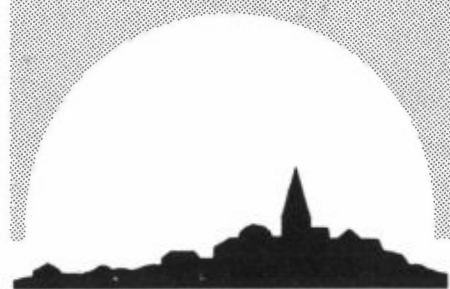


NILU TR: 10/87

NILU TR : 10/87
REFERANSE: E-8369
DATO : DESEMBER 1987
ISBN : 82-7247-883-8

KORROSJON I SULITJELMA STATUSRAPPORT

B. Fossestøl



NILU

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
Norwegian Institute For Air Research
POSTBOKS 64 — N-2001 LILLESTRØM — NORWAY

SAMMENDRAG

NILU har fra og med 1984 foretatt korrosjonsmålinger i Sulitjelma. Hovedgrunnen for undersøkelsen var at Sulitjelma i perioder hadde de høyeste SO₂-forurensningsnivåene i Norge og ellers lite av andre forurensninger. Stedet var derfor velegnet til å studere virkningen av SO₂ på metaller. Etter nedleggelsen av smeltehytta vil det også være mulig å vise hva en drastisk reduksjon av SO₂-nivået kan bety økonomisk.

Resultatene fram til mars 1987 viser at årskorrosjonen for stål lå rundt 600 g/m² og dette var det dobbelte av korrosjonen i Oslo. Månedsverdien lå mellom 9 og 181 g/m². Resultatene var godt korrelert med SO₂-belastninger i periodene. Den beste korrelesjonen var

$$\text{Korr} = 0.265 \text{ SO}_2(-2) + 12.1 \qquad R = 0.97$$

SO₂(-2) er den effektive SO₂-belastningen ved at en har korrigert SO₂-konsentrasjonene ved å se bort fra SO₂-konsentrasjonene når temperaturen ble under -2^oC.

INNHOLD

	Side
SAMMENDRAG	1
1 INNLEDNING	3
2 MÅLEPROGRAM	3
3 RESULTATER OG DISKUSJON	5
3.1 Stålprøver	5
3.2 Sink (Zn), aluminium (Al) og kobber (Cu)	15
3.3 Dose/effekt-relasjoner for korrosjon av stål	17
4 KONKLUSJON	19
5 REFERANSER	20
VEDLEGG	21

1 INNLEDNING

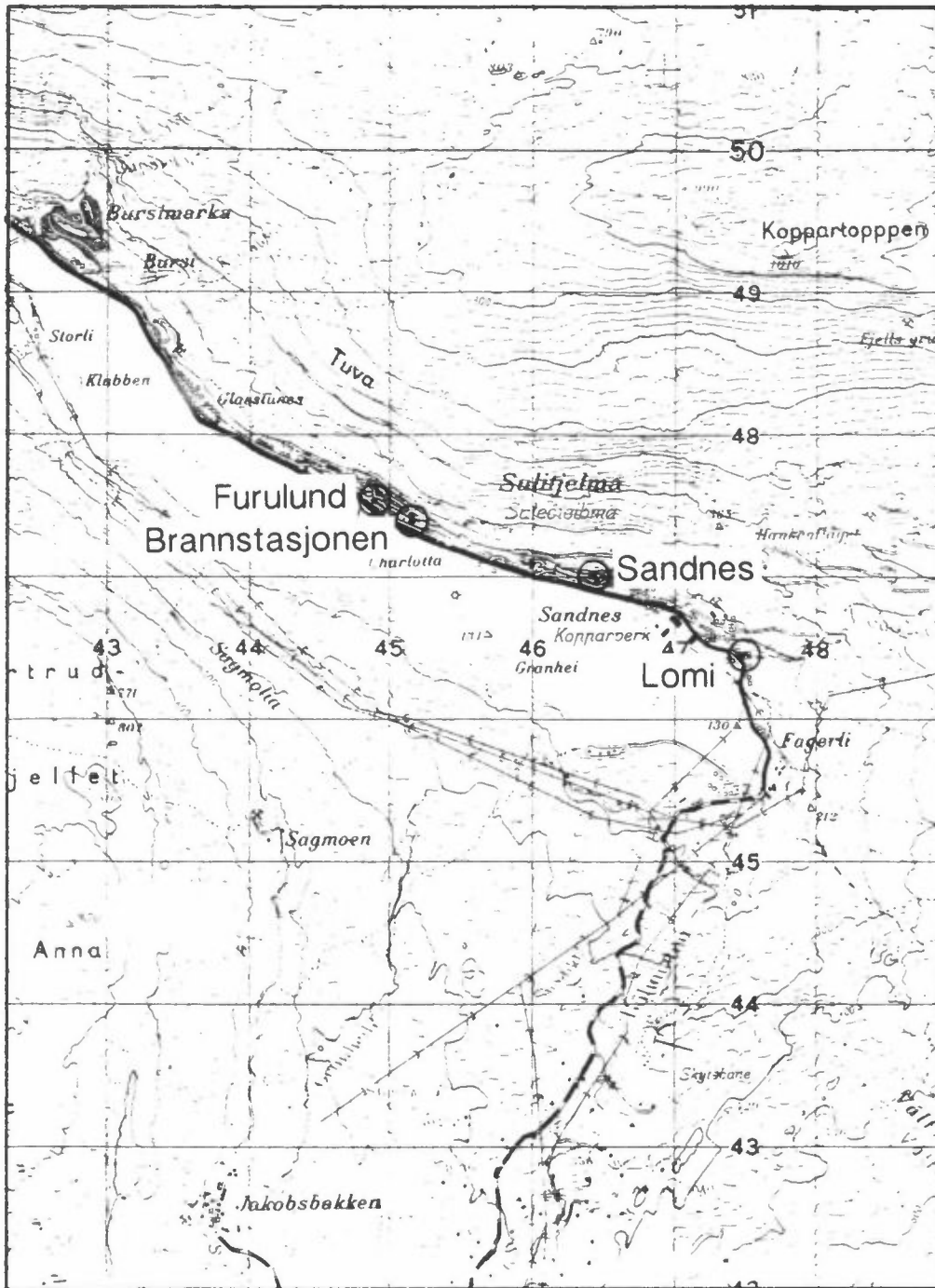
Feltforsøk i Norge og andre land har vist at det er en markert økning av korrosjonshastigheten med økende SO_2 -nivå. En svakhet ved forsøkene har vært at målingene har foregått i områder med en blanding av forurensninger. Undersøkelser i Sulitjelma kan i denne sammenheng gi spesielt interessante resultater fordi SO_2 -nivået i perioder er det høyeste i Norge, og det er svært lite annen korrosjonsfremmende forurensning i området. Det har i lengre tid vært planer om nedleggelse av smelteverket, og en så derfor en mulighet til å kunne bestemme korrosjonshastigheten for ulike metaller i en tilnærmet "ren" SO_2 -kontaminert atmosfære (førundersøkelsen). Etter eventuell nedleggelse av smeltehytta kunne en så foreta målinger for å sammenligne med målinger foretatt før nedleggelse (etterundersøkelsen).

NILU bestemte derfor i 1984 å starte en korrosjonsundersøkelse med egne midler. Eksponeringen ble utvidet noe for hvert år frem til 1986, og førundersøkelsen ble først stoppet etter nedleggelsen i 1987. Driftstillatelsen for smeltehytta var gitt frem til 01.07.1987, men på grunn av en utblåsning i ovnen i hytta 03.02.1987 opphørte driften fra denne dato. Førundersøkelsen ble derfor avsluttet 01.03.1987, og etterundersøkelsen startet samme dag.

Dette er en statusrapport som beskriver det som har skjedd i førundersøkelsen.

2 MÅLEPROGRAM

I 1984 og 1985 ble det foretatt korrosjonsmålinger på to stasjoner i Sulitjelma; Furulund og Sandnes (se figur 1). Målingene innbefattet månedsprøver for stål (Fe) og årsprøver for stål, aluminium (Al), kobber (Cu) og sink (Zn). Rutineovervåking av luftforurensning gjennomføres også på Furulund og Sandnes, og SO_2 -dataene fra disse stasjonene er anvendt i korrosjonsundersøkelsen.



