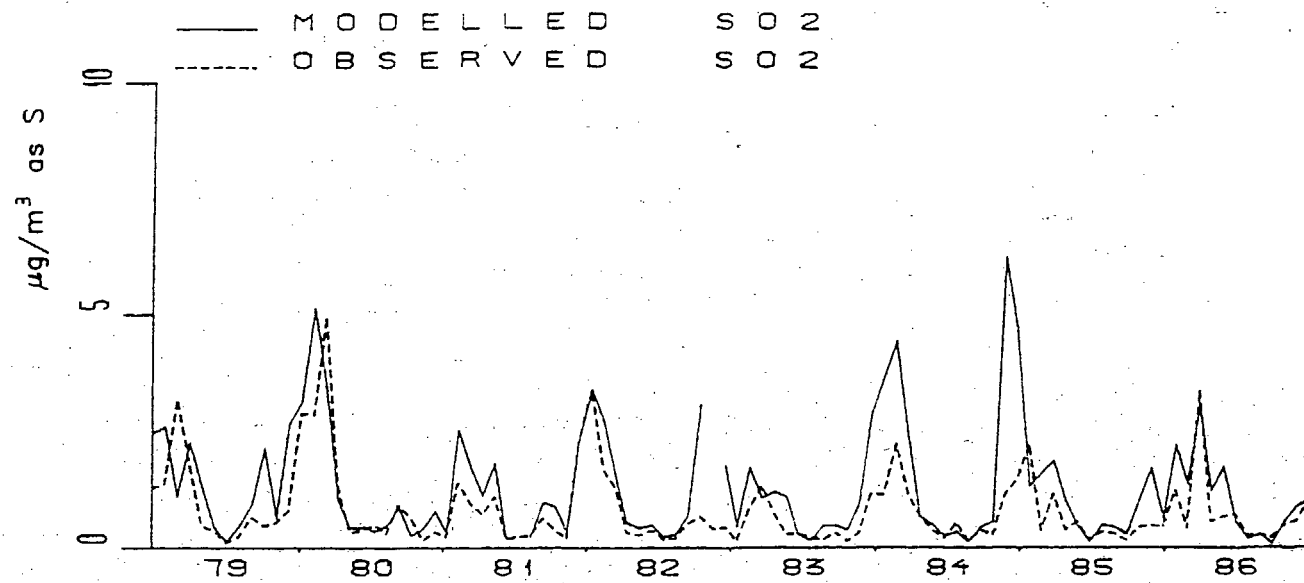
Sommer-halvår	Årlig	Vinterhalvår
---------------	-------	--------------

483	1120	637
319 <-> 662	867 <-> 1388	418 <-> 861

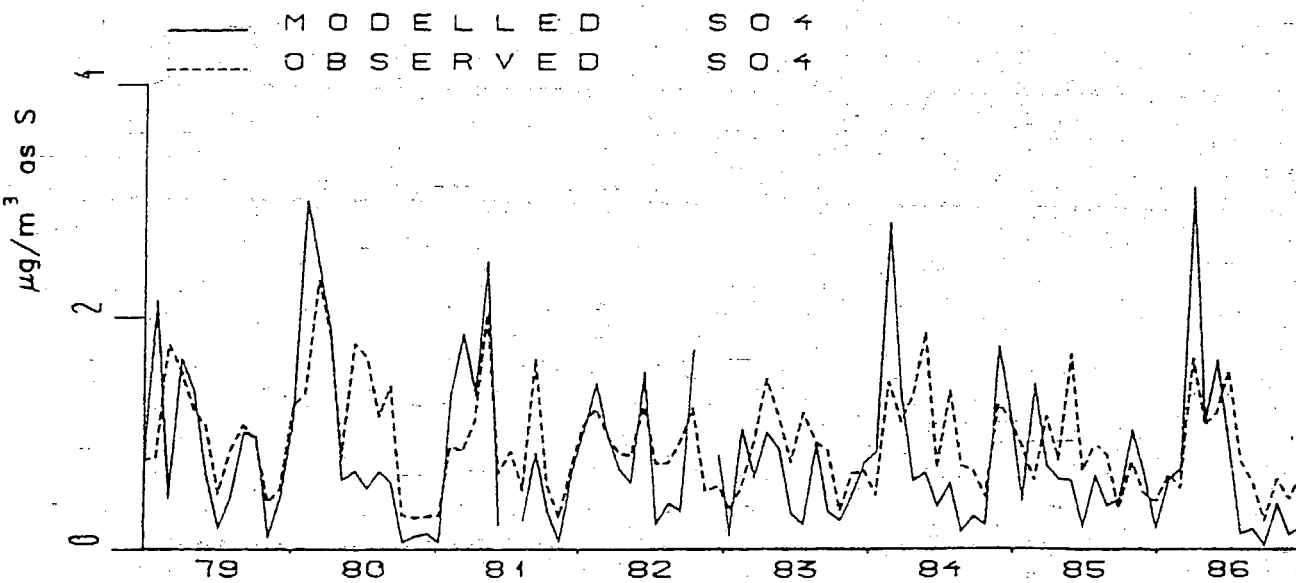


Figur 3.1 Plasseringen av overvåkingsstasjoner tilhørende EMEP- prosjektet. Stasjonene målte SO_2 og SO_4 i luften gjennom tidsrommet 1979-1986.

