

YRKESHYGIENISKE UNDERSØKELSER  
I ELEKTROLYSEHALLENE VED  
ÅRDAL OG SUNNDAL VERK A/S.  
SUNNDALSØRA HØSTEN 1978

AV JØRGEN JAHR, ARVE LIE OG GUNNAR MOWÉ

HD 808/79

# I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

side

1.	Innledning	1
	1.1 Bakgrunn	1
	1.2 Tidligere undersøkelser	1
2.	Plan og metoder for undersøkelsen	2
	2.1 Teknisk/hygienisk del	2
	2.2 Medisinske undersøkelser	4
3.	Resultater og diskusjon	5
	3.1 Teknisk/hygieniske undersøkelser	5
	3.1.1 Støv- og gassprøver	5
	3.1.1. 1 Mobile prøver	5
	3.1.1. 2 Stasjonære prøver	8
	3.1.1. 3 Personlige prøver over ca. 7 timer	8
	3.1.1. 4 Personlige prøver tatt under spesielle arbeidsoperasjoner (kortidsprøver)	11
	3.1.1. 5 Analyser av renoksyd og gjenvinningsoksyd	15
	3.1.2 Urinprøver	17
	3.1.3 Sammenligning av eksponering med utskillelse av fluorid i urin	20
	3.2. Medisinske undersøkelser	23
	3.2.1 Personer som deltok i undersøkelsen	23
	3.2.2 Undersøkelse av eksponeringen	23
	3.2.3 Hudplager	23
	3.2.4 Sammenhengen mellom støveksposering og lungesyntomer	24
4.	Sammendrag og konklusjoner	26
	4.1 Den teknisk-hygieniske undersøkelsen	26
	4.2 Medisinsk undersøkelse	27
5.	Litteratur	28
6.	Tabeller, figurer	29 - 60
7.	Bilag	

# YRKESHYGIENISKE UNDERSØKELSER I ELEKTROLYSEHALLENE VED ÅRDAL OG SUNNDAL VERK A.S., SUNNDALSØRA

## 1. INNLEDNING

### 1.1 BAKGRUNN

I løpet av 1978 ble det ved verket funnet en del lettere tilfeller av forskjellige hudplager (hudirritasjon, eksem?) blant de ansatte, særlig i SU III-elektrolysehallene, som har lukkede ovner med forbrente (prebake) anoder. Symptomene ble satt i forbindelse med overgangen til bruk av gjenvinningsoksyd. Både fra de ansattes og bedriftenes side var det ønske om å få utført en undersøkelse for, om mulig, å forsøke å finne ut årsaken til hudplagene og å gjennomføre forebyggende tiltak. Samtidig ønsket man å få den nye undersøkelsen gjennomført på en slik måte at man kunne sammenligne med de resultater som ble funnet i 1970.

En redegjørelse for resultatene av den teknisk-hygieniske del av undersøkelsen ble gitt på Sunndalsøra 16. mai 1979 og for den medisinske del på Nordisk Aluminium-industris Helseutvalg's møte 30. august 1979 i Island.

### 1.2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Yrkeshygienisk institutt har tidligere utført 2 større undersøkelser, den første i 1960 av Glømme (1), den andre av Jahr og medarbeidere (2) i 1970. Dessuten er det utført en undersøkelse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i 1977 i samarbeid med Sentralinstituttet for industriell forskning (SI) og Selskapet for industriell og teknisk forskning ved Norges Tekniske Høgskole (SINTEF), se Bjørseth og medarbeidere (3).

YHI har også utført en undersøkelse av PAH-eksponeringen ved bruk av henholdsvis renoksyd og gjenvinningsoksyd i elektrolysehallerne i Øvre Årdal, se Fjeldstad og Halgard (4).

## 2. PLAN OG METODER FOR UNDERSØKELSEN

### 2.1. TEKNISK/HYGIENISK DEL

Den tekniske hygieniske del fulgte stort sett samme opplegg som for undersøkelsen i 1970, se bilag 1.

Det ble tatt både stasjonære prøver og mobile prøver av den generelle hallatmosfære, personlige prøver over ca. 7 timer og personlige korttidsprøver under de enkelte arbeidsoperasjoner. Det ble også tatt noen større støvprøver med nettdrevne pumper for spesielle undersøkelser.

Urinprøver for bestemmelse av fluorid-innhold ble samlet før og etter skift for de samme operatører som ble utstyrt med bærbare pumper. Man hadde håpet såvidt mulig å få prøver for de samme personer som deltok i 1970, men det viste seg vanskelig å få gjennomført.

Til oppsamling av fluorid i luften og senere analyse ble benyttet en forenklet metode for bestemmelse av partikulære og gassformige fluorider, se bilag 2. Metoden ble fraveket på 2 punkter:

I stedet for å riste begerglassene med henholdsvis filter og understøttelseskive ble det brukt et røreverk mens den ionesensitive elektrode var dyppet ned i løsningen. Avlesning ble foretatt etter at utslaget var stabilt. Den andre avvikelsen var at det til den støvformige del ble satt 10 mg EDTA etter første gangs analyse. (Aluminiumfluorid vil ikke

bli bestemt fullstendig på denne måten, men da aluminiumfluorid ikke tas opp i noen utstrekning av betydning, spiller dette neppe noen rolle for vurderingen.)

