

Tungmetallutslipp til luft fra aluminiumsindustrien i Norge

Dag Tønnesen og Ivar Haugsbakk

Tungmetallutslipp til luft fra aluminiumsindustrien i Norge

Dag Tønnesen og Ivar Haugsbakk

Forord

Arbeidsgruppen av miljøledere i aluminiumsindustrier i Norge og sentrale ledere i Hydro på miljøsidan har bedt NILU-Norsk institutt for luftforskning om å foreta et litteratursøk på metallutslipp fra aluminiumsindustrier i Norge. Litteratursøket gjelder rapporter, målinger og spredningsberegninger utført av NILU.

Innhold

	Side
Forord.....	1
Sammendrag	5
1 Resumé av rapporter fra NILU 1971-2009	7
2 Sammenheng mellom komponentene	9
3 Forhold mellom grenseverdier	11
4 Konklusjon.....	12
5 Referanser	12
Vedlegg A Sammendrag og konklusjon fra rapporter	15

Sammendrag

Betegnelsen tungmetaller brukes om metalliske grunnstoffer med en tetthet større enn 5 g/cm³, altså 5 ganger tyngre enn vann. En rekke grunnstoffer tilhører denne gruppen, men i miljøsammenheng er følgende metaller aktuelle: Arsen (As), bly (Pb), Kadmium (Cd), kobolt (Co), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), Nikkel (Ni), tinn (Sn), vanadium (V) og sink (Zn).

Mange av NILUs rapporter gjengir spredningsberegninger og sporstoffundersøkelser for de ulike aluminiumsverk i Norge. Der er i mindre grad utført rene måleprosjekter. De aller fleste rapportene har fokus på støv, SO₂, PAH og særlig fluorid. Kun to målerapporter fra Sunndalsøra i 2002 og 2006 omhandler tungmetaller.

Trenden er at aluminiumsproduksjonen har økt, mens utslippene har avtatt. Produksjonen ved for eksempel aluminiumsverket i Årdal ble fra 1949 til 1979 nærmest tyvedoblet, mens utslippene av fluorid ble halvert.

En sammenligning mellom målinger og beregninger viser at beregninger viser for lave verdier. Eksempelvis har målinger og beregninger i Tyssedal vist at maksimale døgnmiddelkonsentrasjonen av fluor, SO₂ og støv var om lag fem ganger større enn beregnede middelkonsentrasjoner. Dette kommer sannsynligvis av diffuse utslipp over tak, som vanskelig lar seg beregne. Dette viser nødvendigheten av å gjennomføre måleprogram for aktuelle komponenter for med sikkerhet å vise reelle forurensningsnivå ved aktuelle aluminiumsverk i Norge. Det er målt store variasjoner i konsentrasjonsnivå avhengig av årstid. Dette viser også nødvendigheten av å måle over et helt kalenderår for å registrere variasjoner avhengig av produksjonsnivå og meteorologiske forhold.

Målingene ved Sunndalsøra har vist at det er svært god samvariasjon mellom fluorid og PAH og også andre metaller, Kobolt (Co), Aluminium (Al) og Nikkel (Ni). Tungmetallene bly (Pb) og Vanadium (V) er delvis korrelert med Fluorider, mens kopper (Cu) og krom (Cr) ikke er korrelert med de øvrige komponentene. Målinger ved Sunndal verk i 2002 og 2006 viser at grenseverdier for tungmetaller i luft er overholdt der.

Beregninger for Mosjøen i forbindelse med ombygging av verket (2007) indikerer at grenseverdien for Arsen kan være overskredet inne på verksområdet.

For verkene Årdal, Høyanger og Karmøy er tilgjengelig informasjon for gammel til å trekke konklusjoner.

For verket på Husnes har NILU ingen relevant informasjon utover at produksjonene i 2004 var noe lavere enn ved Mosjøen.

For verket på Lista foreligger kun en måleperiode av PAH fra 2002.

Oppgavene fra verkene over tungmetallinnhold i produksjonsmateriale viser så stor variasjon at det er nødvendig å gjennomføre flere målinger og/eller

beregninger for å kunne konkludere om grenseverdier / vurderingsterskler for tungmetaller (spesielt Arsen og Kadmium) overholdes rundt verkene. Eventuell tilleggsinformasjon utover den NILU besitter bør trekkes inn for å vurdere hvor det er størst behov for gjennomføring av målinger og beregninger.

Tungmetallutslipp til luft fra aluminiumsindustrien i Norge

1 Resumé av rapporter fra NILU 1971-2009

Tabell 1 viser oppdragsrapporter eller tekniske notater utarbeidet ved NILU med relevans for denne rapporten.

Tabell 1: Liste over NILU-rapporter som omhandler luftforurensning ved norske aluminiumsverk.

Årstall	Lokalitet	Beskrivelse
TN 4/1971	Alle lokaliteter	Angir fluorutslipp pr. time for dagens produksjon, og for fremtidig kapasitet.
OR 18/1971	Alle lokaliteter	En oppsummering av produksjonstall for aluminium og utslipp av fluor.
OR 26/1978	Høyanger	Spredningsberegninger med sporstoffgass.
TN 9/1978	Høyanger	Spredningsberegninger med sporstoffgass.
OR 4/1979	Høyanger	Vurdering av luftforurensningen i Høyanger etter bygging av nytt aluminiumsverk. Konsentrasjoner av fluor blir mindre i hele området, men noen få unntak.
OR 41/1980	Høyanger	Vurdering av forurensningsbelastninger ved normale utslipp, og ved episoder med driftsproblemer i 1979.
OR 1/1983	Sunndalsøra	Måling av luftforurensninger i et boligområde på Sunndalsøra. Fluoridkonsentrasjonene var noe lavere enn måleresultater rapportert fra omgivelser omkring andre aluminiumsverk i Norge, og overskred ikke foreslåtte grenseverdier.
OR 56/1983	Årdal	Mens aluminiumsproduksjonen har økt fra 10 000 tonn i 1949 til 180 000 tonn i 1979, har utslippene av fluor gått ned fra 50-60 kg F til 30-35 kg F.
OR 67/1983	Høyanger	Utslipet i Høyanger synes å være lavere enn omkring andre aluminiumsverk. Det var korrelasjon mellom konsentrasjonene av partikulært fluorid og PAH i luften.
OR 68/1983	Mosjøen	Nivåene av fluorid tilsvarer de laveste gjennomsnittskonsentrasjoner som er målt omkring andre norske aluminiumsverk. God korrelasjon mellom fluorid og PAH.
OR 69/1983	Årdal	På grunnlag av måleresultatene fra partikulært fluorid ser det ut til at konsentrasjonene er høye, særlig i vintermånedene. Det er sammenheng mellom konsentrasjonene av fluorider og PAH i luften i Øvre Årdal.
OR 70/1983	Årdal	Resultatene fra målingene av partikulært fluorid tyder på at konsentrasjonen på Årdalstangen tilsvarer de man har målt på andre norske aluminiumsverk. Det var korrelasjon mellom partikulært fluorid og PAH i luften på Årdalstangen.
OR 71/1984	Høyanger, Mosjøen og Årdal	Luftforurensningen på de enkelte steder skriver seg hovedsakelig fra utslippene fra aluminiumsindustrien. I Mosjøen var konsentrasjonene høyest om sommeren, og i Høyanger og Årdal om vinteren. Dette kommer av meteorologiske forhold. I Mosjøen og Høyanger var

		fluoridkonsentrasjonene lavere enn i Årdal.
OR 39/1984	Sunnalsøra	Måleresultatene var stort sett innenfor et jevnt, lavt nivå. Årstidsnivåene av F varierte innenfor området 1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
OR 24/1985	Karmøy	Målinger på tre stasjoner, hvorav to hadde nivåer som i Høyanger og Mosjøen, og en hadde lavere nivå enn dette. Resultatene tyder på at grenseverdier som er foreslått for å unngå skader hos dyr ble overskredet ved alle målestasjonene.
OR 28/1985	Sunnalsøra	Samtlige månedsmiddelverdier for fluorid var høyere enn 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, og området klassifiseres derfor som mye forurenset.
OR 62/1988	Mosjøen	Spredningsberegninger for å se på forurensningskonsentrasjonen etter modernisering av fabrikk i 1989. Resultatene tyder på at grenseverdien for F, som er foreslått for å beskytte menneskers helse, overskrides i boligområdene rundt verket. Forurensningsnivåene av både SO_2 og F i de aller nærmeste omgivelsene er høye nok til at de kan forårsake planteskader.
OR 77/1988	Sunnalsøra	En database over analyseresultater av fluorid i beitegress viser at andel fluorid varierte fra 10-100 mg/kg tørrstoff. Hyppighet av konsentrasjon over anbefalte grenser indikerer risiko ved å la dyr beite i området.
OR 33/1991	Årdal	Spredningsberegninger gir døgnmiddelverdier av totalt fluorid på ca 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ inntil 1 km fra verket. På lesiden, nær verket, kan døgnmiddelverdier lik grenseverdien på 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ forekomme. Det er beregnet halvårsmiddelverdier på 3-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ over øvre Årdal.
OR 46/1991	Sunnalsøra	Spredningsberegninger gir døgnmiddelverdier av totalt fluorid på ca 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ inntil 0,8 km fra verket. På lesiden, nær verket, kan døgnmiddelverdier opp mot grenseverdier på 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ forekomme. Det er beregnet halvårs middelverdier pr. 2-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ over Sunnalsøra.
OR 36/2000	Mosjøen	Spredningsberegninger for å vurdere ombygging og utvidelse av anlegget vil føre til høyere utslipp og konsentrasjoner av gassformig fluor, der overskridelser av grenseverdier kan forekomme. Problemet er ikke punktkildene, men utslipp av hallgass fra elektrolysehallene.
OR 63/2003	Sunnal	Måleresultater viste høy korrelasjon mellom måleparametre i fluorid, gassformig fluorid, SO_2 , Ni, Co, Al, PAH og BaP. Målingene viste at aluminiumsverket var hovedkilden til en rekke av de parametrene som er kartlagt i måleprogrammet. I Sunnalsøra var nivået av lokal fluorid (som gass- og partikkelfase) noe under WHO's anbefaling.
OR 88/2003	Sunnal	Beregninger for utslipp etter modernisering viser at halvårsmiddelkonsentrasjonen av lokal fluorid overskrider 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ inntil 1 km fra bedriftsområdet, som er WHO's anbefalte grense for beskyttelse av vegetasjon. Sammenlignet med beregningene fra 1991 viser dette at både halvårsmiddelkonsentrasjon og maksimal døgnmiddelkonsentrasjon er halvert.
OR 12/2005	Mosjøen	Målinger viste maksimal døgnmiddelkonsentrasjon på 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, som er noe lavere enn Klifs anbefalte luftkvalitetskriterium på 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Klifs anbefalte luftkvalitetskriterium for dyr og vegetasjon gjelder fluorid i gassfase. Selv om de anbefalte verdiene er lave, tyder

		målingene på at kriteriene overholdes med relativt god margin. Målinger viser gjerne høyere verdier enn beregnet. Dette kommer sannsynligvis av diffuse utslipp over tak, som vanskelig lar seg beregne.
OR 89/2006	Sunndal	Målinger av gassformig fluorid på to stasjoner i 2002 og 2006 viste at fluorid i gassfase var uforandret på den ene stasjonen og hadde en liten økning på den andre stasjonen. Fluorid i partikkelfase ble i samme tidsrom redusert med 50%. Nivået av totalt fluorid var klart under WHO's anbefaling. For en del av tungmetallene har konsentrasjonen gått ned med 40-60%.
OR 24/2007	Mosjøen	Spredningsberegninger i forbindelse med planer om bygging av ny elektrolysehall, samt utvidelse av to haller. Beregningene viser at luftkvalitetskriteriet for fluorid på vegetasjon blir overskredet i et område på ca 4 km rundt aluminiumsverket.

Tabell 2 viser en oppsummering av undersøkelser ved de 7 verkene som er i drift i dag, fordelt på målinger og beregninger.

Tabell 2: Antall undersøkelser ved aluminiumsverkene fordelt på målinger og beregninger.

Verk	Målinger	Beregninger
Sunndal	8	5
Årdal	3	4
Husnes	0	1
Høyanger	1	4
Karmøy	1	1
Mosjøen	3	5
Lista	1	1

2 Sammenheng mellom komponentene

Måleprogrammet ved Sunndal verk i 2002 omfattet fluorider, svoveldioksid, polyaromatiske hydrokarboner (PAH) og 10 tungmetaller (inkludert aluminium). Det var svært god korrelasjon mellom tre av de målte metallene (aluminium, nikkel og kobolt), fluorider og SO₂, vanadium og bly var delvis korrelert med fluorider, mens kopper og krom ikke var korrelert med noen andre komponenter.

Tungmetaller i aluminiumsproduksjon vil forekomme både i råstoff og anodemateriale. Innholdet er sterkt varierende. Tabell 3 viser et sammendrag av innhold av tungmetaller (2007) i henhold til presentasjon gitt i bransjemøtet mellom aluminiumsverkene og Klif (Klima og forurensningsdirektoratet) 16. mars 2009.

Tabell 3: Innhold av tungmetaller i alumina og "pitch, coke and anode"(PCA) for leveranser til aluminiumsindustrien i 2007 i µg/g. Innholdet er gitt ved største og minste oppgitte verdi.

Komponent	Alumina lavest	Alumina høyest	PCA lavest	PCA høyest
Arsen (As)	<0.01	1	1.6	4.9
Bly (Pb)	0.04	7	10*	20*
Kadmium (Cd)	<0.03	16	< 0.05	<0.05
Kobolt (Co)	<0.03	2	< 1	<1
Kopper (Cu)	<0.03	10	2	9
Krom (Cr)	0.2	13	10	20
Nikkel (Ni)	0.7	8	100	700
Vanadium (V)	1	8	300	2000
Sink (Zn)	0.4	7	10	100

*: for anodemasse, verdier i pitch og coke er mye lavere

I Tabell 4 er måleresultater for aluminium, de ni tungmetallene i Tabell 3 og total fluorid vist for de to målestasjonene i Sunndal i 2002.

Tabell 4: Middelkonsentrasjoner på to målestasjoner i Sunndal i 2002 (enhet ng/m³). Komponenter med høy korrelasjon er vist med fet font, ukorrelerte komponenter er i kursiv.

Komponent	Nær verket	6 km fra verket
Fluorid	920	300
Aluminium (Al)	797	330
Arsen (As)	1.42	0.59
Bly (Pb)	2.65	1.50
Kadmium (Cd)	0.18	0.09
Kobolt (Co)	0.14	0.06
<i>Kopper (Cu)</i>	1.84	1.74
<i>Krom (Cr)</i>	0.82	0.36
Nikkel (Ni)	3.48	0.73
Vanadium (V)	2.10	1.60
Sink (Zn)	10.6	5.91

Den helt dominerende kilden til gassformig og partikulær fluorid i Sunndal er utslipp fra aluminiumsverket. Fluorid kan derfor brukes som sporgass for å anslå utslipp av tungmetaller relativt til utslippet av fluorid. Forskjell i dette forholdet for de to målestasjonene gjenspeiler tildels forskjellen i belastning fra høye og lave utslippskilder ved verket, i tillegg til ulik belastning fra andre kilder for de ulike tungmetallene. For målestasjonen nær verket er utslipp over tak og andre lave utslippspunkter dominerende, mens utslipp gjennom skorsteiner har større betydning i målepunktet 6 km fra verket.

Forholdstallene mellom tungmetall og fluorid kan anvendes på målinger av fluorid ved andre verk for å anslå konsentrasjon av tungmetaller der ut fra målt konsentrasjon av total fluorid. En slik overføring av forholdet forutsetter imidlertid at teknologi, fordeling mellom høye og lave kilder og spredningsforhold ikke avviker vesentlig fra forholdene i Sunndal under

måleperioden i 2002, og vil ha økende usikkerhet jo større forskjellen er. De beregnede forholdstallene er vist i Tabell 5.

Tabell 5: Utslippsestimat for tungmetaller gitt som relativ verdi (i %) i forhold til utslipp av fluorid.

Komponent	Lave kilder	Høye kilder
Aluminium (Al)	866	1100
Arsen (As)	1.54	2
Bly (Pb)	2.9	5
Kadmium (Cd)	0.2	0.3
Kobolt (Co)	0.15	0.2
Kopper (Cu)	2	5.8
Krom (Cr)	0.9	1.2
Nikkel (Ni)	3.4	2.4
Vanadium (V)	2.3	5.3
Sink (Zn)	11.5	19.7

En sammenligning mellom verdiene i Tabell 3 og Tabell 5 viser at for arsen, bly, kobolt, kopper og sink er utslippsestimatene av metaller relativt til fluor av samme størrelse som innholdet i ”pitch, coke, anode”. For kadmium er estimatet høyere, for krom, nikkel og vanadium er det lavere.

Det må også legges til at etter ombyggingen ved Sunndal indikerer etterfølgende målinger i 2006 at forholdet mellom komponentene er endret. En ombygging eller driftsomlegging som reduserer eller endrer fordeling av utslipp av en komponent (for eksempel fluorid) vil nødvendigvis ikke virke på samme måte på andre utslippskomponenter (tungmetaller).

3 Forhold mellom grenseverdier

Det eksisterer grenseverdier for luftkvalitet for fluorider og for bly, arsen, kadmium og nikkel. For noen av verkene er det foretatt spredningsberegninger av fluorid med sammenligning av beregnet konsentrasjon og anbefalt luftkvalitetskriterium for fluorid. Det er en anbefaling for helse og en anbefaling for vegetasjon. Grenseverdiene og luftkvalitetskriteriene er vist i Tabell 6.

Tabell 6: Grenseverdier for tungmetaller og anbefalt luftkvalitetskriterium for helsevirkning og virkning på vegetasjon for (gassformig) fluorid.

Komponent (område)	Grenseverdi / vurderingsterskel / kriterium
Bly	500 ng/m ³
Arsen	6 ng/m ³
Kadmium	5 ng/m ³
Nikkel	20 nm/m ³
Fluorid (helse)	25 µg/m ³
Fluorid (vegetasjon)	1 µg/m ³

Ser man på forholdet mellom grenseverdiene av tungmetaller og fluorid og sammenligner med de relative utslippsverdiene av tungmetaller i forhold til fluorid, vil grenseverdien for bly være overholdt rundt verk der anbefalt

luftkvalitetskriterium for helsevirkning er overholdt. For komponentene arsen, kadmium og nikkel vil det være mulige overskridelser av grenseverdiene dersom ikke anbefalt luftkvalitetskriterium for virkning av fluorid på vegetasjon er overholdt.

4 Konklusjon

Det er få målinger av tungmetaller rundt norske aluminiumverk. Målinger ved Sunndal verk i 2002 og 2006 viser at grenseverdier for tungmetaller i luft er overholdt der. Beregninger for Mosjøen i forbindelse med ombygging av verket (2007) indikerer at grenseverdien for Arsen kan være overskredet inne på verksområdet. For verkene Årdal, Høyanger og Karmøy er tilgjengelig informasjon for gammel til å trekke konklusjoner. For verket på Husnes har NILU ingen relevant informasjon utover at produksjonene i 2004 var noe lavere enn ved Mosjøen.

Oppgavene fra verkene over tungmetallinnhold i produksjonsmateriale viser så stor variasjon at det er nødvendig å gjennomføre flere målinger og/eller beregninger for å kunne konkludere om grenseverdier / vurderingsterskler for tungmetaller (spesielt Arsen og Kadmium) overholdes rundt verkene. Eventuell tilleggsinformasjon utover den NILU besitter bør trekkes inn for å vurdere hvor det er størst behov for gjennomføring av målinger og beregninger.

5 Referanser

- Austrheim, K. (1971) Framstilling av aluminium og utslipp av fluor fra norsk aluminiumindustri. Kjeller (NILU OR 18/71).
- Bøhler, T. (1991) Spredningsberegninger for utslipp til luft fra aluminiumverket i Øvre Årdal. Lillestrøm (NILU OR 33/91).
- Bøhler, T. og Larsen, M. (1991) Spredningsberegninger for utslipp til luft fra aluminiumverk på Sunndalsøra. Lillestrøm (NILU OR 46/91).
- Clench-Aas, J. (1983) Air pollution and its biological effects in Årdal, Norway, Part I. Lillestrøm (NILU OR 56/83).
- Gjerstad, K.I. (2003) Luftkvalitet ved Hydro Aluminium Sunndal etter Su4-utbygging. Kjeller (NILU OR 88/2003).
- Grønскеi, K.E. og Gram, F. (2000) Spredningsberegninger for utslipp til luft fra Elkem Aluminium Mosjøen. Kjeller (NILU OR 36/2000).
- Grønскеi, K.E. og Joranger, E. (1980) Aluminiumverket i Høyanger. Vurdering av forurensningsepisoder i Høyanger i 1979, og alternative utslippspunkter for vasket gass. Lillestrøm (NILU OR 41/80).
- Grønскеi, K.E., Lamb, B. og Sivertsen, B. (1979) Vurdering av luftforurensningen i Høyanger etter bygging av nytt aluminiumverk. Lillestrøm (NILU OR 4/79).

- Hagen, L.O. (2003) Målinger av luftkvalitet ved Hydro Aluminium Sunndal i 2002. Kjeller (NILU OR 63/2003).
- Hagen, L.O. (2005) Målinger av luftkvalitet ved Elkem Aluminium Mosjøen i 2004. Kjeller (NILU OR 12/2005).
- Hagen, L.O. (2006) Målinger av luftkvalitet i Sunndal i 2006. Kjeller (NILU OR 89/2006).
- Lamb, B. og Skogvold, O.F. (1978) A tracer investigation of the wake downwind of an aluminium smelter hall. Lillestrøm (NILU OR 26/78).
- Thrane, K.E (1983a) Luftkvalitet i et boligområde på Sunndalsøra. Lillestrøm (NILU OR 1/83).
- Thrane, K.E. (1983b) Polysykliske aromatiske hydrokarboner i uteluft i boligområder nær aluminiumsverk. I. Luftkvalitet i Høyanger. Lillestrøm (NILU OR 67/83).
- Thrane, K.E. (1983c) Polysykliske aromatiske hydrokarboner i uteluft i boligområder nær aluminiumsverk. II. Luftkvalitet i Mosjøen. Lillestrøm (NILU OR 68/83).
- Thrane, K.E. (1983d) Polysykliske aromatiske hydrokarboner i uteluft i boligområder nær aluminiumsverk. III. Luftkvalitet i Øvre Årdal. Lillestrøm (NILU OR 69/83).
- Thrane, K.E. (1983e) Polysykliske aromatiske hydrokarboner i uteluft i boligområder nær aluminiumsverk. IV. Luftkvalitet på Årdalstangen. Kjeller (NILU OR 70/83).
- Thrane, K.E. (1984a) Estimat av aluminiumverkets bidrag til luftforurensning på Sunndalsøra. Lillestrøm (NILU OR 58/84).
- Thrane, K.E (1984b) Luftkvalitetsmålinger av svoveldioksid og fluorid på Sunndalsøra. Statusrapport. Lillestrøm (NILU OR 33/84).
- Thrane, K.E. (1985) Luftkvalitet omkring Karmøy fabrikker. Lillestrøm (NILU OR 24/85).
- Thrane, K.E. (1985) Luftkvalitetsmålinger av svoveldioksid og fluorid på Sunndalsøra. Lillestrøm (NILU OR 28/85).
- Thrane, K.E. og Aldrin, M. (1988) Fluorid i omgivelsene omkring aluminiumverket på Sunndalsøra. Lillestrøm (NILU OR 77/88).
- Thrane, K.E., Aune, T. og Hongslo, J. (1983) Luftkvalitetsmålinger ved aluminiumverk. Lillestrøm (NILU OR 71/83).
- Thrane, K.E. og Gram, F. (1988) Spredningsberegninger for svoveldioksid fra Mosjøen aluminiumverk. Lillestrøm (NILU OR 88/88).

- Thrane, K.E., Gram, F. og Tønnesen, D.A. (1988) Kartlegging av luftforurensninger omkring Mosjøen aluminiumverk ved hjelp av spredningsberegninger og sporstoffundersøkelse. Lillestrøm (NILU OR 62/88).
- Thrane, K.E. og Stray, H. (1985) Organiske luftforurensninger i elektrolysehallen ved et aluminiumverk. Lillestrøm (NILU OR 1/85).
- Tønnesen, D A. (1993) Beregninger av eksponeringsnivå for benzo-a-pyren i fire kommuner for perioden 1953-1981. Lillestrøm (NILU OR 57/93).
- Tønnesen, D. (2007) Utvidet produksjon ved Elkem Aluminium Mosjøen. Spredningsberegninger. Kjeller (NILU OR 24/2007).

Tekniske rapporter:

- Austrheim, K. (1971) Estimat for fluorutslipp som følge av aluminiumindustriens ekspansjonsplaner. Kjeller (NILU TN 4/71).
- Lamb, B. og Skogvold, O.F. (1978) Nedslaget av forurensninger i turbulensområdet bak en aluminiumhall. En undersøkelse ved hjelp av sporstoff. Lillestrøm (NILU TN 9/78).

Vedlegg A

Sammendrag og konklusjon fra rapporter

NILU TN 4/71

"Estimat for fluorutslipp som følge av aluminiumindustriens ekspansjonsplaner"

Forfatter: Kjartan Austrheim.

Man har for tiden følgende produksjonskapasiteter og omtrentlige fluorutslipp fra norske aluminiumverk:

VERK	KAPASITET (TONN Al pr. år)	FLUORUTSLIPP (kg F pr. time)
Sunndal Verk	120 000	ca 56
Årdal Verk	117 000	ca 55
Sør-Norge Aluminium AS Husnes	66 000	ca 31
DNN Aluminium A/S Eydehavn	13 000	ca 20-22
Høyanger Verk	29 000	ca 13-20
Alnor Aluminium Norway A/S, Håvik	83 000	ca 17
DNN Aluminium A/S Tyssedal	26 000	ca 14-16
Mosjøen Aluminiumverk	87 000	ca 10
Lista Aluminiumverk	? 50 000	ca 6

Aluminiumsindustriens ekspansjonsplaner er referert i St.melding nr 97. I tillegg til utvidelser ved nesten samtlige eksisterende verk har ÅAV og Norsk Hydro begge meddelt at selskapene akter å reise et helt nytt verk et sted på Vestlandet. Nærmere detaljer om disse planer er ikke kjent, bortsett fra at Norsk Hydros anlegg vil bli lagt til Mongstad. I en pressemelding nylig ble det dessuten opplyst at Norsk Hydro arbeider med planer om å reise et nytt verk i Glomfjord.

Tabell 2: Framtidig kapasitet og anslått fluorutslipp ved norske aluminiumverk.

VERK	FRAMTIDIG KAPASITET	FLUORITSLIPP kg F/time	Anmerkning
Sunndal Verk	175 000 (i løpet av 70-årene)	66	
Årdal Verk	215 000 (i slutten av 70-årene)	50 innen årsskiftet 71/72, 40 innen 1/1 1981	Krav fra Røykskaderådet (4)
Sør-Norge Aluminium AS Husnes	120 000 (1974)	40	
DNN Aluminium A/S Eydehavn	50 000 (1978)	9	
Høyanger Verk	110 000	20-30	
Alnor Aluminium Norway A/S, Håvik	210 000 (1977)	38	
DNN Aluminium A/S Tyssedal	26 000	14-16	
Mosjøen Aluminiumverk	150 000	17	
Lista Aluminiumverk	100 000 (1976)	11	
Norsk Hydro, Glømfjord	150 000 (ca 1980?)	27	
Norsk Hydro, Mongstad	?	?	
ÅSV, Vestlandet	?	?	