Figur 1: Plassering av stasjonene i Sulitjelma

Fra mars 1985 ble undersøkelsen utvidet med nedbørkvalitetsmålinger. Det ble målt nedbørmengde, ledningsevne (k), pH, svovel (S), klor (Cl) og magnesium (Mg) (tabell 1 i vedlegg). Nedbørkvalitetsmålingene ble tatt ved brannstasjonen (se figur 1).

I mars 1986 ble undersøkelsene ytterligere utvidet. En tredje korrosjonstasjon ble opprettet på Lomi (se figur 1). Det ble også foretatt SO₂-målinger her. I tillegg ble det målt temperatur og relativ fuktighet (RH) ved brannstasjonen fra og med mars 1986.

Rutineovervåkingen av luftforurensning i Sulitjelma ble avsluttet 1. april 1987, mens korrosjonsundersøkelsene fortsetter til 1. mars 1988 med tre målestasjoner for korrosjon og to for SO₂. SO₂-målingene blir foretatt på Furulund og Lomi. Nedbør, temperatur og RH vil bli registrert som tidligere.

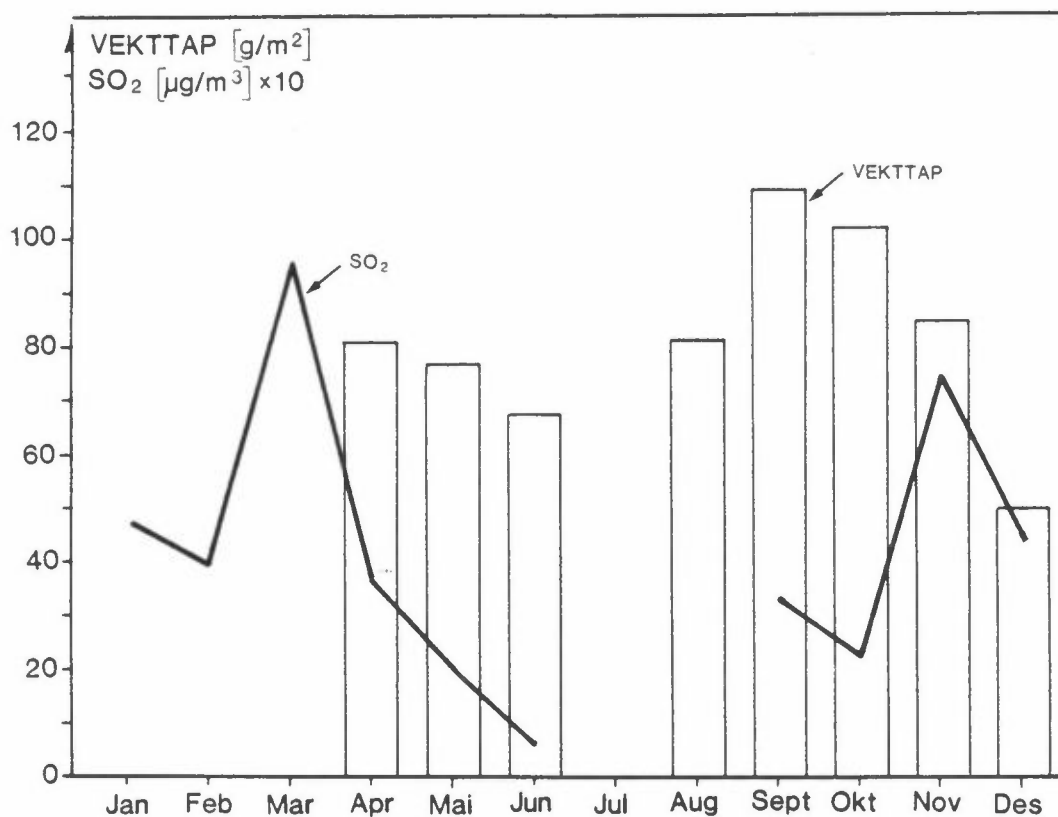
3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 STÅLPRØVER

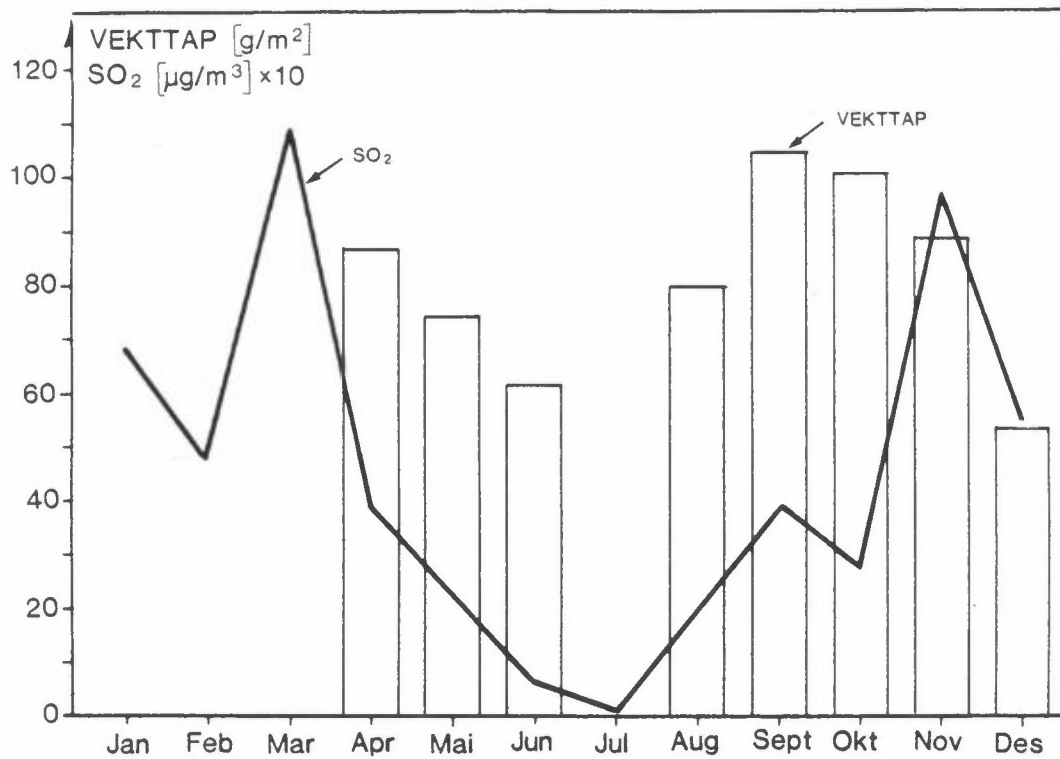
Månedssdata for korrosjon viser at korrosjonshastigheten blir påvirket av SO₂-nivået. Dataene er vist grafisk i figur 2-8. I mai, juni, juli og august 1986 tilsier temperatur og fuktighet at en vil få høy korrosjon (se figur 6, 7 og 8). En har i denne perioden lange våttider (TOW = Time Of Wetness). I TOW-begrepet ligger den teoretiske perioden materialet korroderer. TOW er definert som antall timer temperaturen er over 0°C og relativ fuktighet er over 80% samtidig. Imidlertid ble korrosjonshastigheten i denne perioden relativt lav fordi smeltehytta var stengt for sommeren og SO₂-nivået var nede på bakgrunnsnivå. Den samme tendensen viste seg også i 1985. I juli dette året var SO₂-nivået nede på bakgrunnsnivå, og korrosjonshastigheten var lav (se figur 3 og 4).

De høyeste månedlige korrosjonshastighetene ble målt i september-oktober. Dette gjentar seg hvert år. I denne perioden ligger TOW-verdiene på samme nivå som i sommermånedene, mens SO₂-nivået er vesentlig høyere. Den økte korrosjonshastigheten skyldes derfor i første rekke det økte SO₂-nivået.