I denne undersøkelsen ble også totalstøveksponeringen bestemt (veining av filterne før og etter prøvetaking med kondisjonering av filterne), hvilket ikke ble gjort ved undersøkelsen i 1970.

Til de mobile prøver ble det brukt 3 Casella-pumper med hver sin filterholder. To av disse hadde filter og impregnerte støtteskiver på vanlig måte, mens den tredje filterholderen hadde en perforert teflonfolie lagt mellom filteret og støtteskiven. Dette ble gjort for å undersøke om man med de vanlige filterholderne skulle få for lave verdier for den gassformige del av fluoridene og eventuelt for høye for den støvformige del, ved at noe av impregneringen ble sittende igjen på filterne når filterholderne ble tatt fra hverandre. Det var meningen at de tre filterholderne skulle ha vært plassert så tett sammen som mulig. I noen tilfelle ble avstanden mellom dem imidlertid vel stor. Filterholderne ble montert ca. 1,6 m over gulvet på motorsykler som ble kjørt slik at filterholderne kom i en horisontal-avstand fra ovnskanten på ca. 0,5 m under kjøringen. Det ble tatt prøver både under vanlige driftsforhold og umiddelbart etter runderulling. Disse prøvene ble også benyttet til å bestemme presisjonen ved måling av totalstøv, gassformig fluorid og støvformig fluorid.

De stasjonære prøver ble tatt på verkets vanlige, faste prøvesteder i hallen, også disse ved hjelp av Casella-pumper, men bare med én pumpe på hvert prøvested. Prøvene ble tatt bare på dagtid.

## 2.2. MEDISINSK DEL

Undersøkelsen ble gjennomført som en kombinert teknisk-hygienisk og yrkesmedisinsk undersøkelse. Ansvarlig for den teknisk-hygieniske delen var Jørgen Jahr, mens Gunnar Mowé var ansvarlig for den yrkesmedisinske delen. Arve Lie var ansvarlig for den datamessige behandlingen av resultatene.

Fra en yrkesmedisinsk synsvinkel kan undersøkelsen betegnes som en epidemiologisk tverrsnittsstudie. Den viktigste hensikten har vært å studere sammenhengen mellom eksponering for forurensninger i elektrolysehallene, og forekomsten av forskjellige symptomer blant arbeiderne i hallene. Undersøkelsen omfattet 67 arbeidere i elektrolysehallene og en referansegruppe på 36 personer ved andre arbeidsplasser. Aldersfordelingen fremgår av tabell 12.. Dessuten ble 31 personer som selv ønsket det, undersøkt av spesialist i hudsykdommer, overlege Johansen, Oslo Helseråd.

Følgende metoder ble benyttet:

- a. Personlige eksponeringsmålinger for arbeiderne i den eksponerte gruppe.
- b. Intervju samme dag som støvprøvene ble tatt.  
Intervjuet omfattet en detaljert kartlegging av aktuelle lungesyntomer hver enkelt dag, dessuten forekomst av tidligere lungesyntomer, tidligere hudplager og røkevaner.
- c. Lungefunksjonsundersøkelse ved hjelp av Vitalograf før og etter skiftet blant dem som arbeidet på formiddags-skiftet i elektrolysehallene.
- d. Fluoridutskillelsen i urinen før og etter skift.
- e. Ved undersøkelse av hudspesialist med individuell vurdering.

### 3. RESULTATER OG DISKUSJON

#### 3.1 TEKNISK/HYGIENISKE UNDERSØKELSER

##### 3.1.1 Støv- og gassprøver

##### 3.1.1.1 Mobile prøver

Presisjonen eller reproduserbarheten av målingene beregnet ut fra de triple mobilprøvene er vist i tabell 1. Beregningene ble gjort på vanlig måte for flere prøveserier med et antall prøver i hver serie. Ved disse beregningene ble det ikke tatt hensyn til at det var lagt inn en perforert teflonfolie i den ene av de tre filterholderne. Virkningen av teflonfolien ble undersøkt spesielt, se tabell 2, hvor også presisjonen ble beregnet.

Totalstøvbestemmelsen hadde forholdsvis høyt standardavvik for logaritmene, svarende omtrent til + 30% og ÷ 25% for en enkelt måling. Den forholdsvis store usikkerheten skyldes dels at det var forholdsvis små totale støvmengder på filtrene - den høyeste verdi var 3,6 mg - dels at det under prøvetakingen sannsynligvis var forholdsvis store konsentrasjonsforskjeller i luften, selv over så små avstander som mellom filtrene.

Presisjonen for bestemmelse av gassformig og støvformig fluorid er vist i tabell 1. Under vanlige driftsforhold var presisjonen bedre enn  $\pm 15\%$  av den enkelte måling. For prøver tatt like etter runderulling var presisjonen noe bedre enn for totalstøvbestemmelsen, men av samme størrelsesorden.

