

Arbeidsmiljøundersøkelse

ved

Elkem-Spigerverket A/S,  
Bremanger smelteverk  
desember 1977

HDnr. 756/77

Yrkeshygienisk institutt  
januar 1978

## I. FORORD

Denne arbeidsmiljøundersøkelsen ble foretatt etter en anmodning fra Yrkeshygienisk institutt.

Vi vil med dette rette en takk til de utenfor Yrkeshygienisk institutt som har bidratt til opplegg og gjennomføring av undersøkelsen. En spesiell takk rettes til verneleder E. Rasmussen og verneombud Abelsen, Bremanger smelteverk A/S. Forsker Dr. Ph. E. Steinnes, Institutt for atomenergi takkes for sitt bidrag vedrørende analyse av biologiske prøver.

Følgende personer ved Yrkeshygienisk institutt har deltatt i undersøkelsen:

Avdelingsingeniør S. Børresen

Forsker P. Fjeldstad (ansvarlig for tjæremålingene)

Overingeniør B. Gylseth (ansvarlig for teknisk/hygieniske målinger)

Assistentlege H.L. Leira (ansvarlig for medisinsk undersøkelse)

Laborant B. Nilsen

Stipendiat E. Ophus

Ingeniør J.R. Pedersen

Sykepleier L. Røed

Yrkeshygienisk institutt  
januar 1978

<u>INNHOLDSFORTEGNELSE</u>		Side
I.	FORORD	1
II.	SAMMENDRAG	3
III.	INNLEDNING	5
IV.	GENERELT	7
	IV. 1. Produksjon	7
	IV. 2. Drift i undersøkelsesperioden	8
	IV. 3. Værforhold i undersøkelsesperioden	12
V.	VURDERING AV STOFFER I PRODUKSJONEN - HELSEMESSIG VIRKNING PÅ MENNESKER	13
	V. 1. Amorf og krystallisk SiO <sub>2</sub>	13
	V. 2. Vanadiumforbindelser	15
	V. 3. Krom	18
	V. 4. Tjærestoffer - PAH	19
	V. 5. Fosfin (PH <sub>3</sub> )	21
	V. 6. Arsin (ASH <sub>3</sub> )	22
	V. 7. Karbonmonoksyd (CO)	22
	V. 8. Oson (O <sub>3</sub> )	23
	V. 9. Nittrøse gasser (NO + NO <sub>2</sub> )	24
VI.	YRKESHYGIENISKE GRENSEVERDIER	25
VII.	TEKNISK-HYGIENISK UNDERSØKELSE	29
	VII. 1. Støvmålinger	29
	VII. 2. Gassmålinger	31
	VII. 3. Tjæremålinger	32
VIII.	RESULTATER	33
	VIII. 1. Personlige målinger	33
	VIII. 2. Stasjonære målinger	35
	VIII. 3. Gassmålinger	36
	VIII. 4. Tjærestoffer	40
	VIII. 5. Sammenligning av målinger utført av YHI og BS.	41
IX.	MEDISINSK UNDERSØKELSE	42
	IX. 1. Lungefunksjon	42
	IX. 2. Spørreskjema	43
	IX. 3. Biologiske prøver	43
X.	RESULTATER	44
	X. 1. Lungefunksjonsmålinger	44
	X. 2. Spørreskjema	44
	X. 3. Biologiske prøver	47
XI.	LITTERATURLISTE	51

## II. SAMMENDRAG

Teknisk-hygienisk undersøkelse.

Denne rapporten omhandler resultatene fra den teknisk-hygieniske og medisinske undersøkelsen ved Bremanger Smelteverk. På grunn av problemer med analyse av endel av prøvene, samt data-behandlingen av resultatene har rapporten blitt noe forsinket.

Ved vurderingen av resultatene har en benyttet de yrkeshygieniske grenseverdiene på side 26-28 som vurderingsgrunnlag. En ytterligere vurdering er foretatt i den medisinske rapporten ved sammenstilling av de medisinske og de teknisk/hygieniske data.

I den tekniske-hygieniske undersøkelsen er det vist at det er en lineær sammenheng mellom støveksposering og ovnsbelastning (W) for ovn V. Ved maksimal belastning på denne ovnen vil den personlige støveksposering overskride de anbefalte normer. En har ikke foretatt tilsvarende betraktninger for de øvrige ovnene. De personlige eksponeringene på ovn III synes akseptable. Imidlertid må en ta i betraktning at ovnsbelastningen var kun ca. 50% i undersøkelsesperioden.

Operatørene på ovn II og IV er tildels betydelig støveksposerte med unntak av ovnskjørerne.

For FeVoperatørene synes støv-, vanadium- og kromeksponeringen å være nær tilfredsstillende med unntak av to personer. Operatørene på V-anlegget viser en betydelig eksponering både med hensyn til totalstøv, vanadium og tildels også krom. Dette gjelder også operasjonene rensing og knusing. Ved eventuelle utbedringer bør V-anlegget prioriteres høyt. I de øvrige avdelinger synes det å foreligge uakseptable eksponeringer for reparatør/stamper, beltemann og mekaniker.

En har ikke påvist silikoserisiko på de arbeidsplasser som er undersøkt med hensyn på dette.

Vedrørende gasseksponeringer er det kun påvist helsefarlige konsentrasjoner i spesielle situasjoner. Dette gjelder fosfin og arsin i siloer for FeSi, samt korttidsverdier for oson ved argonsveising på kopper. Ved arbeide i silo og ved argonsveising av denne type må tilfredsstillende verneutstyr anvendes.