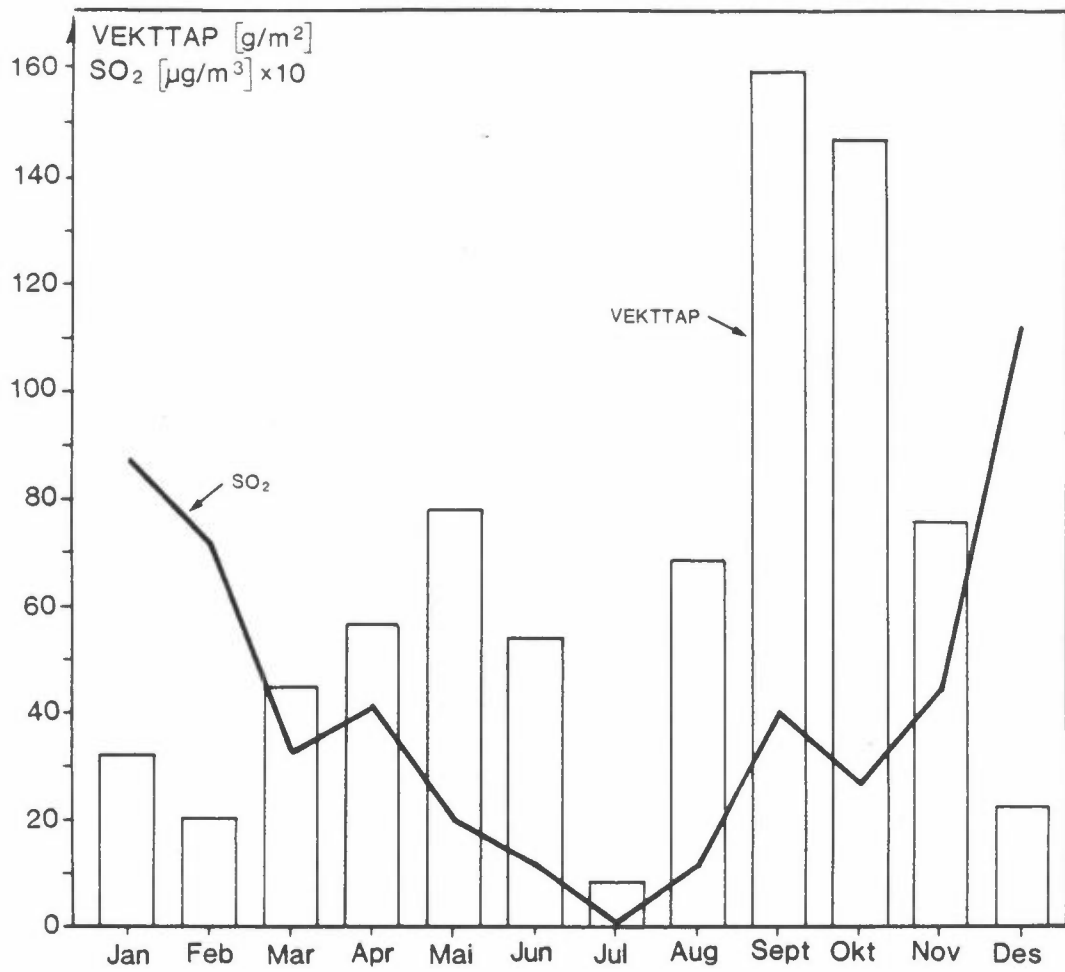
I november, desember, januar og februar har vi som oftest de høyeste SO_2 -verdiene. Fordi TOW-verdiene da er lave er korrosjonen i disse månedene forholdsvis liten. TOW-verdiene blir lave som følge av lave temperaturer.



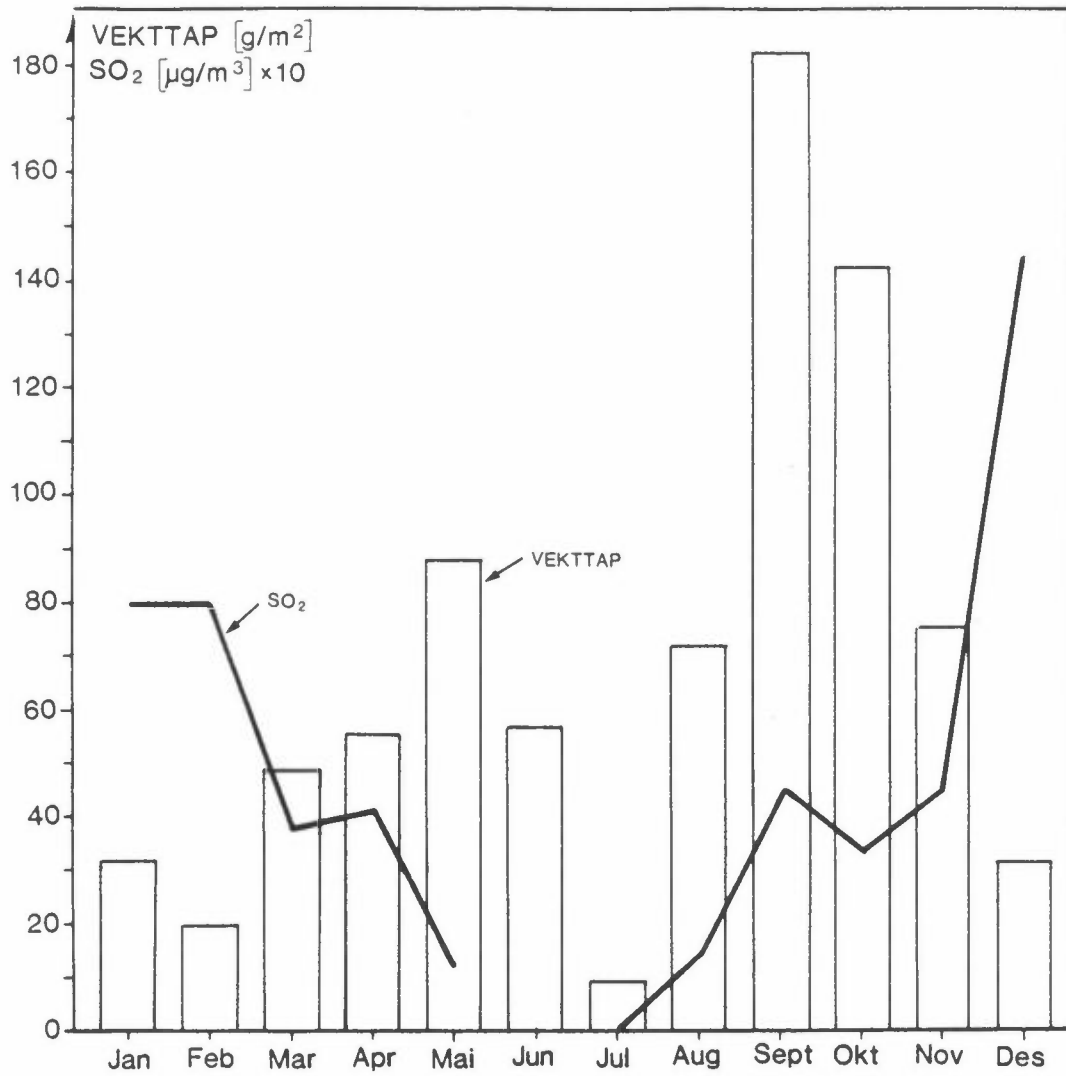
Figur 2: Vekttap på månedsprøver - stål (g/m^2) og månedsmidlede SO_2 -konsentrasjoner ($\mu\text{g/m}^3$) ved Furulund-Sulitjelma 1984.