NILU OR 18/71

"Framstilling av aluminium og utslipp av fluor fra Norsk aluminiumindustri"

Forfatter: Kjartan Austrheim.

Sammendrag

En oppsummering av produksjonstallene og utslippsmengdene er satt opp i tabell 1.

Det totale fluorutslipp fra norsk aluminiumindustri, eksklusive Lista, blir etter dette ca. 215.230 kg F pr. time, eller ca. 1890-2020 tonn pr. år. Et utslipp fra Lista Aluminiumverk vil på årsbasis utgjøre vel 50 tonn.

Tabell 1:

Verk	Prod. kap. (tonn Al/år)	Fluorutslipp (kg F/time)
Sunndal Verk	120 000	ca. 56
Årdal Verk	117 000	ca. 55
Sør-Norge Aluminium A/S	66 000	ca. 31
DNN Aluminium A/S, Eydehavn	13 000	ca. 20-22
Høyanger Verk	29 000	ca. 13-20
Alnor Aluminium Norway A/S	83 000	ca. 17
DNN Aluminium A/S, Tyssedal	26 000	ca. 14-16
Mosjøen Aluminiumverk	87 000	ca. 10
Lista Aluminiumverk	50 000 (1971)	ca. 6

NILU OR 26/78

"A tracer investigation of the wake downwind of an aluminum smelter hall"

Author: B.K. Lamb and O.F. Skogvold.

Summary

Nine SF₆ tracer experiments were conducted at the ÅSV Høyanger Aluminum Smelter during April, 1978. The purpose of these tests was to determine the extent to which smelter exhaust gases may become entrained within the wake downwind of a smelter hall and to investigate the effects of increasing the height of the emission point upon the extent of entrainment. Tracer emitted at heights ranging from 1 m to 11 m above the roof of the smelter hall became entrained within the wake and subsequently reentered the hall through the fresh air supply vents. Approximately 1% of the SF₆ released above the roof during southerly winds infiltrated the hall, while as much as 11% of the SF₆ released above the roof during northerly winds infiltrated the hall. The amount of infiltration which was observed during southerly winds was independent of the release height.

NILU TN 9/78

"Nedslaget av forurensninger i turbulensområdet bak en aluminiumhall. En undersøkelse ved hjelp av sporstoff"

Forfattere: B. Lamb og O.F. Skogvold.

Forord

Dette tekniske notat er et norsk sammendrag av oppdragsrapport 26/78 "A tracer investigation of the wake downwind of an aluminum smelter hall". Undersøkelsen ble utført av NILU i samarbeid med A. Milde, O. Rørvik og H. Sanden fra Å.S.V., Høyanger i april 1978 på oppdrag fra Årdal og Sunndal verk A/S.

Konklusjon

De 8 sporstoff-forsøkene som er blitt foretatt har foregått over bare 5 dager. I dette ligger den usikkerheten at en bare har fått dekket noen få meteorologiske situasjoner. En må også regne med at spredningsforholdene vil kunne bli noe andreledes etter at en ny hall er bygget. Det meste av den forurensete luften som slippes ut over tak vil bli ført med vinden. Sporstoffundersøkelsen viser imidlertid klart at en får forurenset luft fra takutslippet brakt ned bak bygningen på le-siden, og at en del av denne forurensete luften blir sugd inn igjen gjennom friskluftventilene.

Mengden av SF₆ som ble ført tilbake inn i hallene ved sørlig vind, var ca. 1% av det som ble sluppet ut. Når vinden var fra nordlig kant, ble mellom 5% og 11% ført inn i hallen igjen.

Ved de forhold som undersøkelsen ble foretatt under, fant en ingen entydig virkning av utslippshøyden. Når vinden var fra nordlig kant fant en at mengden av forurenset luft som kom inn i hallen igjen var ca. dobbelt så stor når utslippshøyden var 2,5 meter som når den var 11 meter. Når vinden derimot var fra sørlig kant fant en ingen virkning av endret utslippshøyde. Det er vanskelig å gi noen entydig grunn for dette, men det 11 m høye utslippet syntes ikke å være høyt nok til å simulere en frittstående skorstein.

I 5 and de 8 forsøkene fant en maksimumverdier av SF₆ i en avstand av ca. 50 m på le-siden av hallen. I de 3 resterende forsøkene ble maksimumsverdiene observert ved hallveggen. Disse dataene indikerer at sporstoffet ble brakt ned til bakken nær hallen. I figur 10 har en satt opp de midlere maksimumskonsentrasjonene i de 8 forsøkene.

Dersom den nye hall A blir bygget på noenlunde samme måten som den nåværende hall C, vil man kunne tenke seg at gass fra den hallen som ligger på oppvind siden vil kunne komme inn i neste hall gjennom inntaksventilene på denne. Forurenset luft fra begge hallene vil også kunne komme inn i friskluftinntaket på se siden av den hallen som ligger ned-vind. Hvis derimot utslippet av hallgassen fra hall A og C begge får tilstrekkelig høyde, vil innsuging av forurenset luft bli vesentlig redusert eller helt unngått. Data fra vindtunneler og likeledes de forsøkene som har vært gjort i Høyanger i den senere tid indikerer at en minst må 1,5 ganger bygningens høyde over bakken for at en skal få infiltrasjonen vesentlig redusert. For å få til dette må en endre utslippsforholdene

på taket vesentlig. En må bruke skorsteiner med en god luftgjennomstrømning og temperaturen på gassen må ligge godt over den omgivende lufts temperatur.

NILU OR 4/79

"Vurdering av luftforurensningen i høyanger etter bygging av nytt aluminiumverk"

Forfattere: K.E. Grønскеi, B. Lamb og B. Sivertsen

Sammendrag

Utbygging og modernisering av aluminiumverket i Høyanger er planlagt i to trinn. Ved første utbyggingstrinn vil en beholde den eksisterende elektrolysehøll C og bygge en ny høll A.

I 2. Trinn vil en rive høll C for å bygge en ny høll B på det samme sted. Ved den fullt utbygde fabrikk foreligger det tre alternative krav til utslipp. Alternativene 1-3 er sammenlignet med utslippene før ombyggingen (utslipp 1975-76) i tabellen nedenfor. Tabellen angir også mulige utslipp ved første utbyggingstrinn (alt. 4 og alt. 5). Ved alternativ 5 forutsettes rensing av hallgassene fra høll C. Utslipet av rensed ovnsgass vil flyttes fra røykkanalen i fjellsiden til 4-6 skorsteiner plassert på fabrikkområdet.

Tabell: Utslippetsalternativer ved bygging av aluminiumverk i Høyanger.

Alternativ	Produksj (tAl/time)	Utslipp			
		Fluor (kg F/tAl)	Svovel (kg SO ₂ /tAl)	Støv (kg/tAl)	Tjære (kg/tAl)
Utslipp i 1975/76	3.2	3.4	12.6	10.3	2.8
Alt. 1 (full modernisering)	8.8	0.5	5.6	1.8	
Alt. 2 (full modernisering)	8.8	0.71	6.2	2.0	
Alt. 3 (full modernisering)	8.8	1.00	6.6	2.2	
Alt. 4 (hall C i drift uten hallgassrensing)	6.6	1.6	8.5	5.0	0.8
Alt. 5 (hall C i drift med hallgassrensing)	6.6	0.9	7.0	3.5	0.15

Det er utført undersøkelser av spredningsforholdene for å klarlegge virkningen av utbyggingen på den fremtidige luftkvaliteten i Høyanger. Registreringer viste at de bebygde områdene nord for fabrikk i Høyanger er mest belastet av forurensninger fra verket i sommerhalvåret. Variabiliteten i vinden er sterk, og gir ofte en god spredning av forurensningene. Vind ut i fjorden om natten og inn i fjorden om dagen forekommer regelmessig i sommerhalvåret. Virkningene av disse lokale vindforholdene på spredningen av forurensninger i området er registrert og vurdert.

Økning av pipehøydene hvor rensed ovngass slippes ut, vil redusere bidraget pipeutslippet særlig når det gjelder maksimale timesverdier nær fabrikken. Betydningen av å øke utslippshøyden for rengassen er imidlertid begrenset. Ved sporstoffundersøkelsene ble det selv ved en utslippshøyde på 70 m observert nedslag bak hall C. De kortvarige maksimumkonsentrasjonene ble imidlertid redusert betydelig ved å øke utslippshøyden fra 40 til 70 m.

Ut fra vurderingen av turbulensen omkring bygningene vil en anbefale at den fysiske skorsteinshøyden er minst 1.5 ganger høyden av siloene eller dobbelt så høy som midlere bygningshøyde, og at hastighet og temperatur i utslippet velges slik at avgassene ikke trekkes ned i turbulensområdet rundt bygningene på fabrikken. Utslippstemperaturen bør ikke være kaldere enn midlere døgnlige maksimumstemperaturer i sommermånedene (18°C).

Fra et forurensingsmessig synspunkt vil en sannsynligvis ikke oppnå bedringer av betydning ved å bygge de planlagte skorsteiner på andre deler av fabrikkområdet ved så lave utslippshøyder.

På dette grunnlaget har en kommet fram til følgende virkning på luftkvaliteten av forskjellige utslippsalternativer:

Fluor

- Etter ombyggingen vil fluorkonsentrasjonene bli mindre i hele området når en ser bort fra økningen på selve fabrikkområdet, og en svak økning i området opp mot idrettsplassen ved utslippsalternativ 4.
- Opptaket i beitegress på Håland vil reduseres med ca. 25 % ved utslippsalternativ 4, 60 % ved utslippsalternativ 5.
- Ved full utbygging vil utslippsalternativene 2 og 3 medføre middelkonsentrasjoner som ligger mellom verdiene ved første utbyggingstrinn med eller uten hallgassrensing (alternativ 4 og 5).
- Ved utslippsalternativ 1 vil verdiene være vel 15 % lavere enn om en krever hallgassrensing ved første utbyggingstrinn (alt. 5)
- SFTs forslag til normer for vannløselige fluorider som er satt ut fra hensynet til skader på flora og fauna, kan overskrides i en del av området mellom fabrikken og Håland, sannsynligvis også etter gjennomføringen av strenge krav til utslippene etter moderniseringen.
- Forslag til luftkvalitetsstandarder som foreligger for halvårsmiddelverdier og døgnverdier vil sannsynligvis overskrides på fabrikkområdet og i den nærmeste omegnen ved første utbyggingstrinn uten hallgassrensing (alt. 4). Ved full utbygging og modernisering vil overskridelser sannsynligvis forekomme ved utslippsalternativ 2.

Svoveldioksyd (SO₂)

- SO₂-konsentrasjonen nær fabrikkområdet vil øke betydelig ved modernisering av verket.
- Overskridelser av SFTs forslag til standarder for halvårsmiddelverdier (60 µg SO₂/m³) vil sannsynligvis forekomme nær fabrikkområdet ved første utbyggingstrinn uten hallgassrensing (alt. 4).

- Normen for døgnmiddelkonsentrasjoner ($200 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$) vil sannsynligvis ikke overskrides. Normen for timesmiddelkonsentrasjoner vil sannsynligvis overskrides dersom den effektive utslippshøyden av rengass er for lav.

NILU OR 41/80

"Aluminiumverket i Høyanger: Vurdering av forurensningsepisoder i Høyanger i 1979, og alternative utslippspunkter for vasket gass"

Forfattere: K.E. Grønskei og E. Joranger.

Sammendrag og konklusjon

NILU er bedt om å vurdere forurensningsbelastningene i Høyanger ved normale utslipp og under episoder med driftsproblemer ved Høyanger Verk i 1979. Driftsproblemene førte til høye forurensningsutslipp. Senere er NILU bedt om i tillegg å vurdere 3 alternative plasseringer av utslippspunkt for vasket gass for hall C. Alternativene er fortsatt bruk av tunnelen med vifte og ekstra pipe på toppen eller en 50 m høy skorstein i to alternative posisjoner. Undersøkelsene er utført på basis av NILUs tidligere målinger og resultater fra Høyanger i 1978. Ved vurdering av de aktuelle spredningsforhold i 1979 er gjort bruk av samvariasjonen mellom de meteorologiske målinger i Høyanger og målinger ved meteorologiske klimastasjoner i landsdelen. Ved vurderingene har en særlig kommentert overskridelser av forslag til normer (vedlegg 2).

Ved normale utslipp (episode 0) overskrides normene for totale fluorider nær fabrikken, og de rådgivende normer for vannløselige fluorider overskrides betydelig i hele Høyanger-området. Normene for SO₂ og støv (overskrides ikke i bebygde områder).

Under episode 1 (varighet 12 timer) gikk gassen urensert til tunneltoppen. Forurensningene i Høyanger sentrum økte sannsynligvis ubetydelig på grunn av dette uhellsutslippet. Boligområdet på nordsiden av fjorden (vest for fabrikken) ble sannsynligvis influert av uhellsutslippet med høyeste konsentrasjoner om kvelden og natten ved stabil strøm utover fjorden. Normene for total fluorid, SO₂ og støv ble sannsynligvis overskredet i dette området og langs den nordlige fjellsiden især.

Under episode 2 (varighet 3 1/2 måneder) var dyseanlegget uten vann og røykgassene gikk delvis urensert ut fra tunneltoppen. Midlere SO₂ – konsentrasjoner var høyere enn 60 µg SO₂/m³ langs den nordlige fjellsiden og sannsynligvis i boligområdene på nordsiden av fjorden og vest for Jetland. I sentrumsområdet var tilleggbelastningen liten. I korte perioder (timer) kan imidlertid det kalde tunnelutslipp ha seget ned i dalbunnen, og ført til overskridelse av korttidnormen for SO₂ (400 µg SO₂/m³).

Under episode 3 (varighet ca 4 døgn) gikk oppsamlet gass fra seksjonene 2 og 3 direkte til friluft (rørbrudd), og strømmet ut horisontalt med hastighet 30 m/s. Ellers var det normal drift. Vinden blåste disse dagene hovedsakelig utover fjorden med normale spredningsforhold. Boligområdene på nordsiden av fjorden ble belastet av utslippet fra bruddstedet sannsynligvis med overskridelse av rådgivende normer for døgnmiddel av total fluorid (75 µg F/m³). Et lavt inversjonssjikt eller "dødvær" i hele perioden ville gitt høye forurensninger.

Spredningsberegningene i forbindelse med vurderingen av 3 alternativer utslipp av vasket gass med vifte viser: Tunnelutslippet 180 m o.h. og pipen (63 m o.h.)

som ligger nærmest dalsiden mot vest vil sannsynligvis gi om lag samme belastning i området, og de høyeste er lokalisert til fjellsiden mot vest.

Skorsteinen midt inne på fabrikkrområdet (alt. 3) vil gi høyeste langtidsbelastning i de sentrale deler av Høyanger. Sporstoffundersøkelser med alternative pipehøyder viser at spredningsbildet for alternativ 3 kan variere med pipehøyder fra 40 til 70 m o.b.

Under episoder med høy belastning (inversjonssperre, sjø-land-bris, lite vind eller "dødvær") vil pipeutslippene nede i dalen bidra til forurensningen langs dalbunnen over et lengre tidsrom, mens utslipp fra røyktunnelen lettere føres bort fra dalatmosfæren. Med de planlagte utslippsbetingelser for alternativ 1 (utslippshastighet 20 m/s, pipehøyde 10 m o.b.) vil konsentrasjonen nær tunnelmunningen dessuten reduseres betydelig sammenlignet med dagens forhold.

På dette grunnlag anser en alternativ 1 som det forurensningsmessig gunstigste alternativ.

NILU OR 11/81

"Vurdering av alternative utslipp ved modernisering"

Forfattere: E. Joranger og B. Sivertsen.

Sammendrag og konklusjon

I forbindelse med plan for modernisering av aluminiumselektrolyseverket ved DNN Aluminium a.s., Tyssedal, er NILU bedt om å vurdere fire utslippsalternativer og avgasser til luft, samt to alternative plasseringer av pipe for utslipp fra en eventuell anodefabrikk.

Vurderinger og sammenligning av belastninger er basert på beregnede middelveier for en sommersesong. Meteorologiske målinger (vind, luftstabilitet) utført i Tyssedal sommeren 1972 er nyttet. Om sommeren antas skadevirkningene på vegetasjonen av fluorutslipp å være størst, og de midle fluorkonsentrasjonene i Tyssedal var også høyest i denne årstiden. Om sommeren blåser det i ca 45% av tiden i retning fra fabrikk mot bebyggelsen i Tyssedal. Disse vindretningene opptrer særlig om natten.

Følgende utslippsalternativer er vurdert:

- A. Hallgassen urenset gjennom 20 vifter langs hele halltaket. Primærgassene tørr- og våtvaskes og blandes med hallgass før utslipp gjennom 4 piper (samlet), 40 m høy.
- B. Primærgassen slippes ut som i alt. A.
Hallgassen samles i store kanaler og slippes ut i to 30 m høye skorsteiner for enden av støperiet og ved primærgassutslippet.
- C. Primærgassen slippes ut som i alt. A, men uten oppblanding av hallgass (reduert røykløft).
Hallgassen passerer 5 våtvaskeanlegg (10 utslippspunkter, 25 m høye) på utsiden av hallen.
- D. Primærgassen blandes med hallgassen, og i stedet for 5 vaskeanlegg brukes 6 vaskeanlegg (12 utslippspunkter). Det siste plasseres samme sted som primærgassvasker for alt. C.

I spredningsberegningene har en brukt vinddata fra ett målested i Tyssedal. I et så vidt topografisk komplisert område som Tyssedal kan det være store forskjeller i vindforholdene fra ett punkt til et annet. Disse forholdene har det ikke vært mulig å ta hensyn til i spredningsberegningene. For enkelte alternativer ligger det også en viss usikkerhet i estimatene av røykløft pga. overtemperatur og utslippshastighet.

Med disse forbehold kan likevel følgende konklusjoner trekkes:

- Selv med en viss usikkerhet i beregningen av røykløftet for alternativ D synes dette å være det beste alternativet, når det gjelder fluorutslippene.
- Når det gjelder so₂ og støvutslippene kan alternativ B komme ut omtrent likt med alternativ D, mens alternativ C gir noe høyere belastning for både SO₂, støv og fluor.

- Alternativ A synes å være dårligst, fordi hallgassutslippet over taket i ovnshallen ikke antas å få noen overhøyde. Dette skyldes turbulensen som oppstår bak ovnshallen ved vind på tvers av hallen. Sannsynligheten for at bebyggelsen i Tyssedal skal belastes av høye forurensningskonsentrasjoner er størst for alternativ A.
- Fluormålinger i Tyssedal foretatt siden 1972 gir grunnlag for å anta at de maksimale døgnkonsentrasjonene av fluor, so₂ og støv vil være om lag 5 ganger større enn de beregnede middelkonsentrasjonene. Høye konsentrasjoner vil derfor kunne forekomme enkelte døgn især for de kaldeste utslippene (av våtvasket gass).
- Det midlere SO₂ og sulfatnivået i luften i Odda vil bli lite influert av alle alternativene for planlagt økte utslipp av SO₂ i Tyssedal.
- Økningen i SO₂-utslippene vil ikke ha merkbar innflytelse på sulfatnedfallet (sur nedbør) i områdene omkring Sørfjorden.
- Skorsteinen ved en eventuell ny anodefabrikk anbefales plassert så langt mot fjorden som mulig.

Sammendratte vurderinger

I en tabell 1 er gitt en sammenstilling av maksimumskonsentrasjonene for realistiske utslippsbetingelser og overhøyder.

Tabell 7: Tyssedal. Maksimumskonsentrasjoner og deres avstander fra ovnshallen for de forskjellige alternativer med mest realistiske estimat for røykløft.

	Fluor		SO ₂		Støv	
	kons µg/m ³	Avstand m	kons µg/m ³	Avstand m	kons µg/m ³	Avstand m
Dagens utslipp	20	400	30	<200	-	-
Alternativ A	5	250	50-20	-100- 300	30	<100
Alternativ B	2	100	50	150	11	-150
Alternativ C	3	150	105	-100	20	150
Alternativ D*	0,5-2	8-70	8-70	1-800	2-18	100-800

*beregnet med og uten røykløft.

Selv med en viss usikkerhet i beregningen ev røykløftet for alternativ D synes dette å være det beste alternativet, når det gjelder fluorutslippene.

Når det gjelder SO₂ og støvutslippene kan alternativ B komme ut omtrent likt med alternativ D, mens alternativ C gir noe høyere belastning for både SO₂, støv og fluor.

Alternativ A synes å være dårligst fordi det varme hallgassutslippet over taket i ovnshallen ikke antas å få noen overhøyde. Dette skyldes turbulensen som oppstår bak ovnshallen ved vind på tvers av hallen. Dessuten er sannsynligheten for at bebyggelsen i Tyssedal skal belastes av høye forurensningskonsentrasjoner større enn for de andre alternativene.

På grunnlag av flourmålingene i Tyssedal siden 1972 kan en anta at de maksimale døgnkonsentrasjonene av fluor, SO₂ og støv vil være om lag 5 ganger større enn de beregnede middelkonsentrasjonene. Høye konsentrasjoner vil derfor kunne forekomme enkelte døgn især for de kaldeste utslippene.

NILU OR 1/83

"Luftkvalitet i et boligområde på Sunndalsøra"

Forfatter: Karin E. Thrane.

Sammendrag

På oppdrag fra Årdal og Sunndal Verk er det utført målinger av følgende luftforurensninger i et boligområde på Sunndalsøra: nedfallstøv, svevestøv, partikulært karbon, total fluorid (partikulært og gassformig) samt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Samtidig ble det målt vindretning og vindstyrke. Målingene pågikk i tiden fra juli 1981 til desember samme år, og det ble tatt døgnprøver i to påfølgende døgn hver uke.

På grunnlag av måleresultatene samt vindobservasjoner fra en toårsperiode (1978 og 1979) er nivået av forurensningene beregnet for alle årstider. Det er også gjort et estimat av bidraget av utvalgte forurensninger fra aluminiumverket.

Nivåene av nedfallstøv og svevestøv er lave, sammenlignet med henholdsvis NILUs skala og de amerikanske grenseverdier. Konsentrasjonen av partikulært karbon i luften i dette boligområdet tilsvarer det nivå man har funnet i landlige omgivelser i USA. Fluoridkonsentrasjonene er noe lavere enn måleresultater rapportert fra omgivelsene omkring andre aluminiumverk i Norge, og har ikke overskredet den foreslåtte grenseverdi for helseskade under måleperioden. Nivået av PAH tilsvarer det man tidligere har funnet i byer og tettsteder. Bidraget av PAH fra aluminiumverket er beregnet til å utgjøre 87% av den totale mengde som ble målt under hele perioden.

Resultatene fra undersøkelsen viser at nivået av PAH i luften i boligområdet på Sunndalsøra tilsvarer de konsentrasjoner man har i byer og tettsteder. Konsentrasjonene er målt i løpet av en sommer-høst periode. Sammen med vindobservasjoner er måleresultatene lagt til grunn for et estimat av PAH-nivåene ved de forskjellige årstider og av et relativt bidrag fra verket. Bidraget av PAH fra aluminiumverket er beregnet til 87% av den totale mengde PAH som er målt i hele perioden.

Konsentrasjonene av nedfallstøv og svevestøv er lave sammenlignet med henholdsvis NILUs skala og de amerikanske grenseverdier. Når det gjelder partikulært karbon foreligger det svært lite måleresultater fra andre steder, og heller ingen normer. Sammenlignet med gjennomsnittsverdier fra USA av karbon i luft synes resultatene fra Sunndalsøra å være av samme nivå som de man finner i boligstrøk og landlige områder. Nivået av fluorid i luften på Sunndalsøra er høyere enn det man har målt omkring Grängers Aluminium i sundsvall, Sverige, men noe lavere enn de måleresultater som er rapportert i nærheten av andre norske aluminiumverk. Sammenlignet med den veiledende grenseverdi som er satt for å beskytte dyr som beiter i området, er nivået for høyt, men nivået ligger lavere enn grenseverdien for helseeffekter på mennesker..

For å kunne sammenligne resultatene med gjennomsnittskonsentrasjoner fra andre steder og med grenseverdier, er nivåene gitt som aritmetisk middel. Det er imidlertid viktig å være oppmerksom på at forurensningskomponentene som regel ikke er normalfordelte, og at median eller geometrisk middel ville ha vært et bedre mål for nivået.

NILU OR 56/83

"Air Pollution and its biological effects in Årdal, Norway. Part I"

Author: Jocelyne Clench-Aas.

Summary

This report summarizes data concerning air pollution and its biological effects gathered in the region surrounding the aluminium factory at Årdal. In some cases data spans 30 years.

Årdal has a rough topography, with high mountains that fall straight to sea level. These "canyons" have little sun in the winter and are excellent traps for air pollution. The climate ranges from mild coastal to high mountain. This region includes parts of the Jotunheimen National Park with its spectacular waterfalls and very old forests.

The community of Årdal has had population of circa 6 000 since 1970, as compared to ca. 2 000 in 1946. Currently 53% of Årdal's working population works for the aluminum, A/S Årdal og Sunndal Verk.

The history surrounding the growth and development of the Årdal factory is traced from 1940 to the present. A/S Årdal og Sunndal Verk operates two facilities at Årdal: 1) the aluminium smelter at Årdal, and 2) the harbour, warehouse and electrode paste production plant at Årdalstangen. Emissions, air pollution control equipment and production facilities are all described. Production has increased from around 10 000 metric tons in 1949 to a high of 180 000 metric tons per year in 1979. Emissions have gone down from 50-60 kg/h fluoride in the 40's and 50's to 30-35 kg/h in the 80's.

The monitoring program for air pollution initiated in 1967 by the Norwegian Smoke Control Council measures yearly, the fluoride content of conifer needles, fruit leaves, pasture grass and hay, and animal bones are sampled and analyzed.

The actual measured fluoride levels in all plant and animal species show a general decline in levels as can be expected from the known decline in emissions. There is however, no observable direct correlation between emissions and fluoride content of leaves and needles. The fluorid content in different plant species do not necessarily correlate with each other. Fluoride accumulation in plants is influenced by other factors as well.

What effects air pollution can be expected to have and why, followed by what has been actually observed in the area is described. Injury, especially in fruit trees, has not always correlated with the measured fluoride content in leaves. This may be indicative of interaction of other factors, possibly other pollutants. However, fluoride levels in bones of farm animals have correlated fairly well with measured fluoride levels in grass and hay.

Conifers

Levels of fluorides in the needles of conifers indicate that fluoride pollution has been high and has travelled long distances, both to the northeast and southwest of the factory. Levels in needles were high even as far as 17 to 18 km away in the main valley. When comparing fluoride levels to emission levels over the years, it becomes evident that other factors such as precipitation are also very important in influencing fluoride content of needles.

Based on the assumption that to prevent any injury, fluoride values in current year needles should not exceed 10 ppm (Horntvedt, personal communication) one sees values were so low only 3-4 km into the side valleys of Ofredal and Seimsdal (roughly 14-17 km away).

Moadalen, to the east of the factory, and Utladalen, to the northeast, were very severely damaged as far back as 1951, and conifers have never grown back in Moadalen. Observations in 1963, 1971 and 1976 indicated that fluoride injury to conifers had spread to Refsnes and Naddvik. The 1976 observation was particularly interesting since it indicated that areas that had been in the process of recovering were newly injured.