I tabell 2 er vist variansanalyser for prøver tatt med og uten perforert teflonskive mellom filtere og den impregnerte understøttelseskive. Nokså overraskende ble det med 98 % sannsynlighet funnet at totalstøvkonsentrasjonen målt med filterholderne som inneholdt perforert teflonfolie, var lavere enn for middelverdien av de to andre filtere som ikke hadde slike teflonfolier. Vi har ikke funnet noen skikkelig forklaring på dette forholdet, men en mulig forklaring kan være at filterholderne med teflonfolie mer eller mindre systematisk er blitt plassert slik under prøvetakingen at de er kommet lengst fra ovnskanten og derfor har tatt opp mindre støv, spesielt under prøvetaking umiddelbart etter runderulling. Dette lar seg imidlertid ikke kontrollere da det ikke var forutsatt noen spesiell plassering av disse filterholderne.

For støvformig fluorid målt under vanlige forhold ble det funnet noe høyere gjennomsnittsverdi for prøvene tatt med filterholder som hadde teflonfolie enn for de vanlige filterholderne, henholdsvis 0.23 og 0.20 mg/m<sup>3</sup>. Det var imidlertid 98 % sannsynlighet for at forskjellen ikke skyldtes tilfeldigheter. En mulig forklaring er at de gassformige fluorider som var adsorbent på støvet ikke ble overført fullstendig til den impregnerte skiven når det var en teflonfolie mellom. Dette stemmer med at det for gassformige fluorider tatt under vanlige forhold ble funnet tilsvarende lavere verdi med teflonfolie enn uten, henholdsvis 0.38 og 0.41 mg/m<sup>3</sup>. Her var det 87 % sannsynlighet for at forskjellen ikke kunne tilskrives tilfeldigheter. For totalfluorid målt under vanlige forhold ble det ikke funnet noen forskjell enten prøvene var tatt med filterholderne med eller uten teflonfolie.

Ved variansanalysen vist i tabell 2 får man også variansen for presisjon. Ved variansanalysen måtte man imidlertid bruke middelverdien av de to målingene med vanlige filterholderne i hver serie. For å finne variansen



for én enkelt måling ble derfor de variansene som er oppgitt i tabell 2 under presisjon multiplisert med 1.5 for å korrigere variansen til å gjelde for én enkelt måling. Denne nye variansen ble så brukt til å finne presisjonens standardavvik. De tilsvarende pluss- og minus-verdier i prosent av de absolutte verdier er gjengitt i de to siste kolonnene i tabell 2. Som man måtte vente, er usikkerhetene av samme størrelsesorden som funnet i tabell 1.

Forskjellen som ble funnet i totalstøvkonsentrasjonen med og uten teflonfolie i filterholderne ble også kontrollert med en ikke-parametrisk test "Wilcoxon matched pairs signed rank test." Denne viste at det var mellom 95 og 98% sannsynlighet for at målingene var forskjellige, altså sammen resultat som ved variansanalyse.

For mobilprøvene ble det også undersøkt om det var noen forskjell på Su I-II og Su-III. Resultatene er vist i tabell 3, både for prøver tatt under vanlig drift og prøvene tatt like etter runderulling.

Under vanlig drift var konsentrasjonen av gassformig fluorid med over 95% sannsynlighet lavere i Su III enn i Su I-II, mens det for totalstøv og støvformig fluorid ikke ble funnet noen forskjell av betydning. Alle disse middelveriene var akseptable.

Etter runderulling var alle middelverdiene høyere i Su III enn i Su I-II: Totalstøv  $24 \text{ mg/m}^3$  mot  $16 \text{ mg/m}^3$ , gassformig fluorid  $1,8 \text{ mg/m}^3$  mot  $0,9 \text{ mg/m}^3$  og støvformig fluorid  $0,8 \text{ mg/m}^3$  mot  $0,4 \text{ mg/m}^3$ . Selv om forskjellene ikke kunne påvises med så stor sikkerhet som 95 %, tyder resultatene på at runderulling gir større forurensning i Su III enn i Su I-II. Dette henger mest sannsynlig sammen med selve ovnskonstruksjonen siden det ble brukt renoksyd i alle hallene på dagtid da prøvene ble tatt.

Resultatene av mobilprøvene er vist i diagramform i fig. 1.

### 3.1.1.2. Stasjonære prøver

Resultatene for disse prøvene er vist i tabell 4. Middelerverdiene viste lavere verdier i SU III enn i SU I-II, både for totalstøv, gassformig fluorid, støvformig fluorid og totalfluorid. For alle var det over 95 % sannsynlighet for at det var en virkelig forskjell. (t-testen kunne bare brukes for totalstøv. Den ga  $t = 3,31$ , som tilsvarer  $P = 99,7\%$  sannsynlighet for forskjell).

I begge typer haller ble de stasjonære prøvene tatt midt mellom ovnsrekkene. Dette er akseptabelt for SU I-II, men gir neppe representative verdier i SU III hvor man har frisklufttilførsel gjennom rister i gulvet midt mellom ovnsrekkene. Det er sannsynligvis vanskelig å finne noen representative faste prøvesteder i SU III og vi vil anbefale at man går over til bruke mobile prøver for alle ovnshallene.

