

IVL RAPPOR

KEMISKA HÄLSORISKER VID SKROTSMÄLTNING
ANALYS AV DIOXINHALTER I BLOD HOS STÅLVERKSARBETARE

Lars Rondahl

Ann-Beth Antonsson

B 951
Stockholm
Juli 1989

INSTITUTET FÖR VATTEN- OCH LUFTVÅRDSFORSKNING
SWEDISH ENVIRONMENTAL RESEARCH INSTITUTE

<p>Organisation/Organization Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning</p> <p>Adress/Address Box 21060 100 31 STOCKHOLM</p> <p>Telefonnr/Telephone 08-24 96 80</p>	<p>RAPPORTSAMMANFATTNING Report Summary</p>
<p>Rapportförfattare (efternamn, tilltalsnamn) Author (surname, christian name)</p> <p>Lars Rondahl Ann-Beth Antonsson</p>	<p>Projekttitel och SERIX projektnr</p> <p>Anslagsgivare för projektet /Project sponsor Arbetsmiljöfonden</p>
<p>Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report</p> <p>Kemiska hälsorisker vid skrotsmältning. Kompletterande blodanalyser på dioxiner.</p>	
<p>Sammanfattning/Summary</p> <p>Dioxiner i atmosfären har tidigare påvisats på ugn- och traversplan vid fyra svenska stålverk. Tre arbetare från vardera de två högst belastade stålverken togs ut för kompletterande blodanalyser med målet att bedöma upptag via inandningsluft hos stålverksarbetare.</p> <p>Analyserna utfördes på blodserum från ca 300 ml blod med hjälp av gas-kromatograf/masspektrometer enligt beprövad metodik.</p> <p>En jämförelse mellan uppmätta blodhalter av dioxiner hos stålverksarbetare och sammanslagna blodprover från sjukhus eller fetthalter från oexponerade patienter indikerar inte förhöjda blodhalter. Uppmätta blodhalter har korrelerats med ålder men inte med anställningstid vilket också antyder ett litet upptag i arbetsmiljön.</p> <p>En jämförelse med en liten kontrollgrupp från en skogsarbetarundersökning skulle dock kunna antyda ett samband med arbetsmiljön. Ev aktuell påverkan är dock svag och de uppmätta dioxinhalterna i blod ligger inom normala intervall.</p> <p>Uppmätta blodhalter bedöms inte kunna utgöra någon hälsorisk.</p>	
<p>Förslag till nyckelord samt ev anknytning till geografiskt område, näringsgren eller vattendrag/Keywords</p> <p>Dioxin, blod, analys, skrotsmältning, stålverk</p>	
<p>Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data</p> <p>IVL-publ. B 951</p>	
<p>Beställningsadress för rapporten/Ordering address</p> <p>IVL, Biblioteket Box 21060, S-10031 Stockholm, Sweden</p>	

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
	1
Sammanfattning	1
1. BAKGRUND	
2. MÅL 3	3
3. DIOXINER	5
4. TCDD-EKVIVALENTER	6
5. ANALYSMETODIK	7
6. ANALYS AV BLOD FRÅN STÅLVERKSARBETARE	9
7. DISKUSSION	9
Kontrollgrupper	11
Blodhalter - ålder och arbetstid	13
Upptag via arbetsmiljön?	15
8. SLUTSATSER	16
9. REFERENSER	16

SAMMANFATTNING

Dioxiner i atmosfären har tidigare påvisats på ugn- och traversplan vid fyra svenska stålverk. Tre arbetare från vardera de två högst belastade stålverken togs ut för kompletterande blodanalyser med målet att bedöma upptag via inandningsluft hos stålverksarbetare.

Analyserna utfördes på blodserum från ca 300 ml blod med hjälp av gas-kromatograf/masspektrometer enligt beprövad metodik.

En jämförelse mellan uppmätta blodhalter av dioxiner hos stålverksarbetare och sammanslagna blodprover från sjukhus eller fetthalter från oexponerade patienter indikerar inte förhöjda blodhalter. Uppmätta blodhalter har korrelerats med ålder men inte med anställningstid vilket också antyder ett litet upptag i arbetsmiljön.

En jämförelse med en liten kontrollgrupp från en skogsarbetarundersökning skulle dock kunna antyda ett samband med arbetsmiljön.

Uppmätta blodhalter bedöms inte kunna utgöra någon hälsorisk.

1. BAKGRUND

Under 1987 drev IVL ett projekt i samarbete med ett antal stålverk för att kartlägga vilka hälsorisker stålverksarbetare utsätts för då skrot används som råvara vid ståltillverkning (1). Försök gjordes här att indirekt via klorbensenhalter uppskatta dioxinhalter. Resultaten blev dock osäkra och svårtolkade. En uppföljning gjordes sedan på fyra stålverk där direkta dioxinmätningar tillämpades (2). Provtagningarna utfördes på ugnspan, traversplan och inne i travershytterna. Högst halter uppmättes på traversplanen.