Effects on man

Pollution can affect both man's health and his feeling of well-being. Some information is known concerning the effects of pollution inside the factories on the health of the workers, although very little work has been done, specifically in Årdal. However, nothing is known about the effect of exposure to those ambient levels found around the factory in the possibly more sensitive populations of women and children. This has become of even greater interest after the discovery of the high levels of polycyclic organic compounds emitted by aluminium smelters. In contrast, more is known about the feeling of well-being expressed by the inhabitants of Årdal. Only 9% of the population indicated that they were not at all bothered by air pollution whereas 22% said they were strongly bothered (the remainder expressed being bothered to varying degrees).

NILU OR 67/83

"Polysykliske aromatiske hydrokarboner i uteluft i boligområder nær aluminiumverk. 1. Luftkvalitet i Høyanger"

Forfatter: K. E. Thrane.

Sammendrag

Etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) har Norsk institutt for luftforskning (NILU) i samarbeid med Høyanger Verk utført målinger av luftforurensninger i et boligområde i Høyanger. Luftforurensningene inkluderte nedfallstøv, svevestøv, partikulært karbon, fluorider samt polysykliske hydrokarboner (PAH). Nedfallstøvet ble dessuten analysert med hensyn på karbon og PAH. Målingene pågikk fra oktober 1980 til februar 1982, og det ble tatt døgnprøver hver 8. dag. Under hele perioden ble det målt vindstyrke og vindretning.

Resultatene fra analysene av nedfallstøvprøvene er oppgitt som månedsvise gjennomsnittsverdier. De øvrige resultater er presentert som nivåer for de enkelte årstider, og årstidsvariasjoner er sett i sammenheng med de meteorologiske observasjoner. Det er vist frekvensfordelinger av enkeltkomponenter, og det er foretatt regresjonsanalyser mellom de ulike forurensninger eller grupper av forurensninger. Bidraget av PAH fra aluminiumsverket er beregnet ved hjelp av "clusteranalyse".

Støvnedfall er ikke et forurensningsproblem i Høyanger. Den mengde PAH som avsettes med dette støvet tilsvarer de mengder som tidligere er funnet i tettbygde områder med industri.

Svevestøv kan være et problem, særlig om våren. Den amerikanske sekundærstandard som er satt ut i fra hensyn til trivsel og virkning på miljøet, var overskredet i 13% av prøvene. Primærstandard som er satt for å beskytte menneskers helse var ikke overskredet. Det synes å være liten sammenheng mellom konsentrasjonene av svevestøv og andre luftforurensningskomponenter.

Konsentrasjonene av partikulært karbon i luften i Høyanger tilsvarer de nivåer som er rapportert fra byer, boligstrøk og landlige omgivelser i USA. Resultatene fra en regresjonsanalyse tyder på at det er sammenheng mellom konsentrasjonene av karbon og PAH.

På grunn av at resultatene fra målingene av totalt fluorid (gassformig og partikulært) er meget usikre har det vært vanskelig å vurdere nivået. Resultatene av partikulært fluorid er mer sikre, og legger nam disse til grunn for en vurdering tyder det på at nivået i Høyanger er lavere enn omkring andre norske aluminiumverk, men høyere enn i omgivelsesluften nær Ganges Aluminium i Sundsvall, Sverige. Det er korrelasjon mellom konsentrasjonene av partikulært fluorid og PAH i luften i Høyanger.

Nivået av PAH i luften i Høyanger må betegnes som høyt. Det tilsvarer de høyeste nivåer man kan forvente i sterkt trafikkerte gater. De høyeste

gjennomsnittkonsentrasjonene forekom om vinteren og de laveste om sommeren. Beregninger viser at aluminiumverket bidrar med 75% av den mengde PAH som er målt i vinterhalvåret og 85% av den mengde som man fant om sommeren (april-september).

Resultatene fra denne undersøkelsen viser at variasjonene i luftforurensningsnivåene i stor grad skyldes de meteorologiske forhold. Om vinteren er det ofte svak vind i Høyanger og dårligere utlifting enn i sommermånedene. Dette resulterer i en større anrikning av de fleste luftforurensningene vinterstid. Vindforholdene er i dette området kompliserte, og den observerte vindretning viser under perioder med lav vindstyrke, liten sammenheng med transporten av luftforurensningene.

Konklusjon

Resultatene fra denne undersøkelsen viser at luftforurensningsnivået i Høyanger tilsvarer det man har funnet i andre områder med industri og tett trafikk. De forholdsvis høye konsentrasjonene skyldes i en viss grad at man i dette område har lange perioder med dårlig utluffing og liten spredning av luftforurensningene.

Støvnedfall kan ikke anses å være et forurensningsproblem i Høyanger, mens mengden PAH som avsettes men nedfallstøvet er høyt sammenlignet med resultater fra en undersøkelse i Vest-Tyskland. Når man sammenligner med andre undersøkelser ser det ut til at mengden BaP i nedfallstøv tilsvarer den man kan forvente i tettbygde områder med industri.

Svevestøv kan være et problem, og resultatene viser at 13% av prøvene inneholdt støvmengder som overstred den amerikanske sekundærstandard. Denne standard er satt ut ifra hensyn til trivsel og virkning på miljøet. Den amerikanske primærstandard for beskyttelse av menneskers helse, ble ikke overskredet i måleperioden. Det høyeste nivået av svevestøv forekom om våren. Konsentrasjonen av svevestøv viser liten sammenheng med konsentrasjonene av andre luftforurensningskomponenter.

Nivåene av partikulært karbon tilsvarer gjennomsnittkonsentrasjoner fra byer, boligstrøk og landlege områder i USA. Den gjennomsnittlige karbonkonsentrasjonen i Høyanger var ca 50% høyere om vinteren enn ved de andre årstidene. En del av årsaken kan være husoppvarming ved fyring med vel eller olje, men dårlige spredningsforhold om vinteren vil også bidra til en økning i forurensningsnivået i forhold til andre årstider. Resultater fra regresjonsanalyser tyder på at det er sammenheng mellom karbon og PAH i luften i Høyanger.

Datamaterialet som foreligger for totalt fluorid er sparsomt og det er derfor vanskelig å trekke konklusjoner om nivået i luften. Resultatene av partikulært fluorid tyder imidlertid på at konsentrasjonene i Høyanger er lave i forhold til de man har funnet i områder omkring andre aluminiumverk i Norge. Sammenlignet med måleresultater fra Sundsvall, Sverige, er nivået i Høyanger høyt. Regresjonsanalysene mellom partikulært fluorid og PAH viser at det er sammenheng mellom konsentrasjonene hvilket indikerer at de kan ha en felles opprinnelse.

Konsentrasjonene av PAH i luften i Høyanger er høye og tilsvarer de man kan forvente i sterkt trafikkerte gater. De høyeste gjennomsnittkonsentrasjoner forekom om vinteren, og de laveste om sommeren. Disse årstidsvariasjonene skyldes i stor grad de meteorologiske forhold. Om vinteren er det ofte svak vind og dårligere utlufting enn i sommermånedene. Dette resulterer i en større anrikning av luftforurensningene på stedet vinterstid. Beregninger viste at aluminiumverket bidrar med 75% av den mengde man har funnet i sommerhalvåret.

NILU OR 68/83

"Polysykliske aromatiske hydrokarboner i uteluft i boligområder nær aluminiumverk. II. Luftkvalitet i Mosjøen"

Forfatter: K.E. Thrane.

Sammendrag

Etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) har Norsk institutt for luftforskning (NILU) i samarbeid med Modal Aluminium utført målinger av luftforurensninger i et boligområde i Mosjøen. Luftforurensningene inkluderte nedfallstøv, svevestøv, partikulært karbon, fluorider samt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Nedfallstøvet ble dessuten analysert med hensyn på karbon og PAH. Målingene pågikk fra november 1980 til februar 1982, og det ble tatt døgnprøver hver 8. dag. Registrering av vindstyrke og vindretning ble foretatt ved Meteorologisk institutts mast.

Resultatene fra analysene av nedfallstøvsprøvene er oppgitt som månedsvise gjennomsnittverdier. De øvrige resultater er presentert som nivåer for de enkelte årstider, og årstidsvariasjonene er sett i sammenheng med de meteorologiske observasjoner. Det er vist frekvensfordelinger av enkeltkomponenter, og det er foretatt regresjonsanalyser mellom de ulike forurensninger eller grupper av forurensninger. Bidraget av PAH fra aluminiumverket er beregnet ved hjelp av "clusteranalyse".

Støvnedfall synes å være et ubetydelig forurensningsproblem i Mosjøen. Den mengde PAH som avsettes med dette støvet tilsvarer de mengder som tidligere er funnet i tettbygde områder med industri.

Svevestøv kan være et problem, særlig om våren og sommeren. Den amerikanske sekundærstandard som er satt ut i fra hensyn til trivsel og virkning på miljøet, er overskredet i 14% av prøvene. Primærstandard som er satt for å beskytte menneskers helse er overskredet i 3% av prøvene. Det er liten eller ingen sammenheng mellom konsentrasjonene av svevestøv og andre forurensningskomponenter.

Konsentrasjonene av partikulært karbon i luften i Mosjøen tilsvarer de nivåer som er rapportert fra større byer og boligstork i USA. Resultatene fra en regresjonsanalyse viser at det ikke er sammenheng mellom partikulært karbon og PAH men unntak av karbon som viste en svak positiv korrelasjon.

Nivået av PAH i luften i Mosjøen tilsvarer det man kan forvente i sterkt trafikkerte gater, og må betegnes som høyt. Konsentrasjonene varierer imidlertid meget. De høyeste måleresultater forekom i sommermånedene og de laveste om vinteren. Beregninger viser at aluminiumverket bidrar med 46% av den mengde PAH som er målt i vinterhalvåret og 64% av den mengde som man fant om sommeren (april-september).

Resultatene fra denne undersøkelsen viser at variasjonene i luftforurensningsnivåene i stor grad skyldes de meteorologiske forhold.

Sommermånedene er preget av land-sjøbris som om dagen transporterer forurensningene fra aluminiumverket inn over Mosjøen. Ved de andre årstidene er fralandsvind dominerende og forurensningene fra verket føres ut fjorden og bort fra bebyggelsen. Ved fralandsvind vil målestasjonen i stor grad motta forurensninger fra selve byen, og i mindre grad fra aluminiumindustrien.

Konklusjon

Resultatene viser at konsentrasjonene av luftforurensninger i Mosjøen tilsvarer de nivåer man har funnet i andre områder med industri og tett trafikk. Forurensningsnivået varierer sterkt, og er avhengig av de meteorologiske forhold, i første rekke vindretningen. Konsentrasjonene av PAH er høyest om sommeren når luftstrømmen transporterer forurensningene fra industriområdene ved havnen innover byen. Aluminiumindustrien er den viktigste kilden til den PAH som er målt i luften.

De målte mengder nedfallstøv er stort sett lave, mens PAH-innholdet i nedfallstøv synes å være høyt sammenlignet med måleresultater fra Vest-Tyskland. BaP-mengdene tilsvarer de man har funnet i nedfallstøv i industriområder og i tettbygde strøk.

Svevestøv kan være et problem i Mosjøen. De høyeste konsentrasjonene er målt i vår- og sommermånedene, og støvet skriver seg sannsynligvis fra aktivitetene i industriområdene og fra trafikken.

Partikulært karbon ser ut til å skrive seg fra husoppvarming, og nivået tilsvarer det man har funnet i større byer og boligstrøk. Resultatene tyder ikke på at aluminiumproduksjon er en merkbar kilde til partikulært karbon i luften.

Nivået av fluorid tilsvarer de laveste gjennomsnittkonsentrasjoner som er målt i omgivelsesluft ved andre aluminiumverk i Norge. Det er høyere enn de nivåer som ble funnet nær Gränges Aluminium i Sundsvall, Sverige. Aluminiumindustrien regnes som den eneste kilde til fluorider i luften i Mosjøen. Det er god korrelasjon mellom fluorider og enkelte PAH-forbindelser som fluoranten og BaP. Dette indikerer at de kan ha felles opprinnelse. Sammenhengen mellom andre forurensningskomponenter som svevestøv og karbon, eller svevestøv og PAH er liten, og det tyder på at svevestøv og karbon kan ha andre dominerende kilder i området enn aluminiumproduksjonen.

NILU OR 69/83

"Polysykliske aromatiske hydrokarboner i uteluft i boligområder nær aluminiumverk. Iii. Luftkvalitet i øvre Årdal"

Forfatter: K.E. Thrane

Sammendrag

Etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) har Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) i samarbeid med Årdal og Sunndal Verk utført målinger av luftforurensninger i et boligområde i Øvre Årdal. Luftforurensningene inkluderte nedfallstøv, svevestøv, partikulært karbon, flourider samt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Nedfallstøvet ble dessuten analysert med hensyn på karboner og PAH. Målingene pågikk fra oktober 1980 til februar 1982, og det ble tatt døgnprøver hver 8. dag. Fra årsskiftet 1980/81 og ut måleperioden ble det målt vindstyrke og vindretning.

Resultatene fra analysene av nedfallstøvp prøvene er oppgitt som månedsvise gjennomsnittverdier. De øvrige resultater er presentert som årstidsnivåer, og årstidsvariasjonene er sett i sammenheng med de meteorologiske observasjoner. Det er vist frekvensfordelinger av enkeltkomponenter, og det er foretatt regresjonsanalyser mellom de ulike forurensninger eller grupper av forurensninger. Bidraget av PAH fra aluminiumverket er beregnet ved hjelp av "cluster-analyser".

Støvnedfall synes ikke å være et forurensningsproblem i Øvre Årdal. Den mengde PAH som avsettes med dette støvet tilsvarer de mengder som tidligere er funnet i tettbygde områder med industri.

Svevestøv kan være et problem om vinteren når spredningsforholdene er dårlige. Den amerikanske sekundærstandard som er satt ut i fra hensyn til trivsel og virkning på miljøet, var overskredet i 7 % av prøvene. Primærstandard som er satt for å beskytte menneskers helse var ikke overskredet. Det synes å være sammenheng mellom konsentrasjonene av svevestøv og andre luftforurensningskomponenter.

Konsentrasjonene av partikulært karbon i luften i Øvre Årdal tilsvarer de nivåer som er rapportert fra byer, boligstrøk og landlige omgivelser i USA. De høyeste konsentrasjonene er målt om vinteren og de laveste om sommeren. Resultatene fra en regresjonsanalyse viser at de er sammenheng mellom konsentrasjonene av karbon og PAH.

Det foreligger måleresultater for bare et halvt år for totalt fluorid, og dette datamaterialet er i minste laget for å vurdere nivået i Øvre Årdal. På grunnlag av resultatene fra partikulært fluorid som har vært målt i hele perioden, ser det ut til at konsentrasjonene er høye, særlig i vintermånedene. Det er sammenheng mellom konsentrasjonene av flourider og PAH i luften i Øvre Årdal.

Nivået av PAH i luften i Øvre Årdal tilsvarer det man kan forvente i sterkt trafikkerte gater og må betegnes som høyt. De høyeste

gjennomsnittkonsentrasjonene forekom om vinteren og de laveste om sommeren. Beregninger viser at aluminiumverket bidrar med 76% av den mengde PAH om sommeren (april-september).

Resultatene fra denne undersøkelsen viser at variasjonene i luftforurensningsnivåene i stor grad skyldes de meteorologiske forhold. Om vinteren er det svak vind nedover dalene som fører forurensningene fra aluminiumverket mot boligområdet. I tillegg er det ved denne årstiden dårlige spredningsforhold. Dette resulterer i en større anrikning av luftforurensninger om vinteren enn ved de andre årstider.

Konklusjon

Resultatene fra denne undersøkelsen viser at luftforurensningsnivået i Øvre Årdal er høyt og til dels høyere enn det man har funnet i andre områder med industri og tett trafikk. De høye konsentrasjonene skyldes i en viss grad at man i dette område har lange perioder med dårlig utlufting og liten spredning av luftforurensningene.

Støvnedfall kan ikke anses å være et forurensningsproblem i Øvre Årdal, mens mengden PAH som avsettes med nedfallstøvet er høyt sammenlignet med resultater fra en undersøkelse i Vest-Tyskland. Sammenlignet med andre undersøkelser ser det ut til at mengden BaP i nedfallstøv tilsvarer den man kan forvente i tettbygde områder med industri.

Svevestøv kan være et problem om vinteren når spredningsforholdene er dårlige. Resultatene viser at 4 av prøvene inneholdt støvmengder som overstred den amerikanske sekundær-standard. Denne standard er satt ut ifra hensyn til trivsel og virkning på miljøet. Den amerikanske primær-standard for beskyttelse av menneskers helse, ble ikke overskredet i måleperioden. Det høyeste nivået av svevestøv forekom om vinteren. Konsentrasjonen av svevestøv viste sammenheng med konsentrasjonene av andre luftforurensningskomponenter.

Nivåene av partikulært karbon tilsvarte gjennomsnittkonsentrasjoner fra byer, boligstrøk og landlige områder i USA. Den gjennomsnittlige karbonkonsentrasjonen i Øvre Årdal var dobbelt så høy om vinteren som nivået vår og høst, og tre ganger høyere enn konsentrasjonene målt om sommeren. En del av årsaken til det høye nivået om vinteren kan være husoppvarming ved fyring med ved eller olje, men de dårlige spredningsforhold man har om vinteren vil også bidra til en økning i forurensningsnivået i forhold til andre årstider. Resultater fra regresjonsanalyser viser at det er sammenheng mellom karbon og PAH i luften i Øvre Årdal.

Datamaterialet som foreligger for totalt fluorid er sparsomt og det er derfor vanskelig å trekke konklusjoner om nivået i luften. Resultatene av partikulært fluorid tyder imidlertid på at konsentrasjonene om vinteren i Øvre Årdal er høye i forhold til de man har funnet i områder omkring andre aluminiumverk i Norge. En del av årsaken til det høye nivået om vinteren var at prøvene, som ble tatt hver 8. dag, i stor grad var fra perioder med spesielt ugunstige driftsforhold i fabrikken og dårlige spredningsforhold for luftforurensninger. Ved de øvrige årstidene tilsvarer konsentrasjonene i Øvre Årdal de man har funnet nær andre norske verk.

Sammenlignet med måleresultater av fluorid fra Sundsvall i Sverige hvor Gränges Aluminium ligger, er nivået i Øvre Årdal høyt. Regresjonsanalysene mellom partikulært fluorid og PAH viser at det er sammenheng mellom konsentrasjonene hvilket indikerer at de kan ha en felles opprinnelse.

Konsentrasjonene av PAH i luften i Øvre Årdal er høyere enn, eller tilsvarer de man kan forvente i sterkt trafikkerte gater. De høyeste gjennomsnittskonsentrasjoner forekom om vinteren, og dette skyldes i stor grad de meteorologiske forhold. Ved denne årstid er det ofte svak vind og dårlig utlufting hvilket resulterer i en anrikning av luftforurensningene på stedet. Beregninger viste at aluminiumverket bidrar med 76% av den mengde PAH som er målt i vinterhalvåret og 83% av den mengde man har funnet i sommerhalvåret.

NILU OR 70/83

"Polysykliske aromatiske hydrokarboner i uteluft i boligområder nær aluminiumverk IV. Luftkvalitet på Årdalstangen"

Forfatter: K.E. Thrane

Etter oppdrag fra Statens Forurensningstilsyn (SFT) har Norsk institutt for luftforskning (NILU) i samarbeid med Årdal og Sunndal Verk utført målinger av luftforurensninger i et boligområde på Årdalstangen. Luftforurensningene inkluderte nedfallstøv, svevestøv, partikulært karbon, flourider samt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Nedfallstøvet ble dessuten analysert med hensyn på karbon og PAH. Målingene pågikk fra oktober 1980 til februar 1982, og det ble tatt døgnprøver hver 8 dag. Registreringer av vindstyrke og vindretning ble foretatt fra august 1981 og ut måleperioden.

Resultatene fra analysene av nedfallstøvprøvene er oppgitt som månedsvise gjennomsnittverdier. De øvrige resultater er presentert som nivåer for de enkelte årstider, og årstidsvariasjoner er sett i sammenheng med de meteorologiske observasjoner. Det er vist frekvensfordelinger av enkeltkomponenter, og det er foretatt regresjonsanalyser mellom de ulike forurensninger eller grupper av forurensninger. Bidragene av PAH fra anodebrenneren på Årdalstangen og fra aluminiumverket i Øvre Årdal er beregnet ved hjelp av "clusteranalyse".

De meteorologiske observasjoner som foreligger fra Årdalstangen er meget begrenset og kan derfor bare i mindre grad legges til grunn for en vurdering av spredningsforholdene i dette området. Det er antatt at man har dårlig utluftning i vintermånedene og at dette bidrar til en anrikning av luftforurensningene.

Støvnedfall er ikke et forurensningsproblem på Årdalstangen. Den mengde PAH som avsettes med dette støvet tilsvarer de mengder som tidligere er funnet i tettbebygde områder med industri.

Svevestøv kan være et problem, særlig om vinteren. Den amerikanske sekundærstandard som er satt ut i fra hensyn til trivsel og virkning på miljøet, var overskredet i 3 % av prøvene. Primærstandard som er satt for å beskytte menneskers helse var ikke overskredet. Det synes å være liten sammenheng mellom konsentrasjonene av karbon og PAH.

På grunn av at resultatene fra målingene av totalt flourid (gassformig og partikulært) bare er foretatt i et meget begrenset tidsrom har det vært vanskelig å vurdere nivået. Resultatene av partikulært flourid tyder på at konsentrasjonene på Årdalstangen tilsvarer de man har målt omkring andre norske aluminiumsverk, men høyere enn i omgivelsesluften nær Gränges Aluminium i Sundsvall, Sverige. Det er en korrelasjon mellom konsentrasjonene av partikulært flourid og PAH i luften på Årdalstangen.

Nivået av PAH i luften på Årdalstangen tilsvarer det man kan forvente i sterkt trafikkert gater og må betegnes som høyt. De høyeste gjennomsnittskonsentrasjonene forekom om vinteren. Beregninger viser at

aluminiumverket i Øvre Årdal bidrar med like mye PAH i luften på Årdalstangen som den mengde som skrives seg fra anodebrenneren.

Konklusjon

Resultatene fra denne undersøkelsen viser at nivået av luft forurensninger på Årdalstangen er høyt og til dels høyere enn det man har målt i andre områder med industri og tett trafikk.

Luftkvaliteten på Årdalstangen ser ut til å være påvirket av to hovedkilder, anodefabrikken på stedet og aluminiumverket i Øvre Årdal. Meteorologiske observasjoner fra Årdalstangen foreligger i et meget begrenset omfang, og danner ikke tilstrekkelig grunnlag for å kunne gi en vurdering av spredningsforholdene i dette området. Ut ifra tidligere erfaringer fra andre industriområder i tilsvarende kompliserte terreng, kan man anta at de høye konsentrasjonene man har, særlig om vinteren, skyldes dårlig utluftning.

Måleresultatene av nedfallstøv er lave for hele perioden mens mengden av PAH som avsettes med nedfallstøvet er høyt sammenlignet med resultater fra en undersøkelse i Vest-Tyskland. Mengden av BaP tilsvarer de som er målt ved andre undersøkelser i tettbygde områder og industristrøk.

Svevestøv kan være et problem særlig om vinteren når spredningsforholdene sannsynligvis er dårlige. Konsentrasjonen av svevestøv oversteg den amerikanske sekundærstandarden i to av prøvene (3 %). Denne standard er satt ut fra hensyn til trivsel og virkning på miljøet. Den amerikanske primærstandarden som er satt for å beskytte menneskers helse, ble ikke overskredet i måleperioden. Resultatene av svevestøvmålinger i det tidsrommet man hadde vindmålinger viste at gjennomsnittkonsentrasjonen var nesten tre ganger høyere når vinden hadde nordøstlig retning enn når den kom fra motsatt kant. Dette tyder på at anodemassefabrikken ikke er hovedkilden til svevestøv i luften på Årdalstangen.

Nivåene av partikulært karbon tilsvarer gjennomsnittkonsentrasjoner fra byer, boligstrøk og landlige områder i USA. De høyeste konsentrasjoner forekommer om vinteren. Nivået synes å variere lite for de andre årstider. Resultater fra regresjonsanalyser viser at det er sammenheng mellom karbon og andre forurensningskomponenter som svevestøv og PAH i luften på Årdalstangen.

Datamaterialet som foreligger for totalt flourid er sparsomt og det er derfor vanskelig å trekke konklusjoner om nivået i luften. Resultatene viser imidlertid at nivået er fire ganger høyere når hovedvindretningen er nordøstlig enn når vinden blåser i motsatt retning. Dette viser at fabrikken på Årdalstangen ikke er den betydeligste kilde til totalt flourid i luften. Sammenlignet med måleresultater fra Sundsvall, Sverige, er nivået av flourid på Årdalstangen høyt. Det tilsvarer gjennomsnittskonsentrasjoner målt i områder omkring andre aluminiumverk i Norge.

Konsentrasjonene av PAH i luften på Årdalstangen er høye og tilsvarer de man kan forvente i sterkt trafikkerte gater. De høyeste gjennomsnittskonsentrasjonene forekom om vinteren, og dette skyldes antagelig i stor grad de meteorologiske forhold. Ved denne årstid kan man regne med at det ofte er svak vind og dårlig

utluftning hvilket resulterer i en anrikning av luftforurensningen på stedet. Resultatene fra denne undersøkelsen tyder på at bidraget av PAH fra aluminiumverket i Øvre Årdal tilsvarer det man har fra anodefabrikken på Årdalstangen.

NILU OR 71/83

"Luftkvalitetsmålinger ved aluminiumverk"

Forfattere: K.E. Thrane, T. Aune og J. Hongslo.

Sammendrag

Etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) har Norsk institutt for luftforskning (NILU) i samarbeid med Statens institutt for folkehelse (SIFF), Sentralinstitutt for industriell forskning (SI) og de enkelte bedrifter, utført undersøkelser av luftkvaliteten i boligområder nær aluminiumindustrien i Høyanger, Mosjøen, Øvre Årdal og på Årdalstangen. Undersøkelsene omfattet målinger av utvalgte forurensningskomponenter samt biologiske tester av luftprøver. Måleprogrammet startet i oktober 1980 og varte til februar 1982. Det ble i dette tidsrommet tatt én 24 timers luftprøve hver 8. dag for bestemmelse av konsentrasjonene av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), svevestøv, partikulært karbon og fluorider. De biologiske tester var av mer orienterende art og det ble tatt én stikkprøve på hvert målested i løpet av sommeren og én i løpet av vinteren. Det ble foretatt målinger av vindstyrke og -retning under nesten hele perioden på hvert sted. I løpet av denne tiden ble det også målt vannløselig og vannuløselig nedfallstøv. Den vannløselige delen av støvet ble analysert med hensyn på organisk karbon, mens PAH ble bestemt i den vannuløselige delen.

Resultatene viste at luftforurensningene på de enkelte steder skriver seg hovedsakelig fra utslippene fra aluminiumindustrien. Nivået av forurensningskomponenter i luft varierer med årstidene og denne variasjonen synes å være betinget av de meteorologiske forhold. I Mosjøen hvor land-sjøbriseeffekten er dominerende som sommeren, fant en de høyeste konsentrasjoner av PAH og fluorider ved denne årstiden dvs. når vinden i en stor del av tiden har ført forurensningene fra aluminiumfabrikken mot byen. Om vinteren blåser det hovedsakelig fralandsvind og forurensningene føres da bort fra byen og ut fjorden. Ved de andre målestasjonene ble de høyeste nivåene av disse luftforurensningene målt om vinteren hvilket sannsynligvis skyldes at man ved denne årstid ofte har stabil sjikting og derved dårlig utlufting. Om sommeren er spredningsforholdene noe bedre enn om vinteren i Høyanger og Årdal.