SKREÅDALEN (N 8)

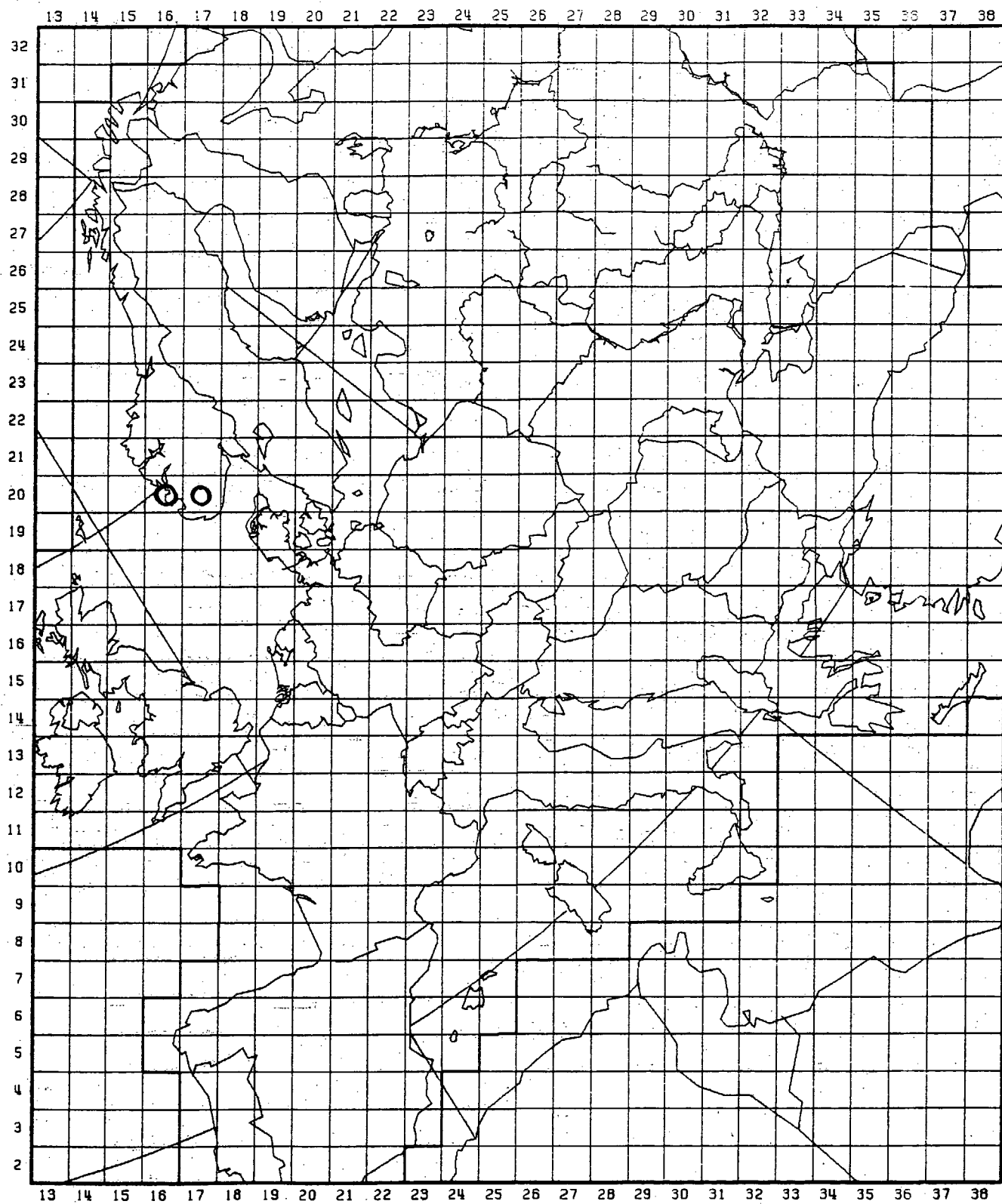


SKREÅDALEN (N 8)



Position: 58°49'N 6°43'E, 475 m

Figur 3.2 Kurver for målt og beregnet SO₂ og SO₄ på stasjonen Skreådalen i Vest-Agder.



Figur 3.3 Nedfallsområde for svovelberegningene.

Tabell 3.1 Svovelnedfall på Vestlandet

DEPOSITION OF SULPHUR AT GRID-POINT: (X,Y)=(16,20)