Resultaten av de utförda luftanalyserna från dessa stålverk med uppmätta halter omräknat och summerat till TCDD-ekvivalenter (se nedan punkt 4) och beräknat veckointag för exponerade människor finns redovisade i Tabell 1.

Tabell 1. Resultat av dioxinmätningar samt omräkning av uppmätta lufthalter till resulterande veckointag för exponerade människor.

Företag	Mätpunkt	TCDD-ekv. pg/m ³	TCDD-ekv. per kg · vecka
1	Ugnsplan	6,4	3,2
1	Traversplan	6,8	3,4
1	Travershytt	4,0	2,0

2	Ugnsplan	4,4	2,2
2	Traversplan	14	7,0
2	Travershytt	5,6	2,8

3	Ugnsplan	0,8	0,4
3	Traversplan	1,8	0,9

4	Ugnsplan	1,5	0,8
4	Traversplan	4,8	2,4
4	Travershytt	2,8	1,4

Ett tolerabelt veckointag av TCDD-ekvivalenter har uppskattats av en nordisk expertgrupp. Polyklorerade dibensodioxiner och analoger av dessa har lång biologisk halveringstid hos människor. Kortfristiga variationer i exponering får liten betydelse för den totala belastningen. Det förefaller därför meningsfullare att sätta ett gränsvärde för ett tolerabelt veckointag (TVI) än för ett acceptabelt dagligt intag (ADI). Nordiska gruppen anser på grundval av detta resonemang och en konstaterad icke-effektnivå på djur på 1 ng/kg och tillämpande av en säkerhetsfaktor på 200 att ett tolerabelt veckointag bör ligga mellan 0 och 35 pg TCDD-ekv/kg kroppsvikt.

De veckointag som redovisas i Tabell 1 ligger således klart under rekommenderat maximalt intag. Intaget i arbetsmiljön kan dock ej värderas separat, utan måste ses i perspektivet av det totala dioxinintaget, bl.a. från födan. Som ytterligare en uppföljning av projektet har från de två högst belastade stålverken grupper om tre arbetare valts ut för blodanalyser på dioxiner.

2. MAL

Målet med de kompletterande blodanalyserna är allmänt att få en uppfattning om upptaget av dioxiner via inandningsvägarna och specifikt att bedöma exponering via inandningsluften och eventuella andra exponeringsvägar hos arbetare vid stålverk.

De luftanalyser som utförts ger naturligtvis endast en bild av det nuvarande luftföroreningsläget. Blodanalyser borde ge en bättre bild av exponeringsnivåerna under hela anställningstiden pga den långa halveringstiden för högklorerade dioxiner.

Trots att det beräknade veckointag av dioxiner hos stålverksarbetare uttryckt som TCDD-ekv. ligger långt under det maximala intag som rekommenderats av nordiska expertgruppen är det intressant att korrelera lufthalter till blodhalter och risker vid långtidsexponering. Uppmätta blodhalter ska jämföras med publicerade svenska kontrollvärden för blod- och fetthalter av olika dioxiner.

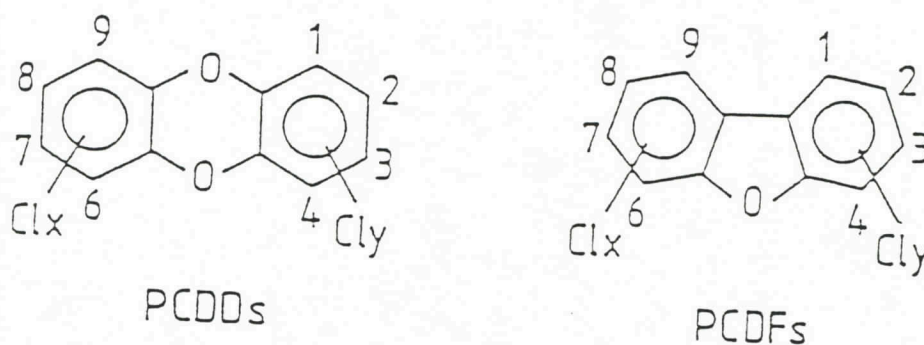
3. DIOXINER

Dioxin är ett samlingsnamn för en grupp av kemikalier som mer egentligt benämns polyklorerade dibensodioxiner (PCDD) och polyklorerade dibensofuraner (PCDF). Dessa två serier av föreningar har tricykliska, aromatiska och stabila strukturer som kan innehålla olika antal isomerer utgående från antalet kloratomer. Antal isomerer för olika antal kloratomer och deras placering i molekylen framgår av Tabell 2 och Fig. 1. Antalet dioxin-analoger med 1-8 kloratomer utgörs av 75 + 135 olika föreningar.

Tabell 2.