Mutageniteten ble målt hver for seg i ekstrakter fra svevepartiklene og i den mer flyktige del av prøvene som var samlet opp på polyuretanpropper. Den flyktige fraksjonen var meget toksisk for testorganismen og egnet seg derfor dårlig for mutagenitetstesting med Ames' metode, samtidig som de kvantitative testene indikerte at mutageniteten i denne fraksjonen var lav.

Ekstraktene fra svevepartikler var ikke cytotoxiske, og ga til dels meget store utslag i Ames' test. Høyest var mutageniteten i sommerprøven fra Øvre Årdal. Sammenlignet med en luftprøve fra en sterkt trafikkbelastet gate i Oslo (St. Olavs gate i april 1981) var mutageniteten i prøven fra Øvre Årdal 5-8 ganger høyere. Mutageniteten av luftprøvene fra de andre aluminiumverk-områdene lå også på nivå med den omtalte Oslo-prøven og høyere.

De høyeste utslagene i mutagenitetstestene korresponderte godt med perioder med dominerende vind fra aluminiumindustrien mot prøvetakeren, ofte i perioder med dårlig utlufting av forurensningene.

Det er viktig å være oppmerksom på at de biologiske testene kun er utført på et lite antall prøver. Resultatene indikerer imidlertid at luftforurensningene i områder rundt aluminiumindustri kan representere en helserisiko. For å kunne trekke sikrere konklusjoner, og eventuelt ha et bedre grunnlag for å iverksette ytterligere rensetiltak, er det nødvendig med en videreføring av denne delen av prosjektet. Blant annet bør de biologiske testene utføres på samme materiale som PAH-analysene (og eventuelt andre kjemiske analyser). Dessuten bør de biologiske testene utvides til et lite batteri av korttidstester, slik at man kan fange opp stoffer med et bredere virkningsspekter.

Det er målt høye verdier av PAH ved alle stasjoner når vindretningen har vært fra fabrikken mot målestasjonen, men også i løpet av døgn med svak vind og liten spredning av luftforurensningene. Nivåene av PAH er høye i Øvre Årdal og på Årdalstangen særlig om vinteren. Resultatene viser at under bestemte vindforhold vil Årdalstangen motta forurensning fra aluminiumverket i Øvre Årdal. Beregninger viser at bidragene av PAH fra aluminiumindustrien til luften i boligområdene er dominerende i forhold til andre kilder. I Mosjøen er målestasjonen om vinteren i stor grad eksponert for forurensinger fra byen. Dette skyldes vindforholdene. Ved denne årstid er bidraget fra trafikk og husoppvarming like stort som det man får fra aluminiumindustrien.

Svevestøvkonsentrasjonene var i enkelte tilfeller høye, og det er grunn til å anta at denne type støv an være et forurensningsproblem. Resultatene tyder på at svevestøv også skriver seg fra andre kilder i disse områdene enn aluminiumindustrien.

Nivået av partikulært karbon var ved alle målestasjoner høyest om vinteren. Ved å vurdere måleresultatene av karbon sammen med vindretningene under prøvetakingene ser man at partikulært karbon i luften ofte kommer fra boligområdene. Det er derfor grunn til å anta at husoppvarming og lignende er de viktigste kilder til partikulært karbon, og ikke aluminiumsindustrien. Karbonkonsentrasjonene i luften tilsvarer de som er målt i byer og boligområder i USA.

Det ble målt høye konsentrasjoner av fluorider i Øvre Årdal og på Årdalstangen om vinteren. Det er korrelasjon mellom måleresultatene fra de to stedene, og det er vist at en stor del av den fluorid som er målt på Årdalstangen skriver seg fra aluminiumverket i Øvre Årdal. Tidspunktene for de høyeste konsentrasjonene i Årdal faller sammen med episoder med ugunstige driftsforhold i fabrikken og dårlige spredningsforhold. I Mosjøen og Høyanger er fluoridkonsentrasjonene lavere enn i Årdal, og tilsvarer de man har målt tidligere omkring aluminiumindustrien i for eksempel Tyssedal på Årdal.

Resultatene viste at støvnedfall ikke er et forurensningsproblem i nærheten av aluminiumindustrien, mens avsetningen av PAH i nedfallstøvet tilsvarer de mengder man har påvist i byområder og nær industri i andre land.

NILU OR 33/84

"Luftkvalitetsmålinger av svoveldioksid og fluorid på Sunndalsøra"

Forfattere: Karin E. Thrane.

Sammendrag

Etter oppdrag fra Årdal og Sunndal verk A/S foretar Norsk institutt for luftforskning en undersøkelse av luftkvaliteten med hensyn på svoveldioksid (SO₂) og fluorid (F) på Sunndalsøra. Prosjektet omfatter døgnmålinger av de to forurensningskomponenter på to stasjoner samt registreringen av vindhastighet og -styrke ved aluminiumverkets meteorologiske mast. Målingene startet i november 1983 og vil vare ett år. I denne rapporten er det gitt en foreløpig vurdering av resultater fra måleperioden frem til mai 1984.

Måleresultatene var stort sett innenfor et jevnt, lavt nivå, men enkelte dager ble det målt høyere konsentrasjoner. En av døgnprøvene kunne klassifiseres som middels forurenset med hensyn på SO₂. De øvrige resultatene av SO₂ viste at Sunndalsøra er lite forurenset, dvs. at konsentrasjonene var lavere enn 100 µg/m³. Klassifiseringen av SO₂-konsentrasjoner er basert på helsevirkninger. De fleste måleresultater av F var lave i forhold til den foreslåtte grenseverdi for 24 timers gjennomsnitt på 25 µg/m³ som er satt for å beskytte menneskers helse. Denne grenseverdi ble overskredet én gang. Samtlige månedlige gjennomsnittskonsentrasjoner for F er høyere enn 04 µg/m³ og kommer i klassen mye forurensning. Denne klassifiseringen av F er gjort ut ifra hensyn til skader på vegetasjon.

Det er dårlig samvariasjon mellom de døgnlige forurensningskonsentrasjonene på de to stasjonene, og også mellom komponentene SO₂ og F. F skriver seg fra aluminiumverket mens SO₂ også kommer fra andre kilder. Beregninger viser at bidraget fra aluminiumindustrien i måleperioden utgjør mindre enn halvparten av den totale SO₂ i luften. På grunn av manglende informasjon om utslippene av SO₂ fra andre kilder er det vanskelig å gi et estimat av SO₂ - nivået i luft for andre årstider enn vinteren.

Tidligere beregnede og målte nivåer av F viser at de høyeste konsentrasjonene forekommer om sommeren og de laveste om vinteren. Denne årstidsvariasjonen skyldes meteorologiske forhold. Solgangsvind om sommeren bringer forurensningene fra verket inn over Sunndalsøra, mens fralandsvind som er dominerende om vinteren, fører forurensningene bort fra stedet. Årstidsnivåene av F varierte innenfor området 1-2 µg/m³.

En vurdering av forurensningssituasjonen i perioder med høyere utslipp enn normalt fra verket, tyder på at et øket utslipp har liten innflytelse på luftkvaliteten under gunstige meteorologiske forhold, dvs. ved fralandsvind. Resultatene indikerer at det i perioder med svak vind eller pålandsvind vil føre til en forverring av luftkvaliteten når utslippene øker i vesentlig grad.

Konklusjon

Det er her gitt en foreløpig vurdering av forurensningssituasjonen på Sunndalsøra med hensyn til SO₂ og F i luft. Døgnmålinger av SO₂ og beregninger av konsentrasjonen i uteluft viser at Sunndalsøra er lite forurenset ifølge klassifiseringsskalaen. I ett tilfelle ble det imidlertid funnet en døgnprøve som betegnes som middels forurenset med hensyn på SO₂. På grunnlag av utslippsdata fra Sunndal Verk er det gjort et estimat av SO₂-konsentrasjoner i luften for hver årstid. Måleresultatene tyder imidlertid på at andre kilder til SO₂ som for eksempel husoppvarming, har betydning for luftkvaliteten. Dersom man antar at husoppvarming i tillegg til aluminiumindustrien er en viktig kilde til SO₂, vil estimatene basert på kun på utslippene fra verket være for lave i vinterhalvåret. Dette er vist i rapporten. Estimatet for sommermånedene kan forventes å tilsvare de SO₂-nivåene i luften fordi man kan se bort fra husoppvarming. Resultatene tyder på at nivået av SO₂ i luften vil kunne klassifiseres som lite eller middels forurenset.

Døgnkonsentrasjonene av F var lave i forhold til den foreslåtte grenseverdi for 24 timers gjennomsnitt på 25 µg/m³ som er satt for å beskytte menneskers helse. Denne grenseverdi var overskredet en gang i løpet av denne måleperioden. Samtlige månedsmiddelverdier for F er høyere enn 0,4 µg/m³ og kommer følgelig i klassen som betegnes som mye forurenset. Klassifiseringen av månedskonsentrasjoner er basert på skadevirkninger på vegetasjon.

I enkelte perioder har renseseffekten fra anleggene vært redusert. En vurdering av forurensningssituasjonen tyder på at en økning av utslippene har liten betydning for luftkonsentrasjonene ved de to stasjonene på Sunndalsøra under gunstige vindforhold. Ved vindstille eller pålandsvind vil et øket utslipp kunne forverre luftkvaliteten.

NILU OR 58/84

"Estimat av aluminiumverkets bidrag til luftforurensning på Sunndalsøra"

Forfatter: Karin E. Thrane.

Sammendrag

Etter oppdrag fra Årdal og Sunndal Verk a.s. foretok Norsk institutt for luftforskning i 1981 en undersøkelse av luftkvaliteten på Sunndalsøra. På grunnlag av konsentrasjonsmålinger og vindobservasjoner ble nivåene av fluorid og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i luft beregnet for hver årstid. Aluminiumverket er den eneste kilde til fluorid. Det er derfor antatt at all fluorid i luften skriver seg fra fabrikken. PAH kan også komme fra andre kilder, og det relative bidraget av ÅAH fra verket ble beregnet ved hjelp av data-analyseprogrammet "FOSE". Oppdragsgiver ønsket å få resultatene verifisert ved bidragene også ble beregnet på grunnlag av utslippsdaga. Beregningene er utført for fluorid, partikulær tjære og svoveldioksid ved hjelp av regnemaskinprogrammet "Kilder-2", og resultatene er gitt som gjennomsnittkonsentrasjoner for hver årstid. Belastningen av luftforurensninger fra aluminiumverket er størst om sommeren og minst om vinteren. Nivåene av fluorid i boligområdet er lavere enn grenseverdien som er satt for å beskytte menneskers helse. I følge klassifiseringsskalaen for fluorid, hvor en tar hensyn til vegetasjon og beitende dr, er området nær verket mye forurenset. PAH-konsentrasjonene i sommermånedene tilsvarer de en forventer i trafikkerte gater. Med hensyn til de beregnede bidrag av svoveldioksid kan luften i området betegnes som lite forurenset på grunnlag av klassifiseringsskalaen. De beregnede resultatene er sammenlignet med forurensningsnivåer målt på Sunndalsøra og med bidragsestimat basert på måleresultatene. Det er i de fleste tilfeller god overensstemmelse mellom resultatene fra de forskjellige beregningsmetodene for tre av årstidene. Resultatene fra "Kilder-2" synes å være for lave for vinteren. En viktig årsak til dette er sannsynligvis at en på grunn av manglende stabilitetsdata har antatt nøytral temperatursjiktning.

NILU OR 24/85

"Luftkvalitet omkring Karmøy Fabrikker"

Forfatter: K.E. Thrane.

Sammendrag

Det er i tidsrommet fra februar 1981 til mai 1984 foretatt målinger av luftkvaliteten ved tre stasjoner, Austevik, Håvik og Tjoland, i området nær Karmøy fabrikker. Målingene omfattet polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), partikulært karbon, fluorider, svoveldioksid og sot i luft, samt nedfallstøv. Alle komponentene ble målt ved stasjonene i Austevik og på Tjoland, mens det i Håvik kun ble målt fluorider, svoveldioksid og sot. Målinger av vindstyrke og vindretning for bortimot et år fra i midten av mars 1981, er brukt for vurdering av luftkvaliteten.

Det forelå meget få resultater av PAH, men det ser ut til at nivået var noe lavere enn de en tidligere har funnet nær andre aluminiumverk i Norge. Nivået tilsvarte de som ble målt i Sundsvall, Sverige, nær Gränges Aluminium.

Det ble foretatt målinger av partikulært karbon hver 8. dag i ett år. Konsentrasjonene i Austevik tilsvarte de en tidligere har målt i områder nær andre aluminiumverk, mens konsentrasjonene på Tjoland var lavere.

Fluorid ble målt to ganger i uken i til sammen nesten 3 år. Fluoridkonsentrasjonene i Austevik og i Håvik tilsvarte de nivåer som man fant i Høyanger og i Mosjøen. På Tjoland var nivået av fluorid omtrent som i Sundsvall. Den foreslåtte grenseverdi for fluorid som Statens forurensningstilsyn (SFT) har satt for å beskytte menneskers helse, ble overskredet en gang ved en av stasjonene. Resultatene tyder på at grenseverdier som er foreslått for å unngå skader hos dyr, er overskredet ved alle målestasjonene.

I Austevik var det god korrelasjon mellom fluorid og PAH-forbindelsen fluoranten. Regresjonslinjen samt fluoridkonsentrasjonene er brukt for å estimere årstidsnivåene av fluoranten ved denne stasjonen. På Tjoland var sammenhengen mellom de to komponentene for dårlig til at man kunne gjøre et tilsvarende estimat.

Det ble foretatt døgnmålinger av svoveldioksid og sot gjennom hele måleperioden. Forurensningsnivåene for disse komponentene er vurdert på grunnlag av SFTs klassifiseringsskala. Austevik ble funnet å være middels forurenset med hensyn til svoveldioksid og mye forurenset med hensyn til sot. Håvik ble klassifisert som middels forurenset av svoveldioksid, men lite forurenset av sot. Både svoveldioksid- og sotnivåene på Tjoland kom i klasse lite forurensning.

Belastningen av nedfallstøv i området kan betegnes som lav eller tilfredsstillende. Nedfallstøv ble målt som vannløselig og vannuløselig støv. Mengden av vannløselig støv utgjorde hovedparten av prøven og kan være havsalter som kommer fra sjøsprøyt

Forurensningsnivåene var i en stor del av måleperioden lave sammenlignet med konsentrasjoner fra andre områder nær aluminiumindustri, men ved alle stasjonene ble det observert episoder med høye luftkonsentrasjoner. Disse episodene hadde nær sammenheng med vindforholdene under prøvetakingen. Høye konsentrasjoner ble som regel målt når luften hadde passert fabrikken før den kom til målestasjonen. Resultatene viser at konsentrasjonene ved slike episoder var lavere i den siste del av måleprogrammet enn de var i begynnelsen. Det har vært en tydelig reduksjon i utslippet av fluorid og støv fra august 1983. Dette synes å gi utslag i det generelle nivået av fluorid i luften i området omkring fabrikken.

Konklusjon

Det tallmaterialet som er lagt til grunn for vurderingene av forurensningsbelastningene er til dels mangelfullt og av varierende kvalitet. Dette gjelder i første rekke analyseresultatene av PAH. Det foreligger heller ikke vindobservasjoner utover det første året. Mangel på vinddata gjør at det er vanskelig å vurdere måleresultatene fra de siste to årene og utnytte den informasjon som finnes i disse tallene. Det er også vanskelig å trekke konklusjoner vedrørende de forandringer i luftkvaliteten omkring Karmøy fabrikker som måleresultatene indikerer.

Resultatene fra denne undersøkelsen viser at utslippene av forurensninger fra Karmøy fabrikker sammen med de meteorologiske forhold har stor betydning for luftkvaliteten i området. Resultatene fra det første året illustrerer at vindretning og -styrke er av stor betydning for spredningen av forurensninger fra aluminiumverket. Austevik mottok mest forurensninger om vinteren når det i en stor del av tiden hadde vært vind fra Ø eller vindstille. Håvik var mest belastet med vind fra S. Denne vindretningen var dominerende om vinteren, men forekom også ofte ved andre årstider. I sommermånedene blåste det hovedsakelig fra NNV og Tjoland mottok en del forurensning fra aluminiumverket. Måleresultatene tyder på at det kan være andre kilder til luftforurensning i dette området, men at de er mindre viktige.

Det forelå resultater av utslippsmålinger for fluorid og støv for hele måleperioden som viser at utslippene var variert en del. Blant annet har det vært problemer med strømtilførselen i perioden og stand i produksjonen. Høye luftkonsentrasjoner målt i løpet av vinteren 1981/82 har sammenheng med oppstarting etter strømbrudd. Utslippene av fluorid og støv er redusert. Dette er særlig merkbart i tiden fra høsten 1983. Fra dette tidspunkt ble det også observert en reduksjon i det generelle nivået av fluorid i luften i området omkring verket.

De resultater som er tilgjengelig fra PAH-analysene tyder på at nivået er lavt i en stor del av tiden på begge stasjonene, Austevik og Tjoland, men at det kan forekomme store variasjoner. På grunnlag av de vindobservasjoner man har og måleresultater av andre forurensningskomponenter fra industrien, kan man anta at de høyeste konsentrasjonene av PAH vil forekomme om vinteren i Austevik og om sommeren på Tjoland. Konsentrasjonene av PAH var lavere enn de en tidligere har funnet i nærheten av andre norske aluminiumverk. I Austevik

forekom i enkelte dager konsentrasjoner tilsvarende de som er målt i industriområder hvor utluftingen tildels meget dårlig. Det er imidlertid viktig å være oppmerksom på at målingene av PAH varte i et meget begrenset tidsrom og at vurderingene er delvis basert på beregnede nivåer av en av komponentene. Det er derfor vanskelig å gi en konklusjon vedrørende forurensningsbelastningen med hensyn til PAH.

Konsentrasjonene av partikulært karbon var i overensstemmelse med eller lavere enn de som ble målt i nærheten av annen aluminiumindustri. Resultatene fra de tidligere undersøkelsene viste at aluminiumindustrien ikke var en viktig kilde til karbon, men at husoppvarming sannsynligvis bidro til den største delen av karbon i luften. Nivået av karbon i Austevik var høyest i vinterhalvåret og lavest om sommeren. På Tjoland var årstidsnivåene lave og varierte lite.

Fluoridkonsentrasjonene er lave sammenlignet med de som er målt i boligområdene nær andre norske aluminiumverk. De er noe høyere enn nivåene målt i Sundsvall ved Gränges Aluminium. I Austevik ble den foreslåtte grenseverdi for døgnprøver, som er satt for å beskytte menneskers helse, overskredet en gang. Ved de andre stasjonene var alle måleresultater lavere enn denne grenseverdi. Ifølge klassifisering av fluoridnivåer basert på vegetasjonsskader og skader på beitende dyr, må området betegnes som mye forurenset. Årstidsnivåene i Austevik og i Håvik varierte som en kunne forvente på grunnlag av de tilgjengelige vindobservasjoner, med de laveste konsentrasjoner om sommeren og de høyeste i løpet av vintermånedene. På Tjoland var det ingen typisk årstidsvariasjon.

Nivåene av svoveldioksid i Austevik og i Håvik klassifiseres som middels forurenset. Tjoland er lite forurenset av svoveldioksid. Austevik klassifiseres som mye forurenset med hensyn til sot mens sotnivåene i Håvik og på Tjoland er lave og begge stedene kommer i klassen lite forurenset.

Belastningen av nedfallstøv er lav eller tilfredsstillende unntatt i to tilfeller i Austevik da den betegnes som høy. Nedfallstøvet i prøvene består hovedsakelig av vannløselig støv og kan være salter som skriver seg fra sjøsprøyt.

Det er ikke foretatt regresjonsanalyse mellom andre forurensningskomponenter enn fluorid og flouranten. Resultatene tyder imidlertid på at det til dels er dårlig sammenheng mellom de enkelte komponenter, særlig på Tjoland. Årsaken kan være stor usikkerhet i målingene på grunn av lave konsentrasjoner. Den dårlige sammenheng mellom de enkelte komponenter kan også skyldes bidrag av de aktuelle komponenter fra andre kilder som for eksempel husoppvarming og trafikk. Noen av måleresultatene som for eksempel 8-9. september, tyder på at det finnes andre viktige kilder til for eksempel karbon og sot i området. Dårlig korrelasjon mellom komponentene kan også skyldes at utslippene av de ulike forurensninger fra aluminiumverket varierer uavhengig av hverandre og i forskjellig grad. Utslippene av de enkelte forurensningskomponenter vil være avhengig av aktivitetene i fabrikken, og de vil ikke nødvendigvis variere i takt. Det kan nevnes at oppholdstiden i luft for de enkelte forbindelser er forskjellige. Dette kan ha betydning for korrelasjonen, særlig der målingene blir foretatt i en viss avstand fra kilden.

NILU OR 28/85

"Luftkvalitetsmålinger av svoveldioksid og fluorid på Sunndalsøra"

Forfatter: K. E. Thrane

Sammendrag

Etter oppdrag fra Årdal og Sunndal Verk A/S har Norsk institutt for luftforskning foretatt en undersøkelse av luftkvaliteten med hensyn på svoveldioksid og fluorid på Sunndalsøra. Hensikten med undersøkelsen var å se om en omlegging av gassvaskeanlegget ved aluminiumverket ville føre til forandringer av luftkvaliteten. Målingene varte i vel ett år fra november 1988/83 og omfattet døgnmålinger ved to stasjoner. Det ble foretatt registreringer av vindstyrke og – retning ved verkets meteorologiske mast i måleperioden.

De meteorologiske forholdene for hver årstid i måleperioden er sammenlignet med toårsperioden 1978/79. På grunn av de tidligere vindregistreringene synes både vinteren 1983/84 og våren 1984 å ha vært representative for de to årstidene. Sommeren 1984 var det mer pålandsvind og vindstille enn for samme årstid i toårsperioden. Høsten 1984 var det mer vindstille enn forventet. Det har imidlertid også blåst sterkt fra SSV i det samme tidsrommet, og den gjennomsnittlige vindstyrken tilsvarer den man målte for høsten i toårsperioden. De meteorologiske forholdene på Sunndalsøra er meget kompliserte. Stedet er omgitt av bratte og høye fjell, og vindforholdene kan variere innenfor korte avstander.

Forurensningsnivået var lavt i de fleste luftprøvene. Luftkvaliteten er vurdert på grunnlag av norske forslag til grenseverdier. I løpet av måleperioden forekom det en prøve hvor konsentrasjonen kan betegnes som middels forurenset med hensyn til svoveldioksid. De øvrige døgnprøvene var lite forurenset. Ut fra grenseverdiene ble området ved Pensjonistsenteret er grenseverdien for fluorid på $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er satt for å beskytte menneskers helse, så vidt oversteget en gang. På grunnlag av de grenseverdiene som er foreslått for å unngå vegetasjonsskader. Klassifiseres luften ved begge målestasjonene som mye forurenset med hensyn til fluorid.

Årstidsnivåene av svoveldioksid og fluorid varierer, men variasjonene for de to komponentene følger forskjellige mønstre. Årsaken til denne forskjellen er sannsynligvis at de to komponentene ikke skriver seg fra de samme kildene i området. Årstidsnivåene for hver av komponentene synes imidlertid å variere på samme måte ved Pensjonistsentret som ved Byggsentret. Denne samvariasjonen som en finner mellom stasjonene både for svoveldioksid og for fluorid, er ikke til stede når midlingstiden reduseres til f.eks. en måned eller ett døgn. Resultatene viser at det er liten korrelasjon mellom de månedlige gjennomsnittkonsentrasjonene ved de to stasjonene og mellom konsentrasjonene fra døgnprøvene. Man må anta at den dårlige sammenhengen i stor grad skyldes de kompliserte meteorologiske forholdene. Store variasjoner i vindforholdene innenfor korte avstander gjør at de to stasjonene ikke nødvendigvis er eksponert fra de samme kildene samtidig.

Virkningene av redusert renseeffekt er undersøkt i perioder med vedlikeholdsarbeid på renseanleggene. Under gunstige værforhold synes en økning i utslippene av svovel og fluorid på mindre enn 60% å ha liten betydning for luftkvaliteten. En økning på over 200% i utslippet av svovel forårsaket en økning av svoveldioksidkonsentrasjonen selv under gunstige vindforhold. Fra juni 1984 ble gassen fra SU I/II overført til gassvaskeanlegget i SU III og det gamle vaskeanlegget i S I/II ble satt ut av drift. På grunnlag av de måleresultatene som foreligger synes dette ikke å ha forårsaket merkbare forandringer i luftkvaliteten på Sunndalsøra.

Konklusjon

Resultatene fra døgnmålingene viste at området ved Pensjonistsentret var middels forurenset mens området nær Byggsentret var lite forurenset med hensyn til svoveldioksid. Årstidsnivåene av svoveldioksid varierte etter samme mønster ved de to stasjonene. Begge steder fant en de høyeste nivåene om våren og de laveste om høsten. Konsentrasjonen om sommeren var lavere enn om vinteren. En sammenligning mellom måleresultatene og beregnede bidrag fra verket antydte at bare en del av den svoveldioksid man fant i luften kunne skrive seg fra aluminiumproduksjonen. Sannsynligvis her husoppvarming en viktig kilde til svoveldioksid i fyringssesongen. Resultatene tyder imidlertid på at det også er andre kilder til svoveldioksid i området.

Døgnkonsentrasjonene av fluorid i luft var stort sett lave i forhold til den foreslåtte grenseverdi for 24 timers gjennomsnitt på $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er satt for å beskytte menneskers helse. Denne grenseverdi var så vidt overskredet én gang ved stasjonen Pensjonistsentret i løpet av måleperioden. Klassifiseringen av månedsnivåene for fluorid i luft er basert på vegetasjonsskader. Samtlige månedsmiddelverdier for fluorid var høyere enn $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og områdene klassifiseres derfor som mye forurenset. Årstidsnivåene av fluorid varierte på samme måte ved begge stasjonene. De høyeste konsentrasjonene av fluorid forekom om sommeren.

Resultatene fra en regresjonsanalyse viste ingen sammenheng mellom belastningen av forurensningen og frekvensen av bestemte vindretninger. Aluminiumverket er imidlertid den eneste kilde til fluorid, og man må anta at den dårlige korrelasjonen skyldes de kompliserte vindforholdene.

Variasjoner i utslippene innenfor ca 60% synes å ha liten betydning for luftkvaliteten på Sunndalsøra når spredningsforholdene og utluftingen er gode. En økning på mer enn 200% i utslippet av svoveldioksid medførte dårligere luftkvalitet selv under gunstige værforhold.

Resultatene viser ingen forandringer i luftkvaliteten på Sunndalsøra etter omlegging av gassvaskeanlegget i aluminiumfabrikken i juni 1984. Variasjonene i vindforholdene gjennom året gjør det imidlertid vanskelig å trekke konklusjoner ved å sammenligne konsentrasjonene av forurensningene i tidsrommet før og etter omleggingen.

NILU OR 62/88

"Kartlegging av luftforurensinger omkring Mosjøen aluminiumverk ved hjelp av spredningsberegninger og sporstoffundersøkelse"

Forfattere: K.E. Thrane, F. Gram og D.A. Tønnesen.