### 3.1.1.3. Personlige prøver over ca. 7 timer

Middelerverdiene og 95% konfidensgrensene for de enkelte operatørgrupper og arbeidsoperasjoner er vist i tabell 5. For eksponeringen for totalstøv, gassformig fluorid og total fluorid er angitt 95% konfidensgrensene (95% KG) som er det området det er 95% sannsynlighet for at en ny middelerverdi ligger innenfor om man gjentar undersøkelsen en annen gang, forutsatt at forholdene er omtrent de samme. Man kan også si at den virkelige middelerverdien (hvis det ikke er systematisk feil i prøvetagning eller analyse) vil ligge innenfor disse grensene med 95% sannsynlighet.

Totalstøveksponeringen var stort sett tilfredsstillende i Su I-II, idet de fleste middelerverdier lå under 5 mg totalstøv pr. m<sup>3</sup>. Unntak var boltetrekkerne med 11 mg/m<sup>3</sup>.

Soterne, iberegnet to operatører som rensset brennere, hadde en middeleksponering for støv på  $5,1 \text{ mg/m}^2$  med 95% KG 3,5 og  $7,4 \text{ mg/m}^3$  ( $4,9 \text{ mg/m}^3$ , 95% KG 3,7 og  $7,5 \text{ mg/m}^3$  uten de to som rensset brennere).

Støveksponeringen i Su III lå stort sett betydelig høyere, og det var bare tapperne og metallprøvetakerne som lå under  $5 \text{ mg/m}^3$ .

Resultatene av totalstøvmålingene er vist i diagramform i figur 2 for Su I-II og i figur 3 for Su III. De avgrensede strekene i hver søyle viser 95% konfidensgrensene.

For Su III (fig. 3) er det for ovnspasserne, tapperne, runderullerne og blussrullerne både angitt middelveidi (og konfidensgrenser) for samtlige målinger og for målinger tatt på nattskift og på dagtid. For de tre første operatørkategorier var det bare liten forskjell enten prøvene ble tatt på natt-tid, hvor det ble brukt gjenvinningsoksyd, eller på dagtid, mens det for blussrullerne var en påfallende forskjell med langt høyere eksponering om natten enn om dagen. Det ble riktignok bare tatt to prøver på nattskift under blussrulling, men forskjellen fra prøvene tatt på dagtid var så stor at den neppe kan skyldes tilfeldigheter. Som nevnt i den muntlige redegjørelse for resultatene gitt den 16. mai på Sunndalsøra, bør det tas flere prøver på nattskift for å se om man kommer til samme resultat (om resultatene er reproducerbare). Det var dessuten så store variasjoner i resultatene at konfidensgrensene ble meget vide. Middelveidene er derfor temmelig usikre både for blussrulling og runderulling.

Kullskifting ga uvanlig store variasjoner i resultatene, laveste verdi var  $4,4 \text{ mg/m}^3$  og høyeste  $98 \text{ mg/m}^3$ . Tre av 19 prøver var det åpenbart noe galt med, og disse ble for-

kastet. Middelveidien av de 16 prøver var  $34 \text{ mg/m}^3$ . Selv om man ser bort fra tre av de høyeste verdiene, var likevel middelveidien av de 13 gjenværende prøver  $14,5 \text{ mg/m}^3$  med konfidensgrenser 9,7 og  $22 \text{ mg/m}^3$ . Eksposeringen var således utvilsomt høy og bruk av støvmaske som også i rimelig grad fjerner gassformige fluorider er nødvendig under kullskifting.

Også feiling gav store variasjoner i støveksposeringen med en ekstrem verdi på  $29 \text{ mg/m}^3$ , mens de øvrige lå mellom 4,4 og  $8 \text{ mg/m}^3$ . Den høyeste verdien kan forkastes med en sikkerhet på mellom 95 og 97,5% i henhold til Grubbs<sup>5)</sup>. Middelveidien for de 4 prøvene blir  $9,1 \text{ mg/m}^3$  med 95% KG = 6,0 og  $14 \text{ mg/m}^3$ . Fordi det var så få prøver, har vi i tabell 5 og figur 3 likevel tatt med alle de 5 prøvene. Middelveidien var med stor sannsynlighet over  $5 \text{ mg/m}^3$ , men for å få en sikrere vurdering må det taes flere prøver.

Sett under ett, var totalstøvforholdene bedre i Su I-II enn i Su III.

Middelveidien av fluorideksposeringen var lav for samtlige operatørgrupper, både for gassformig fluorid, støvformig fluorid og totalfluorid. I tabell 5 er vist resultatene for gassformig fluorid og totalfluorid.

De samme resultatene er vist i diagramform hvor også resultatene fra undersøkelsen i 1970 er tatt med. De respektive figur nr. og operatørgrupper er: Figur 4 - ovnspassere, figur 6 - boltetrekkere og anodeskifttere, figur 8 - runderullere, figur 10 - blussrullere, figur 12 - tappere, figur 14 - kryssere, figur 16 - metallprøvetakere og badtemperaturmålere, figur 18 - feiemaskinførere og figur 20 - sotere. (Resultatene av urinprøvene for de samme operatørgruppene er vist respektive i figur nr. 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 og 21, slik at man kan sammenlikne disse med eksponeringsresultatene).

I Su I-II var eksponeringen for totalfluorid lavere i 1978 for alle operatørgrupper enn den var i 1970. Forskjellen var særlig stor for runderullere og fete-maskinførere. Dette stemmer med inntrykket av at man i Søderberghallene hadde en helt usedvanlig god ovnsdrift.