		TOTDEP	IND	GB	NO	DD	DE	FR	PL	SE	CS	DK	REST	
		MG S/M2	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	
79	1 1 - 79 4	1	263	31.5	23.1	8.1	3.9	2.6	1.9	1.7	1.6	1.5	1.2	2.9
		TOTDEP	IND	GB	DD	NO	DE	CS	PL	FR	DK	SU	REST	
79	4 1 - 79 10	1	662	56.5	19.0	6.8	5.8	3.0	2.1	1.7	1.4	1.3	0.9	1.6
		TOTDEP	IND	GB	NO	DD	DE	PL	DK	CS	SE	FR	REST	
79	10 1 - 80 4	1	629	47.9	17.9	7.1	6.8	5.3	4.4	2.5	2.5	1.4	1.0	3.1
		TOTDEP	IND	GB	NO	DE	DD	DK	FR	SE	PL	SU	REST	
80	4 1 - 80 10	1	464	55.0	21.7	8.8	2.8	2.5	2.2	2.0	1.2	1.0	0.7	2.2
		TOTDEP	IND	GB	NO	PL	DD	DK	CS	DE	IE	SU	REST	
80	10 1 - 81 4	1	619	79.3	8.2	7.2	1.5	1.0	0.6	0.6	0.5	0.3	0.3	0.6
		TOTDEP	IND	GB	NO	DD	PL	DE	DK	CS	FR	BE	REST	
81	4 1 - 81 10	1	515	49.2	17.7	5.6	5.5	4.4	3.5	3.2	2.7	2.0	1.9	4.2
		TOTDEP	IND	GB	NO	DD	SU	DE	CS	PL	FR	SE	REST	
81	10 1 - 82 4	1	501	63.2	15.0	8.2	3.6	2.0	1.7	1.2	1.1	0.9	0.7	2.4
		TOTDEP	IND	GB	NO	DE	FR	DD	PL	BE	NL	CS	REST	
82	4 1 - 82 10	1	537	65.4	17.7	5.2	3.2	2.0	1.2	0.9	0.8	0.7	0.7	2.2
		TOTDEP	IND	GB	DD	CS	PL	NO	DE	ES	DK	IE	REST	
82	10 1 - 83 4	1	849	52.0	15.3	11.5	5.1	4.6	4.5	2.8	1.3	0.6	0.4	1.9
		TOTDEP	IND	GB	NO	DE	FR	DD	DK	BE	CS	NL	REST	
83	4 1 - 83 10	1	472	58.7	12.7	7.4	7.4	3.6	3.5	1.5	1.3	1.2	0.8	2.0
		TOTDEP	IND	GB	NO	DD	PL	DE	FR	CS	DK	SU	REST	
83	10 1 - 84 4	1	664	55.8	12.0	5.1	4.8	2.9	2.2	1.5	1.2	1.1	0.6	2.7
		TOTDEP	IND	DD	GB	NO	DE	PL	SU	SE	IE	FR	REST	
84	4 1 - 84 10	1	346	50.3	15.7	12.5	8.4	4.9	3.3	1.4	0.8	0.5	0.5	1.7
		TOTDEP	IND	GB	NO	DD	DE	PL	CS	DK	FR	SE	REST	
84	10 1 - 85 4	1	664	54.2	14.9	5.8	5.3	4.7	4.3	2.0	1.7	1.6	0.8	4.7
		TOTDEP	IND	GB	DD	PL	DE	NO	CS	FR	HU	DK	REST	
85	4 1 - 85 10	1	582	48.7	18.5	9.8	4.7	4.1	3.8	3.7	1.9	1.0	0.8	3.1
		TOTDEP	IND	GB	NO	DD	DE	ES	CS	FR	SU	PL	REST	
85	10 1 - 86 4	1	571	54.6	17.4	6.4	5.4	4.5	1.8	1.5	1.2	1.1	1.1	4.9
		TOTDEP	IND	GB	DE	DD	NO	PL	BE	CS	NL	DK	REST	
86	4 1 - 86 10	1	523	57.6	12.2	8.6	5.2	4.4	3.4	1.8	1.6	1.4	1.3	2.7
		TOTDEP	IND	GB	NO	FR	DE	BE	PL	DK	IE	NL	REST	
86	10 1 - 87 4	1	667	69.0	17.0	4.8	1.4	1.4	1.2	1.1	0.9	0.6	0.6	2.0
		TOTDEP	IND	GB	NO	FR	DK	SE	DE	SU	FI	DD	REST	
87	4 1 - 87 10	1	377	58.0	33.6	4.1	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	1.2
		TOTDEP	IND	GB	DD	DE	NO	FR	PL	DK	CS	BE	REST	
87	10 1 - 88 4	1	633	54.1	19.4	7.2	4.4	3.8	2.3	2.3	2.1	1.3	1.2	1.8
		TOTDEP	IND	GB	DD	NO	DE	FR	BE	DK	IE	PL	REST	
88	4 1 - 88 10	1	573	55.3	29.1	2.9	2.7	2.5	2.2	1.0	1.0	0.8	0.8	1.7
		TOTDEP	IND	GB	DD	DE	CS	NO	PL	DK	FR	NL	REST	
88	10 1 - 89 1	1	404	52.5	16.3	14.4	4.2	3.7	3.0	1.6	1.2	0.8	0.6	1.7

Tabell 3.2 Svovelnedfall i indre Agder

DEPOSITION OF SULPHUR AT GRID-POINT (X,Y) = (17,20)