Sammendrag

Spredningen av luftforurensninger fra aluminiumverket i Mosjøen er kartlagt ved modellberegninger og sporstoffundersøkelse.

Spredningsberegningene er utført for svoveldioksid (SO₂) og total (gassformig og partikulær) fluorid (F). Hensikten var å beregne forurensningsbelastningen etter at omfattende moderniseringer av fabrikken er avsluttet i 1989. Beregningene er gjort for vinter- og sommermånedene og for to forskjellige høyder for diffuse utslipp av hallgass fra to av elektrolysehallene. Resultatene viser at man oppnår liten eller ingen forbedring av luftkvaliteten ved å heve disse diffuse utslippene fra en eksisterende høyde på 23,4 m til 35 m. Årsaken er den lave utgangshastighet på gassen. Ved å heve det mest dominerende utslipp av SO₂ vil man kunne forbedre luftkvaliteten. Fordelingene av luftforurensningene i omgivelsene er forskjellige for de to årstidene. Byen og dalføret mottar mest luftforurensninger om sommeren. Forskjellen skyldes variasjonene i de dominerende vindretningene sommer og vinter.

Sporstoffundersøkelsen ble foretatt i begynnelsen av juni 1988 under værforhold som man antok ville forårsake transport av luftforurensninger fra aluminiumverket til boligstrøk nær sentrum av Mosjøen og til dalføret sør for verket. Hensikten var å kartlegge nedslagsfeltene og beregne de maksimale bidrag fra enkeltkildene under slike forhold. Resultatene viste størst belastning i verkets umiddelbare nærhet sør for elektrolysehallene. Vertikalspredningen var imidlertid god under forsøkene slik at konsentrasjonene avtok raskt. Blant de undersøkte områdene sør for sentrum var Skogåsen mest utsatt for luftforurensninger. Resultatene fra sporstoffundersøkelsen er i samsvar med de beregnede resultatene for sommeren, fra spredningsmodellen.

Resultatene tyder på at grenseverdien for F, som er foreslått for å beskytte menneskers helse, overskrides i boligområdet nærmest verket. Forurensningsnivåene av både SO₂ og F i de aller nærmeste omgivelsene er høye nok til at de kan forårsake planteskader.

Diskusjon og Konklusjon

Resultatene fra spredningsberegningene viser at en økning av utslippshøyden for hallgassene fra 23,4 m til 35 m på hallene 3 og 4, har liten effekt på spredningen av forurensningene i bakkenivå. Dette skyldes at ved diffuse utslipp med relativt lav utgangshastighet blir forurensninger fanget inn av bygningsturbulensen. For SO₂ hvor hoveddelen skriver seg fra en relativt lav kilde, ovnsgasstårn 31 mellom hallene 3 og 4, vil effekten av å øke utslippshøyden for hallgassene være enda mindre enn for F. Ved å øke utslippshøyden for ovnsgasstårn 31 vil problemene vedrørende SO₂ kunne reduseres merkbart. Spredningen av hallgassen forbedres

noe når utslippshastigheten økes. For å oppnå en merkbar reduksjon i forurensningsbelastningen, bør hastigheten økes (til ca. 15 m/s) samtidig med at utslippshøyden heves.

Usikkerhetene i spredningsberegningene er størst i verkets umiddelbare nærhet, og særlig når man beregner forurensningsbelastningen over et større område. Dette gjenspeiler seg i de uoverensstemmelser man ser i resultatene fra de to skalaene som er brukt for beregningene. Resultatene faller imidlertid sammen når en kommer mer enn 500 m fra verket langs dalen og fjorden. Resultatene fra sporstoffundersøkelsen bekrefter de beregnede spredningsfordelingene av SO₂ og F om sommeren.

En sammenligning med årstidsgjennomsnitt fra de tidligere måleresultatene antyder en øking i konsentrasjonene av F fra 1981/82 til 1989. Det er imidlertid viktig å være oppmerksom på at det er usikkerheter i både målte og de beregnede resultatene.

Resultatene fra sporstoffundersøkelsen viste at belastningen av forurensninger var stor mellom elektrolysehallene, i den sørlige del av fabrikkområdet og i de nærmeste omgivelsene under de gitte forhold. Det skjedde imidlertid en rask fortykning sannsynligvis på grunn av stor vertikalspredning, med økende avstand fra verket. I området sør for Mosjøen sentrum var Skogsåsen mest belastet.

Resultatene tyder på at grenseverdiene som er foreslått for å beskytte menneskers helse, kan overskrides i verkets umiddelbare nærhet. Dette inkluderer en del av det nærmeste boligområdet.

Risikoen for at beitende dyr vil få skadevirkninger av F er stor i det området som undersøkelsen omfatter.

Grenseverdien på 0,3 µg/m³ for gassformig F som er foreslått for å beskytte planter, er sannsynligvis overskredet i området innenfor koten for 0,5 µg/m³. Skotsåsen, hvor det tidligere er observert skader på skogen, ligger nær denne i sommermånedene. Halvtimes grenseverdier for SO₂ anbefalt av den internasjonale skogforskningsorganisasjon, er overskredet i de nærmeste omgivelsene sør for verket.

NILU OR 66/88

"Spredningsberegninger for utslipp til luft fra et planlagt aluminiumverk i Mo i Rana"

Forfatter: Trond Bøhler.

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Hydro Aluminium utført spredningsberegninger for et planlagt aluminiumverk i Mo i Rana. Utslippsdata, verkets størrelse og plassering er gitt av oppdragsgiver, og det er foretatt en vurdering av to lokaliseringalternativer, Jernverkstomta og Koksverkstomta.

Beregningene viser at maksimale døgnverdier av svoveldioksid på 20-50% av forslag til grenseverdi kan forekomme, avhengig av topografi og meteorologiske forhold. Årsmiddelkonsentrasjoner for svoveldioksid vil ikke overskride 20% av forslag til grenseverdi.

Fluorid bindes sterkt ved adsorpsjon på overflater på vegetasjon og kan forårsake skader på planter og dyr. Grenseverdiene for fluorid er derfor meget lave. De høyeste beregnede døgnverdiene av fluorid vil være $1015 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er nær foreslått grenseverdi for helse og betydelig høyere enn grenseverdien for vegetasjon. De høyeste års- og sesongmiddelveidene for fluorid være noe lavere enn forslag til grenseverdi for helte, men overskride grenseverdien for vegetasjon, spesielt nær lokaliseringalternativet Koksverkstomta.

Ved bruk av skorsteiner for utslipp av hallventilasjonsluft vil fluoridkonsentrasjonene i de nærmeste omgivelsene reduseres betydelig. Maksimale sommermiddelskonsentrasjoner reduseres fra ca. $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til ca. $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. vintermiddelskonsentrasjonene av total fluorid vil sannsynligvis ikke overskride $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ over land.

Ut fra forslag til retningslinjer for luftkvalitet som tar hensynt til virkning på vegetasjon, viser beregningene våre så langt at Jernverkstomta kan være noe bedre egnet enn Koksverkstomta. Hvis en tar hensyn til befolkningseksponering, selv om konsentrasjonene ligger lagt under forslag til grenseverdier, er Koksverkstomta det beste alternativet.

De utførte spredningsberegningene gir derfor ingen klar favorisering av ett lokaliseringalternativ. Det gjenstår en diskusjon av utslippsmengder og utforming av utslipp. Det er nødvendig å studere effekten av høyere skorsteiner i forhold til lavere utslipp. Det er også målt lavere utslipp ved eksisterende aluminiumsverk, enn de som er antatt i beregningene.

Konklusjon

Ved utslipp av fluorider over tak viser beregningene at konsentrasjoner for døgn- og sesongmiddel vil overskride forslag til grenseverdier for vegetasjon med en faktor på 10. Konsentrasjonene kan også komme nær opptil grenseverdien for

helse i nærområdet rundt verket. De høyeste konsentrasjonene vil forekomme ved pålandsvind og ustabil sjiktning om sommeren for lokalisering på Koksverktomta.

Ved oppsamling av hallventilasjonsluft og utslipp gjennom 25 m høye skorsteiner kan forslag til grenseverdi for vegetasjon overskrides innover land om sommeren. Arealet for overskridelse av gassformig fluorid er estimert å være noe større for utslipp fra Koksverksområdet. Dette skyldes de topografiske forholdene innover mot Selfors. Effekten av oppsamling av utslippene gjennom skorsteiner er størst for alternativet Jernverkstomta. Om vinteren vil sannsynligvis ikke grenseverdiene ikke overskrides over lang for noen a alternativene.

Forutsatt at utslipp av hallventilasjonsluft skjer gjennom skorsteiner, synes Jernverkstomta å ære noe bedre lokaliseringsalternativ enn Koksverket, hvis bare luftkvaliteten for vegetasjon vurderes. Tar en hensyn til befolkningseksponering, selv o konsentrasjonene ligger langt under grenseverdiene, er Koksverkstomta det beste lokaliseringsalternativet. Det er imidlertid nødvendig å vurdere effekten av høyere skorsteiner i forhold til mindre utslipp enn det som er antatt her. Det er måt lavere utslippsverdier ved eksisterende aluminiumsverk enn det som er spesialisert i denne rapporten.

NILU OR 77/88

"Fluorid i omgivelsene omkring aluminiumverket på Sunndalsøra"

Forfattere: K.E. Thrane og M. Aldring.

Sammendrag

Under fremstilling av primær aluminium vil fluorholdige forbindelser drive av og komme ut i omgivelsene. Fluorforbindelser kan forårsake skader på mennesker, dyr og vegetasjon, og forekomsten i omgivelsene er derfor uer konstant overvåking omkring aluminiumverk i Norge. Den viktigste transporten fra kilden til miljøet skjer med luften og de meteorologiske forhold er av stor betydning for nivåene av fluorforbindelsene.

En viktig hensikt med dette prosjektet var å lage en database over analyseresultater av fluorid i prøver av beitegress fra området omkring Sunndal Verk. Databasen består av to separate sett. Det ene settet er fra en undersøkelse utført av kontrollutvalget for aluminiumindustri og omfatter 29 målestasjoner. Det andre er fra en undersøkelse utført på verkets eget initiativ og omfatter 8 stasjoner. Målingene har pågått i 20-30 år. Databasen inneholder også informasjon om utslippsmengde av fluorid fra aluminiumverket samt registreringer av vindforhold og nedbør.

Det er utført data-analyse av orienterende art for å studere mulighetene til å trekke ut ny informasjon av tallmaterialet om mekanismer for spredning, avsetning, anrikning og utvasking av fluorid. Viktige verktøy har vært tidsrekkeanalyse og regresjonsanalyse. På grunn av korrelasjon mellom observasjoner som følger etter hverandre tid har imidlertid også regresjonsanalyse fått form at tidsrekkeanalyse.

Gjennomsnittskonsentrasjonene av fluorid i beitegress varierte fra i underkant av 10 mg/kg tørrstoff til over 100 mg/kg, avhengig av målestasjonens plassering i forhold til fabrikk. Standardavvik var i de fleste tilfeller mellom 50% og 100%, med en økende tendens fra høyere til lavere konsentrasjoner. Frekvensfordelingen viste også sammenheng med belastede områder. Hyppigheten av konsentrasjoner over anbefalte grenser indikerer risikoen ved å la dyr beite i områdene.

Nivåene av fluorid i beitegress varierte gjennom vekstsesongen, men ikke på samme måte for alle stasjonene. Konsentrasjonene og vindfrekvensene syntes å variere etter omtrent samme mønster fra mai til september. Dette viser at frekvensene av vind fra aluminiumverket mot målestasjonene har stor betydning for nivået av fluorid i gressprøvene. Ved den måten vi forsøksvis har trukket vindretning inn i tidsrekkeanalysen på, har vi imidlertid ikke ved denne teknikken klart å påvise noen slik sammenheng. Årsaken kan være at vindobservasjonene som er brukt i modellen er for lite nyanserte. Nedbørdata er trukket inn som forklaringsvariable i tidsrekkeanalysene, og har gitt klar indikasjon om at nedbørmengde har en reduserende virkning på fluoridkonsentrasjonen i gresset.

Det var vanskelig å finne sammenheng mellom konsentrasjon i gressprøvene og utlipp av fluorid fra verket. Cusum-plot viste imidlertid at det har skjedd en nivåforandring i beitegress omkring den tiden da en ny produksjonshall ble startet

opp. I det videre arbeid vil det være interessant å forsøke en multivariabel betraktningssmåte og anvende teknikker fra multivariabel dataanalyse og kalibrering. En innledende undersøkelse med klassifisering av prøvene ved hjelp av multivariabelteknikker er påbegynt. Resultatene indikerer samvariasjon mellom grupper av stasjoner, hvilket betyr at det kan være mulig å redusere antall stasjoner i de videre vurderinger.

Konklusjon og forslag til videre arbeid.

Resultatene presentert i denne rapporten gir et bilde av nivå og variasjon av fluorid i beitegress i omgivelsene omkring et aluminiumverk. De gir også et grunnlag for videre vurdering og forskning vedrørende spredning, avsetning og anrikning av fluorid i miljøet.

Fluoridinnholdet i beitegress er influert av utslippet fra aluminiumverket og de meteorologiske forhold. Den største forandringen i utslippet fant sted da en ny produksjonshall ble tatt i bruk i 1968. Utslippsforholdene har ellers variert lite. Målingene viste at fra 1968 til 1969 har utslippsmengden øket kraftig, deretter er den redusert fram til 1978 for så å ha stabilisert seg. Utslippsmengden har vært jevn gjennom vekstsesongen.

Cusum-plot av resultatene fra dekadeanalysene indikerer en nivåendring omkring 1968. Det var ellers vanskelig å finne direkte sammenheng mellom utslipp av fluorid og målte konsentrasjoner i beitegress.

De meteorologiske forhold varierer sterkt fra år til år og gjennom vekstsesongen. Gjennomsnittlige observasjoner for hver måned i måleperioden på 20 år illustrerer sesongvariasjonen. Frekvensen av døgn med hovedvindretning oppover dalen er størst tidlig i vekstsesongen, mens det har regnet mer i slutten enn i begynnelsen av sesongen.

Kontrollutvalgets målinger hadde stort sett de samme karakteristiske trekk som dekademålingene. I 1968 var fluoridinnholdet svært høyt. Det kan skyldes at dette var et spesielt tørt år, men også at det i august 1968 ble startet opp flere nye ovner. For øvrig har fluoridinnholdet i dekademålingene økt over perioden 1961-1985, men det er ikke noe tidspunkt som skiller seg ut med en særlig kraftig økning. Det er ingen klare trekk i utviklingen gjennom vekstsesongen. Innbydes i hvert datasett er måleresultatene ved de ulike stasjonene sterkt positivt korrelert.

Det er utført en detaljert studie av måleresultatene fra dekadeanalysene fra perioden 1969-1985. Ved hjelp av tidsrekkeanalyse er det forsøkt å forklare variasjonene i fluoridinnhold i dekademålingene ved hjelp av vind, utslipp, regn og en variabel som indikerer start på sesongen, samt forhistorien til den enkelte tidsrekke. Det var ingen sammenheng mellom utslipp og fluoridinnhold eller mellom vind og fluoridinnhold. For å kunne detektere slike sammenhenger ved hjelp av tidsrekkemodeller må man trolig ha et bedre datamateriale og/eller representere dataene på en egnet måte. Det var en signifikant sammenheng mellom fluoridinnholdet og tidspunktet for prøvetakingen i sesongen. Effekten var negativ og sterkest ved sesongstart. Nedbørmengden de siste 60 dager før måling hadde en signifikant negativ betydning for fluoridinnholdet. Størst betydning

hadde nedbør dagene rett før prøvetakingen. Residualene etter tilpasning av tidsrekkemodeller for fluoridinnhold ved de ulike stasjonene var positivt korrelert, men langt mindre enn for rådataene.

I tidsrekkeanalysen ble det i stor grad fokusert på sammenhengen mellom fluoridinnhold og ulike forklaringsvariable. Det ville være interessant å studere utviklingen over tid nøyere, og finne en årsak til at fluoridinnholdet har økt fra 1961 til 1985. Dette kan være et resultat av konkrete hendelser på spesielle tidspunkt, eller av at det har vært en generell stigende trend.

De kjemiske analysene av fluorid er gjort på uvaskete gressprøver. Det ville være interessant å vite hvor stor andel av fluoridinnholdet som var tatt opp i planten og hvor stor del som lå utenpå. Et forsøk med målinger av både vasket og uvasket gress over en hel sesong ved en eller flere stasjoner vil kunne gi et svar på dette.

Det er også nyttig å vite hvor stor målenøyaktigheten er, blant annet for å få en øvre grense på hvor stor del av variasjonene det er mulig å forklare i en modell. Det foreligger parallelle måleresultater for de aller fleste prøvene og disse resultatene kan brukes til å beregne nøyaktighet.

I våre tidsrekkemodeller har vi behandlet målingene ved hver målestasjon for seg. En simultan modell med fluoridinnhold for alle målestasjoner sammen med forklaringsvariablene vil sannsynligvis gi bedre og klarere resultater. Til dette formålet vinnes i dag en rekke multivariable metoder. De mest aktuelle er kort beskrevet i vedlegg V. Det er imidlertid viktig at den videre analyse av dataene og modellering baseres på mer detaljert informasjon om vindforholdene.

NILU OR 33/91

"Spredningsberegninger for utslipp til luft fra aluminiumverket i Øvre Årdal"

Forfatter: T. Bøhler

Sammendrag

Norsk institutt for Luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Norsk Hydro a.s. utført spredningsberegninger for utslipp til luft fra aluminiumverket i Årdal. Det er utført beregninger av døgnmiddelverdier og halvårsmiddelverdier for svoveldioksid (SO₂), hydrogenfluorid (HF), støv og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

For å vurdere meteorologiske forhold i området er det benyttet vinddata fra 1981/82. I månedene juni-august ga målingene en vindfordeling som var lite representativ for perioden og ikke i samsvar med samtidige registreringer på Årdalstangen. Disse månedene er derfor ikke inkludert i meteorologimatrisen som benyttes for sommerhalvåret.

Det er ikke målt vertikal temperaturdifferanse (termisk stabilitet) eller turbulensintensitet i området, slik at spredningsforholdene er estimert av NILU. Som grunnlag for vurdering av atmosfærens stabilitet i Årdal, er det brukt erfaringer fra tilsvarende områder i Norge hvor stabiliteten er registrert.

I spredningsberegningene er det lagt vekt på å vurdere belastningen nær verket over Øvre Årdal og inn i Utledalen for å sammenholde beregninger med grenseverdier for luftkvalitet for helse og vegetasjon. Det er utført spredningsberegninger for tre scenarier; dagens forhold (1990, alternativ 0), etter modernisering med lutvasking (alternativ 1) og etter utvidelse med ÅIV (alternativ 2). Det tas forbehold om de usikkerheter som inngår i vurdering av utslippsforhold, topografi og spesielt de meteorologiske forhold i området.

I tillegg til spredningsberegninger er det vurdert tre alternative ventilasjonsløsninger for hall C etter utvidelse med ÅIV. For alternativ 1 og 2, hvor utslippet skjer rett over tak uten vifter, vil maksimale HF-konsentrasjoner på ca. 15 % av utslippet fra hall C kunne forekomme ved nærmeste friskluftinntak i hall D, ÅIV. Ved bruk av vifter og skorsteiner 10 over tak (alternativ 3), så vil maksimale HF-konsentrasjoner på ca. 1-2 % kunne forekomme ved nærmeste friskluftinntak for hall D, ÅIV. På lesiden av hall D vil bidraget fra hall C være ca. 1-2 % av utslippet for alternativ 1 og 2 ubetydelig for alternativ 3. Det tas forbehold om de usikkerheter som inngår i vurdering av bygningsturbulensen rundt hallene.

Hydrogenfluorid

Dagens forhold gir maksimale døgnmiddelverdier av totalt fluorid på ca. 10 µg/m³ inntil 1 km fra verket. På lesiden nær verket kan det forekomme verdier opp mot grenseverdien for helse for døgn lik 25 µg/m³. Dagens forhold gir halvårsmiddelverdier av totalt fluorid på 3-4 µg/m³ over Øvre Årdal.

Innføring av lutvasking og ny hall vil i første rekke redusere utslippene i renseanleggene. Selv om utslippene av totalt fluorid blir nesten halvert fra alternativ 0 til alternativ 2, vil konsentrasjonene over Øvre Årdal bli redusert med kun 20-30 %. Grunnen til dette er at hallutslippene bidrar mest til belastningen inntil 1-2 km fra verket.

Gassformig fluorid kan ha effekter på vegetasjon. Det er derfor utført spredningsberegninger for gassformig fluorid for et sommerdøgn og midlet over sommerhalvåret. Resultatene ga at det ved denne dagens forhold vil kunne forekomme døgnmiddelverdier over grenseverdi for vegetasjon opp til Hjellefossen, 4-5 km opp i Utledalen. Ved reduksjon av utslipp, spesielt fra renseanleggene, vil avstanden ut til $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reduseres til ca. 3 km. Halvårsmiddelverdier for gassformig fluorid viser tilsvarende avstander ut til $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som er retningslinjen for gassformig fluorid midlet over 30 døgn

DISKUSJON

Ved bruk av utslippsdata gitt av oppdragsgiver for tre scenarier, er det utført spredningsberegninger for halvårsmiddelverdier for vinterhalvåret og maksimale døgnverdier for komponentene SO_2 , HF, støv og PAH. I tillegg er det vurdert hallventilasjon for den ombygde hall C ved oppstarting av hall IV.

Ved bruk av vifter som gir en utslippshastighet på 8 m/s og skorsteiner 10 over tak, så vil utslippet i hall ikke påvirkes av bygningsturbulensen ved svake og moderate vindstyrker. Konsentrasjonen av HF fra hall C vil ved denne løsningen være ca. 1-2 % ved inntaket til den nye hallen. Ved bruk av tradisjonell takløsning uten vifter og skorsteiner vil HF-konsentrasjonen ved det nærmeste inntaket i den nye hallen maksimalt være ca. 15 %. På lesiden av hall D vil bidraget fra hall C være opptil ca. 1-2 % for alternativ 1 og 2 og ubetydelig for alternativ 3.

De meteorologiske data som er brukt i spredningsberegningene er basert på vinddata målt i 1981. Månedene juni-august 1981 er ikke representative for området i sommersesongen. Dessuten er det ikke utført stabilitetsmålinger i området. Nye målinger av vind- og stabilitet vil øke forståelsen av de lokale meteorologiske forholdene og bedre kvaliteten på spredningsberegningene. I spredningsberegningene i denne rapporten er stabiliteten estimert av NILU basert på tidligere erfaringer fra tilsvarende områder i Norge.

Spredningsforholdene i Øvre Årdal er meget kompliserte på grunn av de topografiske forhold i området. For vind inn dalen vil utslippene transporteres inn Moadalen og Utledalen. Bidraget inn i de to dalførene er lite beskrevet. I spredningsberegningene er det antatt at hovedmengden av transporten skjer opp Utledalen. For vind ned dalen vil utslippet føres u over Årdalsvatnet ned mot Årdalstangen. Dalen er smal og trang, og i slike vær-situasjoner vil det trolig forekomme en inversjon ca. 700-800 m over dalbunnen. Utslippet fra verket vil slippes ut under inversjonen og fylle opp tverrsnittet i dalen etter noen kilometer. Spredningen og fortyningen videre vil derfor bli meget beskjedne. I spredningsberegningene er det lagt vekt på å beskrive konsentrasjonsfordelingen nær verket i Øvre Årdal og inn i dalen for å sammenholde resultatene med retningslinjer for luftkvalitet for helse og vegetasjon.

Utslipet av fluorider skjer både i gassform og bundet til partikler. I spredningsberegningene er det antatt at partiklene har en diameter mindre enn ca. 10-15 μm i diameter. Hvis vesentlig del av partiklene har diameter på ca. 30-50 μm , så vil disse falle ut nær verket og øke gradienten i støvkonsentrasjonen inn mot verket.

Spredningsberegningene gir lave verdier for støv også under dagens forhold. Ved stenging av ÅIII i forbindelse med utvidelsen, så vil støvbelastningen bli halvert sammenlignet med dagens nivå. I en avstand på ca. 1-2 km fra verket gir beregningene halvårsmiddelverdier på ca. 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og maksimale døgnmiddelverdier på ca. 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

For svoveldioksid gir spredningsberegningene overskridelser av nedre grenseverdi for luftkvaliteten for døgnmiddel for dagens forhold. Ved innføring av lutvasking vil de maksimale døgnverdier bli halvert til ca. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og halvårsmiddelverder på 10-15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ over Øvre Årdal.

For hydrogenfluorid gir dagens forhold maksimale døgnmiddelverdier av totalt fluorid på ca. 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ inntil 1 km fra verket. På lesiden nær verket vil det kunne forekomme døgnverdier opp mot grenseverdien for helse på 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Over Øvre Årdal gir dagens forhold halvårsmiddelverdier på 3-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ om vinteren.

Ved lutvasking og ombygging av verket vil utslippet av fluorid bli nesten halver. Da reduksjonen i utslipp er størst i renseanleggene, får dette mindre effekt nær hallene. Over Øvre Årdal vil halvårsmiddelverdiene av totalt fluor bli redusert med 20-30 %.

Gassformig fluorid kan ha effekter på vegetasjonen. Det er derfor utført spredningsberegninger for sommerhalvåret. Under dagens forhold vil det kunne forekomme døgnmiddelverdier over grenseverdien for vegetasjon opp til Hjellefossen, hvor innblanding av luftmasser fra Hjelledalen trolig vil øke fortykningen vesentlig. Ved innføring av lutvasking og ombygging vil avstanden til overskridelse av grenseverdien reduseres til ca. 3 km.

I tillegg er det beregnet maksimale døgnverdier og halvårsmiddelverdier for PAH. Resultatene ga døgnmiddelverdier over 700 ng/m^3 inntil ca. 500 m fra verket og halvårsmiddelverdier ved Farnes lik 200-300 ng/m^3 om vinteren. Informasjon fra verket kan tyde på at beregningene er utført kun for PAH på partikler, slik at de beregnede konsentrasjonene er for lave.

NILU OR 46/91

"Spredningsberegninger for utslipp til luft fra aluminiumverk på Sunndalsøra"

Forfattere: T. Bøhler og M. Larsen.

SAMMENDRAG

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Hydro Aluminium, Sunndal Verk utført spredningsberegninger for utslipp til luft fra aluminiumverket på Sunndalsøra. Det er utført beregninger av døgnmiddelverdier og halvårsmiddelverdier for svoveldioksid (SO₂), hydrogenfluorid (HF), støv og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

For å vurdere de meteorologiske forhold i området er det benyttet vinddata fra 1983/84. Det er ikke målt vertikal temperaturdifferanse (termisk stabilitet) eller turbulensintensitet i området, slik at spredningsforholdene er estimert av NILU. Som grunnlag for vurdering av atmosfærens stabilitet i Sunndal, er det brukt erfaringer fra tilsvarende områder i Norge hvor stabiliteten er registrert.

I spredningsberegningene er det lagt vekt på å vurdere belastningen nær verket over Sunndalsøra og inn i Sunndalen for å sammenholde beregninger med grenseverdier for luftkvalitet for helse og vegetasjon. Det er utført spredningsberegninger for to scenarier; dagens forhold og etter utvidelse i 1997. Komplisert topografi og spredningsforhold medfører at spredningsberegningene blir usikre, men usikkerheten i endringen fra dagens forhold til 1997 er forholdsvis liten.