Det er videre foretatt undersøkelse av tjæreeksponeringen på en del utvalgte arbeidsplasser. Ingen av de målte verdier overskrider de anbefalte normer. Imidlertid bør eksponeringene kontrolleres etter eventuelle utbedringer er foretatt.

Idet bedriften har kjørt med redusert effekt på to av ovnene i prøveperioden, bør eksponeringen ved maksimal ovnsbelastning kontrolleres når driften igjen er normal.

## MEDISINSK UNDERSØKELSE

Den endelige konklusjonen på disse undersøkelsene blir at plager fra øyne, nese og øvre luftveier forekommer relativt hyppig. Plagene har sammenheng med mengden av støv og røyk i lokalene. Mengden av ferrovanadium synes ikke å spille noen rolle. Folks røykevaner spiller heller ingen rolle for forskjellen i hyppighet av plager.

Det er ellers en klar sammenheng mellom subjektive plager og subjektiv vurdering av arbeidsmiljøet og det som objektivt lar seg registrere, nemlig støvmålingene. Siden disse igjen sannsynligvis kan være relatert til effekten på ovnene, blir altså graden av plager avhengig av hvor hardt ovnene kjøres.

## KON .KLUSJON

1. De biologiske prøvene har vist at det er bra sammenheng mellom verdiene for vanadium i blod og verdiene i urin tatt samtidig. Urinutskillelsen gjenspeiler innholdet i blod.
2. Personer som i denne undersøkelsen er kalt høyeksponerte har som gruppe betraktelig høyere innhold av vanadium i blod og urin enn personer som er utsatt for vanadium i betydelig mindre grad.
3. Endringene i vanadium-innhold i blod og urin i løpet av et skift og i løpet av en 3-4 dagers periode gjenspeiler ikke vanadiumeksponeringen fra støv i de samme periodene.

Analyse av vanadium i biologisk materiale som blod og urin er altså ikke egnet som kontroll av yrkesmessig vanadiumeksponering.

### III. INNLEDNING

Som et ledd i den pågående kartlegging av arbeidsmiljøet i norsk ferrolegeringsindustri rettet Yrkeshygienisk institutt en forespørsel til Elkem-Spigerverket A/S, Bremanger Smelteverk (BS) om gjennomføring av en undersøkelse ved BS. En slik undersøkelse ville være en naturlig fortsettelse av den løpende kartlegging av miljøfaktorer i denne type industri. Videre ville resultatene fra en slik undersøkelse være et verdifullt hjelpemiddel vedrørende prioriteringer av generelle miljøforbedringer ifølge arbeidstilsynets retningslinjer. To forhold gjorde at denne undersøkelsen ble noe mer omfattende enn tilsvarende andre steder. Det ene forholdet er at BS, som den eneste bedrift i landet, produserer ferrovanadium. Vanadium har lungetoksiske egenskaper og en ønsket å studere dette nærmere. Dessuten ville en undersøke om blod, eventuelt urinprøver kan brukes som en indikator for vanadiumeksponering. Det andre forholdet er en undersøkelse over dødelighet og kreftforekomst utført av Elkem Spigerverket og Kreftregisteret i perioden 1973-1975. Denne undersøkelsen viste ingen overhyppighet av kreft totalt sett, sammenlignet med landsgjennomsnitt, men en noe påfallende fordeling av kreft i de forskjellige organer. For eksempel var forekomsten av lungekreft mindre enn en skulle vente, mens særlig antallet nyrekreft var større. Denne undersøkelsen kunne ikke si noe om årsaken til denne uventede fordelingen. For å komme dette noe nærmere, spesielt for å se om forholdene i arbeidsmiljøet kan ha hatt betydning, ønsket Yrkeshygienisk institutt en så omfattende kartlegging som mulig. Bare ut fra et grundig kjennskap til

forholdene i dag kan vi trekke slutninger bakover i tiden om hvordan forholdene har vært. Årsakene til eventuell yrkesbetinget kreft ligger gjerne i arbeids- og miljøforholdene slik de var for 15-40 år siden.

Følgende undersøkelser er blitt gjennomført:

- 1) Teknisk/hygienisk kartlegging av støv og tjærestoffer, samt en del sporadiske gassmålinger.
- 2) Intervju av arbeiderne pr. spørreskjema 4 dager i undersøkelsesperioden.
- 3) Innsamling av blod- og urinprøver for analyse av eventuelt vanadiuminnhold før og etter skift 1. dag, samt etter skift 4. dag.
- 4) Lungefunksjonsundersøkelse før og etter skift 2 dager.

For analyse av sporkonsentrasjoner av vanadium i biologiske væsker, synes nøytronaktiveringsanalyse å være den mest følsomme metode. Yrkeshygienisk institutt innledet derfor et samarbeid med Institutt for atomenergi, Kjeller ved forsker Dr. Ph. E. Steinnes for gjennomføring av blod- og urinanalysene.

I denne rapporten blir det redegjort for resultatene fra de teknisk-hygieniske undersøkelsene. Det videre arbeid med den omtalte kreftundersøkelsen vil omfatte et nærmere studium av noen av de kjente tilfellene, samt et forsøk på kartlegging av arbeids- og



miljøforholdene bakover i tiden.

#### IV. GENERELT

##### IV. 1. Produksjon.

Bedriften produserer ferrosilisium-baserte legeringer med 75% og 90% FeSi som hovedprodukter. En del av 90% FeSi brukes internt som råmateriale for silgrainprosessen (silisiummetall).