Antal kloratomer	PCDDs	PCDFs
1	2	4
2	10	16
3	14	28
4	22	38
5	14	28
6	10	16
7	2	4
8	$\frac{1}{75}$	$\frac{1}{135}$

Fig. 1



Dioxiner kan bildas i större eller mindre mängd vid upphettning av organiskt material i närvaro av klorhaltiga föreningar. Skrotsmältning är en process där dioxiner kan bildas. Högklorerade dioxiner är mycket stabila, svårnedbrytbara och fettlösliga föreningar med benägenhet att anrikas i näringskedjan.

Toxikologiskt intressanta är dioxiner med klor i 2,3,7,8-ställning och med fyra eller fler kloratomer. Dessa polyklorerade dioxiner har i djurförsök visat extremt hög toxicitet. Skillnader i känslighet mellan olika djurarter kan dock vara mycket stora (3).

Ett antal olyckor inom bl a en industri i Italien, en kondensatorexplosion i USA och förorenade födoämnen i bl.a. Japan har också givit upphov till

exponering av människor (4). De effekter man främst konstaterat i samband med olyckorna har varit kroniska hudåkommor, framför allt klorakne, en speciell typ av mycket svårläkta finnar. I samband med exponering via födan i form av förorenat ris konstaterades förutom klorakne pigmentering av olika kroppsdelar, svullna ben, ögonbesvär, gulsot, feber och kvarstående besvär med andningsvägarna. Andra effekter som redovisats efter exponering av människor är systemeffekter på bl a levern, blodet, enzymsystemet och lymfkörtlarna. Även neurologiska och psykologiska effekter finns rapporterade (3).

Stor uppmärksamhet har ägnats åt effekter av långsiktig exponering för låga halter av dioxiner.

I djurförsök har såväl cancerframkallande effekter och reproduktionsstörningar som immunotoxikologiska effekter kunnat påvisats. Epidemiologiska undersökningar av exponerade arbetare och uppföljningsstudier av exponerade människor efter industriella olyckor har inte kunnat fastlägga några säkra samband mellan dioxinexponering och cancer eller reproduktionsstörningar. Påverkan på immunsystemet har dock påvisats men underlaget medger ej några kvantitativa slutsatser.

4. TCDD-EKVIVALENTER

Av de olika dioxinanalogenerna visar 2,3,7,8-tetraklordibensodioxin (TCDD) i djurförsök den högsta aktiviteten och har åsatts TCDD-ekvivalenten 1. Övriga isomerer som visat dioxinaktivitet i djurförsök har åsatts en faktor beroende på sin toxicitet relativt TCDD. För en isomer med TCDD-ekvivalenten 0,1 krävs således 10 ggr så hög halt för att ge samma effekt som TCDD. Med hänsynstagande till tillgängliga data har den s.k. nordiska ekvivaleringsmodellen ställts upp (Tabell 2).

Tabell 3. Nordisk ekvivaleringsmodell.

Dioxiner	TCDD-ekv.
2,3,7,8-TCDD	1
1,2,3,7,8-PeCDD	0,5
2,3,7,8-substituerade HxCDDs	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01
OCDD	0,001
2,3,7,8-TCDF	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,01
2,3,4,7,8-PeCDF	0,5
2,3,7,8-substituerade HxCDFs	0,1
2,3,7,8-substituerade HxCDFs	0,01
OCDD	0,001

5. ANALYSMETODIK

Ett stort problem vid utvärdering av risker med dioxiner i de låga halter som kan vara aktuella är pålitliga analys metoder, i synnerhet för analys i biologisk och mänsklig vävnad. En detektionsgräns på mindre än 1 pg/g (10^{-12} g/g) är nödvändig för att påvisa de aktivaste analogerna i toxiska koncentrationer.

En sofistikerad metod att analysera blodserum med hjälp av gaskromatograf/masspektrometer (GC/MS) har utvecklats i Sverige av Christoffer Rappe och medarbetare (4). Metoden uppvisar förutom en hög känslighet även hög selektivitet (förmåga att reagera för de molekyler man vill mäta) och specificitet (förmåga att separera olika isomerer från varandra). Isomererna går också att bestämma kvantitativt med hög noggrannhet.

Analysen kan kortfattat beskrivas som:

- A. Blodprov på ca 300 ml centrifugeras. Plasma fryses och distribueras i fryst tillstånd till laboratoriet.
- B. Provet extraheras och extraktet renas i en serie kromatografiska steg.
- C. Analys på GC/MS.

Spektrogrammen kan sedan tolkas och utvärderas enligt väl beprövade rutiner.

6. ANALYS AV BLOD FRÅN STÅLVERKSARBETARE

Tre arbetare vid vardera de två stålverk som uppvisade de högsta lufthalterna utvaldes som potentiellt exponerade. Personerna intervjuades om matvanor och fritidsaktiviteter i syfte att spåra andra exponeringskällor t ex hög konsumtion av icke odlad ädelfisk eller frekvent hobbyarbete med t ex förbränningsmotorer vilket kan vara potentiella dioxinkällor. Arbetarna utfrågades också angående arbetsrutiner och anställningstid (Tabell 4).