I Su III var forholdene noe mer variert, for runderullerne og tapperne var det en tydelig nedgang i eksponeringen, mens det for de øvrige operatørgrupper stort sett var ubetydelige forskjeller fra 1970, noen lå litt høyere, andre litt lavere i 1978.

Det bør bemerkes at vi med den analysemetode som ble benyttet bare har registrert en del av den aluminiumfluorid som sikkert har vært i arbeidsluften. Dette spiller ikke noen rolle for vurderingen av en eventuell fluoroserisiko fordi aluminiumfluorid ikke taes opp av knoklene. Det spiller heller ikke noen rolle for sammenlikningen 1970/1978. (Det er senere kommet en ny kompleksdanner, Tiron, som gjør at man også kan bestemme fluorid bundet til aluminium og andre stoffer. Vi forsøker å utarbeide en metode som tillater å bestemme både ioniserbare fluorider, som er de som har størst interesse fra et yrkeshygienisk synspunkt, og de ikke-ioniserbare fluorider som vesentlig har interesse med tanke på eventuelle, hittil ukjente virkninger).

#### 3.1.1.4. Personlige prøver tatt under spesielle arbeidsoperasjoner (korttidsprøver)

Resultatene av prøver tatt med Casellapumper er vist i tabell 6 og i figurene 22, 23, 24, 25 og 26.

Bestemmelsen av totalstøvkonsentrasjonen var i en del tilfeller noe usikker på grunn av de små støvmengder man rakk å samle opp på filtrene med såvidt kort prøvetakings-tid. Dette gav seg utslag i tildels meget vide konfidensgrenser. Imidlertid var middelveiden for totalstøveksponeringen under korttidsprøvene høy under nesten alle operasjonene. Lavest lå - eiendommelig nok - anodeskift med

gjenvinningsoksyd i Su III med  $9 \text{ mg/m}^3$ . Denne middelverdien var imidlertid ikke signifikant forskjellig fra anodeskift hvor det ble brukt renoksyd idet  $t = 1,83$  som tilsvarer  $P = 90\%$  sannsynlighet for en forskjell.

For taperne var det ingen forskjell på hallene og i Su III var det heller ikke noen forskjell om det ble brukt renoksyd eller gjenvinningsoksyd.

I Söderberghallene gav boltetrekking høy totalstøveksponering, over  $40 \text{ mg/m}^3$ , hvilket var betydelig høyere enn anodeskiftingen i Su III, som for alle prøvene lå på ca.  $16 \text{ mg/m}^3$  i middelverdi.

Kryssing gav høyere korttidseksposering for totalstøv i Su I-II med middelverdi  $25 \text{ mg/m}^3$ , enn i Su III hvor middelverdien var  $15 \text{ mg/m}^3$ . En t-test gav imidlertid ingen signifikant forskjell,  $t = 1,88$  som tilsvarer  $P = 91\%$  sannsynlighet for at det var en forskjell.

Blusstaking gav høyest korttidsverdi i Su III med en middelverdi på  $37 \text{ mg/m}^3$  mens middelverdien i Söderberghallene var 22. P.g.a. stor forskjell i varians kunne t-testen ikke brukes, men konfidensgrensene var så vide at det var noe under  $95\%$  sannsynlighet for at det virkelig var en forskjell.

Fluoridanalysene av korttidsprøver tatt under spesielle arbeidsoperasjoner er vist i tabell 6 og i figurene 24, 25 og 26.

Av samtlige undersøkte arbeidsoperasjoner var <sup>(det)</sup> bare soting og skumming som gav eksponering over den administrative korttidsnorm på  $5 \text{ mg/m}^3$  for fluorid. Middelverdien var noe over  $13 \text{ mg/m}^3$ , med  $95\%$  konfidensgrenser mellom 4 og 46. Årsaken til de meget vide konfidensgrenser var særlig at en av prøvene var meget lav,  $1,6 \text{ mg totalfluorid/m}^3$

mens den høyeste var på 17,9. Gassformige fluorider utgjorde hele 86% av totalfluorid under soting og skumming og det er derfor nødvendig å bruke en maske som også fjerner det meste av gassformig fluorid under denne type arbeidsoperasjon.

Som man ser av figur 25, var middeleksponeringen av 11 prøver tatt 1970 under soting bare  $4 \text{ mg/m}^3$  luft og således betydelig lavere enn middelverdien av de 5 målinger tatt i 1978. Det er noe over 5% sannsynlighet at forskjellen kan skyldes tilfeldigheter og hvis man slår sammen alle prøvene fra 1970 og 1978 får man en middelverdi på  $6,4 \text{ mg/m}^3$  med 95% konfidensgrenser 3,5 og 11,8.

Under bolteskifting i Su I-II var eksponeringen i 1978 omtrent halvparten av hva den var i 1970. Denne forskjellen var sikker (signifikant) med over 95% sannsynlighet.