Produksjonen av ferrosilisium er basert på karbotermisk reduksjon av  $\text{SiO}_2$ . 75% - FeSi produseres på en lukket 3-fase ovn (ovn II). 90% FeSi produseres på en middels stor og en stor 3-fase ovn (ovn IV og V). Prosessen fra 90% FeSi til Si-metall foregår ved utlutning av 90% FeSi med saltsyre og jernklorid i vann ved ca.  $110^\circ \text{C}$ . Ved bruk av en bestemt partikkelfraksjon oppnår en ved denne prosessen Si-metall med høy renhet ( $\text{Si} > 99\%$ ).

Videre produserer bedriften råjern. Jernmalmslig fra Rødsand Gruber sintres og knuses til en passende stykkstørrelse før den chargerer på ovnen. Råjernet går enten via en avsvovlingsprosess til utstøping (vantit, vanadium - titanholdig jern), eller til viderebehandling i et oksygenblåseanlegg (OB). Ved denne prosessen fjernes uønskede metaller som vanadium, titan, krom, mangan etc. som oksyder (avrakes som slagg). Det oksygenblåste jernet (OB-jern) støpes ut som eget produkt. Slagg fra denne prosessen (metalloksyder) går via en oppberedning (V-oppberedning) hvor uønsket jern fjernes ved magnetseparasjon. Denne slaggen inne-

holder etter separasjonen 12-15% V og brukes som råmateriale for produksjon av ferrovanadium (FeV).

Fremstillingen av FeV foregår ved en 2-trinns prosess. Første trinn i prosessen skjer i en elektrostålovn (FeV-ovn) hvor reduksjon av V-slaggens jerninnhold skjer ved tilsats av FeSi. Det utreduserte jernet synker til bunns i ovnen, og støpes ut, mens den anrikede slaggen videreføres til 2. trinn i prosessen hvor den igjen reduseres med FeSi (reduksjon ved omrøring - skake-skjenk) og det meste av slaggens vanadiuminnhold går over i metallisk form og synker til bunns som FeV. FeV støpes ut og den resterende slaggen chargerer igjen på råjernsovnen.

#### IV. 2. Drift i undersøkelsesperioden.

De miljømessige forholdene (støv og røyk) vil være avhengig av faktorer som ovnsbelastning, ovnsgang, værforhold etc. I undersøkelsesperioden hadde bedriften full service på sinterverket. Det ble ikke foretatt målinger i forbindelse med dette servicearbeidet. Belastningen på råjernsovnen (ovn III) var i perioden 50% (12 MW) av de normale (24 MW). Grunnen til denne lave belastningen skyldes markedsforholdene for råjern. For FeSi-ovnene var belastningen varierende. Kun ovn IV gikk med budsjettert belastning i undersøkelsesperioden. Variasjonene for ovn II og V skyldes diverse reparasjoner, dårlig ovnsgang etc. For FeV-ovnens vedkommende gikk den med normal belastning inntil 7/12 hvor den ble stanset og revet for ombygning. Ovnen kom ikke igang igjen i den resterende del av perioden.

Ovnsbelastningene på de respektive skift for de forskjellige ovnene (unntatt FeV-ovn) fremgår av tabell 1.

Tabell 1.

OVNSBELASTNINGER, BS, UKE 49, 1977

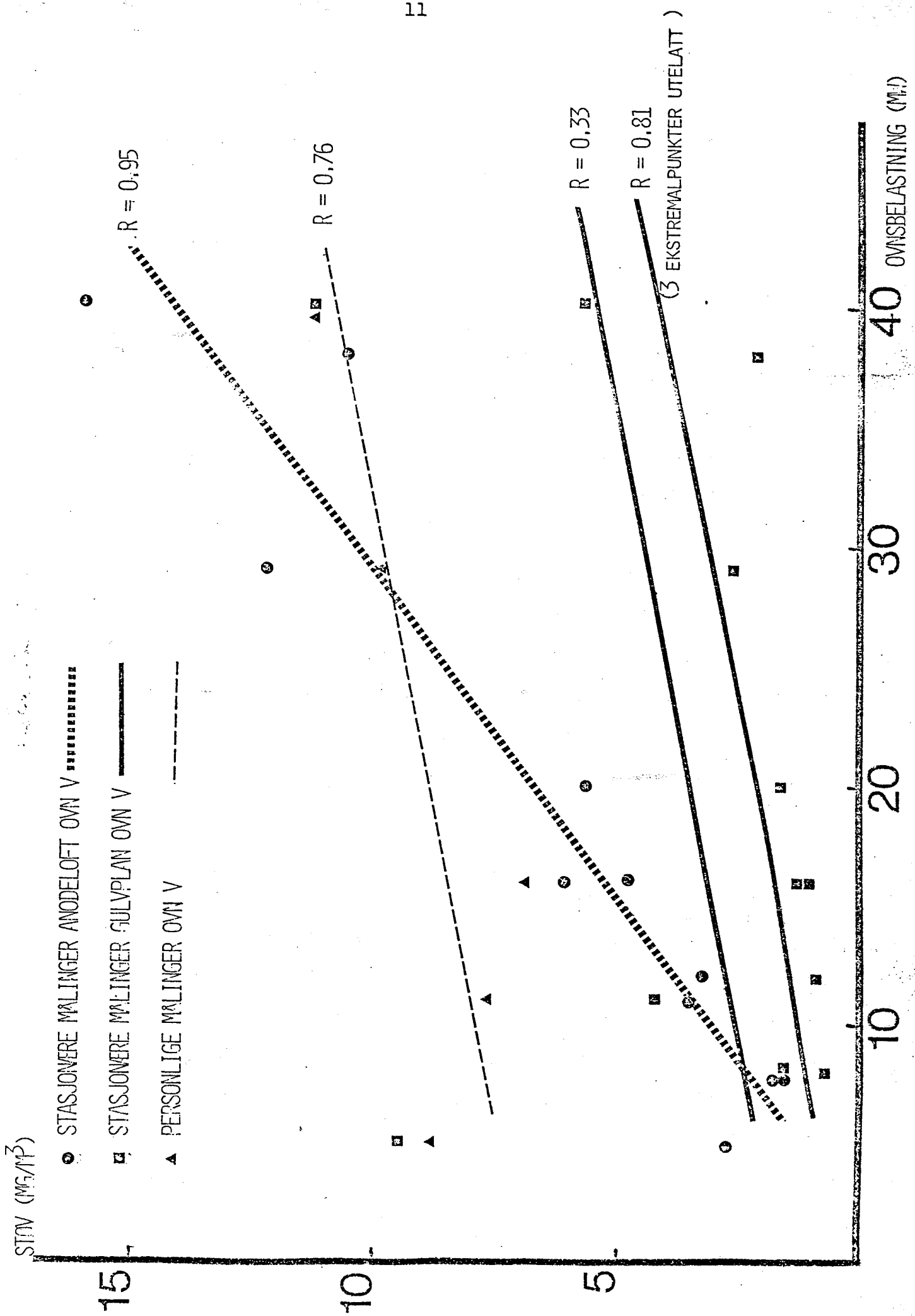
	Budsjettet i driftstid	5/12			6/12			7/12			8/12			9/12		
		6-14	14-22	22-06	6-14	14-22	22-06	6-14	14-22	22-06	6-14	14-22	22-06	6-14	14-22	22-06
Ovn II	6,7 MW	2 MW	5 MW	7 MW	7 MW	5 MW	6 MW	7 MW	7 MW	6 MW	7 MW	6 MW	6 MW	6 MW	6 MW	
Ovn IV	13 MW	13 MW	14 MW	13 MW	12 MW	14 MW	14 MW	14 MW	13 MW	13 MW	14 MW	13 MW	13 MW	15 MW		
Ovn V	35 MW	16 MW	16 MW	20 MW	29 MW	8 MW	12 MW	5 MW	8 MW	38 MW	11 MW	4 MW	27 MW	40 MW		
Ovn III	Normalt 23,8 MW høsten 77 12 MW	12 MW	12 MW	12 MW*	12 MW	12 MW	12 MW	12 MW	12 MW	12 MW	12 MW	12 MW	12 MW	12 MW		