Tabell 4.

Arbetare	Stålverk	Funktion	Ålder	Anställningstid	Rökare
1	A	Hjälpsmältare	39 år	10 år	-
2	A	Traversförare	27 "	9 "	-
3	A	Reparatör	50 "	20 "	-
4	B	Traversförare	45 "	11 "	+
5	B	Reparatör	35 "	19 "	-
6	B	Infraktare	32 "	8 "	?

Försökspersonerna tappades på blod ur vilket plasma separerades, transporterades och analyserades enligt beskrivning ovan. Analysresultatet av sammanlagt 14 polyklorerade dibensodioxiner och dibensofuraner finns uppställda i Tabell 5a. Uppmätta blodhalter har också omräknats i TCDD-ekvivalenter i Tabell 5b.

Tabell 5a. Dioxiner i blod hos stålverksarbetare (pg/g blodfett)

Person	1	2	3	4	5	6
Ålder år	39	27	50	45	35	32
Anställd år	10	9	20	11	19	8
2,3,7,8-TCDD	4,8	1,7	2,1	6,8	3,5	<2,0
1,2,3,7,8-PeCDD	8,7	2,3	4,3	10,0	6,4	5,6
1,2,3,4,7,8-HxCDD	4,4	<2,0	<4,0	<4,0	<2,0	<4,0
1,2,3,6,7,8-HxCDD	37,9	15,6	25,5	44,6	30,2	34,0
1,2,3,7,8,9-HxCDD	8,5	<2,0	<4,0	7,9	7,2	<4,0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	98,3	68,6	81,5	38,2	75,2	67,5
OCDD	367,0	392,0	360,0	583,0	547,0	484,0
2,3,7,8-TCDF	4,3	1,8	1,9	2,4	2,5	2,1
2,3,4,7,8-PeCDF	20,6	7,8	16,9	35,8	18,9	11,3
1,2,3,4,7,8-HxCDF	7,0	3,8	12,3	11,4	7,6	4,9
1,2,3,6,7,8-HxCDF	5,8	3,5	9,7	4,7	6,0	5,6
2,3,4,6,7,8-HxCDF	5,5	<2,0	5,2	<4,0	4,3	<4,0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	28,4	17,1	21,7	21,3	21,7	19,4
OCDF	<5,0	10,2	<5,0	11,6	11,1	<5,0

Tabell 5b. Dioxiner i blod hos stålverksarbetare (halterna är omräknade till TCDD-ekv per pg/g blodfett)

Person	1	2	3	4	5	6
Ålder år	39	27	50	45	35	32
Anställd år	10	9	20	11	19	8
2,3,7,8-TCDD	4,8	1,7	2,1	6,8	3,5	2,0
1,2,3,7,8-PeCDD	4,4	1,2	2,2	5,0	3,2	2,8
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4
1,2,3,6,7,8-HxCDD	3,8	1,6	2,6	4,5	3,0	3,4
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,9	0,2	0,4	0,8	0,7	0,4
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	1,0	0,7	0,8	0,4	0,8	0,7
OCDD	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5
TCDD-ekv. (PCDD)	15,6	5,9	8,8	18,4	11,9	10,2
2,3,7,8-TCDF	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
2,3,4,7,8-PeCDF	10,3	3,9	8,5	17,9	9,5	5,7
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,7	0,4	1,2	1,1	0,8	0,5
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,6	0,4	1,0	0,5	0,6	0,6
2,3,4,6,7,8,9-HxCDF	0,2	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
OCDF	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TCDD-ekv. (PCDF)	12,5	5,5	11,5	20,4	11,7	7,5
TCDD-ekv. (PCDD+PCDF)	28,1	11,4	20,3	38,8	23,6	17,7

7. DISKUSSION

Kontrollgrupper

För att utvärdera erhållna värden från analyserna av blodplasma hos stålverksarbetare krävs tillgång till kontrollmaterial. Tidigare blodanalyser på svenskar har gjorts på en grupp på sju skogsarbetare som under 1-20 år exponerats för avgaser dvs motorsågsavgaser i samband med skogsavverkning. I denna undersökning ingick en kontrollgrupp på fem personer som inte exponerats för dioxin i yrkeslivet eller på fritiden över bakgrundsnivån. (Tabell 6a).