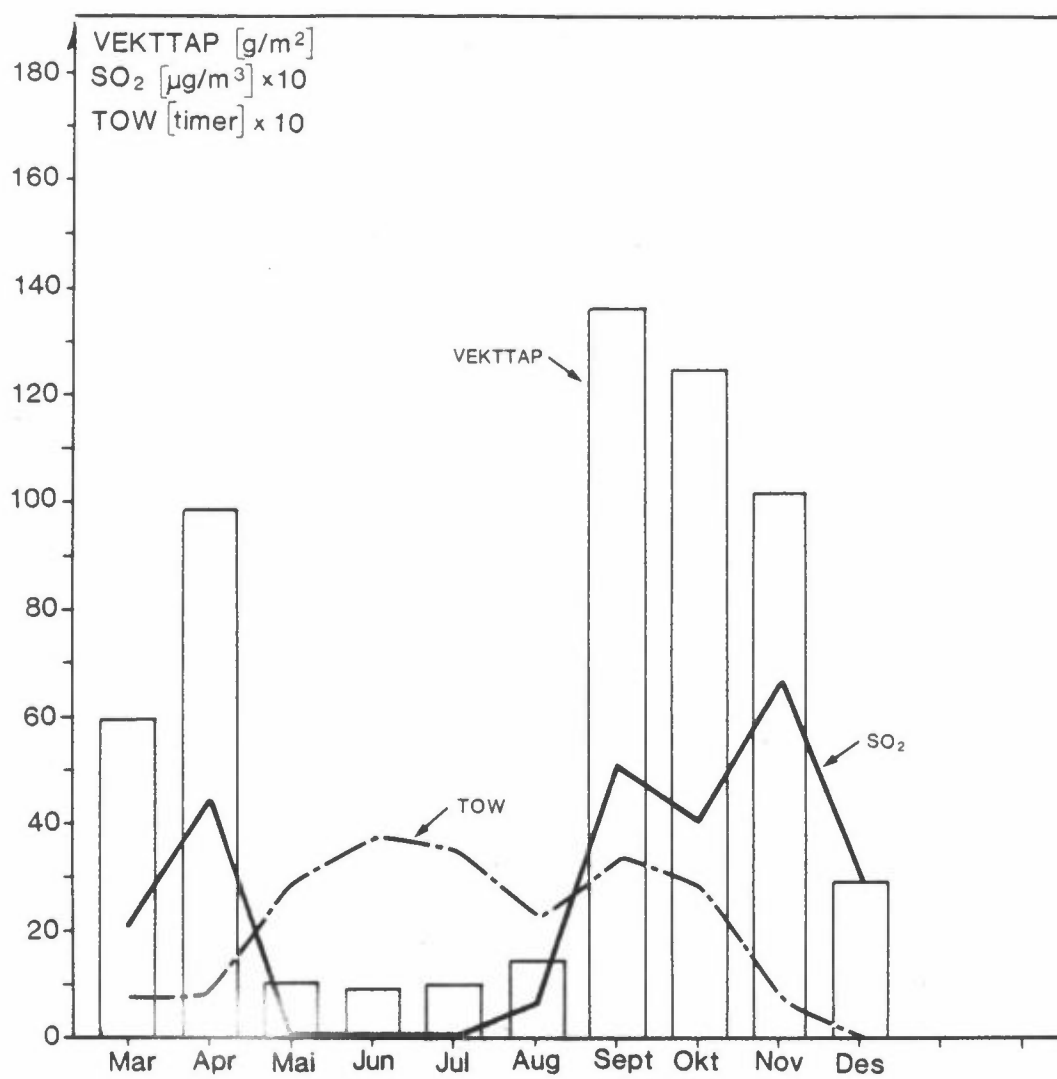
Figur 3: Vekttap på månedsprøver - stål (g/m^2) og månedsmidlede SO_2 -konsentrasjoner ($\mu\text{g/m}^3$) ved Sandnes-Sulitjelma 1984.



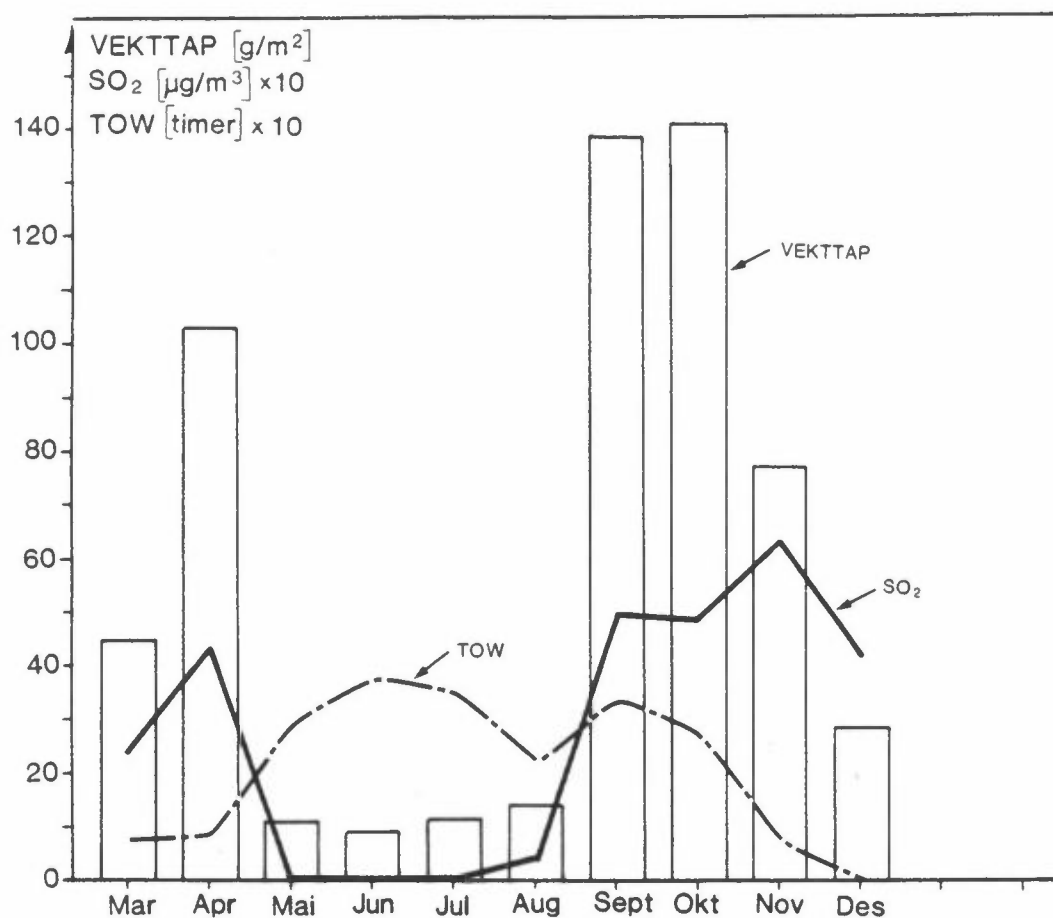
Figur 4: Vekttap på månedsprøver - stål (g/m²) og månedsmidlede SO₂-konsentrasjoner (μg/m³) ved Furulund-Sulitjelma 1985.



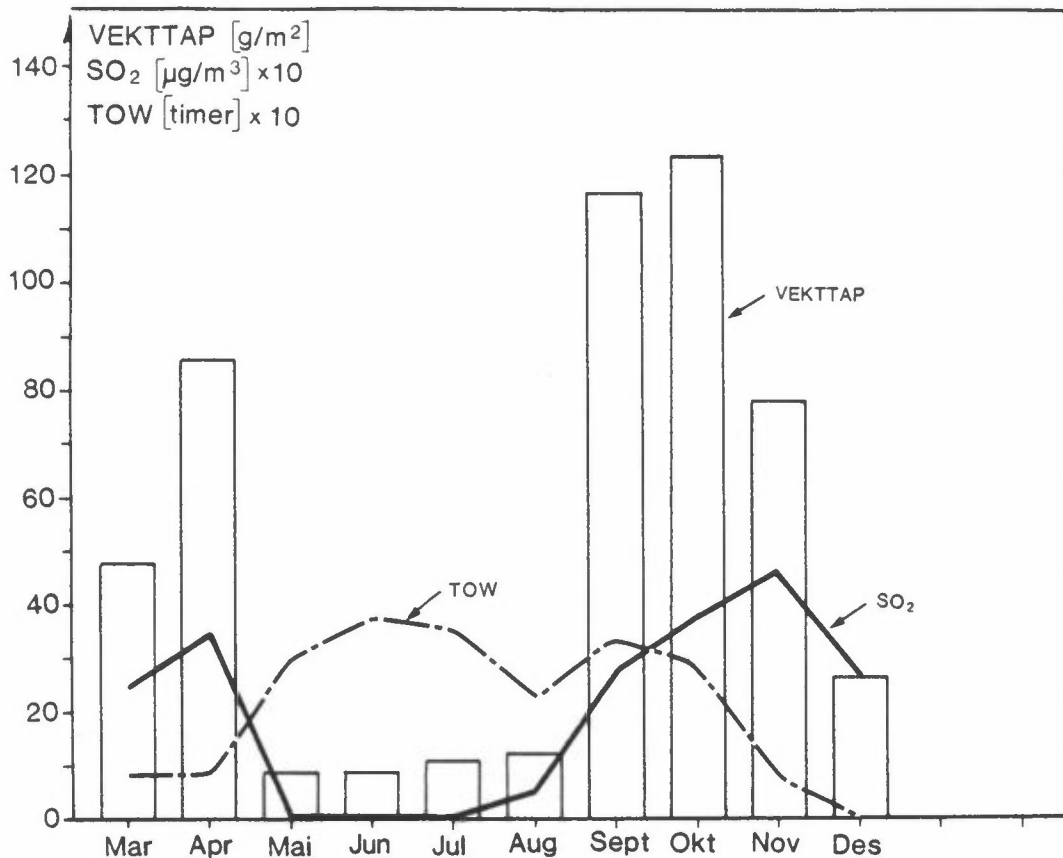
Figur 5: Vekttap på månedsprøver - stål (g/m²) og månedsmidlede SO₂-konsentrasjoner (µg/m³) ved Sandnes-Sulitjelma 1985.