Som det fremgår av tabell 1 var driften på ovn II nær normal (budsjettert) unntatt de to første skift 5/12. For ovn V synes driften kun å ha vært optimal på nattskift 7/12 og dagskift 9/12. På grunn av de store driftsvariasjonene på ovn V var det mulig å plotte støvkonsentrasjonen ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) som funksjon av gjennomsnittlig ovnsbelastning pr. skift. Resultatene er fremstilt grafisk i figur 1.

I denne figuren har en plottet den gjennomsnittlige eksponering for operatørene (ovnspasser, ovnskjører, tapper, tappehullsreparatør) som funksjon av ovnsbelastningen på dagskiftene. Videre viser figuren de enkelte stasjonære målinger som funksjon av ovnsbelastningen på samtlige skift på henholdsvis mantelloft/stampeloft og gulvplan/tappeplan. For personlige målinger og stasjonære målinger, modeloft, viser resultatene relativt høy korrelasjon,  $r= 0.76$ , henholdsvis  $r= 0.95$ . For de stasjonære målinger, gulvplan, forekommer det tre ekstremverdier som gir en noe dårligere korrelasjon ( $r= 0.33$ ). Dersom disse ekstrepunktene utelates er korrelasjonskoeffisienten  $r= 0.81$ . En har ikke klart å registrere hva disse ekstremverdiene skyldes, men årsaken kan være at det har foregått arbeidsoperasjoner i umiddelbar nærhet av prøvetakingsutstyret (dette ble observert en av dagene).

Det synes å være en overveiende sannsynlighet for at det er en lineær sammenheng mellom støvkonsentrasjonen på de respektive nivåer og ovnsbelastningen. Disse faktorene må tas i betraktning ved vurdering av resultatene, spesielt for målingene på ovn III og V.

Figur 1.



En tør ikke ta stilling til hvorvidt drift av filteranlegget kan medføre variasjoner i støvkonsentrasjonene på ovn V.

#### IV. 3. Værforhold i undersøkelsesperioden

Arbeidsforholdene i og utenfor produksjonslokalene er i mange tilfeller avhengig av de rådende værforhold. Ved spesielle meteorologiske forhold kan en få nedslag av røyk fra pipene, noe som kan medføre meget ugunstige forhold i ovnshallene.

Tabell 2 angir temperatur og vindforhold kl. 1200 de respektive dager i perioden.

Tabell 2.

Dato	Temp. °C	Vind	Nedbør
5/12	- 0.5	Stille - klart - vær (røyken følger fjorden)	
6/12	+ 2.0	- " -	
7/12	- 0.5	- " -	
8/12	+ 7.5	Ø svak vind Stigende utover dagen	Noe regn
9/12	+ 11.5	Stille overskyet	

De tre første dagene i perioden var værforholdene stabile, og en oppfattet forholdene i ovnshallen subjektivt som gode. De to siste dagene gav sannsynligvis et noe mer representativt bilde av værforholdene i dette distriktet på denne årstiden, og rent subjektivt ble forholdene i ovnshallen oppfattet som noe dårligere

enn i førstnevnte periode. En har ikke forsøkt å korrellere værforholdene mot støvkonsentrasjonene idet værforholdene vanskelig kan kvantifiseres. Imidlertid var den subjektive oppfatning at værforholdene i den første del av perioden sannsynligvis medførte miljøforhold (støv, røyk) som er bedre enn gjennomsnittet for året. Værforholdene i siste del av perioden syntes å gi forhold av mere normal karakter. En gjør oppmerksom på at en ikke har tatt hensyn til værforholdene ved korrelasjonen mellom støvkonsentrasjon og ovnsbelastning.