Nygren och medarbetare (6) har i en undersökning analyserat blodfett och fettvävnad från amerikanska vietnamveteraner, dels en grupp som varit kraftigt exponerade för dioxinförorenade växtbekämpningsmedel och dels två icke exponerade grupper. Man påvisade skillnader i såväl blod- som fetthalter mellan exponerade och oexponerade grupper och visade att de olika analysmetoderna på blodfett respektive fettvävnad gav mycket lika resultat. Resultat från analys av blodfett respektive fettvävnad kan därför anses jämförbara. I undersökningens kontrollmaterial ingick också två poolade blodprover, dvs blodblandningar från många individer, från Umeå Lasarett som ingående analyserades för att utvärdera tillförlitligheten med blodanalyserna (Tabell 6a). Resultaten från dessa två blodanalyser utgör således ett värdefullt material för att uppskatta normalvärden av dioxiner i blod hos människor bosatta i Sverige. I kombination med kontrollgruppen för skogsarbetarna (5) erhöles också en uppfattning av den normala spridningen bland individer.

I och med att analysresultaten från blod- och fettprover har korrelerats till varandra kan resultat från fettanalyserna ingå i underlagsmaterialet för utvärdering av blodanalyser. Nygren och medarbetare (1986) redovisar i en studie av fettprover från bl.a. cancerpatienter halter av polyklorerade dibensodioxiner och dibensofuraner. En uppdelning av patienterna (31 st) i exponerade (13 st) och icke exponerade (18 st) gav små skillnader i analysvärden dock störst för analogen 2,3,4,7,8-PeCDF. Analysdata för den icke exponerade patientgruppen har medtagits i tabell 6a.

För att underlätta jämförelser ur hälsorisksynpunkt har data från olika kontrollgrupper omräknats till TCDD-ekvivalenter i Tabell 6b.

Tabell 6a. Kontrollvärden på dioxiner i blod och fett pg/g)

	Skogsarbetare Kontroller		Poolade blodprover		Fettprover
			1	2	
2,3,7,8-TCDD	3,6-4,0	6,5	4,5	3	
1,2,3,7,8-PeCDD	6,4		14,2	12,4	9
1,2,3,4,7,8-HxCDD	<5		6,1	15,1	-
1,2,3,6,7,8-HxCDD	44		47,7	56,5	12
1,2,3,7,8,9-HxCDD	5,8-7,8	8,8	8,5	4	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	141,4		86,4	56,7	85
OCDD	401,8		653	395	421
2,3,7,8-TCDF	2,4		-	3,7	4,2
2,3,4,7,8-PeCDF	7,2		30,9	28,4	32
1,2,3,4,7,8-HxCDF	6,4		6,3	5,5	5
1,2,3,6,7,8-HxCDF	5,0-5,4	4,9	4,8	4	
2,3,4,6,7,8,9-HxCDF	0,6-2,2	2,2	3,1	2	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	44,8		15,9	13,9	10
OCDF	-		-	-	-

Tabell 6b. Kontrollvärden på dioxiner i blod och fett (värdena är omräknade till TCDD-ekv. pg/g)

	Skogsarbetare Kontroller		Poolade blodprover		Fettprover
			1	2	
2,3,7,8-TCDD	4,0	6,5	4,5	3,0	
1,2,3,7,8-PeCDD	3,2	7,1	6,2	4,5	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,5	0,6	1,5	1,2	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	4,4	4,8	5,7	0,4	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,8	0,9	0,9		
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	1,4	0,9	0,6	0,9	
OCDD	0,4	0,7	0,4	0,4	
TCDD-ekv. (PCDD)	14,7	21,4	19,7	10,4	
2,3,7,8-TCDF	0,2	0,0	0,4	0,4	
2,3,4,7,8-PeCDF	2,9	15,5	14,2	16,0	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,7	0,6	0,6	0,5	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,6	0,5	0,5	0,4	
2,3,4,6,7,8,9-HxCDF	0,5	0,2	0,3	0,2	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,0	0,2	0,1	0,1	
OCDF	0,0				
TCDD-ekv. (PCDF)	5,1	16,9	16,0	17,6	
TCDD-ekv. (PCDD+PCDF)	19,8	38,3	35,7	28,0	

Det bör noteras att skogsarbetarkontrollgruppen avviker markant från de övriga kontrollerna, vad gäller PeCDF-halten, som ligger mer än 20 pg/g

TCDD-ekv. lägre än för övriga kontroller. I övrigt är kontrollgrupperna relativt likvärdiga.

En jämförelse mellan blodvärden hos stålverksarbetare i tabell 5a och s k normalvärde i Tabell 6a visar att blodhalterna ligger inom intervall som nära ansluter till normalvärden.

Blodhalter - ålder och arbetstid

Generellt stigande blodhalter av PCDD och PCDF med ålder hos människor har visats (7). Av diagrammet i Fig. 2 framgår hur dioxinhalterna i blodet varierar med åldern hos stålverksarbetarna.