Figur 6: Vekttap på månedsprøver - stål (g/m²), månedsmidlede SO₂-konsentrasjoner (µg/m³) og våttid (Time Of Wetness - TOW²) (timer) ved Furulund-Sulitjelma mars 1986-december 1986.



Figur 7: Vekttap på månedsprøver - stål (g/m²), månedsmidlede SO₂-konsentrasjoner (µg/m³) og våttid (Time Of Wetness - TOW)² (timer) ved Sandnes-Sulitjelma mars 1986-desember 1986.



Figur 8: Vekttap på månedsprøver - stål (g/m^2), månedsmidlede SO_2 -konsentrasjoner ($\mu\text{g/m}^3$) og våttid (Time Of Wetness - TOW)² (timer) ved Lomi-Sulitjelma mars 1986-desember 1986.

Det kan være av interesse å se på korrosjonshastigheten i Sulitjelma sammenlignet med Borregaard-Sarpsborg. I tabell 1 er det vist data for Borregaard i september 1983 og Sandnes-Sulitjelma i september 1986. Våttiden var i disse to månedene noenlunde den samme begge steder. Det samme var relativ fuktighet. SO_2 -nivået i Sulitjelma derimot var ca fem ganger så høyt som på Borregaard. Likevel korroderte det en faktor 1,4 mer på Borregaard. Årsakene til dette kan være flere. En av årsakene kan være at på Borregaard har en også andre forurensninger som vil bidra til økt korrosjonshastighet, blant annet klorider. Synergistiske effekter på korrosjonshastigheten på Borregaard kan dermed oppstå. I Sulitjelma er langt på vei SO_2 eneste forurensning. En medvirkende årsak til lavere korrosjonshastighet i Sulitjelma kan også være at de meget høye SO_2 -verdiene som opptrer enkelte døgn (og som drar opp gjennomsnittet) ikke har tilsvarende forsterkende virkning på korrosjonshastigheten. Ellers har en mer nedbør i Sulitjelma som

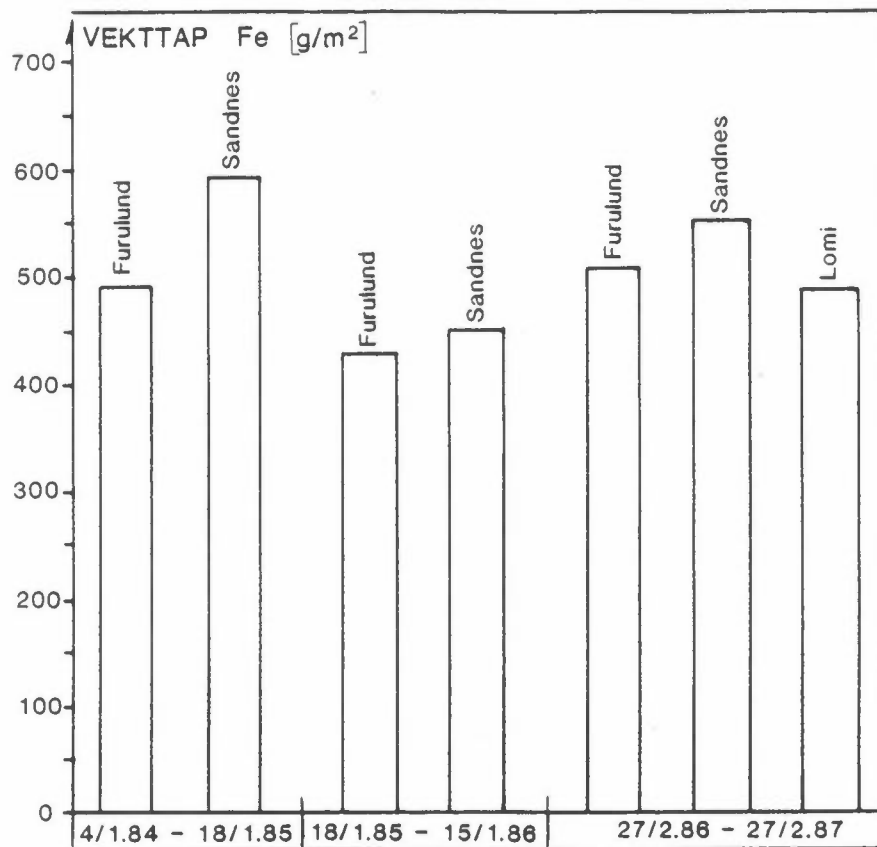
bidrar til hyppigere avvasking av forurensninger på materialoverflaten. En har også lavere middeltemperatur i Sulitjelma som vil føre til at de kjemiske reaksjonene vil gå tregere.

Tabell 1: Data for Borregaard, september 1983 (Haagenrud et al.) og Sandnes-Sulitjelma, september 1986.

	SO ₂ (µg/m ³)	RH (%)	T (°C)	TOW (timer)	Nedbør (mm)	Vekttap (g/m ²)
Borregaard Sarpsborg Sept. 1983	99	75	11,6	343	98	189
Sandnes Sulitjelma Sept. 1986	499	76	6,9	337	181	136

Internasjonalt er det i de senere år utarbeidet et forslag til klassifisering av korrosjonsmiljøene ut fra forurensningsdata, våttidsdata og korrosjonsdata. Arbeidet utføres International Organization for Standardization, og tabellene er gitt i vedlegg (tabell 6-11). I det følgende avsnitt vil resultatene fra Sulitjelma bli sammenlignet med dette forslag til ISO-standard.

Årskorrosjon for stål i Sulitjelma hadde et maksimum på ca. 600 g/m² (Sandnes 1984, se figur 9). Årsgjennomsnitt for SO₂ i Sulitjelma var ca. 450 µg/m³. Denne verdien ligger utenfor området foreslått i ISO-standard som har høyeste verdi på 250 µg/m³, se tabell 6 i vedlegg. Våttiden på årsbasis i Sulitjelma er ca. 2100 timer, hvilket vil si i klasse τ₃ etter ISO (tabell 7 i vedlegg). Skalaen går her fra τ₁ til τ₅. Dersom en sier at Sulitjelma ligger i den mest belastede klassen for SO₂ (P₃), i klasse τ₃ for våttid og S₀ for klorid (tabell 8 i vedlegg), vil den foreslåtte ISO-standard gi korrosivitetsklasse C4 (tabell 10 i vedlegg). Dette stemmer også med den korrosjonshastigheten en har hatt i Sulitjelma på årsbasis. Korrosivitetsklasse C4 ligger i intervallet 400-650 g/m² på årsbasis, se tabell 11 i vedlegg.



Figur 9: Vekttap på årsprøver - stål (g/m^2) fra Furulund, Sandnes og Lomi.