Hydrogenfluorid

Dagens forhold gir maksimale døgnmiddelverdier av totalt fluorid på ca. 10 µg/m³ inntil 800 m fra verket. På lesiden nær verket kan det forekomme døgnverdier opp mot grenseverdien for helse for døgn lik 25 µg/m³. Dagens forhold gir halvårsmiddelverdier om sommeren av totalt fluorid på 2-3 µg/m³ over Sunndalsøra. Utvidelse i 1997 vil føre til 30 % reduksjon av HF-utslippene. Hallutslippene fra Su IV gir imidlertid lavere røykløft ved stille vær enn SU I/II, slik at reduksjonen i belastningen i omgivelsene blir mindre enn 30 %.

Gassformig fluorid kan ha effekter på vegetasjon. Det er derfor utført spredningsberegninger for gassformig fluorid for et sommerdøgn og midlet over sommerhalvåret. Resultatene gav at det ved dagens forhold vil kunne forekomme døgnmiddelverdier over grenseverdi for vegetasjon ca. 6 km fra verket inn Sunndalen. Ved reduksjon av utslipp, spesielt fra renseanleggene, vil avstanden ut til 1 µg/m³ reduseres til ca. 4 km.

DISKUSJON

Ved bruk av utslippsdata gitt av oppdragsgiver for to scenarier, er det utført spredningsberegninger for halvårsmiddelverdier for sommerhalvåret og maksimale døgnverdier for komponentene SO₂, HF, støv og PAH.

De meteorologiske data som er brukt i spredningsberegningene er basert på vinddata målt i 1983/84. Månedene april-oktober 1984 er benyttet til å beskrive sommerhalvåret. Det er ikke utført stabilitetsmålinger i området. I spredningsberegningene i denne rapporten er stabiliteten estimert av NILU basert på tidligere erfaringer fra tilsvarende områder i Norge. Det tas forbehold om de usikkerheter som inngår i estimering av stabiliteten.

Spredningsforholdene på Sunndalsøra er meget kompliserte på grunn av de topografiske forhold i området. For vind inn fjorden vil utslippene transporteres inn Sunndalen over bebyggelsen Sunndalsøra. For vind ned dalen vil utslippet føres ut over fjorden og ikke belaste bebyggelsen. Utslipet fra verket vil fylle opp tverrsnittet i dalen de nærmeste kilometerne. Spredningen og fortynningen videre inn Sunndalen vil derfor bli meget beskjeden. I spredningsberegningene er det lagt vekt på å beskrive konsentrasjonsfordelingen nær verket og inn i dalen for å sammenholde resultatene med retningslinjer for luftkvalitet for helse og vegetasjon.

Utslipet av fluorider skjer både i gassform og bundet til partikler. I spredningsberegningene er det antatt at partiklene har en diameter mindre enn ca. 10-15 μm i diameter. Hvis en vesentlig del av partiklene har diameter på ca. 30-50 μm , vil disse falle ut nær verket og øke gradienten i støvkonsentrasjonen inn mot verket.

Spredningsberegningene gir lave verdier for støv også under dagens forhold. Ved stenging av SuI/II i forbindelse med utvidelsen i 1997, vil støvutslippet bli halvert sammenlignet med dagens nivå. I en avstand på ca. 1-2 km fra verket gir beregningene halvårsmiddelverdier på ca. 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og maksimale døgnmiddelverdier på ca. 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

For svoveldioksid gir spredningsberegningene middelverdier for sommer over 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ inntil 1 km fra verket som er en firedel av nedre grenseverdi for luftkvalitet. Maksimale døgnmidlele verdier av SO_2 på ca. 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vil forekomme inntil ca. 700 m fra verket. Utvidelse i 1997 vil føre til små endringer i SO_2 -utslippet.

For hydrogenfluorid gir dagens forhold maksimale døgnmiddelverdier av totalt fluorid på ca. 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ inntil 800 m fra verket.

På lesiden nær verket vil det kunne forekomme døgnverdier opp mot grenseverdien for helse på 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Over Sunndalsøra gir dagens forhold halvårsmiddelverdier om sommeren på 2-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Utvidelse av verket vil føre til 30 % reduksjon i utslippet av totalt fluorid. Utslippsforholdene i SuI/II gir imidlertid mindre røykluft ved stille vær enn SuI/II, slik at reduksjonen i belastningen i omgivelsene blir mindre enn utslippsreduksjonen.

Gassformig fluorid kan ha effekter på vegetasjonen. Det er derfor utført spredningsberegninger for sommerhalvåret. Under dagens forhold vil det kunne forekomme døgnmiddelverdier over grenseverdien for vegetasjon ca. 6 km fra

verket inn Sunndalen. Ved utvidelsen vil avstanden til overskridelse av grenseverdien reduseres til ca. 4 km.

I tillegg er det beregnet maksimale døgnverdier og halvårsmiddelverdier for PAH. Dagens forhold gav døgnmiddelverdier over 1.000 ng/m^3 inntil ca. 1 km fra verket og halvårsmiddelverdier over 500 ng/m^3 inntil 700-800 m fra verket. Utvidelsen i 1997 vil føre til halvering av PAH-utslippet. Maksimale døgnverdier over 500 ng/m^3 vil da kunne forekomme inntil ca. 600-700 m fra verket og halvårsmiddelverdier over 300 ng/m^3 inntil ca. 500 m fra verket.

NILU OR 36/2000

"Spredningsberegninger for utslipp til luft fra Elkem Aluminium Mosjøen" Forfattere: Knut Erik Grønskei og Frederick Gram.

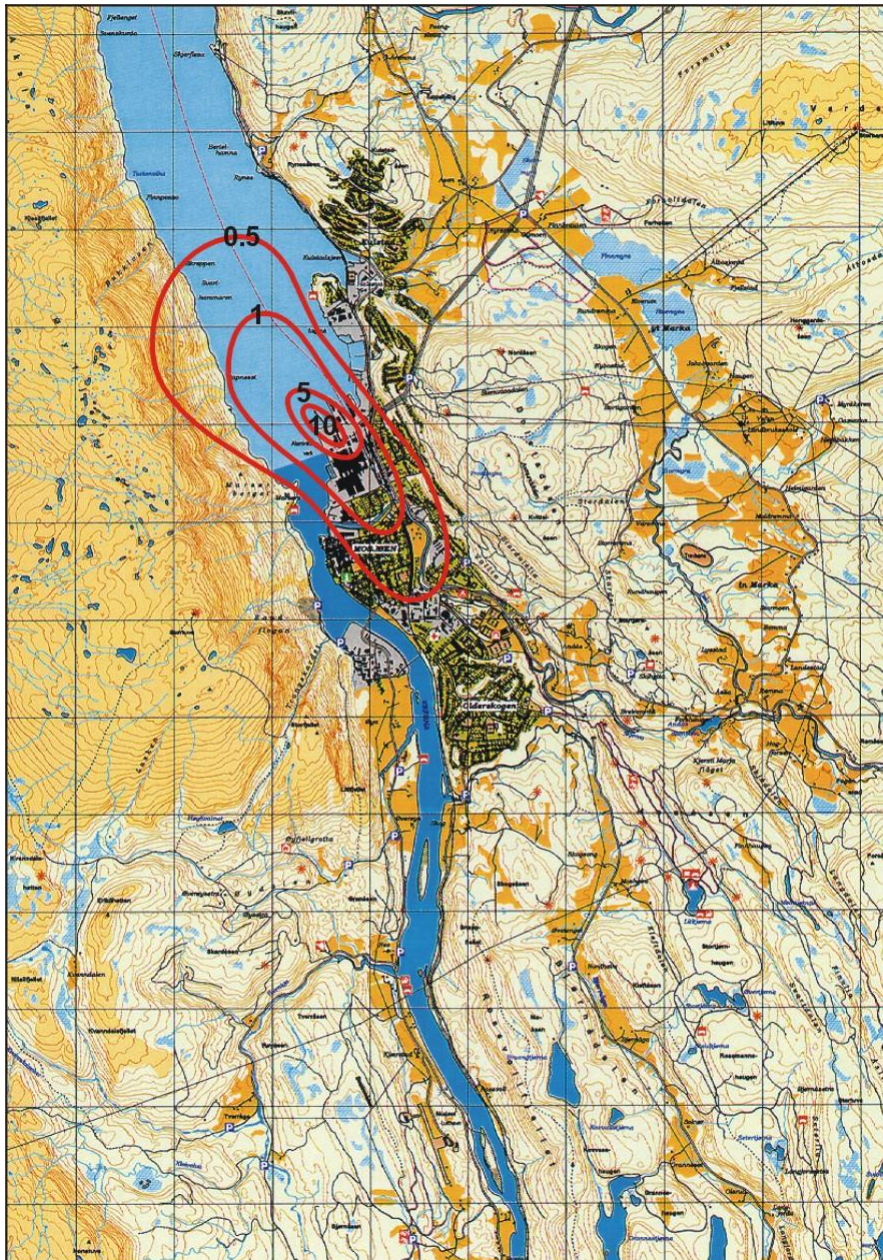
Sammendrag

Elkem Aluminium Mosjøen planlegger en større ombygning og utvidelse av aluminiumverket og har bedt NILU om å utføre spredningsberegninger og vurdere luftkvaliteten i Mosjøen før og etter ombyggingen. Hensikten med beregningene er å kartlegge virkningen på luftkvaliteten i Mosjøen av utslipp til luft før og etter utvidet elektrolyse-produksjon. Rapporten skal benyttes som vedlegg til konsesjonssøknaden og deler av rapporten skal inngå i Elkems konsekvensutredning.

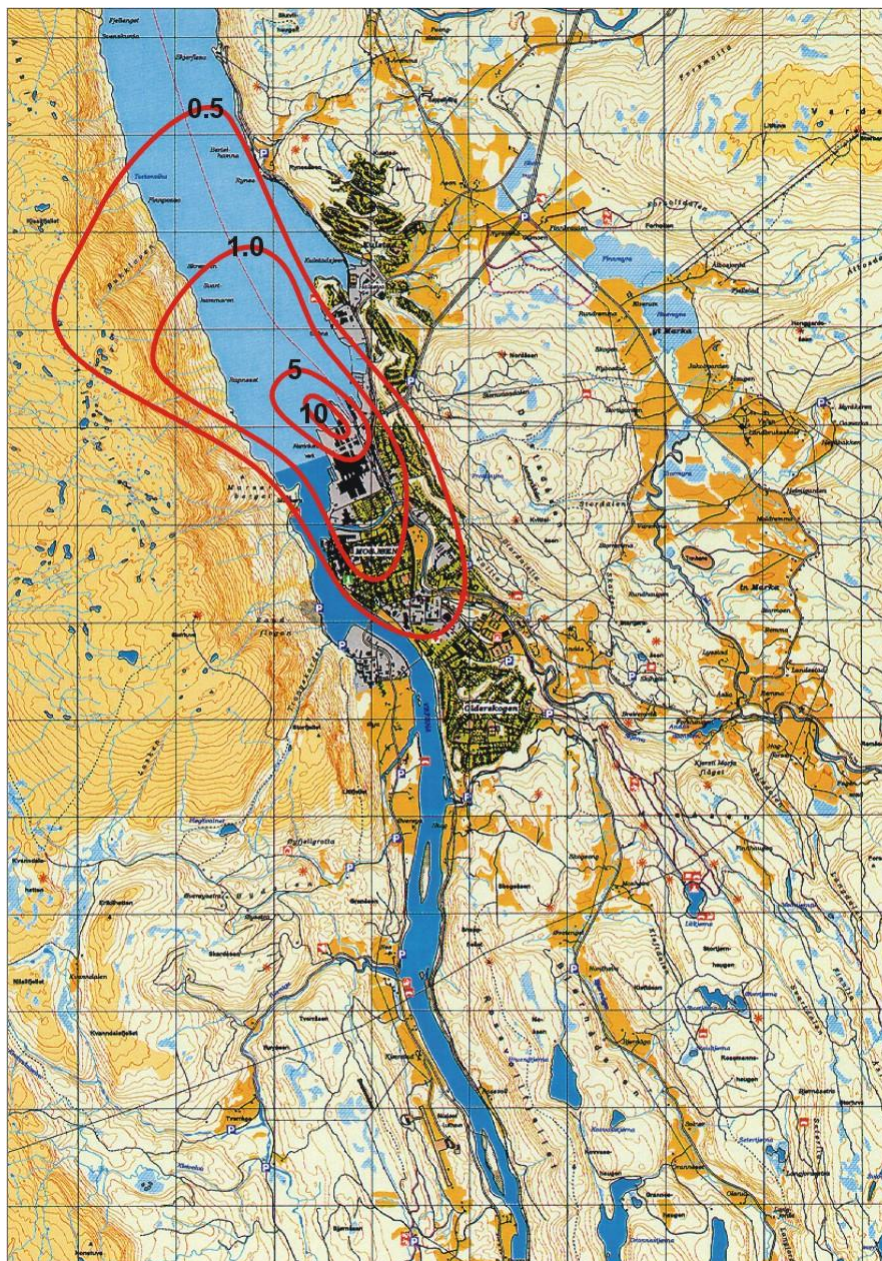
Data for utslipp og resultatet av spredningsberegningene indikerer:

- Moderniseringen fører til en vesentlig reduksjon av PAH-konsentrasjonene i Mosjøen ved at PAH-utslippet fra verket vil opphøre.
- Moderniseringen av verket fører til høyere utslipp og konsentrasjoner av gassformig fluor og av SO₂, spesielt i forurensningsepisoder (svak vind og dårlige vertikale blandingsforhold). Det kan forekomme overskridelser av SFTs luftkvalitetskriterier.
- Punktkildene gir et lite bidrag til fluorkonsentrasjonene. Derimot gir utslippene over tak av urensset hallgass fra elektrolysehallene for alle tre komponenter meget høye konsentrasjoner, både som langtidsmidler og i episodene. Ved at de 10 rensstøvnene for hallgass fra hallene 5 og 6 fjernes samtidig som en får en økning av urensset hallgass fra de planlagte prebaked-ovnene i hallene 5 og 6 vil dette føre til at anbefalte luftkvalitetskriterier overskrides.
- Støvbelastningen i tettstedet Mosjøen vil bli noe mindre på grunn av at hallgassstøvnene til hall 5 og 6 fjernes.

Det kan bli aktuelt med et måleprogram for å fastslå konsentrasjonsforholdene i Mosjøen, sammen med en registrering av gode meteorologiske data for å verifisere beregningsresultatene. Det bør utføres målinger av døgngjennomsnittlige fluorkonsentrasjoner i gassfase og som partikler samt timevise konsentrasjoner av PM_{2,5} og PM₁₀. Målingene i omgivelsene bør utføres ved to stasjoner i vekstsesongen 2001. For å kontrollere anvendelsen av beregningsmetodene bør det også utføres målinger av utslipp i den samme perioden.



Figur 1: Beregnete middelkonsentrasjoner av gassformig fluor i Mosjøen i vekstsesongen, utslipp 1999. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 2: Beregnede middelkonsentrasjoner av gassformig fluor i Mosjøen i vekstsesongen, utslipp 2004. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

NILU OR 63/2003

"Målinger av luftkvalitet ved Hydro Aluminium Sunndal i 2002"

Forfatter: Leif Otto Hagen.

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Hydro Aluminium Sunndal gjennomført målinger av luftkvalitet vinteren og sommeren 2002 på to målesteder i Sunndalen. Hensikten med målingene var å kartlegge nivået av luftforurensning i området og å sammenlikne med grenseverdier, målverdier og vurderingsterskler for luftkvalitet for de stoffene der slike finnes.

Målingene er samtidig en referanse i forhold til de forbedringene bedriften legger opp til i forbindelse med utbygging og modernisering, Su4-utbyggingen, ved at bl.a. den største kilden til PAH-utslipp ble lagt ned i desember 2002. Det legges derfor opp til en ny kartlegging av luftkvaliteten ca. 1-2 år etter at Su4-utbyggingen er ferdig.

Målingene ble utført i periodene januar-mars og juli-september 2002 ved Pensjonistsentret i Sunndalsøra sentrum og på Vennevold, som ligger ca. 6 km opp i Sunndalen fra Sunndalsøra. I vinterperioden ble det hver uke i 9 uker tatt 2 døgnmiddelpøver i 2 påfølgende døgn fra ca. kl 08 den ene dagen til ca. kl 08 den neste dagen, dvs. 18 prøver totalt. I sommerperioden ble tilsvarende målinger tatt over 10 uker, dvs. 20 prøver totalt. En av dagene hver uke i begge periodene ble det samtidig tatt en prøve av sum PAH ved Pensjonistsentret. Tre av PAH-prøvene fra sommerperioden måtte forkastes fordi prøvetakeren stoppet under prøvetakingen, og prøvetakingsvolumet var derfor ubestemt.

Målingene omfattet PM₁₀ (svevestøvpartikler med aerodynamisk diameter under 10 µm), SO₂, SO₄, fluorid i gass- og partikkelfase, samt 10 tungmetaller ved hver av stasjonene. De målte tungmetallene var bly (Pb), kadmium (Cd), kopper (Cu), sink (Zn), krom (Cr), nikkel (Ni), kobolt (Co), arsen (As), aluminium (Al) og vanadium (V). PAH-prøvene ble analysert for 33 komponenter, deriblant BaP (benzo(a)pyren). Analyseresultatene for tungmetallene Cr, Ni og Co i sommerperioden ble forkastet fordi filtermaterialet tydeligvis var forurensset av disse elementene.

Til vurdering av måledataene er det mottatt timevise meteorologiske data fra Hydro Aluminium Sunndal. Disse dataene er i første rekke brukt til å vurdere om aluminiumverket er hovedkilden til de målte konsentrasjonene eller ikke.

EU har fastsatt grenseverdier for elementene svevestøv (PM₁₀), svoveldioksid (SO₂) og bly (Pb). Disse grenseverdiene ble implementert i Norge gjennom "Forskrift om lokal luftkvalitet" fastsatt av Miljøverndepartementet 4.10.2002. For benzo(a)pyren (BaP) har EU foreslått målverdi og ikke en bindende grenseverdi. For tungmetallene arsen (As), kadmium (Cd) og nikkel (Ni) har EU foreslått vurderingsterskler. Disse er ikke juridisk bindende, men utløser overvåking av luftkvaliteten hvis de overskrides. I Norge er det også fastsatt Nasjonalt mål for PM₁₀ og SO₂. Disse følger i hovedsak grenseverdiene, men er litt strengere. Derimot er de ikke juridisk bindende.

Bortsett fra for PAH-komponenten BaP var alle måleresultatene fra de to målestasjonene til dels langt lavere enn grenseverdiene fastsatt eller foreslått som målverdi og vurderingsterskler av EU. For de fleste stoffene ble det målt klart høyere verdier på Pensjonistsentret i Sunndalsøra sentrum enn ved Vennevold 6 km opp i Sunndalen. Målingene tyder på at utslippene fra aluminiumverket ga det dominerende bidraget til de målte konsentrasjonene for de fleste komponentene.

De målte konsentrasjonene av sulfat antas i hovedsak å skyldes langtransporterte luftforurensninger. Konsentrasjonsnivået av denne komponenten var omtrent på samme nivå som det som vanligvis måles på denne tiden av året på den regionale bakgrunnsstasjonen Kårvatn i Surnadal kommune, som ligger langt fra lokale utslipp. De fleste dagene var det små forskjeller i konsentrasjonene mellom Pensjonistsentret og Vennevold.

PM₁₀ har sannsynligvis også hatt merkbare langtransporterte bidrag. Partikkelforurensning utenfra gir vanligvis relativt store bidrag selv i de største byene i Sør-Norge, i alle fall til middelverdien over lang tid.

Gjennomsnittskonsentrasjonen for BaP var 4,45 ng/m³, og den høyeste døgnmiddelkonsentrasjonen var 13,6 ng/m³. Dette var godt over EUs forslag til målverdi og vurderingsterskel for årsmiddel på 1 ng/m³. Den midlere konsentrasjonen av BaP var høyere i sommer- enn i vinterperioden. Årsaken til dette er at det vanligvis er høyere frekvens av vind inn fjorden i sommerhalvåret, dvs. fra aluminiumverket mot Sunndalsøra sentrum hvor målestasjonen var plassert.

Overskridelse av EUs forslag til målverdi for BaP kan medføre krav om et fast måleprogram for denne komponenten når dette EU-direktivet implementeres i Norge.

Måleresultatene viste at konsentrasjonene av en rekke av komponentene varierte i takt, dvs. at eksempelvis de høyeste konsentrasjonene av mange av komponentene ble målt de samme dagene. Dette skyldes at utslippene følger hverandre, dvs. at hovedkilden er den samme. Samvariasjonen mellom komponentene var bedre i vinter- enn i sommerperioden.

For nærmere å vurdere sammenhengen mellom ulike forurensende stoffer er det gjort en regresjons- og korrelasjonsanalyse av måledataene. Analysen viste at særlig stoffene partikulært fluorid, gassformig fluorid, SO₂, Ni, Co, Al, sum PAH og BaP samvarierte i meget høy grad. Innbyrdes korrelasjonskoeffisienter mellom disse komponentene var over eller rundt 0,9 i vinterperioden. Også andre komponenter samvarierte bra med noen av de nevnte komponentene eller med andre komponenter.

Målingene og analysene viser at aluminiumverket er hovedkilden til en rekke av de stoffene som er kartlagt i måleprogrammet. Av de stoffene som har grense- eller målverdi for luftkvalitet, ble imidlertid bare EUs foreslåtte målverdi for PAH-komponenten BaP overskredet. Ved stasjonen i Sunndalsøra var nivået av total fluorid (sum av gass- og partikkelfase) noe under Verdens helseorganisasjons anbefaling.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for gassfase av fluorid med hensyn til virkning på dyr ble overskredet i Sunndalsøra både i vinter- og sommerperioden og på Vennevold i sommerperioden. Nivået av gassformig fluorid i Sunndalsøra var omtrent som SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier satt for beskyttelse av vegetasjon.

Gjennomsnittskonsentrasjonen for målingene i 2002 var $4,45 \text{ ng/m}^3$, og konsentrasjonen var høyere i sommer- enn i vinterperioden. Dette nivået var mye høyere enn EU-kommisjonens forslag til målverdi og vurderingsterskel for årsmiddel på 1 ng/m^3 . Gjennomsnittskonsentrasjonen av BaP i 2002 var ca. 140% høyere enn ved tilsvarende målinger i 1991 ($1,85 \text{ ng/m}^3$). Konsentrasjonen av sum PAH gikk derimot ned vel 10% fra 1991 til 2002, slik at BaP utgjorde en noe høyere andel av sum PAH i 2002 (1,22%) enn i 1991 (0,45%). Det er vanskelig å forklare hvorfor BaP har økt så mye, mens PAH totalt har gått ned. Det var særlig i sommerperioden dette utslaget kom. Det har imidlertid vært betydelig økt tungtrafikk på bedriftsområdet sommeren 2002 i forbindelse med ombyggingen av verket.

Den høyeste målte døgnmiddelkonsentrasjonen var $13,6 \text{ ng/m}^3$ i 2002, mens den var $3,7 \text{ ng/m}^3$ i 1991.

Samvariasjon mellom parametre

En rekke av de komponentene som er målt varierer i takt, dvs. at eksempelvis de høyeste konsentrasjonene av mange av komponentene måles de samme dagene. Dette skyldes at utslippene følger hverandre, dvs. at hovedkilden er den samme.

Analysen viste at partikulært fluorid, gassformig fluorid, SO_2 , Ni, Co, Al, sum PAH og BaP alle samvarierte i meget høy grad med hverandre. Innbyrdes korrelasjonskoeffisienter mellom disse komponentene var over eller rundt 0,9 i vinterperioden. Også andre komponenter samvarierte godt med noen av de nevnte komponentene eller med andre komponenter. I sommerperioden var korrelasjonskoeffisientene generelt lavere.

Noen stoffer samvarierte bare i liten eller mindre grad med andre stoffer. Dette gjelder først og fremst Cu og Cr, som i praksis ikke korrelerte med de andre stoffene. Også Zn og As hadde liten grad av samvariasjon med de fleste andre stoffene. V og Pb korrelerte ganske bra med noen stoffer, men dårlig med andre.

PM_{10} og SO_4 hadde en viss korrelasjon med nesten alle de andre komponentene, men korrelasjonskoeffisientene var ganske lave. Begge disse komponentene hadde antagelig merkbare bidrag av langtransporterte forurensninger. For SO_4 var forurensninger utenfra antagelig helt dominerende.

NILU OR 88/2003

"Luftkvalitet ved Hydro Aluminium Sunndal etter Su4-utbygging"

Forfatter: Karl Idar Gjerstad.

Sammendrag og konklusjon

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Hydro Aluminium Sunndal utført spredningsberegninger for fremtidige forventede utslipp til luft fra aluminiumverket på Sunndalsøra. Det er utført spredningsberegninger for døgnmiddelverdier og halvårsmiddelverdier for svoveldioksid (SO₂), fluorider, svevestøv (PM₁₀) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

For å vurdere de meteorologiske forhold i området er det benyttet vinddata fra 1983/1984. NILU har brukt erfaringer fra tilsvarende områder i Norge som grunnlag til å estimere vertikale spredningsforhold.

I spredningsberegningene er det lagt vekt på å vurdere belastning fra anlegget inn Sunndalen og i Sunndalsøra tettsted for å sammenholde beregningene med grenseverdier for luftkvalitet.

Utbygging og modernisering av HA Sunndal har ført til at utslippene av samtlige komponenter har blitt redusert i forhold til tidligere. Dette vises også i de beregnede konsentrasjonsnivåene omkring anlegget. Sammenlignes beregninger for den fremtidige utslippssituasjonen etter modernisering med beregningene fra 1991, ser vi en klar forbedring av luftkvaliteten i og omkring Sunndalsøra. Sammenligning av de samme beregningene med måleresultater fra 2002 viser også at beregningene gir et forholdsvis korrekt bilde av konsentrasjonsnivået.

Svoveldioksid (SO₂)

Beregninger for utslipp etter modernisering viser at konsentrasjoner av SO₂ ikke overskrider EUs grenseverdier eller Nasjonale mål, verken for langtidsmiddel eller maksimal døgnmiddel. Sammenligning av disse beregningene med beregningene fra 1991, viser at både halvårsmiddelkonsentrasjon og maksimal døgnmiddelkonsentrasjon blir omlag halvert. Beregnede konsentrasjoner av SO₂ står i samsvar med målingene fra 2002.