				TOTDEP	IND	GB	FR	DE	DD	BE	NO	DK	SE	CS	REST	
				MG S/M2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
79	1	1	- 79 4	1	272	33.5	17.5	11.8	10.2	5.9	4.7	2.8	2.7	2.4	2.0	6.6
				TOTDEP	IND	DD	GB	DE	CS	PL	DK	FR	SU	NO	REST	
79	4	1	- 79 10	1	630	39.5	17.4	14.4	5.7	5.5	4.2	3.3	2.2	1.9	1.8	4.1
				TOTDEP	IND	GB	DD	DE	DK	PL	CS	FR	SE	NO	REST	
79	10	1	- 80 4	1	758	32.7	12.7	12.2	8.2	6.2	5.8	5.3	4.2	2.3	2.0	3.4
				TOTDEP	IND	GB	DD	DE	DK	FR	NO	SE	PL	CS	REST	
80	4	1	- 80 10	1	449	42.1	16.8	10.1	6.1	5.9	3.3	3.2	2.8	2.3	1.8	5.5
				TOTDEP	IND	GB	PL	NO	DD	DK	CS	DE	SE	SU	REST	
80	10	1	- 81 4	1	418	64.6	13.9	4.7	3.8	2.9	2.5	1.6	1.2	1.2	1.2	2.2
				TOTDEP	IND	GB	DD	DE	PL	DK	CS	NO	SE	NL	REST	
81	4	1	- 81 10	1	533	36.6	18.7	10.6	7.3	6.9	6.3	3.3	2.0	2.0	1.5	4.8
				TOTDEP	IND	GB	DD	DE	PL	CS	DK	NO	FR	BE	REST	
81	10	1	- 82 4	1	497	43.2	16.5	10.4	6.1	5.3	4.2	3.1	2.9	2.1	1.2	4.9
				TOTDEP	IND	GB	DE	PL	FR	DD	DK	NO	CS	BE	REST	
82	4	1	- 82 10	1	487	48.7	27.6	6.1	3.5	2.4	2.3	1.9	1.8	1.5	1.1	3.0
				TOTDEP	IND	DD	GB	DE	CS	PL	DK	NO	FR	NL	REST	
82	10	1	- 83 4	1	768	37.5	19.7	18.9	6.2	4.5	3.6	2.8	1.7	1.1	0.9	3.1
				TOTDEP	IND	GB	DD	DE	DK	FR	PL	CS	NO	BE	REST	
83	4	1	- 83 10	1	565	40.9	13.9	13.8	9.6	4.6	3.8	3.3	3.1	2.2	1.5	3.3
				TOTDEP	IND	DD	GB	PL	DE	CS	DK	SU	NO	FR	REST	
83	10	1	- 84 4	1	635	39.4	14.4	10.9	9.5	6.8	4.7	4.5	2.0	1.7	1.5	4.6
				TOTDEP	IND	PL	GB	DE	DD	NO	SU	CS	DK	SE	REST	
84	4	1	- 84 10	1	319	48.1	11.0	10.8	4.7	4.6	4.0	3.8	3.3	1.9	1.3	6.1
				TOTDEP	IND	DD	GB	DE	PL	CS	DK	SU	NO	FR	REST	
84	10	1	- 85 4	1	861	30.6	18.9	11.2	8.3	7.8	7.1	4.1	1.9	1.7	1.6	6.9
				TOTDEP	IND	GB	DD	DE	FR	DK	PL	CS	BE	NO	REST	
85	4	1	- 85 10	1	601	39.4	21.8	13.7	7.6	3.2	2.3	2.2	1.9	1.7	1.5	4.9
				TOTDEP	IND	GB	DD	DE	DK	NO	FR	CS	PL	SU	REST	
85	10	1	- 86 4	1	482	41.1	25.1	6.7	5.9	3.2	2.8	2.4	2.3	2.3	1.9	6.4
				TOTDEP	IND	GB	DD	DE	CS	DK	PL	NO	FR	SU	REST	
86	4	1	- 86 10	1	446	43.3	16.6	11.8	9.6	6.3	2.9	2.5	1.9	0.9	0.7	3.5
				TOTDEP	IND	GB	DE	FR	DD	BE	NL	NO	PL	DK	REST	
86	10	1	- 87 4	1	555	49.3	22.0	7.0	4.2	3.2	2.8	2.3	2.3	2.0	1.8	3.2
				TOTDEP	IND	GB	DK	NO	SU	SE	DE	NL	DD	FI	REST	
87	4	1	- 87 10	1	365	56.4	25.5	3.3	2.5	2.1	2.0	1.8	1.5	1.1	1.0	2.9
				TOTDEP	IND	GB	DD	PL	DE	DK	CS	FR	NL	BE	REST	
87	10	1	- 88 4	1	793	43.6	15.4	9.1	6.5	5.1	5.0	3.5	2.8	2.1	2.0	4.9
				TOTDEP	IND	GB	DE	BE	DD	FR	DK	PL	NL	NO	REST	
88	4	1	- 88 10	1	616	45.0	23.4	5.5	4.8	4.5	4.0	2.9	2.6	2.5	1.5	3.3
				TOTDEP	IND	DD	GB	DE	DK	PL	NO	CS	SE	SU	REST	
88	10	1	- 89 1	1	237	45.5	22.3	10.4	6.0	3.4	3.3	2.3	2.1	1.4	1.0	2.3

Tabell 3.3 Internasjonal to-bokstavkode for nasjoner.