Det kan være av interesse også å sammenligne årsresultatene fra Sulitjelma med resultater fra Borregaard-Sarpsborg. Årskorrosjonen på Borregaard var rundt 900 g/m^2 , og SO_2 -nivået var ca. $100 \mu\text{g/m}^3$ (årsgjennomsnitt) (Haagenrud et al., 1984). Selv om det på Borregaard blir målt mye lavere SO_2 -nivå enn i Sulitjelma, korroderer det altså mer på Borregaard. Dette har flere årsaker. I sommermånedene er SO_2 -nivået i Sulitjelma nede på bakgrunnsnivå, det vil si $2\text{-}6 \mu\text{g/m}^3$. Korrosjonshastigheten er da meget lav (se figur 6, 7 og 8). Et annet moment er at de meget høye SO_2 -verdiene som drar opp årsnittet for SO_2 , for en stor del forekommer på den tiden av året hvor temperatur og fuktighet tilsier liten korrosjon. I tillegg er gjennomsnittstemperaturen i vintermånedene lavere i Sulitjelma enn i Sarpsborg. Det vil si at en får kortere våttidsperiode i Sulitjelma. Igjen kan en av forklaringene til lavere korrosjonshastighet i Sulitjelma være at de særdeles høye

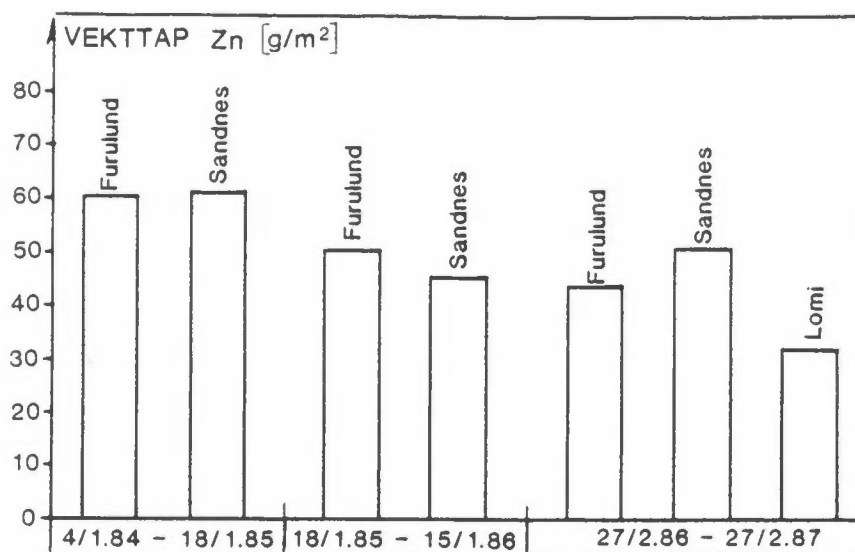
SO₂-verdiene som er blitt målt enkelte døgn og som drar opp gjennomsnittet, ikke bidrar tilsvarende til økt korrosjon. Det er mye som tyder på at korrosjonshastigheten ikke vil øke like hurtig etter at SO₂-mengden har nådd et visst nivå. Hvor dette nivået ligger, er det vanskelig å si noe om.

I Sulitjelma får en høyest årskorrosjon ved Sandnes. Deretter følger Furulund og Lomi. Den samme rekkefølgen får en dersom en ser på SO₂-nivået.

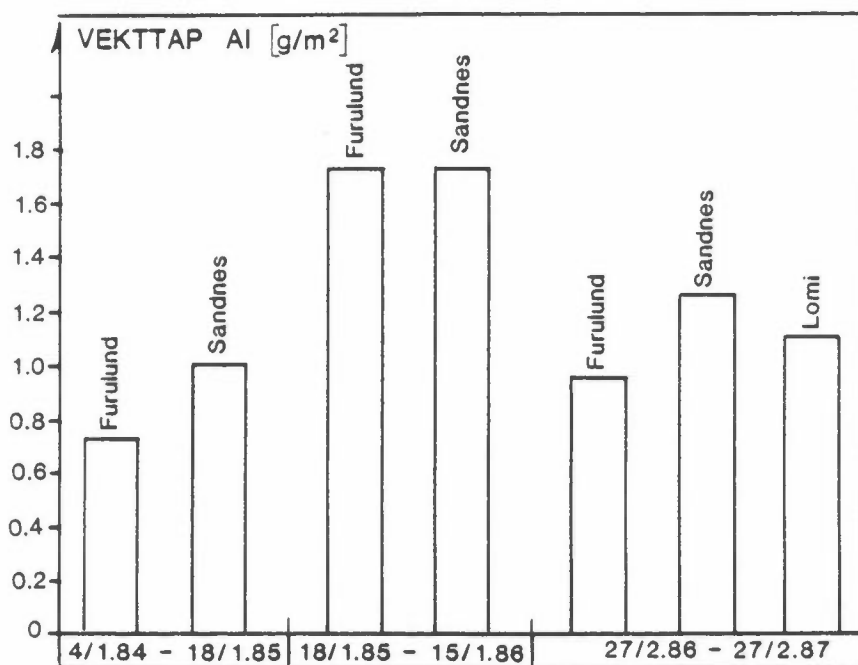
3.2 SINK (Zn), ALUMINIUM (Al) OG KOBBER (Cu)

Årskorrosjon av Zn i Sulitjelma ligger i intervallet 32 g/m²-60 g/m², se figur 10. Etter foreslått ISO-standard ligger dette nivået i korrosivitetsklasse C5 (tabell 11 i vedlegg). Estimert ut fra forurensningsnivå og våttid skulle en ifølge samme standard havne i korrosivitetsklasse C3 (tabell 10 i vedlegg). Korrosjonshastigheten av Zn i Sulitjelma ligger på samme nivå som på Borregaard. Sink viser derfor ikke samme tendens som stål. Forskjell i fuktforhold den første tiden av eksponeringsperioden er kjent å kunne påvirke langtidskorrosjonen av Zn (Haagenrud et al., 1984). Dette kan være medvirkende årsak til at sink ikke viser samme tendens som stål. En annen årsak kan være at korrosjonshastigheten av Zn fortsetter å øke med økende SO₂-nivå i sterkere grad enn stål.

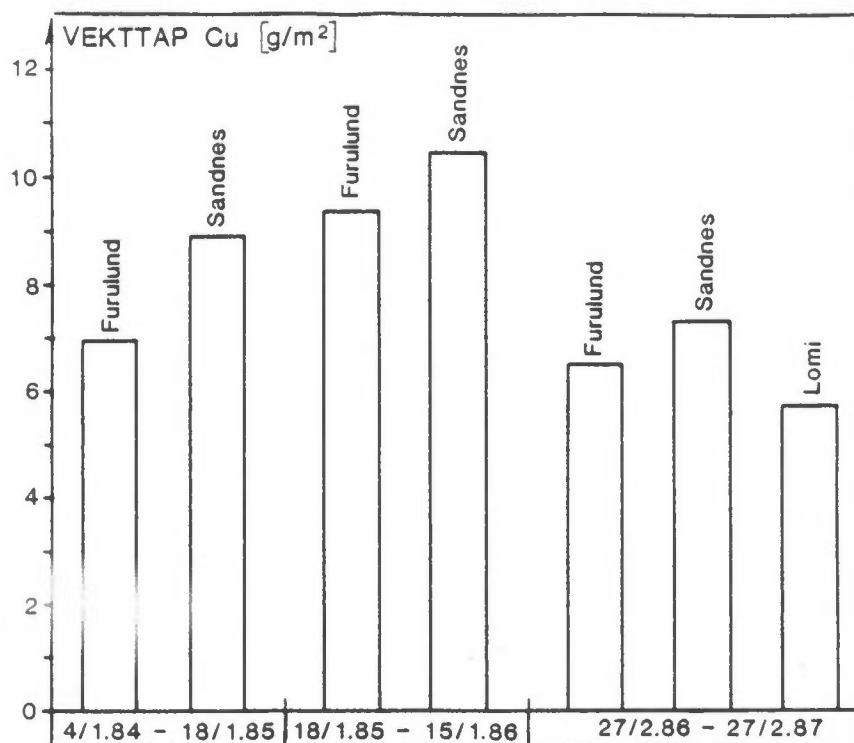
Aluminium og kobber ligger begge i korrosivitetsklasse C3. Estimert ut fra forurensningsnivå og våttid får en også i korrosivitetsklasse C3. Aluminium og kobber viser også samme tendens som stål i forholdet mellom Sulitjelma og Borregaard-Sarpsborg. Dataene for aluminium og kobber er vist i figur 11 og 12.