Både under tapping, blusstaking og kryssing i begge typer haller, samt under brennerrensing var eksponeringen noe lavere i 1978 enn 1970, men forskjellene var her ikke signifikante på 95% sannsynlighetsnivå. Under tapping og anodeskifting i Su III ble det tatt prøver både under bruk av ren-oksyd og gjenvinningsoksyd. Det kunne ikke påvises noen sikker forskjell, men middelverdien lå heller noe lavere under bruk av gjenvinningsoksyd enn under bruk av ren-oksyd.

Det generelle inntrykk av korttids- fluoridprøvene er at det har vært liten forandring fra 1970 til 1978 med unntak av bolteskifting hvor det med stor sannsynlighet er skjedd en forbedring, og sote- og skummeoperasjoner som gav en øket eksponering i 1978, men hvor økningen kanskje kan skyldes tilfeldigheter.

Korttidsprøver av CO og SO<sub>2</sub> under arbeidsoperasjonene er vist i tabell 7 og for CO i figur 27 og 28. I figurene er det også foretatt en sammenligning med resultatene fra 1970.

I tabell 7 er foruten middelveidene, beregnet ut fra en antatt log-normalfordeling, også angitt middelveidien beregnet som summen av enkeltmålingene delt på antall målinger. De siste middelveidene er satt i parentes. I tillegg til 95% konfidensgrensene for middelveidien er også oppført "range", som angir den laveste målte verdi og den høyeste. Grunnen til dette er at det var en del meget lave enkeltverdier sammen med noen forholdsvis høye verdier i en del av seriene. Både middelveidene og spesielt den øvre 95% konfidensgrense blir da temmelig usikker, og "range" gir kanskje det beste bilde av eksponeringen.

Skifting av gasskapper i Su I-II gav høy eksponering både for CO og SO<sub>2</sub>. De enkelte måleverdier lå mellom 10 og 300 ppm CO og mellom 5 og 45 ppm SO<sub>2</sub>. De administrative normer er respektive 53 og 4 ppm for inntil 15 minutter.

De øvrige arbeidsoperasjoner viste akseptable middelveidier for CO. Under blusstaking, soting, rensing av brennere og kappeskift i Su I-II ble det funnet sterkt varierende SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner. I noen tilfeller var det ikke mulig å påvise SO<sub>2</sub> med Dräger-rør, mens det andre steder ble funnet opptil 17 ppm og under brennerrensing helt opptil 60 ppm.

For SO<sub>2</sub> ble det i Su III under anodeskift ved bruk av renoksyd funnet en middelveidi på 2,7 ppm og en høyeste verdi på 5 ppm. Under anodeskift ved bruk av gjenvinningsoksyd var middelveidien 7 ppm med en høyeste verdi på 12,5. Forskjellen var signifikant på 95% sannsynlighetsnivå. Også under tapping i Su III ble det funnet noe høyere verdi når det ble brukt gjenvinningsoksyd, men forskjellen var ikke signifikant, og begge middelveidier var



under 2 ppm. Høyeste enkeltverdi ble målt under bruk av renoksyd og var på 5 ppm.

Av figur 27 og 28 ser man at kortidseksponeringen for CO oftest var lavere i begge typer haller i 1978 enn i 1970. Under blusstakning ble det ikke funnet noen forskjell fra 1970 i Su I-II, mens CO i Su III var lavest i 1978. Under boltetrekking og annodeskifting ble det funnet omtrent samme verdier i 1978 som i 1970. I Su I-II ble det under soting og tilsvarende arbeid funnet lavere verdier i 1978 enn i -70, mens det under rensing av brennere ble funnet høyere verdier i 1978 enn i -70. Den siste forskjellen var imidlertid ikke signifikant på 95% nivå.

En sammenligning av kortidsprøvene på SO<sub>2</sub> i 1970 og i 1978 er vanskelig p.g.a. de store variasjonene i konsentrasjoner, spesielt fordi "0"-verdier ikke kan brukes ved beregning av middelveidier når man har en log-normal fordeling (man kan ikke beregne logaritmen til 0). Man kan omgå dette problemet på to måter: enten ved å sette "0"-verdiene lik den laveste verdi som kan påvises ved målemetoden, i dette tilfellet ca. 0,2 ppm, eller ved å beregne middelveidien og standard avviket bare for de målbare resultatene og etterpå korrigere for "0"-verdiene. Den siste metoden er lite brukbar når man har så få resultater som i dette tilfellet.

En nærmest kvalitativ vurdering av resultatene tyder på at korttids-eksponeringen for SO<sub>2</sub> stort sett var høyere i 1978 enn i 1970, bortsett fra bolteskifting og tapping i Su I-II hvor eksponeringen var lavere i 1978 enn i 1970.

### 3.1.1.5. Analyser av renoksyd og gjenvinningsoksyd

Surhetsgraden av renoksyd og gjenvinningsoksyd er tidligere undersøkt av Årdal og Sunndal Verk A/S, både på Sunndalsøra og i Årdal. Det ble tatt prøver av renoksyd fra oksydvogn og fra 10 ovner under drift og dessuten prøver av gjenvinningsoksyd fra 10 ovner. 20 g av prøvene ble oppslemmet

i 100 ml destillert vann under omrøring, og surhetsgraden (pH) ble målt etter 10 min. Resultatene fra Sunndalsøra og Årdal var praktisk talt identiske, som vist i tabell 8. Renoksyden reagerte tydelig alkalisk, med pH ca. 10 for prøvene fra oksydvogn og pH ca. 9 for prøvene fra ovnene. Gjenvinningsoksyd fra ovner gav meget nær samme pH som bare destillert vann som ble brukt til oppslemmingen og må derfor antas å reagere omtrent nøytralt eller svakt surt.