Land	Fork.
Albania	AL
Belgia	BE
Bulgaria	BG
Danmark	DK
Finland	FI
Frankrike	FR
Hellas	GR
Irland	IR
Island	IS
Italia	IT
Jugoslavia	YU
Luxemburg	LU
Nederland	NL
Norge	NO
Polen	PL
Portugal	PT
Romania	RO
Sovjetunionen (Europa)	SU
Spania	ES
Storbritannia	GB
Sveits	CH
Sverige	SE
Tsjekkoslovakia	CS
Tyrkia	TR
Tyskland, Vest	DE
Tyskland, Øst	DD
Ungarn	HU
Østerrike	AT
Ubestemt kilde	IND

4 ANALYSE AV SPESIELLE TILFELLE VINTEREN 1989-

Etter nyttår var denne vinteren spesielt mild i Sør-Noreg. Mange stasjonar fekk stasjonsrekord både for januar og februar. Det galt også stasjonar med lang serie. I Oslo til dømes var medeltemperaturen rekordhøg i baa månadene for ein mæleserie som starta i 1838. På Vestlandet vart det rekordnedbør mange stader og svært mykje snø i fjellet.

I samsvar med oppdraget vil vi nå analysere nokre episodar der det vart observert ekstra surt vatn i Suldalslågen.

4.1 Situasjonen 11.- 15. januar

Veret i perioden var prega av ein sørvestleg luftstraum i trykkflata 500 hPa. I delar av perioden var denne straumen svært sterk. Men i bakkenivå vart han i Suldal sterkt dempa på grunn av skjerminga i dalen og ved at det meir størstilte terrenget er stigande mot aust, dvs. i same retninga som vinden bles.

Luftstraumen stod i samband med ei rad syklonar med tilhøyrande frontar. Perioden var svært nedbørrik, frå 150 mm til over 200 mm varierende frå stad til stad, sjå tabell 4.1. Nedbøren som fall desse dagane var for det meste frontnedbør som vart forsterka ved heving av lufta på grunn av terrenget (orografisk nedbør). Da terrenget er ujamnt, varierer nedbøren frå stasjon til stasjon.

Tabell 4.1 Nedbør (mm) i tida 12-15. januar 1989.

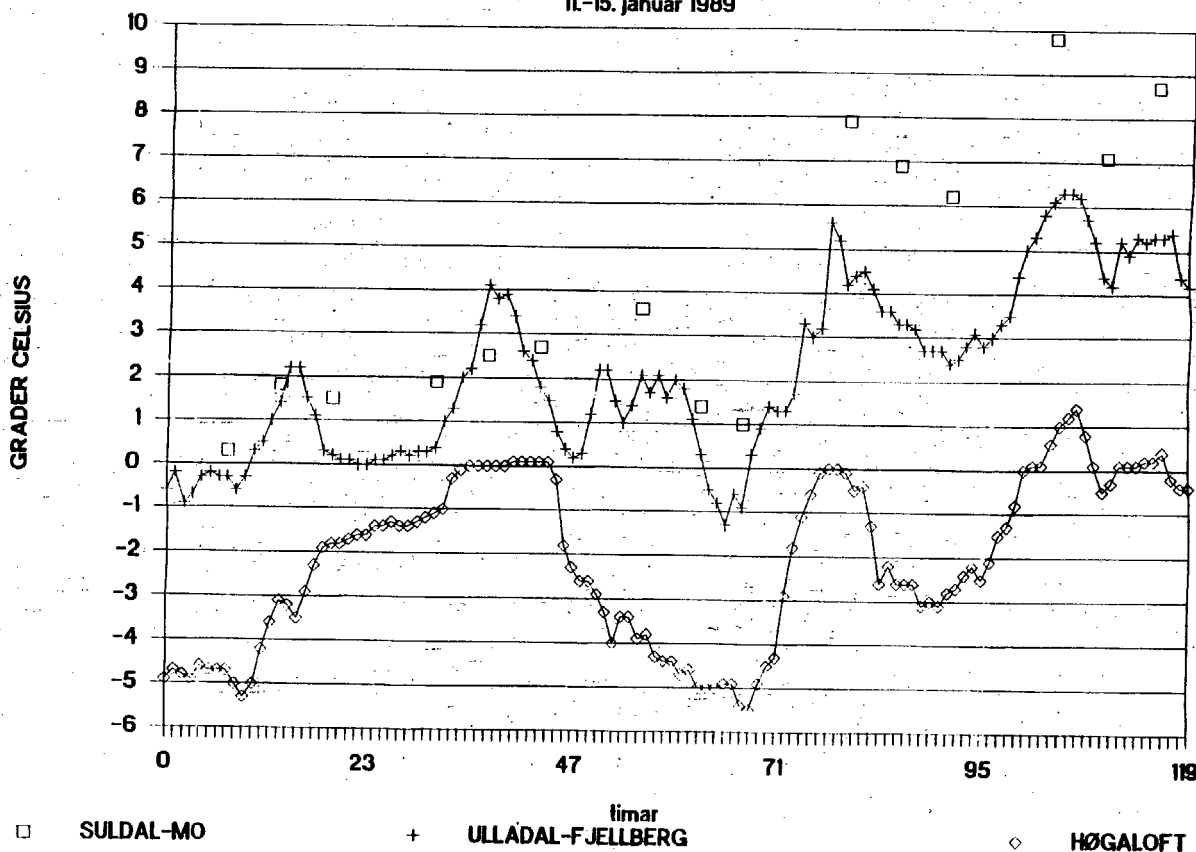
Stasjon	12/1	13/1	14/1	15/1	Sum
4602 Ulla	55,9	42,0	43,4	72,1	213,4
4615 Sand i Ryfylke	58,0	31,9	42,8	30,6	163,3
4620 Suldal - Mo	84,1	20,6	44,4	50,6	199,7
4630 Suldalsvatn	24,9	24,7	30,5	71,0	151,1
4640 Nesflaten	43,5	26,3	33,0	66,0	168,8
4645 Røldal	52,2	28,4	27,0	52,4	160,0