Figur 10: Vekttap på årsprøver - sink (g/m²) fra Furulund, Sandnes og Lomi.



Figur 11: Vekttap på årsprøver - aluminium (g/m²) fra Furulund, Sandnes og Lomi.



Figur 12: Vekttap på årsprøver - kobber (g/m^2) fra Furulund, Sandnes og Lomi.

3.3 DOSE/EFFEKT-RELASJONER FOR KORROSJON AV STÅL

For å finne kvantitativ samvariasjon mellom SO_2 og korrosjonshastigheten har det vært foretatt korrelasjonsanalyse på et utvalg av dataene. Analysen er basert på data på månedsbasis. Med i analysen er data fra og med mars 1986 til og med desember 1986 for Sandnes og Furulund. I første rekke blir det sett på sammenhengen mellom SO_2 og korrosjon. Det må her presiseres at dette er beregninger basert på enkle korrelasjoner.

Som tidligere nevnt er TOW definert som antall timer hvor relativ fuktighet i luften (RH) er over 80% samtidig som temperaturen er over 0°C . TOW er da et uttrykk for den tiden materialet korroderer. Grensene for TOW er satt på grunnlag av erfaringsdata fra ulike land. Et moment som kan få innflytelse på grensene for TOW, er at

forurensninger på eksponerte flater kan føre til frysepunktdepresjon. Dette medfører at korrosjonen kan fortsette ved lufttemperaturer lavere enn 0°C .

De meget høye SO_2 -verdiene ble oftest målt på den tiden av året hvor temperaturen var under 0°C og hvor materialene normalt ikke korroderer. For å ta hensyn til at SO_2 -nivået ikke spiller noen vesentlig rolle når elektrolytten er frosset, er det forsøkt å beregne en "effektiv SO_2 -belastning". En tar da bort SO_2 -verdier som oppstår ved temperaturer under for eksempel 0°C . Dette gjøres ved å multiplisere den målte døgnkonsentrasjonen av SO_2 med brøken $t/24$, der t er timer over aktuell temperatur. En får da en lavere SO_2 -belastning pr. døgn. Månedsbelastningen av SO_2 regnes som middel av døgnbelastningene. For også å ta hensyn til at forurensningene på overflaten kan gi frysepunktdepresjoner, er det i beregningene foruten 0°C tatt med -2°C , -4°C og -6°C . Resultatene fra korrelasjonsanalysene er vist i tabell 2 og tabell 3.

De ukorrigerte korrelasjonsligningene gir for henholdsvis Furulund og Sandnes korrelasjonskoeffisienter på 0,89 og 0,84. Den beste korrelasjonen får en ved å ta bort SO_2 -verdier som forekommer ved temperaturer lavere enn -2°C . En har her $R=0,97$ for ligningene på både Furulund og Sandnes.

Tabell 2: Beste lineære regresjonsligninger med korrelasjonskoeffisient mellom korrosjon og SO_2 -belastning på Furulund-Sulitjelma, henholdsvis ukorrigert, korrigert for SO_2 -verdier under 0°C , -2°C , -4°C og -6°C .

Korr = $0.189 \cdot \text{SO}_2 + 9.87$	R = 0.89
Korr = $0.272 \cdot \text{SO}_2(0) + 22.7$	R = 0.90
Korr = $0.264 \cdot \text{SO}_2(-2) + 14.9$	R = 0.97
Korr = $0.244 \cdot \text{SO}_2(-4) + 14.6$	R = 0.96
Korr = $0.226 \cdot \text{SO}_2(-6) + 15.6$	R = 0.95

Tabell 3: Beste lineære regresjonsligninger med korrelasjonskoeffisient mellom korrosjon og SO₂-belastning på Sandnes- Sultjelma, henholdsvis ukorrigert, korrigerert for SO₂-verdier under 0°C, -2°C, -4°C og -6°C.

Korr = 0.184 · SO ₂ + 9.87	R = 0.84
Korr = 0.274 · SO ₂ ² (0) + 19.2	R = 0.93
Korr = 0.265 · SO ₂ ² (-2) + 12.1	R = 0.97
Korr = 0.244 · SO ₂ ² (-4) + 12.0	R = 0.96
Korr = 0.226 · SO ₂ ² (-6) + 13.3	R = 0.94

4 KONKLUSJON

SO₂-nivået i Sulitjelma har inntil 03.02.1987 i perioder ligget på et meget høyt nivå. Årsgjennomsnittet har ligget på 400-500 µg/m³. Månedsmiddele SO₂-verdier har variert mellom 2 µg/m³ og ca 1400 µg/m³. Likevel får en ikke så høy korrosjonshastighet som en kunne forvente ut fra det høye SO₂-nivået, hverken på årsbasis eller månedsbasis. Årskorrosjon for stål ligger mellom ca 400 g/m² og ca 600 g/m², og månedskorrosjon på stål varierer fra 9 g/m² til 181 g/m². Det er flere grunner til at korrosjonsnivået ikke er høyere. I sommermånedene hvor temperatur og fuktighet ligger til rette for korrosjon, er SO₂-nivået nede på bakgrunnsnivå (2-6 µg/m³). Årsgjennomsnittet for SO₂ blir dratt oppover av meget høye enkelt-verdier. Disse måles gjerne i perioder med lav temperatur. Det høye SO₂-nivået får dermed liten effekt på korrosjonshastigheten i disse periodene. Det må imidlertid presiseres at det generelle korrosjonsnivået likevel er høyt i Sulitjelma sammenlignet med for eksempel Oslo. Stål korroderer ca en faktor 2 raskere i Sulitjelma enn i Oslo for årsprøver.

Ved korrelasjonsanalyse av månedskorrosjon av stål ble den beste regresjonsligningen

$$\text{Korr} = 0.265 \text{ SO}_2(-2) + 12.1 \quad R = 0.97$$

SO₂-belastninger var beregnet som en "effektiv SO₂-belastning" ved at en korrigerer de døgnlige SO₂-konsentrasjonene ved å se bort fra de deler av døgnet da temperaturen var under -2°C.

REFERANSER

Haagenrud, S., Henriksen, J.F. og Gram, F. (1984) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Sarpsborg og Fredrikstad 1981-1983. Lillestrøm (NILU OR 28/84).

Tabell 1: Nedbørmengde, ledningsevne (k), pH, svovel (S), klor (Cl) og magnesium (Mg).

Tidsrom	Nedbørmengde (ml)	k ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	S ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Cl (mg/ml)	Mg ($\mu\text{g}/\text{ml}$)
03.85	2280	45	4.66	4.1	3.7	0.34
04.85	1800	72	4.49	8.4	2.0	0.30
05.85	2200	95	4.22	1.9	1.7	0.41
06.85	1340	70	5.45	9.0	1.9	0.29
07.85	4080	29	4.70	1.2	0.5	0.11
08.85	3440	62	4.05	5.8	1.3	0.26
09.85	9900	84	3.76	5.8	1.8	0.23
10.85	9700	122	4.00	4.1	23.3	1.70
11.85	3540	95	4.01	7.9	4.6	0.52
12.85	740	98	4.12	10.9	1.1	0.40
01.86	-	-	-	-	-	-
02.86	3080	88	4.53	7.1	10.0	0.78
03.86	1440	97	4.53	10.7	2.9	0.47
04.86	2100	92	4.53	11.7	1.6	0.30
05.86	3810	25	4.71	2.1	1.2	1.15
06.86	4740	10	5.09	1.1	1.5	0.13
07.86	3620	33	4.00	1.9	1.4	0.19
08.86	1040	103	3.84	7.5	3.6	0.42
09.86	5680	62	4.10	5.5	0.9	0.17
10.86	660	884	2.70	67.5	6.3	0.92
11.86	650	317	3.38	35.5	5.7	0.92
12.86	-	-	-	-	-	-

Tabell 2: Våttid (TOW), relativ fuktighet (RH) og temperatur (temp.) målt ved brannstasjonen 1986.

Tidsrom	TOW (timer)	RH (%)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)
02.86	5	85	-1.1
03.86	80	72	-0.4
04.86	86	68	0.3
05.86	294	72	8.6
06.86	375	75	12.5
07.86	352	75	13.9
08.86	225	68	12.2
09.86	337	76	6.9
10.86	287	77	4.6
11.86	71	79	-0.7
12.86	1	75	-10.2

Tabell 3: Månedskorrosjon (g/m^2) på stål ved stasjonene Sandnes, Furulund og Lomi. Gjennomsnitt av to prøver.