V. VURDERING AV STOFFER I PRODUKSJONEN -  
HELSEVIRKNING PÅ MENNESKER

V. 1. Amorf og krystallinsk SiO<sub>2</sub>

Den yrkessykdom en frykter ved arbeid i en atmosfære som inneholder fri krystallinsk SiO<sub>2</sub> er silikose. Dette er en sykdom som fører til bindevevsforandringer i lungene, hvilket kan føre til nedsatt lungefunksjon. Sykdommen oppstår ved deponering av støv i bestemte deler av lungene, i de såkalte alveoler (lungeblærer). Bare partikler mindre enn 5 µm avsettes i disse deler av lungene. Større partikler stanses nesten fullstendig før de når ned til alveolene og har derfor liten eller ingen evne til å fremkalle silikose. Den amorfe SiO<sub>2</sub> fra ferrosilisiumproduksjonen oppstår ved kondensasjon fra gassfase ved høy temperatur, og partiklene er derfor tilnærmet kuleformet. Dyreforsøk tyder på at den amorfe

$\text{SiO}_2$  har liten evne til å fremkalle silikose sammenlignet med krystallinsk  $\text{SiO}_2$ . Støvet har en tendens til å agglomerere, og et slikt agglomerat vil oppføre seg som en større partikkel i luftveiene. Dersom disse agglomeratene er større enn 5  $\mu\text{m}$  vil de ikke komme ned i lungealveolene, og dermed heller ikke gi noen silikose. Ved moderat påvirkning vil silikose først kunne oppstå etter en lang årrekke, fra 15 opptil 30 år. Dyreforsøk tyder på at Si-metallstøv er fysiologisk inert.

Arbeiderne i ovnshusatomosfæren er utsatt for amorf  $\text{SiO}_2$  oppblandet med endel andre komponenter, som medrevne tre-, koks- og tildels også kvartspartikler, samt varierende mengder metallforbindelser av vekslende sammensetning.

For ovnshusarbeidere er det motstridende rapporter om risikoen for silikose. Fehnel (1) fant ikke noen tilfeller av silikose i amerikanske ferrolegeringsverk. Panchery (2) fant en svak fibrose, men ingen silikose blant arbeiderne i FeSi-verk. Dette ble senere bekreftet av Radica (3), men det var to tilfeller hvor fibrosen var øket. Heller ikke Drees og Young (4) eller Roberts (5) har funnet silikose hos ferrosilisiumarbeidere, til tross for delvis høy eksponering.

Broch (6) hevdet å ha funnet 29 tilfeller av silikose blant 208 arbeidere i norske verk. Av disse tilfellene var det 6 som hadde arbeidet andre steder, i kvartsbrudd, i kvartsknuseanlegg, pakkeri osv. Denne undersøkelsen er ikke etterkontrollert, og man stiller



et spørsmålstegn ved den når man sammenholder den med de øvrige undersøkelser som foreligger. Glømme og Swensson (7) undersøkte 860 arbeidere fra norske og svenske ferrosilisiumverk og fant først 17 tilfeller hvor lungeforandringene svarte til silikose. Av disse var det 4 som bare hadde arbeidet i ovnshusatmosfæren. De hadde svake lungeforandringer, og forfatterne konkluderer med at risikoen for støvlungesykdom på grunn av selve ovnshusatmosfæren er meget beskjedent.

Ti pasienter som hadde arbeidet nokså kort tid i et lite ferrosilisiumverk, ble av Bruce (8) i 1937 antatt å ha silikose. Swensson og medarbeidere (1971) har fulgt opp disse pasientene, og fant at hos mange hadde symptomene gått tilbake eller forsvunnet fullstendig. Bare et av tilfellene ble karakterisert som silikose.

Foreløpig er det vanskelig å trekke noen sikker konklusjon av de undersøkelser som foreligger. Sannsynligvis har den amorfe  $\text{SiO}_2$  som oppstår ved produksjon av ferrosilisium en lett silikosefremkallende egenskap, men i langt svakere grad enn vanlig krystallinsk  $\text{SiO}_2$ .

## V. 2. Vanadiumforbindelser

Ved produksjon av ferrovanadium vil en kunne forvente vanadiumeksponering hovedsaklig i form av metall (ferrovanadium) og oksyder (f.eks.  $\text{VO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$ ).

Idet vanadium har relativt liten industriell anvendelse, er litteraturbeskrivelsene om vanadiumforbindelsenes giftighet relativt sparsomme.

Vanadium er giftig overfor dyr selv i små doser. De femverdige forbindelsene ( $V_2O_5$ -vanadiumpentoksyd) og vanadatene (salter av vanadinsyre) er giftigere enn de øvrige forbindelsene som en har data for. For  $V_2O_5$  er letal dose for kaniner 1,5 mg/kg (9). Eksponeringer ved konsentrasjoner på 70 mg/m<sup>3</sup> er akutt giftig for dyr selv etter få timer. Ved inhalasjon av  $V_2O_5$  vil eventuelle effekter kunne oppstå i luftveiene som bronkitt, emfysem, lungeødem, imidlertid er ingen spesifikke lungeskader rapportert (10). Sjøberg (11) har rapportert et visst antall tilfeller fra et vanadiumraffineri hvor eksponeringer opptil 12 mg  $V_2O_5$ /m<sup>3</sup> ble målt. I litteraturen finnes det ellers rapporter om forskjellige effekter ved eksponering for  $V_2O_5$  så som lokale luftveisplager, slimhinneirritasjoner, grønn tunge, metallsmak i munnen, halsirritasjon og hoste. En konstaterte disse uspesifikke effektene allerede ved eksponeringer på 0,25 mg/m<sup>3</sup>. Ut fra denne dokumentasjonen har en satt en grenseverdi på 0,5 mg/m<sup>3</sup> for  $V_2O_5$  (støv). Dette er en takverdi som ikke bør overskrides.