Fluorider

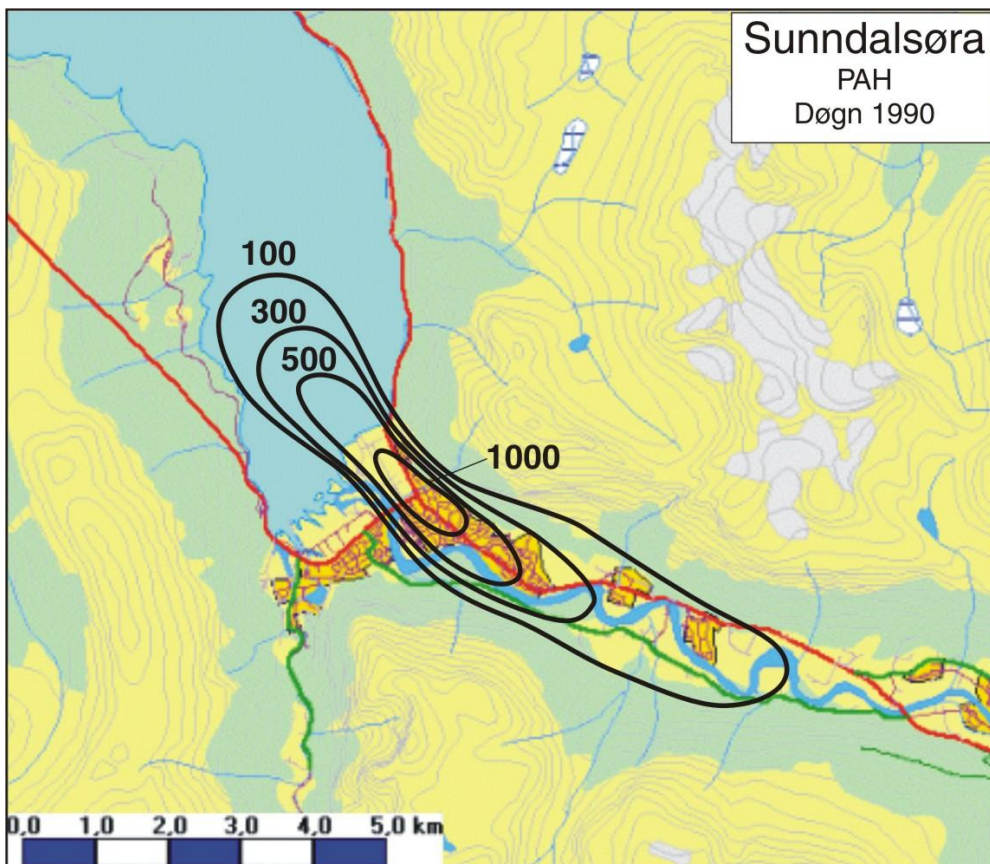
Beregninger for utslipp etter modernisering viser at halvårsmiddelkonsentrasjon av total fluor overskrider 1 µg/m³ inntil 1 km fra bedriftsområdet. Dette er WHO's anbefalte grense for beskyttelse av vegetasjon som årsmiddelkonsentrasjon. Denne grensen er også tilstrekkelig for beskyttelse av helse. Sammenligning av beregningene for utslippssituasjonen etter modernisering med beregningene fra 1991, viser at både halvårsmiddelkonsentrasjon og maksimal døgnmiddelkonsentrasjon er mer enn halvert. Beregnede konsentrasjoner av fluorid står delvis i samsvar med målingene fra 2002.

Svevestøv (PM₁₀)

Beregninger for utslipp etter modernisering viser at konsentrasjoner av PM₁₀ ikke overskrider EUs grenseverdier eller Nasjonale mål, verken for langtidsmiddel eller maksimal døgnmiddel. Sammenligning av beregningene for utslippssituasjonen etter modernisering med beregningene fra 1991 viser at både halvårsmiddelkonsentrasjon og maksimal døgnmiddelkonsentrasjon er mer enn halvert. Det er stor sprik mellom beregnede verdier og målte verdier fra 2002. Det antas at dette i stor grad kan forklares med utslipp fra andre kilder enn HA Sunddal. Eksempel på andre kilder kan være store bygge- og anleggsaktiviteter, biltrafikk, langtransportert forurensing og utslipp fra jordbruk.

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Beregninger for utslipp etter modernisering viser at halvårsmiddelkonsentrasjon av PAH overskrider 100 ng/m³ inne på bedriftsområdet og at den overskrider 50 ng/m³ i de nærmeste boligområdene. Maksimal døgnmiddelkonsentrasjon overskrider 150 ng/m³ for de nærmeste boligområdene. Sammenligning av beregningene for utslippssituasjonen etter modernisering med beregningene fra 1991 viser at både halvårsmiddelkonsentrasjon og maksimal døgnmiddelkonsentrasjon er redusert med en faktor på omlag 10. Beregningene for utslipp etter modernisering er langt lavere enn målingen gjort i 2002, dette er forventet ettersom utslippet av PAH blir redusert kraftig etter modernisering.



Figur 1: Før utbygging. Beregnede maksimale døgnmiddelkonsentrasjoner av PAH (ng/m³) om sommeren.

Sammenligning med måledata fra 2002

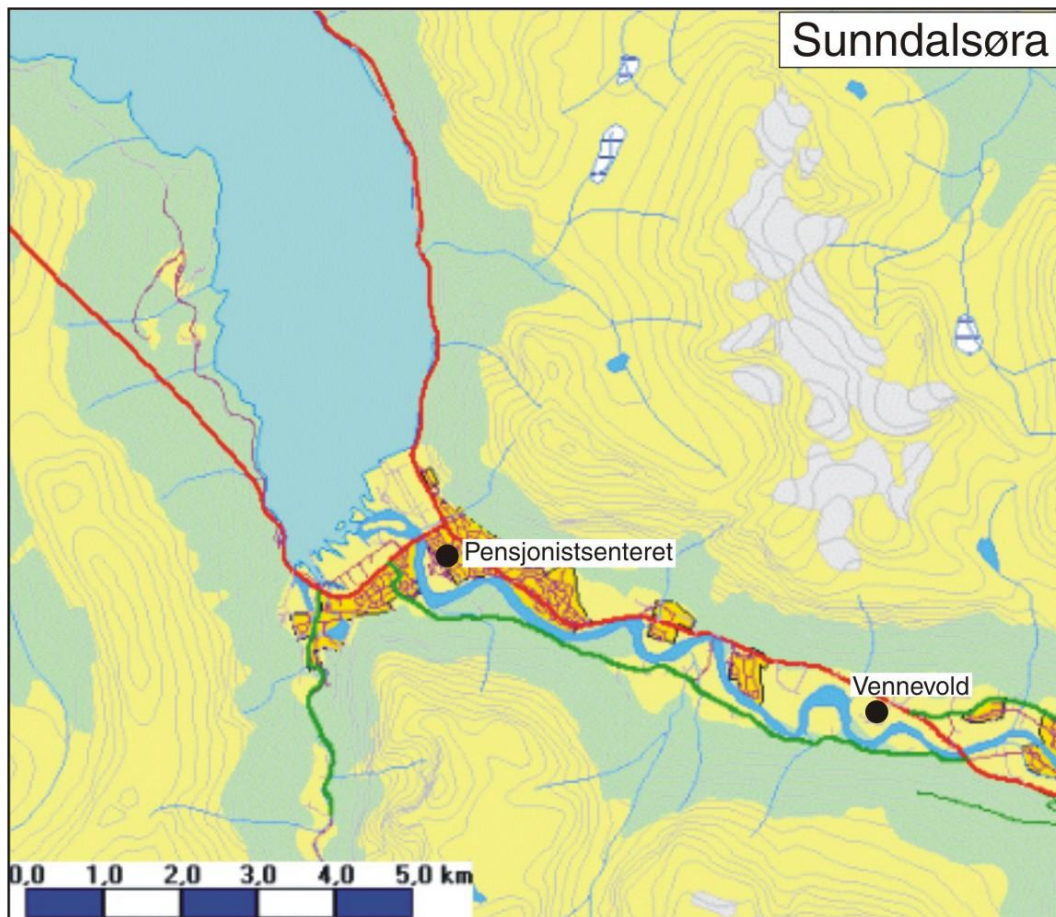
NILU har på oppdrag fra Hydro Aluminium Sunndal gjennomført målinger av luftkvalitet vinter og sommer 2002. Det ble målt for 18 dager om vinteren og 20 dager om sommeren. Det ble gjort målinger ved to stasjoner, Pensjonistsenteret i Sunndalsøra sentrum og Vennevold som ligger ca 6 km opp i Sunndalen. Resultatene fra sommerperioden er her sammenlignet med resultatene fra kapittel 5. Totalt utslipp fra HA Sunndal i 2002 var noe ulikt det datagrunnlaget som er benyttet i denne rapporten.

Tabell 1 viser prosessutslipp fra verket i 2002 og forventede utslipp etter ombygging. Tabellen viser at det er kun for SO₂ at beregningene kan sammenlignes direkte med de målte resultatene.

Tabell 1: Total utslippsmengde fra alle relevante prosesskilder ved HA Sunndal for 2002 og etter ombygging. Alle tall er gitt som kg/h.

Komponent	2002	Etter ombygging
Fluor	14,3	8,8
SO ₂	27,5	29,0
PM ₁₀	41,2	29,0
PAH	1,2	0,13

Siden måleperioden bare var 20 dager fordelt over 3 måneder er disse resultatene mer sensitive for tidsvariasjoner og ikke direkte sammenlignbare med langtidsberegningene som er over 6 måneder. I tillegg vil andre kilder innefor og utenfor HA Sunndal bidra med konsentrasjoner for de målte verdiene, dette gjelder spesielt for PM₁₀, der både langtransporterte forurensninger, store bygge- og anleggsaktiviteter og biltrafikk vil gi ekstra bidrag i forhold til de beregnede verdiene som utelukkende behandler utslipp fra HA Sunndal. Tabell 2 og Tabell 3 viser sammenligning av langtidsmiddel ved de to målepunktene, Tabell 4 og Tabell 5 viser sammenligning av maksimale døgnverdier ved de to målepunktene.



Figur 2: Plassering av målestasjoner for måleprogram i 2002.

Tabell 2: Sammenligning av målte middelværdier og tilsvarende beregninger ved Pensjonistsenteret i Sunndalsøra sentrum.

Komponent	Enhet	Pensjonistsenteret	
		Målt 2002, midlingstid: 20 dager	Beregninger fremtidige forventede utslipp, midlingstid: 6 mnd
PM ₁₀	µg/m ³	15,7	3 – 5
Fluorid (total)	µg/m ³	1,1	1 – 10
Fluorid (partikkel)	µg/m ³	0,7	
Fluorid (gass)	µg/m ³	0,4	0,5 – 1
SO ₂	µg/m ³	3,1	1-3
PAH	ng/m ³	282	10 - 50

Tabell 3 Sammenligning av målte middelværdier og tilsvarende beregninger ved Vennevold, ca 6 km opp i Sunndalen.

Komponent	Enhet	Vennevold	
		Målt 2002, midlingstid: 20 dager	Beregninger fremtidige forventede utslipp, midlingstid: 6 mnd
PM ₁₀	µg/m ³	14,3	< 1
Fluorid (total)	µg/m ³	0,5	< 0,2
Fluorid (partikkel)	µg/m ³	0,2	
Fluorid (gass)	µg/m ³	0,2	< 0,1
SO ₂	µg/m ³	1,4	0,5 - 1

Tabell 4: Sammenligning av målte maksimale døgnverdier og tilsvarende beregninger ved Pensjonistsenteret i Sundalsøra sentrum.

Komponent	Enhet	Pensjonistsenteret	
		Maksimum målt på 20 dager i 2002	Maksimum beregnet døgnverdi fremtidige forventede utslipp
PM ₁₀	µg/m ³	28,6	20 – 40
Fluorid (total)	µg/m ³	2,9	5 – 20
Fluorid (partikkel)	µg/m ³	1,9	
Fluorid (gass)	µg/m ³	1,0	1 – 3
SO ₂	µg/m ³	8,2	5 – 10
PAH*	ng/m ³	530	150 - 180

Tabell 5: Sammenligning av målte maksimale døgnverdier og tilsvarende beregninger ved Vennevold, ca 6 km opp i Sunndalen.

Komponent	Enhet	Vennevold	
		Maksimum målt på 20 dager i 2002	Maksimum beregnet døgnverdi fremtidige forventede utslipp
PM ₁₀	µg/m ³	38,9	< 5
Fluorid (total)	µg/m ³	1,7	< 1
Fluorid (partikkel)	µg/m ³	1,3	
Fluorid (gass)	µg/m ³	0,5	< 0,5
SO ₂	µg/m ³	3,8	< 2

For SO₂ er det en svak underestimering ved tre intervaller og treff for ett. Tatt i betraktning at målingene er gjort over et kort tidsrom sammenlignet med beregningene er dette et godt samsvar mellom beregninger og målte verdier. For SO₂ er total utslippsmengde i 2002 og fremtidige forventede utslipp tilnærmet lik.

For fluor er de beregnede intervallene på Vennevold noe lavere enn målingen, mens beregnede intervaller på Pensjonistsenteret er noe i overkant av målingen. Utslippene vil bli redusert med nesten 40% fra 2002 til etter at ombyggingen er

gjennomført. Det er akseptabelt samsvar mellom målinger og beregninger når usikkerheter tas med i betraktningen.

For PM_{10} er alle de beregnede intervallene, med ett unntak, kraftig underestimert i forhold til de målte verdiene fra 2002. Det er grunn til å anta at andre kilder innen og utenfor HA Sunndal gir bidrag til de målte verdiene. Dette kommer tydelig fram for maksimal døgnverdi, der konsentrasjonen er høyere på Vennevold enn på Pensjonistsenteret. Dette kan ikke skyldes utslipp fra HA Sunndal siden Vennevold ligger mye lenger fra anlegget enn Pensjonistsenteret i sentrum. Det kan være flere kilder som kan forårsake disse konsentrasjonene, eksempelvis langtransportert forurensing, biltrafikk og utslipp fra jordbruk. Forventet reduksjon av utslippstall fra 2002 til etter ombygging forklarer også noe av underestimeringen.

For PAH underestimerer beregningene kraftig, men totalutslippet vil bli redusert med omlag 90% fra 2002 til etter ombygging. En slik underestimering er derfor ventet.

NILU OR 12/2005

"Målinger av luftkvalitet ved Elkem Aluminium Mosjøen i 2004"

Forfatter: Leif Otto Hagen.

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Elkem Aluminium Mosjøen gjennomført målinger av svoveldioksid (SO₂) og fluorerer høsten 2004 ved Finnskoggata i Mosjøen. Hensikten med målingene var å kartlegge nivået av luftforurensning i området og å sammenlikne med grenseverdier, nasjonale mål og vurderingsterskler for luftkvalitet for de stoffene der slike finnes.

Målingene ble utført i perioden 24.8.-30.11.2004 ved en målestasjon i Finnskoggata rett sør for og i hovedvindretningen fra aluminiumverket. Målingene omfattet SO₂, samt fluorid i gass- og partikkelfasen.

Svoveldioksid

EU har fastsatt grenseverdier for bl.a. svoveldioksid (SO₂). Disse grenseverdiene ble implementert i Norge gjennom "Forskrift om lokal luftkvalitet" fastsatt av Miljøverndepartementet 4.10.2002. Fra 1.7.2004 er denne forskriften en del av "Forskrift om begrensning av forurensning" (forurensningsforskriften). For fluorid finnes det anbefalte luftkvalitetskriterier fra Statens forurensningstilsyn (SFT, 1992).

Målingene viser at det i måleperioden var 3 døgnmiddelkonsentrasjoner av SO₂ over grenseverdien på 125 µg/m³. Dette er det samme antallet overskridelser som er tillatt i løpet av et kalenderår. Nasjonalt mål på 90 µg/m³ som maksimal døgnmiddelverdi av SO₂ ble overskredet 4 ganger i måleperioden. Tidligere vinddata fra Mosjøen viser at vind fra nordvestlig og nordlig kant forekommer langt oftere om våren og sommeren enn om høsten (Thrane, 1983c). Dette kan bety at målinger om våren og sommeren trolig ville gitt atskillig flere dager med høye konsentrasjoner enn det som ble målt høsten 2004. Det er derfor sannsynlig at grenseverdien for døgnmiddelverdi av SO₂ overskrides med god margin i Mosjøen.

Konsentrasjonene av SO₂ kan overskride grenseverdien og nasjonalt mål i døgn hvor det i alle fall i en del av døgnet har blåst fra verket mot målestasjonen. Det ser også ut til at konsentrasjonen i disse tilfellene øker med økende vindstyrke. Dette skyldes at ved økende vindstyrke vil utslippene lettere bringes ned i turbulenssonen i le av bygningene på verket. Ved lav vindstyrke vil utslippene gå høyere opp i lufta og komme ned på bakken på større avstand og i lavere konsentrasjoner.

Øvre vurderingsterskel på 75 µg/m³ i forskriften ble overskredet 6 ganger i måleperioden på vel 3 måneder. Ut fra dette kan det være behov for et fast overvåkingsprogram i området. Nedre vurderingsterskel på 50 µg/m³ ble overskredet 7 ganger.

Fluorider

Den høyeste målte døgnmiddelkonsentrasjonen av fluorid var vel $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette er noe lavere enn SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for helse på $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Om dette kriteriet vil overholdes ved målinger gjennom et helt år, er imidlertid mer usikkert.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for dyr og vegetasjon gjelder fluorid i gassfase. Selv om de anbefalte verdiene er lave, tyder måleresultatene fra høsten 2004 på at disse kriteriene likevel overholdes med relativt god margin.

Analysen viste at partikulært fluorid, gassformig fluorid og SO_2 samvarierte i meget høy grad med hverandre. Innbyrdes korrelasjonskoeffisienter mellom disse komponentene var rundt 0,9. Dette skyldes at utlippene følger hverandre, dvs. at hovedkilden er den samme.

Målingene i perioden 24.8.-30.11.2004 viste høyere konsentrasjoner enn det spredningsberegninger gjennomført tidligere i 2004 viste. Det målte nivået var også høyere enn det tidligere målinger viste for SO_2 (1974-76) og fluorid (1980-82).

Fluorid i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier

Av målt fluorid utgjorde den partikulære delen nesten alt. Den gassformige delen var i gjennomsnitt bare ca. 1,5 % av den partikulære delen. Den høyeste målte døgnmiddelkonsentrasjonen av fluorid var vel $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette er noe lavere enn SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for helse på $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Om dette kriteriet vil overholdes ved målinger gjennom et helt år, er imidlertid mer usikkert. Det anbefalte luftkvalitetskriteriet på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som gjennomsnitt over 6 måneder vil trolig overholdes med god margin. I måleperioden høsten 2004 var gjennomsnittsverdien $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for dyr og vegetasjon gjelder fluorid i gassfase. Selv om disse verdiene er lave, tyder måleresultatene fra høsten 2004 på at disse kriteriene likevel overholdes med relativt god margin.

Tidligere målinger og spredningsberegninger av fluorid

I perioden november 1980-februar 1982 ble det gjennomført målinger av bl.a. fluorid på en stasjon beliggende mellom stasjonen i Finnskoggata og den tidligere SO_2 -stasjonen ved Mosjøen gymnas (Thrane, 1983c). Disse målingene viste middelverdier av partikulært fluorid på ca. $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ høst og vinter, ca. $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ om våren og ca. $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ om sommeren. Denne forskjellen skyldes forskjellen i vindfrekvensfordelingen gjennom året, med høyest frekvens av vind fra verket mot byen i sommermånedene. Gjennomsnittsverdien høsten 2004 på $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ var noe høyere enn i 1980-82. Det samme gjelder for den høyeste målte døgnmiddelverdien, $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ høsten 2004 og $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sommeren 1981.

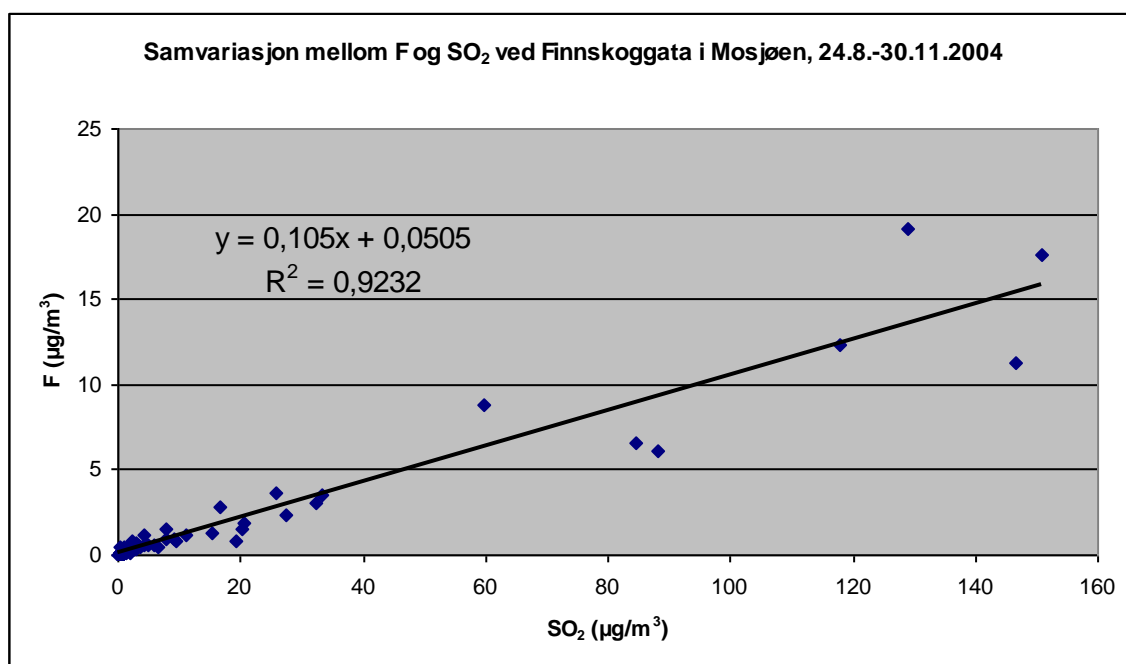
Spredningsberegningene for fluorid (hvis en sammenlikner beregnet gassformig fluorid og målt partikulært fluorid) for sommerhalvåret viste omtrent samme nivå som målingene høsten 2004 (Tønnesen, 2004). Det er likevel trolig at målinger

gjennom et helt sommerhalvår ville gitt et høyere nivå enn det som ble målt i perioden 24.8.-30.11.2004.

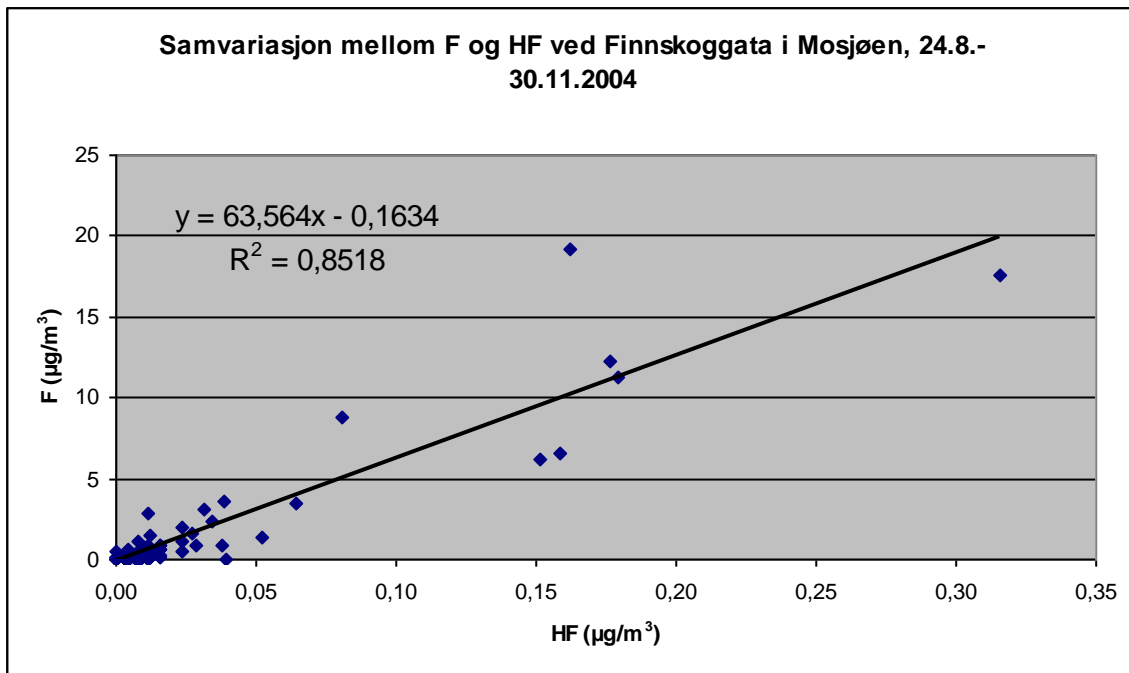
Samvariasjon mellom SO₂ og fluorid

Det grafiske bildet i Figur 1 foran antyder at de komponentene som er målt varierer i takt, dvs. at eksempelvis de høyeste konsentrasjonene måles de samme dagene.

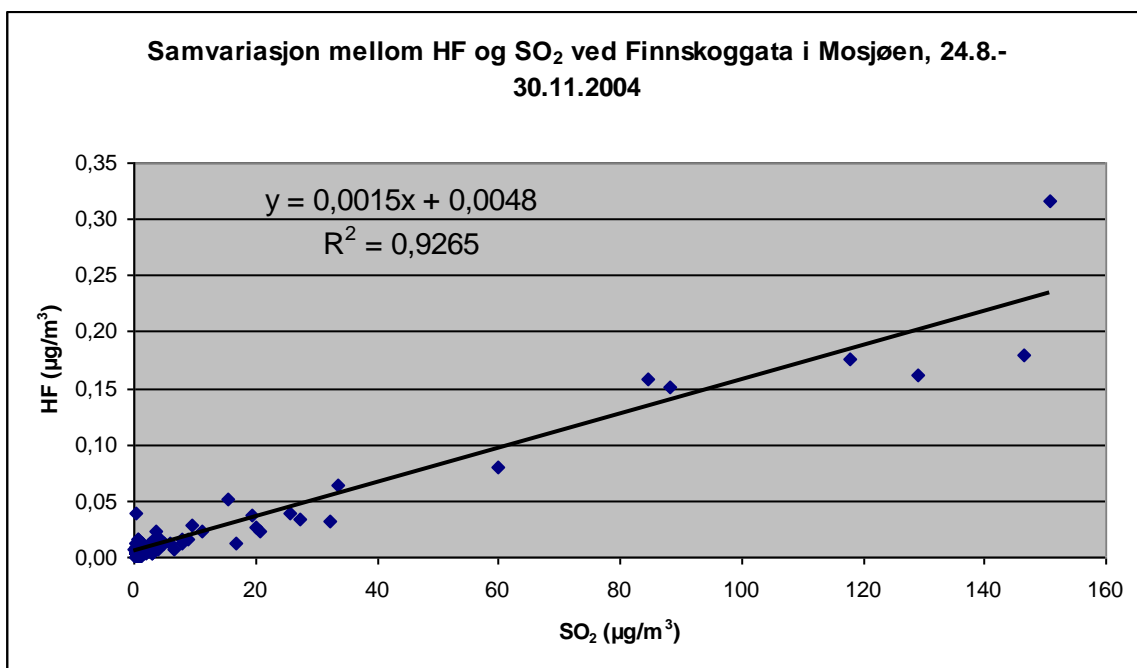
For å se nærmere på sammenhengen mellom SO₂, HF og F er det gjort en regresjons- og korrelasjonsanalyse av måledataene. I Figur 1 – Figur 3 er det vist samvariasjonen mellom de målte stoffene.



Figur 1: Samvariasjon mellom F (partikulært) og SO₂ ved Finnskoggata i Mosjøen i perioden 24.8.-30.11.2004.



Figur 2: Samvariasjon mellom F (partikulært) og HF (gass) ved Finnskoggata i Mosjøen i perioden 24.8.-30.11.2004.



Figur 3: Samvariasjon mellom HF (gass) og SO₂ ved Finnskoggata i Mosjøen i perioden 24.8.-30.11.2004.