Om halterna i Tabell 6 får tjänstgöra som kontrollmaterial kan noteras att den enda av stålverksarbetarna som inte, för någon av dioxinanalogen, har högre blodhalt än normalmedelvärden är den yngsta, dvs arbetare nr 2 i Tabell 4. Den näst yngsta personen, nr 6 bland stålverksarbetarna, som dessutom har kortast anställningstid visar också relativt de övriga arbetarna låga värden, speciellt beträffande dibensofuranerna. Den äldsta arbetaren, nr 3, bryter dock av från mönstret och visar relativt sin ålder låga värden av såväl PCDD som PCDF.

Ingen av de undersökta stålverksarbetarna gav vid utfrågning anledning till misstanke om någon annan dioxinkälla än arbetsmiljön. Frågorna omfattade såväl fritidsverksamhet som rök- och matvanor med betoning på viltlevande fisk och skaldjur.

Fig. 2

Fig. 2. Dioxinhalter omräknat i TCDD-ekv. (PCDD + PCDF) hos stålverksarbetare nr 1-6

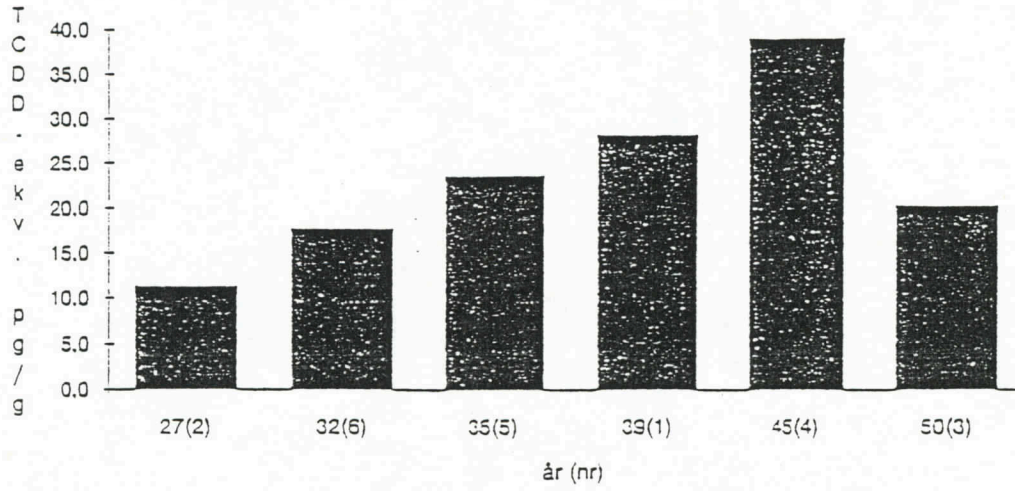
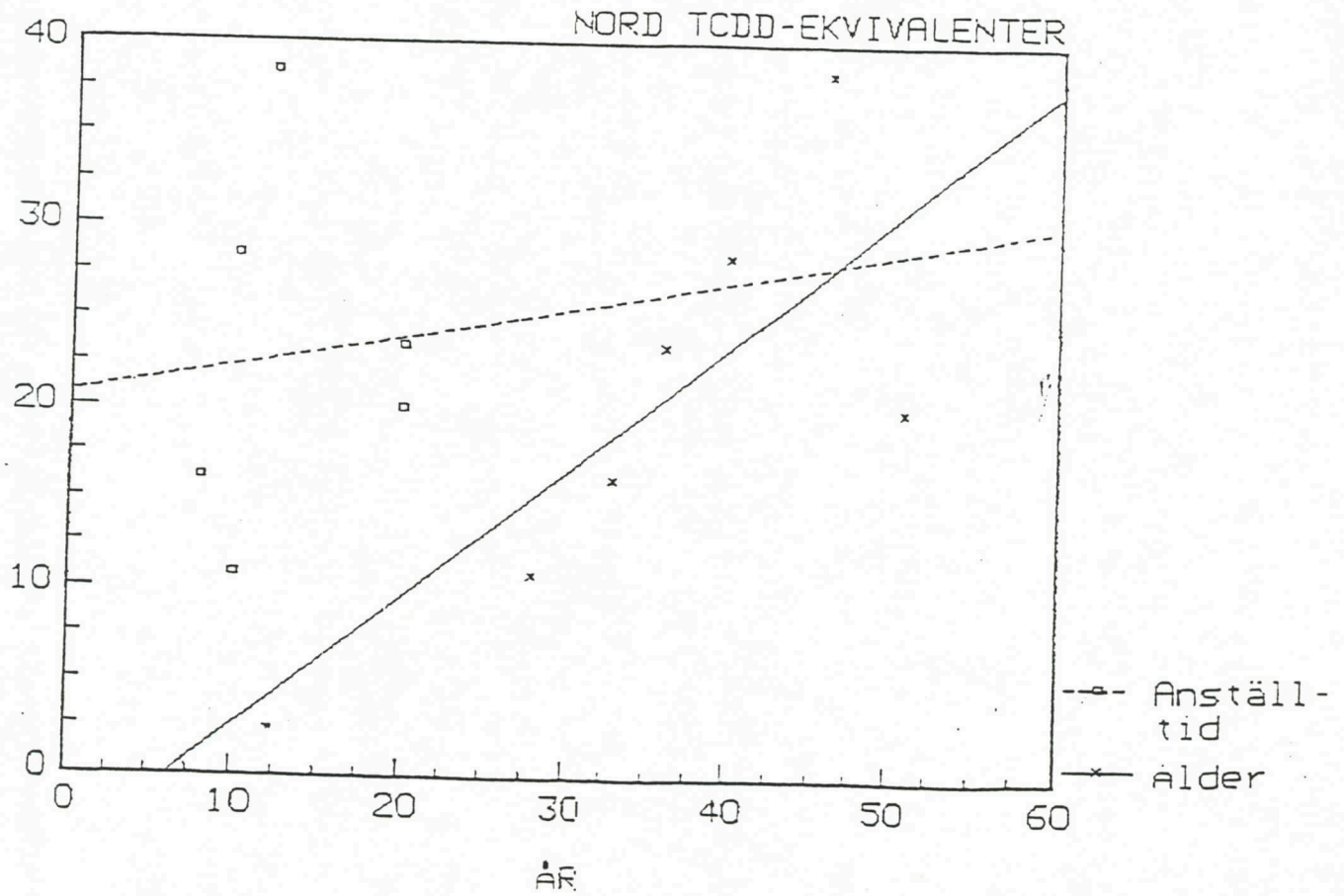