Zenz og Berg (12) studerte effektene ved inhalasjon av konsentrasjoner på 0,2 mg/m<sup>3</sup>  $V_2O_5$  hos fem personer og de fant kraftige irritasjoner i de øvre luftveier med vedvarende hoste. Ingen systematiske plager utover dette kunne observeres.

Eksponeringer for  $0,1 \text{ mg/m}^3$  viste fortsatt tilsvarende reaksjoner og en konkluderte med at grenseverdien for  $\text{V}_2\text{O}_5$  er for høy. I lys av de ovennevnte rapporter har en satt grenseverdien for  $\text{V}_2\text{O}_5$ -damp (røyk fra smeltebad) til  $0,05 \text{ mg/m}^3$  som  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

Den eneste informasjonen om eksponeringer for ferrovanadium som forekommer i litteraturen, er publisert av Roshchin (13). Roshchin har undersøkt både eksponerte arbeidere og utført dyreforsøk. Han fant at ferrovanadiumstøv forårsaket alvorlige patologiske forandringer hos dyr kun ved meget høye eksponeringer ( $1000\text{-}2000 \text{ mg/m}^3$ ). Sammenlignet med vanadiumpentoksyd ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) er ferrovanadium langt mindre giftig. Grenseverdien på  $1 \text{ mg/m}^3$  foreslått av Roshchin, skal på grunnlag av disse forsøkene være en sikker grense mot skader ved eksponeringer på dette nivå. Imidlertid må en fastslå at dokumentasjonen bak grenseverdien for ferrovanadium er langt dårligere enn dokumentasjonen bak verdien for f.eks.  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

For å kunne gi en sikker vurdering av arbeidsforholdene ved produksjon av ferrovanadium må en kjenne den eksakte sammensetning av det vanadiumholdige støvet. Imidlertid ville dette være en meget komplisert og tidkrevende analyseprosedyre. En kan imidlertid anta at vanadiumforbindelsene i slaggen (ved V-oppberedning) foreligger som oksyder henholdsvis vanadater. I området rundt FeV-ovnen vil en sannsynligvis ha en blanding av støvformige og røykformige (fume) oksyder. Ved rensing og knusing av det ferdige produktet vil vanadium foreligge som metall, ferrovanadium.

### V. 3. Krom

Ved produksjonen av ferrovanadium vil en gjennom de respektive trinn også få anriket krom. Krominnholdet i sluttproduktet ligger i området 2-3%.

Kromforbindelser kan i mindre grad opptas via magen. Løselig kromater kan også opptas i organismen gjennom huden. I organismen kan krom lagres i lever, nyrer, milt, benmarg, avhengig av opptatt mengde og i hvilken form den foreligger. Krom utskilles via nyrene og tarm, ca. 80% skilles ut i urinen. Det er lite kjent hvor lang tid det tar å utskille det krom som er opptatt i organismen, men utskillelsestiden er antakelig ikke svært lang.

VI-verdig kromforbindelser fremkaller ved sin oksyderende virkning irritasjon lokalt på huden eller slimhinner. Spesielt vil dette kunne merkes i øvre luftveier og i bronkiene i lungene. Dette kan føre til sår i neseslimhinnen, av og til med hull i neseskilleveggen. Man kan få symptomer på bronkitt med hoste og irritasjon.

Krom er ett av de mest kjente allergener i industrien, det vil si at det kan fremkalle allergiske tilstander som allergisk kontakt-eksem og allergisk astma.

10 - 15 års eksponering for "luftbårne" kromater kan fremkalle lungekreft.

#### V. 4. Tjærestoffer - PAH

PAH (Polycykliske aromatiske hydrokarboner) er en gruppe forbindelser som finnes i tjære, bek, asfalt og lignende. De finnes i luft på arbeidsplasser oftest som følge av avrykninger fra kull, trekulltjære, steinkulltjære, bek og asfalt. PAH finnes også i sigarettøyk og eksos. Blant industrier der man finner PAH nevnes koksverk, aluminiumverk, ferrolegeringsverk og asfaltverk.

PAH i tjære består av et stort antall forbindelser. Ved gasskromatografisk analyse påvises vanligvis 50-60 forskjellige forbindelser, men ved mer inngående analyse kan langt flere påvises. I denne rapporten er kvantifisert 36 forbindelser (se bilag 1 og 2). Man kan lettest sammenlikne PAH-sammensetningen for forskjellige prøver ved å sette opp "PAH-profilen". I figur 2 er de gasskromatografiske analysene av PAH fra Bremanger Smelteverk satt opp og sammenliknet med tilsvarende prøver fra et aluminiumsverk (14) og et koksverk (15). Man kan enkelt se at sammensetningene ikke er vesentlig forskjellige.