Resultatene av kjemiske analyser er vist i tabell 9. Fra et helsemessig synspunkt er stoffer som er bundet inne i de enkelte oksydparkler av liten interesse. Prøvene ble derfor ekstrahert med 10% salpetersyre for å få tak i de stoffer som er forholdsvis løst bundet til oksyden og kan antas å være tilgjengelige for opptak når støvet pustes inn.

Som ventet, var det høyere konsentrasjoner av alle de undersøkte elementer i gjenvinningsoksyden enn i renoksyden. Imidlertid var konsentrasjonen så lav at man ikke under noen omstendighet skulle kunne komme opp i nærheten av den administrative norm for noen av de bestemte elementer, kadmium, nikkel, bly, krom, arsen, vanadium, kobolt eller jern.

Analyse av nikkel og krom av tre korttidsprøver tatt med høyvolum-prøvetaker under tapping og anodeskiftning, er vist i tabell 10. Disse analysene gis med forbehold med hensyn til nøyaktigheten, men størrelsesordenen av konsentrasjonen antas å være riktig. Til tross for høy totalstøvkonsentrasjon, var både nikkel- og krom-konsentrasjonen godt under de respektive administrative normer på 0,1 og 0,5 mg/m<sup>3</sup> for 8 timer.

Selv om spesielt verdiene for nikkel og krom lå under de administrative normer, kan man ikke utelukke at de høyere verdier som ble funnet i gjenvinningsoksyd (tabell 9), sammenlignet med renoksyd kan spille en rolle for personer som er blitt overømfintlig for noen av disse stoffene.

Finstøvfraksjoner fremstilt ved en primitiv fluidisering av renoksyd og gjennvinningsoksyd i laboratorieskala hadde ikke noen påviselig forskjell i kombinert tørke- og glødetap, henholdsvis 27,6 og 27,1%, eller i støvfraksjonen mindre enn 5 µg (etter gløding), henholdsvis 33,3 og 34,4%.

### 3.1.2. Urinprøver

Presisjonen (reproduserbarheten) av urinfluorid-analysene ble undersøkt ved variansanalyse av 21 parallellprøver utført av Yrkeshygienisk institutt og Sunndalsøra med forskjellige instrumenter. Standardavviket for de naturlige logaritmer til måleverdiene var 0,103 som tilsvarer +11 og -10%. Dette er tilfredsstillende ved såvidt lave konsentrasjoner, middelveiden var 1,6 mg/l. Derimot var det systematisk forskjell mellom middelveiden funnet av Yrkeshygienisk institutt, 1,53 mg/l, og Sunndalsøras middelveidi som var på 1,69 mg/l. Forskjellen var signifikant med 99,5% sannsynlighet. Den skyldes sannsynligvis en forskjell i standardkurvene. Den absolutte forskjell både i middelveiden og i enkeltresultatene, var imidlertid såvidt liten at den ikke spiller noen praktisk rolle for vurderingen av analyseresultatene.

Resultatene av målinger før og etter arbeid er vist i tabell 11. I kontrollgruppen manglet det en prøve før arbeidet og en prøve tatt etter arbeidet var såvidt høy at den neppe var representativ og derfor ble sløyfet.

For gruppene av operatører lå alle middelveidene før arbeidet lavt, høyeste middelveidi var 1,6 mg/l. Den internasjonalt brukte norm for urinfluorid målt etter 2 dagers fravær fra arbeidet er 4 mg/l. Bare for en person (blussruller) ble det funnet høyere verdier. Resultatene for denne personen var 5,1 mg/l den 26/9, 4,9 den 27/9 og 3,7 den 28/9. I og med at verdiene hadde en klar synkende tendens på etterhverandrefølgende arbeidsdager, er det rimelig å anta at vedkommende vil ligge betydelig under normen etter to døgn fravær fra arbeidet.

Også verdiene tatt etter arbeid var tilfredsstillende. Den høyeste middelvei ble funnet for tapper i Su I-II og var på 5,9 mg/l. Den internasjonale norm for målinger etter arbeid er på 7 mg/l.

For fem enkeltpersoner ble det funnet urinfluoridverdier over 7 mg/l etter arbeidet. En kullskifter i Su III hadde 25/9 9,9 mg/l, men dagen etter var verdien etter skiftet redusert til 4 mg/l. Alle de øvrige 15 prøver fra kullskiftene lå under 5 mg/l etter arbeid. En tapper i Su I-II hadde 8,3 mg/l den 27/9, 10,4 den 28/9 og 6,8 den 29/9, mens en tapper i Su I hadde en enkeltverdi på 7,1 mg/l. Ingen av disse verdiene er alarmerende, men det kan være grunn til å se på arbeidsrutinene for tapperne i Su I-II med tanke på å forsøke å redusere eksponeringen.