Det finst tre stasjonar som mæler temperatur som vi kan gjera oss nytte av i denne granskinga. Stasjonane er vist på kartet, figur 2.1. Dei representerer nivåa 50 m (Mo), 400 m (Fjellberg) og 1100 m (Høgaloft)

På figur 4.1 er temperaturen på dei tre stasjonane framstilt grafisk. Vi ser at temperaturen stort sett har vore stigande i perioden og at han den 15. kjem opp i $9,8^{\circ}\text{C}$ kl. 07 på Mo. Høgaloft har da $0,6^{\circ}\text{C}$ og det betyr at nullisotermen (0°C) ligg i nærare 1200 m høgde. Om natta mellom den 14. og 15. var det noko kaldare og nullisotermen låg da på om lag 750 m. Vi legg elles merke til at Høgaloft nådde 0°C også den 14. på føremiddagen og ei noko lengre periode midt på dagen den 12.

LUFTTEMPERATUR

11.-15. januar 1989



Figur 4.1. Lufttemperaturen i Suldalområdet 11. til 15. januar.

I tabell 4.2 er utviklinga av snødekket i området sett opp i perioden. Stasjonane er ordna etter avstanden frå kysten og tala for snødjupn er plassert i tabellen etter høgde over havet. Ingen stasjon ligg høgre enn 400 m og snødjupna blir

ikkje observert over det nivået. Talet til venstre for pila representerer snødjupna den 12., talet til høgre viser snødjupna den 15.

Tabell 4.2 Snødjupn i cm den 12. og den 15. januar 1989.

Høgde	4615	4620	4602	4630	4640	4645
400				15→0		40→21
300						
200			14→0			
100						
0	0→0	0→0			15→2	

Dataene viser at snødjupna på alle stasjonane har minka gjennom perioden sett under eitt. Mest minka snødjupna i slutten av perioden. I Røldal var det snøbyer natt til den 13. slik at snødjupna voks til 45 cm før ho tok til å minke att.

Ein ser at områda nær kysten, frå 0 til 100 m over havet, var snøfrie da perioden starta. Litt inne i landet (Ulla og Suldalsvatn) var snødjupna om lag 15 cm som smelta bort. På Nesflaten som ligg berre 72 m over havet, var det også snødekke da perioden starta og nesten all snøen vart borte under mildveret. At ikkje alt rann vekk, kjem av at området er godt skjerma for vind. Endeleg viser dataene at snødekket inne i landet i 400 m nivået ved Røldal ikkje vart borte under mildveret, men minka til om lag det halve.

Figur 4.1 syner at det den 14. og 15. smelta snø i det minste opp til nivået 750 m og at det stundom i denne tida var over 0°C også over 1000 m. Over dette nivået er det ikkje rimeleg å vente smelting som har noko å seia for avløpet. I dei inste delane av vassdraget (Røldal) er det rimeleg at nullisotermen låg ein eller to hundre meter lågare enn ved Høgaloft.

Avløpet i Suldalslågen den 15. skriv seg både frå snøsmelting og regn der regnet utgjorde det langt største bidraget.

4.2 Situasjonen 27. og 28. januar

Om morgonen den 26. januar vart det på nedbørstasjonane ikkje observert vesentleg nedbør, men ut på dagen tok det til å regne. Det var berre moderate mengder slik tabell 2.3 viser. Den 28. om morgonen derimot, vart det observert ekstrem døgnnedbør som på Mo gjekk opp i over 100 mm. Regnveret stod i samband med eit frontsystem som strekte seg sørover frå eit lågtrykk sør for Island. Om morgonen den 27. passerte varmfronten og innan observasjonen kl 8 den 28. hadde også kaldfronten passert.

Tabell 4.3 Nedbør i tida 26.- 28. mars 1989.

Stasjon	26/3	27/3	28/3
4602 Ulla	0,2	8,0	98,6
4615 Sand i Ryfylke	-	8,2	91,9
4620 Suldal - Mo	-	9,4	105,4
4630 Suldalsvatn	-	7,9	81,3
4640 Nesflaten	-	7,9	85,0
4645 Røldal	0,4	8,2	49,0