Den amerikanske listen over yrkeshygieniske grenseverdier (16) angir en grenseverdi for partikulært polysyklisk organisk materiale (PPOM) til 0,2 mg/m<sup>3</sup> benzenløselige stoff fra filter. PAH er en del av PPOM. I det benzenløselige materialet fra filter er det normalt 10-40% PAH. Typiske verdier er 20%. Ut fra dette vil amerikansk TLV tilsvare 40 µg/m<sup>3</sup> PAH på filter. En grenseverdi av denne typen må betraktes som teknisk grense. Den er ikke basert

på epidemiologiske undersøkelser, eller noen annen form for helsemessige vurderinger.

En vet at enkelte PAH-forbindelser er kreftfremkallende. Stoffer som benzo(a)pyren, dibenzopyrener, benzo(b)fluoranten, og benzo(c)fenantren er noen av de kreftfremkallende forbindelsene som til vanlig finnes i tjære o.l. (17). Det vites ikke på hvilken måte en blanding av PAH og andre forbindelser, som man finner i aluminiumsverk, koksverk m.m., virker. Virkningene kan forsterkes eller svekkes i forhold til de rene forbindelsene. Derfor finner en det ikke riktig nå, i yrkeshygienisk sammenheng, å vurdere mengden av enkeltforbindelser, men baserer seg på total mengde PAH på filter.

Det finnes utenlandske rapporter (18, 19, 20, 21, 22, 23) som viser at tjærestoffene kan fremkalle kreft hos mennesker ved yrkesmessig eksponering. Kreft i luftveiene og i huden er i denne sammenheng viktigst. Velkjent er også virkningen av sigaretttrøyk, hvis kreftfremkallende virkning gjerne tilskrives innholdet av tjærestoffer.

### V. 5. Fosfin ( $\text{PH}_3$ )

Fosfin (24) forekommer ofte som et biprodukt i denne type industri ved at fuktighet reagerer med fosfid ( $\text{P}_2\text{Ca}_3$ ) som forekommer som forurensning i ferrolegeringer.

Fosfin er en gass som angriper sentralnervesystemet samtidig som den virker som en lungegift. Symptomer på fosfin-forgiftning kan være kvalme, oppkast, diare, tørste, følelse av trykk i brystet, avsvimningsanfall etc.

Dyreforsøk indikerer at gjentatt innhalering av 5-10 ppm fosfin i et visst antall dager kan føre til kronisk subakutt forgiftning.

Arbeidere eksponert i perioder på 8 timer eller mer av fosfin-konsentrasjoner opptil 35 ppm (men med middel på 10 ppm i de fleste tilfeller) fremviste tilsvarende symptomer som nevnt ovenfor. Fosfin kan luktes. Den har en løkaktig lukt og luktegrensen er mindre enn 0,1 ppm som er under den yrkeshygieniske grenseverdien for en 8 timers eksponering.

Atmosfærisk konsentrasjon som vil gi øyeblikkelig livsfare er rapportert til ca. 400 ppm. Under produksjonen kan en forebygge utvikling av fosfin ved å minske tilgangen på fuktighet.

#### V. 6. Arsin ( $\text{AsH}_3$ )

Arsen forekommer også som forurensninger i produktene, og ved tilgang på fugtighet vil en få utvikling av arsin.

Arsin er en ekstremt akutt giftig gass. Litteraturen (9) angir 250 ppm i 30 minutter som fatal og 3 - 10 ppm kan forårsake forgiftningssymptomer i løpet av få timer. Nau (25) fant at dyr som ble eksponert 3 timer om dagen ved konsentrasjonen på 0,5 - 2 ppm, utviklet et unormalt blodbilde i løpet av få uker. Typiske forgiftninger har resultert i hemolytisk anemi med eventuelt gulsott og hemoglobinuria.

#### V. 7. Karbonmonoksyd ( $\text{CO}$ )

Karbonmonoksyd er en luktfri, fargeløs gass som virker direkte kvelende ved høye konsentrasjoner.  $\text{CO}$  inngår i blodets hemoglobin istedenfor oksygen og blokkerer dermed oksygenopptaket, med hjerne-skade og kvelning som følge.

Konsentrasjoner mellom 500 - 700 ppm vil etter få timer gi svimmelhet, eventuelt avsvimningsanfall.

Videre har en etter hvert fått mistanke om at langtidseksponeringer for  $\text{CO}$  kan føre til en overhyppighet av hjerte- og karsykdommer.



I forbindelse med reparasjoner på ovnene bør en være oppmerksom på at store CO-konsentrasjoner kan forekomme. Kontinuerlig overvåkning (målinger) bør foretas i forbindelse med slike reparasjoner.

#### V. 8. Oson $O_3$

Oson dannes ved "åpent gnistoverslag", f.eks. lyn, elektriske lysbyer, overslag mellom strømførende ledninger samt ved den såkalte "Corona"; utstråling fra høy-voltanlegg. Enn videre kan det bli dannet oson under innvirkning av ultrafiolett lys f.eks. kvikksølvlampe - høyfjellsol, og fra lyskilder som er rike på ultrafiolett lys, f.eks. argonlamper, ved sveising med beskyttelsesgass (argon, kullsyre) hvor temperaturene er meget høye.

TIG-sveising og plasmaskjæring gir, spesielt ved bruk av argon, en intens ultrafiolett stråling som krever spesialglass i brillene eller sveisemasken og beskyttelse av huden mot strålingen som ellers vil kunne gi sterke forbrenninger i likhet med solforbrenning. Strålingsintensiteten er 20 - 40 ganger sterkere enn ved sveising med vanlig dekkede elektroder, og særlig ved sveising på aluminiumlegeringer og rustfritt eller syrefast stål, kan en få en betydelig oson-dannelse i luften inntil 1 meters avstand fra selve sveisepunktet.