To verdier for tapper i Su III, henholdsvis 10 og 11 mg F<sup>-</sup> pr. l urin ble utelukket på statistisk grunnlag (Grubbs<sup>5</sup>). Eksponeringen for disse to var også så lav, henholdsvis 0,4 og 0,46 mg pr. m<sup>3</sup> luft, at det må ha vært andre forhold som har gitt de høye verdiene i urinen.

I kontrollgruppen var det en person som hadde 1,8 mg fluorid/l urin før arbeidet og 4,7 mg/l etter. Den siste verdien atskilte seg så sterkt fra de øvrige at den ikke er tatt med i beregningen av middelveien. For kontrollgruppen var det som ventet ikke noen signifikant forskjell på middelveiene før og etter arbeid, henholdsvis 0,6 og 0,7 mg fluorid/l.

En sammenligning av resultatene for urinprøvene fra 1970 med verdiene i 1978 er vist i figurene 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 og 19. Dessuten er urinprøvene for soterne i 1978 vist i figur 21. For 1970 er bare vist verdiene etter skift, mens vi for 1978 har vist middelveien både før og etter skift for de enkelte kategorier. Kommentarene nedenfor gjelder bare for verdiene etter skift.

For ovnspasserne var middelveidien etter skift i Su I-II signifikant lavere enn i 1970, mens de i Su III lå ubetydelig høyere i -78 enn i -70.

Boltetrekkerne lå ubetydelig høyere i 1978 enn i -70, mens annodeskifterne i Su III hadde en noe større økning fra 1970 til -78.

Runderullerne lå lavere i 1978 enn i 1970 i begge typer ovns-haller.

Blussrullerne lå på samme nivå i 1978 som i 1970 i Su III. I Su I-II var det ingen verdier for 1970, men verdiene i 1978 lå litt over de tilsvarende i Su III.

For tapperne var det noe høyere verdier i 1978 enn i 1970 i begge typer haller, men forskjellene var ikke signifikant. Derimot hadde tapperne i Su I-II signifikant høyere verdier enn tapperne i Su III, både i 1970 og i 1978.

Krysserne i Su I-II hadde signifikant lavere verdier i 1978 enn i 1970, mens de i Su III hadde noe høyere middel-verdier i 1978 enn i 1970. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant. De lå derimot signifikant høyere enn krysserne i Su I-II.

Metallprøvetakere og badetemperaturmålere i Su I-II hadde signifikant lavere verdier i 1978 enn temperaturmålerne i 1970. I Su III var det ingen forskjell mellom 1978 og 1970.

Feiemaskinførerne i Su I-II hadde betydelig lavere verdier i 1978 enn i 1970, mens det i Su III ikke var noen påviselig forskjell.

Sett under ett, synes urinverdiene å bekrefte at forholdene i Su I-II var bedre i 1978 enn i 1970. I Su III hadde urin-fluoridverdiene forandret seg lite fra 1970.

### 3.1.3. Sammenligning av eksponering med utskillelse av fluorid i urin.

I 1970 ble det foretatt en korrelasjonsberegning mellom eksponering for fluorid og utskillelse av fluorid i urin uten at det ble tatt hensyn til om det var brukt maske eller ikke, bortsett fra boltetrekkerne som man visste brukte maske i betydelig utstrekning. Det ble bare funnet en svak sammenheng (korrelasjonskoeffisient  $r = 0,26$ ) mellom eksponering og utskilling. Det ble også funnet at en eksponering på  $2,5 \text{ mg totalfluorid/m}^3$  luft tilsvarte omkring  $5 \text{ mg fluorid/l}$  urin etter skift. Denne verdien er av samme størrelsesorden, men noe lavere enn den biologiske grenseverdien på  $7 \text{ mg fluorid/l}$  urin etter skift. Den lave korrelasjonen og noe lave verdi for urinfluorid hang sannsynligvis sammen med at en del av operatørene brukte maske under arbeidsoperasjonen.

Ved undersøkelsen i 1978 oppgav 11 operatører fra Su I-II og 2 fra Su III at de, den dag de var til legek kontroll, ikke hadde brukt maske. Antallet var for lite til at man kunne foreta noen sikker korrelasjon mellom fluorideksponering og utskilling. Hvis man antar at de samme personer heller ikke brukte maske de øvrige dager av undersøkelsen, viste eksponeringen og utskillingen en overraskende høy korrelasjon. Ved beregning på samme måte som i 1970 (hvor vi ikke hadde utstyr til å kunne regne med logaritmene) var korrelasjonskoeffisienten  $r=0,81$  for ialt 27 prøver. Utfra korrelasjonsberegningen skulle en eksponering på  $1 \text{ mg fluorid/m}^3$  luft i gjennomsnitt tilsvare en utskillelse på ca.  $7 \text{ mg fluorid/l}$  urin (en mer korrekt beregningsmåte ut fra en log-normalfordeling gav omtrent samme korrelasjonskoeffisient og en eksponering på  $1 \text{ mg/m}^3$  tilsvarte en utskillelse på ca.  $6 \text{ mg/l}$  urin).

Den overraskende høye utskilling ved relativt lav eksponering henger sannsynligvis sammen med at vi ved vår analysemetode bare i liten utstrekning registrerer aluminiumfluorid. Dette er heller ikke ønskelig fordi aluminiumfluorid ikke, eller i