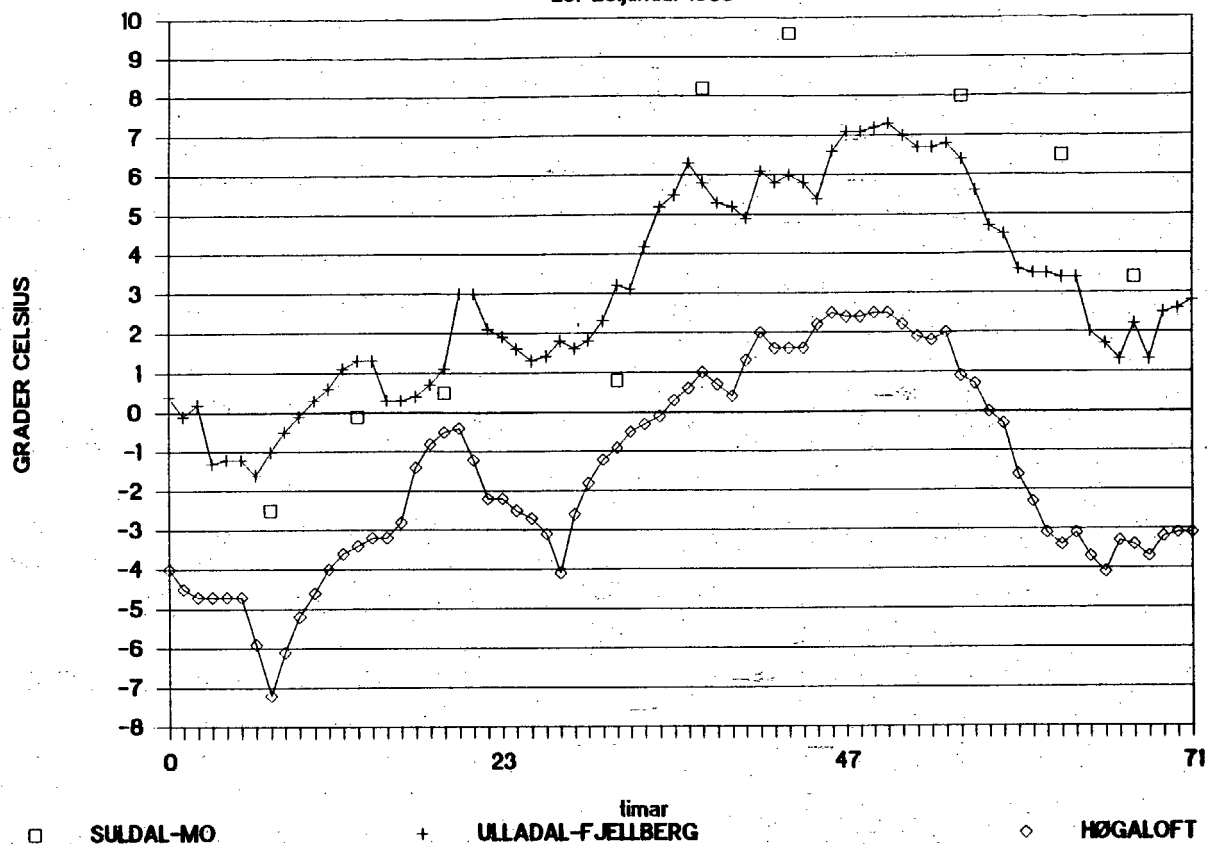
Observasjonane frå nedbørstasjonane viser at dei ikkje hadde snø om morgonen den 26. januar med unntak av Røldal. Nedbøren den 26. kom som sludd og det førte til at det på dei fleste stasjonane vart liggjande eit tynt snølag på marka, frå 1 til 3 cm tjukt. Unntaket var Røldal der snødjupna steig frå 5 til 10 cm. Det store regnveret den 27. fjerna all snøen også på den stasjonen.

Figur 4.2 viser temperaturen den 26. til den 28. januar. Vi legg merke til at det den 26. var temperaturar på om lag 0°C heilt ned til havnivå. Men på eftanen den 27. steig temperaturen raskt og natt til den 28. var temperaturen på Høgaloft oppe i om lag $2,5^{\circ}\text{C}$. Det betyr at nullisotermen da gjekk i om lag 1300 m, altså plussgrader i godt som heile nedslagsfeltet.

Men for avløpet den 28. spelar snøsmeltinga lita rolle jamført med den store nedbøren i form av regn. Berre på dei høgste toppane i nedbørfeltet kom nedbøren periodevis som snø.