Oson er en alvorlig lungegift på linje med fosgen og nitrogen-dioksyd og gir i liket med disse lungeødem. Dertil gir oson

endringer i blodbilde, smerter i brystet, hodepine, kvelningsfornemmelser og utpreget tretthet allerede ved konsentrasjoner ved eller under 1 ppm.

#### V. 9. Nitrøse gasser (NO + NO<sub>2</sub>)

I sveiserøyk vil det kunne finnes nitrøse gasser. De nitrøse gasser vil hovedsakelig være en blanding av nitrogendioksyd (NO<sub>2</sub>) og nitrogenoksyd (NO).

Ved gass-sveising (acetylen-surstoff) vil det kunne dannes større mengder nitrøse gasser, avhengig av flammens størrelse og temperatur. Konsentrasjonen i luften vil også være bestemt av tiden det sveises samt av rommets størrelse og luftskifte.

I større haller er det normalt liten forgiftningsfare, derimot skjer de fleste forgiftninger ved sveising i små rom og tanker med utilstrekkelig ventilasjon.

Ved elektrodessveising (lysbue) vil det bare utvikles små mengder nitrøse gasser. Ved spesielle sveisemetoder med dekk-gass, som f.eks. argonsveising, kan det dannes slike gasser, men neppe slik at konsentrasjonen i sveiserens innåndingssone kan komme over den yrkeshygieneiske grenseverdi. De nitrøse gasser virker irriterende

på luftveiene, spesielt de dypere deler av lungene, lungeblærene.

Når en eksponeres for nitrøse gasser, kan de akutte irritasjons-symptomene fra de øvre luftveier være heller beskjedne. Noe svie i øyne, nese og hals kan forekomme, men ikke mer enn at arbeide kan fortsette. Hoste er også et vanlig symptom, men selv konsentrasjoner helt opp til 150 ppm kan utholdes uten svære plager. Faren er at ved disse konsentrasjoner kan det inhaleres så mye gass at det etter noen timer kan inntre et livsfarlig lungeødem.

## VI. YRKESHYGIENISKE GRENSEVERDIER

De yrkeshygieniske grenseverdier som anvendes (Threshold Limit Values, TLV), antas å være satt så lavt at praktisk talt alle mennesker uten skade eller ubehag kan arbeide hver dag et helt liv i en atmosfære hvor den yrkeshygieniske grenseverdien ikke blir overskredet. Disse grenseverdiene er imidlertid bare retningslinjer og gir ingen garanti for at særlig disponerte eller svakelige individer får plager. På den annen side er det heller ikke sikkert at en vil få verken skader eller irritasjoner selv om grenseverdien overskrides. For kvartsholdig støv er det angitt en lav,  $TLV_L$ , og en høy verdi,  $TLV_H$ . Hvis støvkonsentrasjonen ligger under den laveste verdien, er risikoen for silikose ubetydelig. Konsentrasjoner mellom de to verdier tyder på at en bør sørge for å bedre støvforholdene innen rimelig tid. Ved støvkonsentrasjoner over  $TLV_H$  må en regne med at det kan foreligge en betydelig

silikoserisiko, og forholdene bør utbedres snarest, i første omgang ved bruk av støvmasker.

Støv fra denne type industri inneholder i tillegg til amorf  $\text{SiO}_2$  også varierende mengder jern, silisium samt naturlig forekommende spormetaller, avhengig av hva som produseres. American Conference of Governmental Industrial Hygienists angir grenseverdien for jern til  $3.5 \text{ mg jern/m}^3$ , og for silisium  $10 \text{ mg/m}^3$ . Grenseverdiene for amorf  $\text{SiO}_2$  er foreslått til  $\text{TLV}_L = 2 \text{ mg/m}^3$  og  $\text{TLV}_H = 5 \text{ mg/m}^3$ .

Da støvsammensetningen i denne type industri viser store variasjoner fra arbeidsplass til arbeidsplass, skulle en teoretisk måtte sette forskjellige grenseverdier for totalstøvet avhengig av arbeidsplassen. Da dette vil støte på praktiske vanskeligheter, vil det for de aller fleste arbeidsplassers vedkommende være naturlig å anvende en felles grenseverdi. Ut fra dette har en funnet det rimelig å anbefale en felles grenseverdi på  $5 \text{ mg/m}^3$  for denne type blandingsstøv, forutsatt at konsentrasjonen av krystallinsk  $\text{SiO}_2$  ikke betinger en lavere verdi.

## Grenseverdier for en del stoffer:

Oson	(O <sub>3</sub> )	0.1	ppm
Nitrogendioksyd	(NO <sub>2</sub> )	5	" "C"
Nitrogenoksyd	(NO)	25	"
Ferrovanadium	(FeV)	1	mg/m <sup>3</sup>
Vanadiumpentoksyd	(V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.5	" "C"
Vanadiumpentoksyd	(røyk, damp)	0.05	"
Tjærestoffer - PAH		40	µg/m <sup>3</sup>
Inert støv		10	mg/m <sup>3</sup>
Sveiserøk (ulegert materiale)		5	"
Krom (metall)		1	"
Krom (lettløselige, 6-verdige forb.)		50	µg/m <sup>3</sup>
Arsin	(AsH <sub>3</sub> )	0.05	ppm
Fosfin	(PH <sub>3</sub> )	0.3	"
Karbonmonoksyd	(CO)	35	"

1 ppm = 1 cm<sup>3</sup> gass/milliondeler luft.

Det finnes i de forskjellige land en rekke sett av normer for vurdering av helserisiko på arbeidsplassen. De grenseverdier som er anført ovenfor er anbefalt av American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Disse verdiene er ikke lovfestet. For tiden er Direktoratet for arbeidstilsynet i ferd med å utarbeide et sett med norske normer.