Fig. 3



I Fig. 3 redovisas regressionslinjer för halten TCDD-ekvivalenter i blod relativt ålder och anställningstid för fabriksarbetarna. Linjen som är relaterad till ålder visar en tydlig positiv tendens medan den anställningsrelaterade linjen (streckad) inte visar några samband mellan tid och blodhalter (8). Det ålders- men inte anställningsrelaterade sambandet kan således indikera att dioxinintaget inte är beroende av arbetsmiljön.

Under förutsättning att två av de tre kontrollgrupperna, d.v.s. de poolade blodproverna och de rapporterade fetthalterna är representativa normalvärden ligger fabriksarbetarnas blodhalter inom normala gränser vilket antyder ett mycket litet upptag via arbetsmiljön i undersökta stålverk.

Upptag via arbetsmiljön?

Relativt presenterade normalvärden för skogsarbetarkontrollen omräknade till TCDD-ekvivalenter ligger hela gruppen fabriksarbetare högt vad beträffar PCDF-analogerna. Speciellt accentuerade är de höga halterna av 2,3,4,7,8-PeCDF. Detta är helt i överensstämmelse med den exponeringsbild som framgår av Tabell 7a och b. De polyklorerade dibensofuranerna förekommer i betydligt högre lufthalter än dibensodioxinerna vilket är tydligast accentuerat för tetra-, penta- och hexaklorföreningarna. Detta skulle således kunna indikera ett upptag av PCDF och PCDD i arbetsmiljön, dvs på grund av de förhöjda halterna av PCDF i atmosfären erhålls blodhalter av PCDF som visserligen ligger inom normala intervall men ändå högt i jämförelse med uppmätta halter av PCDD.

Tabell 7a. Dioxiner i luft vid stålverk (pg/m³)

Stålverk (mätpunkt)	1(1)	1(2)	1(3)	2(1)	2(2)	2(3)
2,3,7,8-TCDD	0,17	0,21	0,2	0,75	0,26	0,21
1,2,3,7,8-PeCDD	0,54	0,74	0,4	1,3	0,87	0,52
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,52	0,82	0,49	0,86	0,94	0,62
1,2,3,6,7,8-HxCDD	1,3	1,6	1,2	1,2	1,1	0,79
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1,2	1,5	1,1	1,2	1,2	0,59
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	14	15	13	13,0	5,9	6,7
OCDD	18	9,7	11	21,0	22,0	11,0
2,3,7,8-TCDF	3,4	3,5	1,2	28,0	6,9	5,5
2,3,4,7,8-PeCDF	5,7	5,7	2,7	13,0	4,8	3,9
1,2,3,4,7,8-HxCDF	5,4	6,4	4,8	8,2	4,1	2,7
1,2,3,6,7,8-HxCDF	5,2	5,5	3,7	6,2	2,7	6,5
2,3,4,6,7,8,9-HxCDF	7,4	7,4	5,2	8,1	4,5	4,6
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	24	29	21	23,0	8,5	7,2
OCDF	13	17	18	4,8	44,0	6,5

Tabell 7b. Dioxiner i luft vid stålverk (TCDD-ekv. pg/m³)