LUFTTEMPERATUR

26.-28.januar 1989



Figur 4.2 Lufttemperaturen i Suldalområdet 26. til 28. januar

4.3 Situasjonen 5. til 7. mars 1989

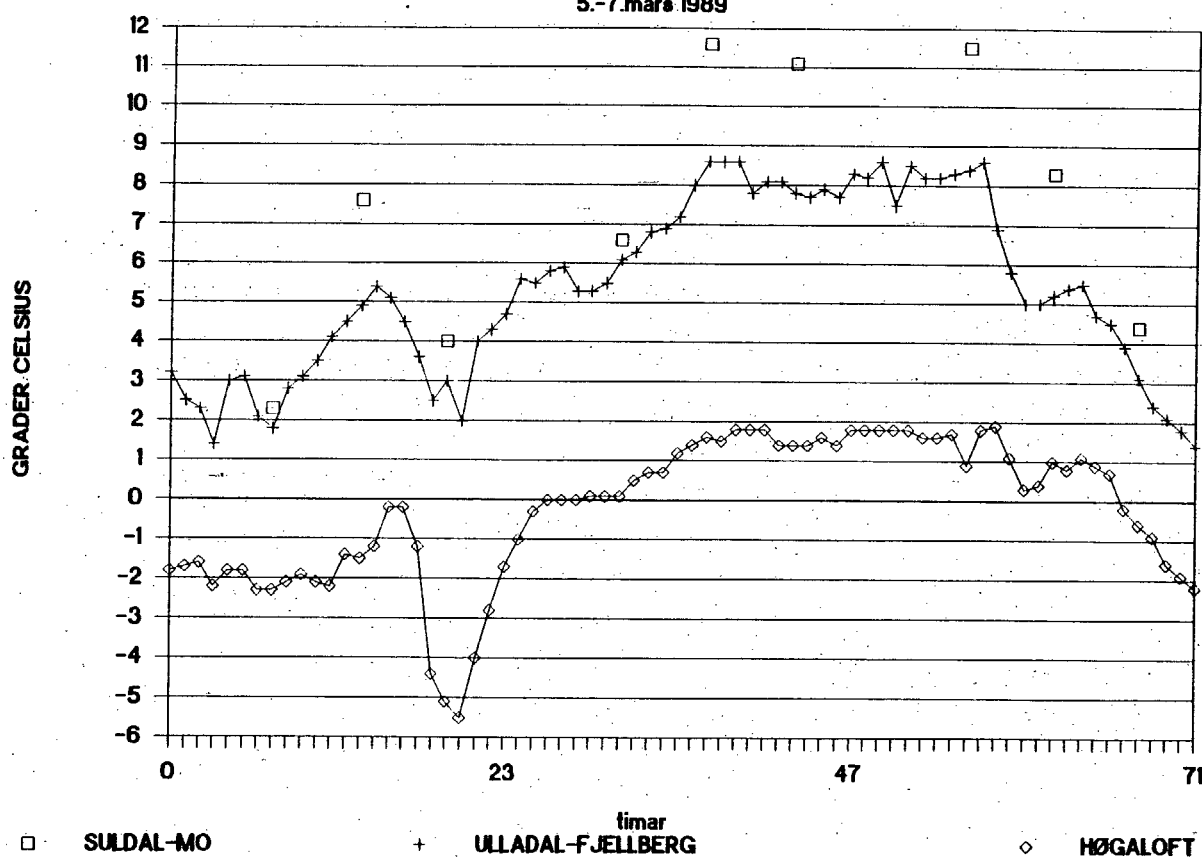
Også i tida frå den 5. og fram til 7. mars var det sterk energitransport nordover Atlanterhavet. Lågtrykksentra gjekk i ei bane sør for Grønland over Island og opp til Svalbard. Vindretninga var i perioden sør eller sør-sørvest og det kom heller lite nedbør (mykje av nedbøren notert den 5. kom den 4. mars), tabell 4.4.

Tabell 4.4 Nedbør i tida 5.-7. mars 1989.

Stasjon	5/3	6/3	7/3
4602 Ulla	8,4	0,7	-
4615 Sand i Ryfylke	8,7	-	-
4620 Suldal - Mo	11,5	-	5,4
4630 Suldalsvatn	4,6	-	0,1
4640 Nesflaten	3,9	0,3	-
4645 Røldal	10,2	0,4	-

LUFTTEMPERATUR

5.-7.mars 1989



Figur 4.3 Lufttemperaturen i Suldalområdet 5. til 7. mars.

Figur 4.3 viser at temperaturen den 6. steig sterkt og kom opp $11,8^{\circ}\text{C}$ ved observasjonen kl.13 på Suldal - Mo. Frå da av og eit døgn framover heldt det seg mildt og maksimum på Mo var $12,8^{\circ}\text{C}$ dette døgnet. Maksimumstemperaturen på Høgaloft same døgnet var $1,8^{\circ}\text{C}$ om eftanen den 6. Nullisotermen låg i 1200 m høgd frå høgst dag den 6. til høgst dag den 7. og i

halvt anna døgn heldt han seg over 1100 m.

Før mildveret sette inn låg det snø på marka ved dei nedbørstasjonane som ligg på nivå over 200 m, jamfør tabell 4.5. Vi ser vidare at denne snøen blir borte på alle stasjonane unnateke Røldal som ligg nærare 400 m o.h., men også der har snødjupna minka om lag 10 cm.

Tabell 4.5 Snødjupn i cm den 5. og den 7. mars 1989.

Høgde	4615	4620	4602	4630	4640	4645
400				15→0		59→48
300						
200			25→0			
100						
0	0→0	0→0			1→0	

Data viser at luftstraumen var nesten metta med vassdamp. Det betyr at han var overmetta i høve til ei snøflate ved 0° C. Dette førte til sterk snøsmelting slik tabellen viser.

Det var svært lite nedbør under mildverseepisoden og ein stor del av overflateavrenninga hadde difor si årsak i snøsmelting.

5 REFERANSAR

- (1): EMEP MSC-W Report 1/89
Detection of Sulphur Emission Reduction in Europe during the Period:1979-1986 by Sophia N. Mylona.
- (2): EMEP MSC-W Report 2/89
Airborne Transboundary Transport of Sulphur and Nitrogen over Europe. Model Descriptions and Calculations.