Måned	1984		1985		1986		
	Sandnes	Furulund	Sandnes	Furulund	Sandnes	Furulund	Lomi
Januar	-	-	32	32	-	-	-
Februar	-	-	19	20	-	-	-
Mars	-	-	48	44	45	59	48
April	86	81	54	56	103	98	85
Mai	74	76	87	77	10	10	9
Juni	60	67	56	53	9	9	9
Juli	-	-	9	9	11	11	11
August	80	81	71	67	12	14	12
September	114	108	181	159	136	135	115
Oktober	100	101	141	147	140	124	123
November	87	84	74	75	78	101	77
Desember	53	49	31	27	28	29	26

Tabell 4: Vekttap (g/m^2) på årsprøver stål (Fe), sink (Zn), aluminium (Al) og kobber (Cu).

Materiale	Stasjon	4.1.84-18.1.85	18.1.85-15.1.86	27.2.86-27.2.87
Fe	Furulund	493	431	512
	Sandnes	592	449	549
	Lomi			488
Zn	Furulund	60	50	43
	Sandnes	61	46	50
	Lomi			32
Al	Furulund	0.73	1.73	0.97
	Sandnes	1.03	1.73	1.27
	Lomi			1.10
Cu	Furulund	6.8	9.4	6.5
	Sandnes	9.0	10.4	7.3
	Lomi			5.8

Tabell 5: Månedsmidlede SO₂-verdier (µg/m³) på Sandnes, Furulund og Lomi.

Måned	1984		1985		1986		
	Sandnes	Furulund	Sandnes	Furulund	Sandnes	Furulund	Lomi
Januar	675	470	789	868	1126	574	-
Februar	470	385	794	712	1173	1377	-
Mars	1074	942	364	323	246	214	245
April	378	359	395	406	437	448	344
Mai	227	192	119	199	5	7	2
Juni	53	45	-	115	6	4	2
Juli	3	2	4	3	6	6	2
August	168	-	139	106	44	64	46
September	378	326	444	392	499	502	275
Oktober	267	223	329	261	484	403	347
November	962	747	442	439	633	666	451
Desember	539	432	1428	1109	422	293	257

Tabell 6: Klassifisering av SO₂ (ISO/TC 156/WG4).

Deposition Rate of SO ₂ mg·m ⁻² d ⁻¹	Concentration of SO ₂ µg·m ⁻³	Category
<10	<12	P ₀
> 10- 35	> 12- 40	P ₁
> 35- 80	> 40- 90	P ₂
> 80-200	> 90-250	P ₃

Tabell 7: Klassifisering av våttid (ISO/TC 156/W4).

Category	Time of Wetness		Example of occurrence
	Hours/Year	% of Year	
τ_1	<10	<0.1	Internal air with climatic control.
τ_2	> 10-	>0.1-3	Internal air without climatic control except for internal non-air conditioned spaces in damp zones.
τ_3	> 250-2500	> 3-30	Outdoor atmospheres in dry, cold and part of temperate zones, and properly ventilated sheds in temperate zones.
τ_4	>2500-5500	> 30-60	Outdoor atmospheres in all zones except for the dry and the cold zones.
τ_5	>5500	> 60	Part of damp zones, unventilated sheds in humid conditions.

Tabell 8: Klassifisering av klorid (ISO/TC156/WG4).

Deposition rate of chloride $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$	Category
< 3	S
> 3- 60	S ⁰
>60-300	S ¹
>300	S ² S ₃

Tabell 9: Atmosfæriske korrosjonskategorier (ISO/TC156/WG4).

Category	Corrosivity
C1	very low
C2	low
C3	medium
C4	high
C5	very high

Tabell 10: Atmosfæriske korrosjonskategorier som funksjon av våttidsklasser (τ), SO_2 (P) og klorid (S). (ISO/TC 156/W64).

	τ_1			τ_2			τ_3			τ_4			τ_5		
	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3
Unalloyed carbon steels															
P_0-P_1	1	1	1-2	1	2	3-4	2-3	3-4	4	3	4	5	4	5	5
P_2	1	1	1-2	1-2	3-4	3-4	3-4	3-4	4-5	4	4	5	5	5	5
P_3	1-2	1-2	2	2	3	4	4	4-5	5	5	5	5	5	5	5
Zinc and copper															
P_0-P_1	1	1	1	1	1-2	3	3	3	3-4	3	4	5	4	5	5
P_2	1	1	1-2	1-2	2	3	3	3-4	4	3-4	4	5	5	5	5
P_3	1	1-2	2	2	3	3-4	3	3-4	4	4-5	5	5	5	5	5
Aluminium															
P_0-P_1	1	2	2	1	2-3	4	3	3-4	4	3	3-4	5	4-5	5	5
P_2	1	2	2-3	1-2	3-4	4	3	4	4-5	3-4	4	5	4-5	5	5
P_3	1	2-3	3	2-4	4	4	3-4	4-5	5	4-5	5	5	5	5	5

Note: Corrosivity is expressed by the numbers in the corrosivity category code.

Tabell 11: Første års korrosjonshastigheter for de ulike korrosjonskategorier (ISO/TC156/WG4).

Corrosivity category	Corrosion rates of metals				
		Steel	Zinc	Copper	Aluminium /2/
C1	$\text{g/m}^2/\text{y}$ $\mu\text{m/y}$	<10 <1.3	<0.7 <0.1	<0.9 <0.1	negligible
C2	$\text{g/m}^2/\text{y}$ $\mu\text{m/y}$	>10-200 >1.3-25	>0.7-5 >0.1-0.7	>0.9-5 >0.1-0.6	<0.6
C3	$\text{g/m}^2/\text{y}$ $\mu\text{m/y}$	>200-400 >25-51	>5-15 >0.7-0.2	>5-12 >0.6-1.3	0.6-2
C4	$\text{g/m}^2/\text{y}$ $\mu\text{m/y}$	>400-650 >51-83	>15-30 >2.0-4.2	>12-25 >1.3-2.8	2-5
C5	$\text{g/m}^2/\text{y}$ $\mu\text{m/y}$	>650 >83	>30 >4.2	>25 >2.8	>5

Tabell 12: Månedsbetlastninger for SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) på Furulund, henholdsvis uten begrensninger og ved å se bort fra SO_2 -verdier som forekommer ved temperaturer under 0°C , -2°C , -4°C og -6°C .

Periode	SO_2 uten begrens.	SO_2 (0)	SO_2 (-2)	SO_2 (-4)	SO_2 (-6)
03.86	214	145.4	181.3	198.0	201.6
04.86	448	181.3	206.1	231.7	250.1
05.86	7	6.6	6.6	6.6	6.6
06.86	4	3.8	3.8	3.8	3.8
07.86	6	5.9	5.9	5.9	5.9
08.86	64	31.8	31.8	31.8	31.8
09.86	502	468.6	497.0	502.0	502.0
10.86	403	393.3	402.6	402.7	402.7
11.86	666	107.7	339.0	440.1	515.2
12.86	293	1.1	6.6	6.6	7.1

Tabell 13: Månedsbeklastninger for SO₂ (µg/m³) på Sandnes, henholdsvis uten begrensninger og ved å se bort fra SO₂-verdier som forekommer ved temperaturer under 0⁰ C, -2⁰ C, -4⁰ C og -6⁰ C.

Periode	SO ₂ uten begrens.	SO ₂ (0)	SO ₂ (-2)	SO ₂ (-4)	SO ₂ (-6)
03.86	246	155.7	190.4	203.5	206.0
04.86	437	219.2	242.6	265.8	283.7
05.86	5	4.7	4.7	4.7	4.7
06.86	6	6.2	6.2	6.2	6.2
07.86	6	5.9	5.9	5.9	5.9
08.86	44	43.6	43.6	43.6	43.6
09.86	499	463.6	493.8	498.6	498.6
10.86	484	463.5	475.0	475.2	475.2
11.86	633	107.2	323.4	436.7	519.1
12.86	422	0.5	3.5	3.5	4.1