Analysen viste at partikulært fluorid, gassformig fluorid og SO₂ samvarierte i meget høy grad med hverandre. Innbyrdes korrelasjonskoeffisienter mellom disse komponentene var rundt 0,9. Dette skyldes at utslippene følger hverandre, dvs. at hovedkilden er den samme. Til fluorid er det neppe andre kilder enn aluminiumverket i Mosjøen.

NILU OR 89/2006

"Målinger av luftkvalitet i Sunndal i 2006"

Forfatter: Leif Otto Hagen.

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Hydro Aluminium Sunndal gjennomført målinger av luftkvalitet vinteren og sommeren 2006 på to målesteder i Sunndalen. Hensikten med målingene var å kartlegge nivået av luftforurensning i området, sammenlikne med grenseverdier og målverdier for luftkvalitet for de stoffene der slike finnes og å sammenlikne med tilsvarende målinger vinteren og sommeren 2002.

Målingene i 2002 (Hagen, 2003) var samtidig en referanse i forhold til de forbedringene bedriften la opp til i forbindelse med utbygging og modernisering, Su4-utbyggingen, ved at bl.a. den største kilden til PAH-utslipp ble lagt ned i desember 2002. Målingene i 2006 er en ny kartlegging av luftkvaliteten etter at Su4-utbyggingen er ferdig gjennomført.

Målingene ble utført i periodene januar-mars og mai-august 2006 ved Pensjonist-sentret i Sunndalsøra sentrum og på Vennevold, som ligger ca. 6 km opp i Sunndalen fra Sunndalsøra. I vinterperioden ble det hver uke i 9 uker tatt 2 døgnmiddelprøver i 2 påfølgende døgn fra ca. kl 08 den ene dagen til ca. kl 08 den neste dagen, dvs. 18 prøver totalt. I sommerperioden ble tilsvarende målinger tatt over 10 uker, dvs. 20 prøver totalt. En av dagene hver uke i begge periodene ble det samtidig tatt en prøve av sum PAH ved Pensjonistsentret.

Målingene omfattet PM₁₀ (svevestøvpartikler med aerodynamisk diameter under 10 µm), SO₂, SO₄, fluorid i gass- og partikkelfase, samt 10 tungmetaller ved hver av stasjonene. De målte tungmetallene var bly (Pb), kadmium (Cd), kopper (Cu), sink (Zn), krom (Cr), nikkel (Ni), kobolt (Co), arsen (As), aluminium (Al) og vanadium (V). PAH-prøvene ble analysert for 33 komponenter, deriblant BaP (benzo(a)pyren).

Fra met.no (Meteorologisk institutt) har NILU hentet inn meteorologiske observasjoner på timebasis for prøvetakingsdagene. De viktigste parametrene er vindretning, vindstyrke og temperatur. Den meteorologiske målestasjonen drives av Hydro Aluminium Sunndal for met.no.

EU har fastsatt grenseverdier for elementene svevestøv (PM₁₀), svoveldioksid (SO₂) og bly (Pb). Disse grenseverdiene ble implementert i Norge gjennom "Forskrift om lokal luftkvalitet" fastsatt av Miljøverndepartementet 4.10.2002. Fra 1.7.2004 er denne forskriften en del av "Forskrift om begrensning av forurensning" (forurensningsforskriften). For benzo(a)pyren (BaP) og tungmetallene arsen (As), kadmium (Cd) og nikkel (Ni) har EU fastsatt målverdier. Disse trådte i kraft 15.2.2005, skal implementeres i EU/EØS-området senest 15.2.2007 og skal ikke overskrides etter 31.12.2012.

I Norge er det også fastsatt Nasjonalt mål for PM_{10} og SO_2 . Disse følger i hovedsak grenseverdiene, men er litt strengere. Derimot er de ikke juridisk bindende.

Bortsett fra for PAH-komponenten BaP var alle måleresultatene fra de to målestasjonene til dels langt lavere enn grenseverdiene og målverdiene. For BaP var middelkonsentrasjonen under målverdien i 2006, men over nedre vurderings terskel.

Middelkonsentrasjonene i 2006 var lavere enn i 2002 for en rekke komponenter ved Pensjonistsentret i Sunndalsøra sentrum. Ved Vennevold 6 km opp i Sunndalen var nedgangen betydelig mindre eller ikke forekommende. For en del stoffer ble det i 2006 målt høyere verdier på Pensjonistsentret i Sunndalsøra sentrum enn ved Vennevold 6 km opp i Sunndalen. For disse stoffene tyder målingene på at utslippene fra aluminiumverket ga det største bidraget til de målte konsentrasjonene. I 2002 var det høyere verdier på Pensjonistsentret enn ved Vennevold for alle stoffer.

Nedgangen fra 2002 til 2006 var størst for PAH og BaP. PAH hadde en nedgang på ca. 75% både i vinter- og sommerperioden fra 2002 til 2006. For BaP var nedgangen vel 50% i vinterperioden og mer enn 95% i sommerperioden. Svært mye høyere gjennomsnittlig BaP-konsentrasjon om vinteren ($1,63 \text{ ng/m}^3$) enn om sommeren ($0,16 \text{ ng/m}^3$), samt sammensetningen av PAH-prøvene som har høyest BaP indikerer at vedfyring kan være en vesentlig kilde til BaP. Biltrafikk ser også ut til å gi noe bidrag.

De målte konsentrasjonene av sulfat antas i hovedsak å skyldes langtransporterte luftforurensninger. Konsentrasjonsnivået av denne komponenten var opp mot samme nivå som det som vanligvis måles på denne tiden av året på den regionale bakgrunnsstasjonen Kårvatn i Surnadal kommune, som ligger langt fra lokale utslipp. De fleste dagene var det små forskjeller i konsentrasjonene mellom Pensjonistsentret og Vennevold.

PM_{10} har sannsynligvis også hatt merkbare langtransporterte bidrag. Partikkelforurensning utenfra gir vanligvis relativt store bidrag selv i de største byene i Sør-Norge, i alle fall til middelverdien over lang tid. Trolig er imidlertid også de lokale støvutslippene noe redusert.

Målingene viste at konsentrasjonene av gassformig fluorid ved Pensjonistsentret var høyere enn alle SFTs kriterier satt for beskyttelse av vegetasjon i sommerperioden, men lavere i vinterperioden. Kriteriet satt for virkning på dyr ble overskredet ved Pensjonistsentret i begge måleperiodene, og mest i sommerperioden. Ved Vennevold ble kriteriene for vegetasjon for 30 døgn og 6 måneder overskredet i sommerperioden. Kriteriet for dyr på $0,15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ som gjennomsnitt over 30 dager ble også overskredet ved Vennevold i sommerperioden. Fluorid i gassfasen var uforandret ved Pensjonistsentret fra 2002 til 2006, mens det har vært en liten økning ved Vennevold.

For fluorid i partikkelfase og SO_2 ble middelkonsentrasjonene redusert nærmere 50% fra 2002 til 2006. Reduksjonen er størst i vinterperioden. Ved Vennevold var

det ingen endring i nivået, men konsentrasjonene var klart lavere enn ved Pensjonistsentret.

Nivået av total fluorid (sum av gass- og partikkelfase) var klart under Verdens helseorganisasjons anbefaling.

For en del av tungmetallene har konsentrasjonene gått ned 40-60% ved Pensjonistsentret fra 2002 til 2006. Dette gjelder Pb, Cd, Ni, Co, As, Al og V. Bortsett fra As og V var det liten eller ingen nedgang ved Vennevold.

Måleresultatene viste at konsentrasjonene av en rekke av komponentene varierte i takt, dvs. at eksempelvis de høyeste konsentrasjonene av mange av komponentene ble målt de samme dagene. Dette skyldes at utslippene følger hverandre, dvs. at hovedkilden er den samme. Samvariasjonen mellom komponentene var bedre i vinter- enn i sommerperioden. Best samvariasjon var det mellom Pb, Cd, Zm og BaP i vinterperioden med korrelasjonskoeffisienter over 0,9.

I sommerperioden var korrelasjonskoeffisientene generelt lavere, men PM₁₀, SO₄ og Pb samvarierte godt, som kan tyde på noe bidrag fra langtransporterte luftforurensninger til disse komponentene.

Sammenlikning av luftkvalitet i 2006 med 2002

Måleprogrammet i 2006 var helt likt programmet i 2002. Målingene er begge årene gjennomført i 9 uker i vinterperioden og i 10 uker i sommerperioden. Siden 2002 er aluminiumverket i Sunndalsøra ombygd. Hensikten med målingene i 2006 var å se om ombyggingen har ført til bedring i luftkvaliteten i nærområdet.

Tabell 1 viser de målte middelveidene for målingene i 2002 og 2006 ved Pensjonistsentret og Vennevold. Middelveidene er beregnet som gjennomsnittet av middelveidene i vinter- og sommerperioden. Siden det har vært relativt få målinger, kan årsmiddelveidene være noe usikre.

Tabell 1: Sammenlikning av luftkvaliteten i 2002 og 2006 ved Pensjonistsentret og Vennevold. Middelerdiene er basert på 18 prøver (9 for PAH og BaP) i vinterperiodene og 20 prøver (10 for PAH og BaP) i sommerperiodene. For tungmetallene er det bare 13 prøver ved Pensjonistsentret vinteren 2006. PAH (og BaP) ble bare målt ved Pensjonistsentret begge årene. For Cr, Ni og Co gjelder sammenlikningen bare vinterperioden, da sommerdata for disse komponentene ikke foreligger for 2002.

Stoff	Enhet	Pensjonistsentret Middel 2002	Pensjonistsentret Middel 2006	Vennevold Middel 2002	Vennevold Middel 2006
PM ₁₀	µg/m ³	14,2	11,2	10,4	9,8
Fluorid (partikler)	µg/m ³	0,58	0,30	0,16	0,16
Fluorid (gass)	µg/m ³	0,34	0,36	0,14	0,23
SO ₂ (gass)	µg/m ³	3,06	1,57	1,10	1,05
SO ₄ (partikler)	µg/m ³	0,81	1,25	0,73	1,25
Pb	ng/m ³	2,65	1,58	1,50	1,43
Cd	ng/m ³	0,18	0,09	0,09	0,07
Cu	ng/m ³	1,84	2,14	1,74	1,31
Zn	ng/m ³	10,6	8,10	5,91	5,53
Cr	ng/m ³	0,82	1,21	0,36	1,09
Ni	ng/m ³	3,48	1,62	0,73	1,16
Co	ng/m ³	0,14	0,07	0,06	0,05
As	ng/m ³	1,42	0,58	0,59	0,35
Al	ng/m ³	797	471	330	425
V	ng/m ³	2,10	1,01	1,60	0,77
Sum PAH	ng/m ³	366	89		
BaP	ng/m ³	4,45	0,89		

Middelkonsentrasjonene i 2006 var lavere enn i 2002 for en rekke komponenter ved Pensjonistsentret i Sunndalsøra sentrum. Ved Vennevold 6 km opp i Sunndalen var nedgangen betydelig mindre eller ikke forekommende.

Nedgangen var størst for PAH og BaP. PAH hadde en nedgang på ca. 75% både i vinter- og sommerperioden fra 2002 til 2006. For BaP var nedgangen vel 50% i vinterperioden og mer enn 95% i sommerperioden. Middelerdiene for BaP var 1,63 ng/m³ i vinterperioden og så lav som 0,16 ng/m³ i sommerperioden. Dette gir en årsmiddelerdi på ca. 0,9 ng/m³ i 2006, som er under EUs målverdi på 1 ng/m³, men samtidig noe over øvre vurderingsterskel på 0,6 ng/m³.

Analysene av PAH i vinterperioden tyder på at vedfyring og biltrafikk kan gi et betydelig bidrag til BaP. I enkeltprøvene med de høyeste BaP-konsentrasjonene var det samtidig klart forhøyede konsentrasjoner av komponenten reten (sporstoff for vedfyring). I noen av prøvene var det også forhøyede konsentrasjoner av koronen (sporstoff for biltrafikk). Det ser derfor ut til at vedfyring kan ha vært en hovedkilde til BaP i vinterperioden 2006, men også med noe bidrag fra biltrafikk.

Vurdert på grunnlag av sommermålingene har bidraget fra aluminiumverket trolig vært lite også i vinterperioden.

For fluorid i partikkelfase og SO₂ ble middelkonsentrasjonene redusert nærmere 50% fra 2002 til 2006. Reduksjonen er størst i vinterperioden. Ved Vennevold var det ingen endring i nivået, men konsentrasjonene var klart lavere enn ved Pensjonistsentret. Fluorid i gassfasen var uforandret ved Pensjonistsentret, mens det har vært en liten økning ved Vennevold.

Partikulært sulfat har økt ved begge stasjonene. Middelkonsentrasjonen var imidlertid lik ved Pensjonistsentret og Vennevold, og hovedkilden er trolig langtransporterte luftforurensninger.

For en del av tungmetallene har konsentrasjonene gått ned 40-60% ved Pensjonistsentret. Dette gjelder Pb, Cd, Ni, Co, As, Al og V. Bortsett fra As og V var det liten eller ingen nedgang ved Vennevold. Dette kan skyldes at utslippene nå hovedsakelig kommer fra skorsteiner som gir god spredning og lite nedslag i nærområdet.

I 2003 hadde NILU oppdrag fra Hydro Aluminium Sunndal om å utføre teoretiske spredningsberegninger i forkant av utbyggingen (Gjerstad, 2003) Disse spredningsberegningene tilsvarer måleprogrammet i 2006. Resultatene fra spredningsberegningen fra 2003 samsvarer godt med de faktiske målingene fra 2006 for de fleste stoffer. For PM₁₀ er det dårlig samsvar mellom modellberegning og målinger. Dette skyldes trolig at det i modellberegningene ikke ble tatt hensyn til andre kilder enn Hydro Aluminium Sunndal. Vedfyring, trafikkutslipp og langtransportert forurensning er eksempel på andre kilder som bidrar til konsentrasjoner av PM₁₀ og som ikke var inkludert i spredningsberegningene i 2003.

NILU OR 24/2007

**"Utvidet produksjon ved Elkem Aluminium Mosjøen.
Spredningsberegninger"**
Forfatter: Dag Tønnesen

Sammendrag

Elkem Aluminium Mosjøen planlegger bygging og drift av en ny elektrolysehall, samt utvidelse av to eksisterende haller og har bedt NILU om å utføre spredningsberegninger i forbindelse med dette. NILU har tidligere utført spredningsberegninger i forbindelse med ombygginger ved verket. (NILU OR 36/2000 – Spredningsberegninger for utslipp til luft fra Elkem Aluminium Mosjøen, NILU OR 36/2004 – Produksjon av forbakte anoder ved Elkem Aluminium Mosjøen, spredningsberegninger). Hensikten med beregningene er å kartlegge virkningen på luftkvaliteten i Mosjøen av utslipp til luft etter ombyggingen.

Beregningene viser at konsentrasjoner av SO₂ over grenseverdien for økosystemer (årsmiddelverdi) vil forekomme, men slike konsentrasjoner forekommer over fjorden. Luftkvalitetskriteriet for virkning av fluorid på vegetasjon er overskredet i et område på ca. 4 km² rundt aluminiumsverket.

Resultater av spredningsberegningene

Beregningsmetode for langtidsmidler

Beregningene er basert på KILDER-programmene PUNKT-KILDER og HALL-KILDER (Gram, 1996 og 2000). Kildene er gruppert i to: Punktutslipp og hallutslipp. Spredningen fra punktutslippene er beregnet ved Gaussiske spredningsformler, inkludert overhøydeberegninger for avgassene samt korreksjon for bygningsturbulens ved lave utslipp. For hver meteorologisk kombinasjon av vindretning, vindstyrke og stabilitet beregnes det et konsentrasjonsfelt på grunnlag av utslippene, og dette multipliseres med frekvensen. Konsentrasjonene beregnes som sektormidlete bakkekonsentrasjoner. Vedlegg A viser frekvensmatrisene for henholdsvis sommeren og vinteren.

Ventilasjonsluften (hallgassene) fra elektrolysehallene slippes ut gjennom spalter i taket, og disse behandles som hall-kilder. Det er regnet med at diffuse takutslipp blandes effektivt blant bygningsmassen. Konsentrasjonene for hallutslippene beregnes ved at utslippene tilordnes segmenter av hallene. Spredningen beregnes på samme måte som ved punktkildene. Det er utført overhøydeberegninger også for hallgassene på bakgrunn av målte vertikalhastigheter for takåpningene.

Beregningsresultater

For alle beregningene av langtidsmiddelverdier er det beregnet et konsentrasjonsfelt med 18 x 26. Hver rute er 500x500 m². De høyeste konsentrasjonene er nær fabrikken, og det er store konsentrasjonsgradienter i feltet. Figur 1 viser konsentrasjonsfeltet av fluorid for sommeren. Den dominerende hovedvindretningen i Mosjøen er ned dalen og ut fjorden. I

vindsektoren 120°-180° er frekvensen ca. 72 % om vinteren og ca. 50 % om sommeren. På grunn av vekstsesongen (mai til september) er hovedvekten lagt på sommersesongen. I tillegg viser vindfordelingsfrekvensen at det i sommersesongen blåser mye oftere fra utslippene mot bebyggelsen i Mosjøen enn i vintersesongen. Figur 1 viser konsentrasjonsfordelinger i sommerhalvåret og vinterhalvåret for komponentene SO₂ og totalt støv med utslipp for 2012. Konsentrasjonsfeltet for gassformig fluorid i sommerhalvåret er vist i Figur 2.

Tabell 1 viser beregnede maksimalkonsentrasjoner i bakkenivå for de tre beregnede komponentene, samt verdiene for PM₁₀ og PM_{2,5}. Beregningene merket med Epi1, Epi2 og Epi3 gjelder døgnmidler der belastningen i bebyggelsen kan bli høy. Konsentrasjonene vist i "episodene" er maksimalkonsentrasjonen beregnet sør-sørøst for verket. På grunn av at vertikalhastigheten av utslipp fra hallene ikke er ubetydelig viser disse beregningene at de kritiske situasjonene for høye døgnmiddelkonsentrasjoner er knyttet til perioder med høy vindstyrke (4,5 m/s og 7 m/s), i motsetning til hva tidligere beregninger har vist. Maksimale døgnmiddelkonsentrasjoner inne på verksområdet er høyere enn konsentrasjonene for døgnmiddel i Tabell 1

Tabell 1: Resultater av konsentrasjonsberegningene. Halvårsmidler (sommer og vinter) og døgnverdier (Epi1 og Epi2) i Mosjøen. Enhet: µg/m³.

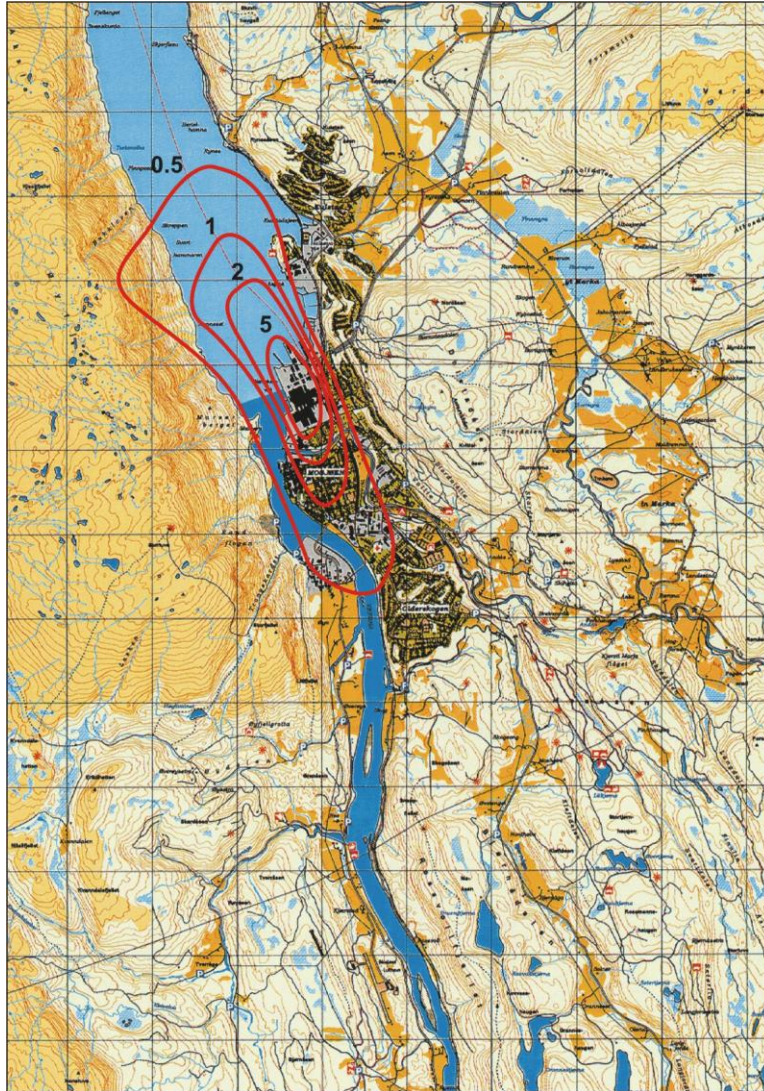
Periode	Fluorid	Svoveldioksid	Partikler	PM ₁₀	PM _{2,5}
Sommer	11,5	23,0	22,0	19,8	5,5
Vinter	-	32,9	31,3	28,1	7,8
Epi1	5,3	6	10,1	9,1	2,5
Epi2	8,8	10	16,8	15,1	4,2
Epi3	13,2	15	19,8	17,8	5,0

Beregningene viser at punktkildene gir et lite bidrag i forhold til hallutslippene, bortsett fra i nærområdet inne på verket, og for SO₂ på avstand over 5 km fra verket, hvor bidrag til konsentrasjon fra hall og tårn er proporsjonalt med utslippsmengdene fra dem. For komponentene fluorider og partikler er hallutslippene dominerende. Konsentrasjonsfeltene for disse komponentene blir ganske like i form, men med nær dobbelt konsentrasjonsnivå for partikler i forhold til fluorid. For SO₂ er utslipp fra punktkilder nesten dobbelt så stort som fra hallene, men i nærområdet der maksimalbelastningen inntreffer bidrar ikke de ulike punktutslippene maksimalt i det samme området. På avstand over 4-5 km blir konsentrasjonene uavhengig av om utslippet skjer fra hall eller punktkilde, og konsentrasjonene av SO₂ blir nær det dobbelte av partikler og nær fire ganger fluoridkonsentrasjonen.

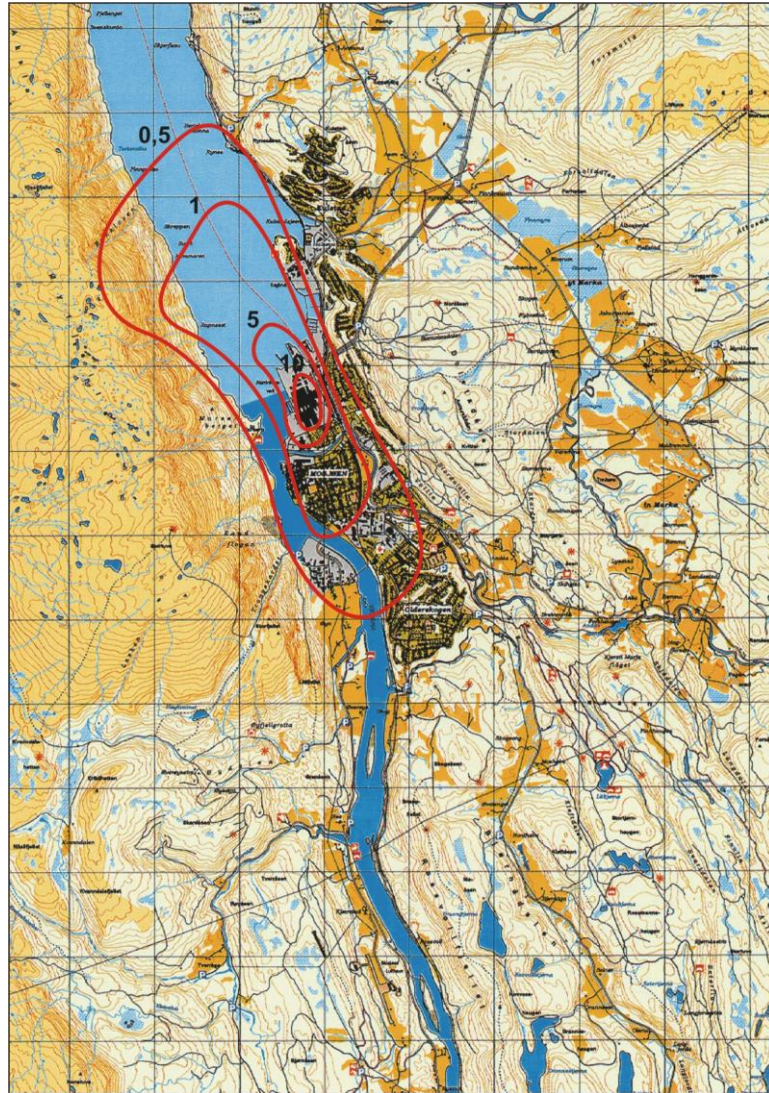
Gassformig fluorid utgjør 2/3 av total fluorid, og kriteriet er derfor ikke overskredet. Anbefalt kriterium for vegetasjon er imidlertid overskredet innenfor området for isolinjen for 0,5 µg/m³ i Figur 2 som viser konsentrasjonen av gassformig fluor.

Alle de viste isolinjekartene av konsentrasjon reflekterer den sterke kanaliseringen av vind i Mosjøen, med nær 50 % av tiden vind utover fjorden om sommeren og 65 % av tiden vind ut fjorden om vinteren. Middelkonsentrasjonene for halvåret i

en gitt retning fra utslippet vil være proporsjonalt med forekomst av vind i retningen.



Figur 1: Beregnete middelkonsentrasjoner av gassformig Fluorid i Mosjøen i sommerhalvåret. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 2: Beregnede middelkonsentrasjoner av Fluorid i Mosjøen i sommerhalvåret. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 46/2010	ISBN: 978-82-425-2323-5 (trykt) 978-82-425-2324-2 (elektronisk)	
		ISSN: 0807-7207	
DATO 7.12.2010	SIGN. 	ANT. SIDER 93	PRIS NOK 150.-
TITTEL Tungmetallutslipp til luft fra aluminiumsindustrien i Norge		PROSJEKTLEDER Ivar Haugsbakk	
		NILU PROSJEKT NR. O-110073	
FORFATTER(E) Dag Tønnesen og Ivar Haugsbakk		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Helge Nes	
OPPDRAKSGIVER ALCOA Mosjøen Havnegata 40 8663 MOSJØEN			
REFERAT Et litteraturstudium for utslipp av tungmetaller fra aluminiumsindustrien i Norge			
TITLE Emission of heavy metals from aluminum industry in Norway			
STIKKORD Aluminum	Fluor	SO ₂	
ABSTRACT (in engelsk) A literature study of heavy metal emissions from the aluminum industry in Norway.			

* Kategorier

A	Åpen – kan bestilles fra NILU
B	Begrenset distribusjon
C	Kan ikke utleveres

REFERANSE: O-110073
DATO: NOVEMBER 2010
ISBN: 978-82-425-2323-5 (trykt)
978-82-425-2324-2 (elektronisk)

NILU er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåkning og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.

REFERANSE: O-110073
DATO: NOVEMBER 2010
ISBN: 978-82-425-2323-5 (trykt)
978-82-425-2324-2 (elektronisk)

NILU er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåkning og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.



Norsk institutt for luftforskning
Norwegian Institute for Air Research