Stålverk (mätpunkt)	1(1)	1(2)	1(3)	2(1)	2(2)	2(3)
2,3,7,8-TCDD	0,2	0,2	0,2	0,8	0,3	0,2
1,2,3,7,8-PeCDD	0,3	0,4	0,2	0,7	0,4	0,3
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
OCDD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TCDD-ekv. (PCDD)	0,9	1,1	0,8	1,9	1,1	0,7,
2,3,7,8-TCDF	0,3	0,4	0,1	2,8	0,7	0,6
2,3,4,7,8-PeCDF	2,9	2,9	1,4	6,5	2,4	2,0
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,5	0,6	0,5	0,8	0,4	0,3
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,5	0,6	0,4	0,6	0,3	0,7
2,3,4,6,7,8,9-HxCDF	0,7	0,7	0,5	0,8	0,5	0,5
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
OCDF	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TCDD-ekv. (PCDF)	5,2	5,4	3,1	11,8	4,3	4,0

TCDD har en halveringstid i blod hos människa som uppskattats till mellan 5 och 7 år och sannolikt är något lägre för de högre klorerade PCDD-analogerna.

Djurförsök har visat dels snabbare omsättning och utsöndring av dibensodioxiner och dibensofuraner hos djur än hos människa och dels snabbare omsättning av dibensofuraner än dibensodioxiner (4). Under förutsättning att även människa har en snabbare omsättning och/eller utsöndring av

dibenso-furaner är de trots detta relativt höga PCDF-halterna hos stålverksarbetare vid jämförelse med skogsarbetarkontrollerna också en indikation på upptag via arbetsmiljön. Det krävs således något ytterligare PCDF-upptag än via födan för att förklara de relativt höga halterna. I detta fall skulle detta kunna vara inhalering av atmosfären på arbetsplatsen.

8. SLUTSATSER

En jämförelse mellan uppmätta blodhalter hos stålverksarbetare av polyklorerade dibensodioxiner och dibensofuraner och den relativa fördelningen mellan olika anloger och halter i sammanslagna blodprover från sjukhus indikerar inte några förhöjda blodhalter som kan korreleras till arbetsmiljön. Stålverksarbetarnas blodhalter ligger också på samma nivå som dioxinhalten i fett från icke exponerade cancerpatienter. Blodnivån hos arbetarna visar också förväntad korrelation med ålder. Dessa data samt att blodhalterna inte kan korreleras med anställningstid indikerar att upptag av dioxiner i stålverkens arbetsmiljö är mycket liten.

En jämförelse med uppmätta blodhalter av polyklorerade dibensodioxiner och dibensofuraner hos en kontrollgrupp på fem personer vid en skogsarbetarundersökning kan emellertid antyda ett samband med arbetsmiljön. Kontrollhalterna ligger i detta fall lägre än blodhalterna hos stålverksarbetarna, med avseende på PCDF-analoger.

Under förutsättning att stålverksarbetarna har förhöjda PCDF-halter i blodet skulle detta vara i överensstämmelse med tidigare uppmätta lufthalter. Samstämmigheten mellan relativt höga blod- och lufthalter av PCDF skulle då indikera ett upptag av dioxiner via arbetsmiljön.

Detta är slutsatser som grundar sig på bl a ett litet kontrollmaterial och måste göras med reservation för att luftanalyserna bara avspeglar nuläget medan blodanalyserna avspeglar många års exponering.

De uppmätta halterna är emellertid med största sannolikhet inte så höga att de kan utgöra någon hälsorisk eller föranleda några medicinska åtgärder.

9. REFERENSER

1. Antonsson A-B, Runmark S. Kemiska hälsorisker vid skrotsmältning, IVL-rapport B 868, Stockholm 1987.
2. Antonsson A-B, Runmark S. Kemiska hälsorisker vid skrotsmältning, Kompletterande arbetsmiljömätningar av dioxiner och kolmonoxid. IVL-rapport B 892, Stockholm 1988.
3. Nordisk dioxinriskbedömning. Miljörapport. Nord 1988:49 med referenser.
4. Rappe C, Nygren M, Buser HR. Isomer-specific analysis of dioxins and dibenzofurans by HRGC/SIM-MS. In Applications of new mass spectrometry techniques in pesticide chemistry, Ed J.D Rosen, Vol 91, New York, Wiley Interscience, 1987, pp 60-83.
5. Hagberg J, Hellstrand G. Ökad dioxinhalt i blod bland skogsarbetare. Arbete, människa, miljö, 1987, 207-211.
6. Nygren M, Hansson M, Sjöström M, Rappe C, Kahn PC, Gochfeld M, Velez H, Ghent-Guenther T and Wilson WP. Development and Validation of a Method for Determination of PCDDs and PCDFs i Human Blood Plasma. A Multi-variate comparison of Blood and Adipose Tissue Levels Between Vietnam Veterans and Matched Controls. Chemosphere 17, 1663-92 (1988).
7. Patterson DG, Holler JS, Smith SJ, Liddle JA, Sampson EJ and Needham L.L., Chemosphere 15, 2055-60 (1986).
8. Ahlborg U, IMM, personlig kontakt.