

NILU : OR 47/97  
REFERANSE : O-96140  
DATO : AUGUST 1997  
ISBN : 82-425-0908-5

**Prøvetaking og analyse  
av skjermingsrøyk  
Feltforsøk på Haslemoen 20.2.97**

**Adler Mikalsen**

# Innhold

	Side
<b>Sammendrag</b> .....	<b>2</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Prøvetaking</b> .....	<b>3</b>
2.1 Forsøk 1 (“normal case”).....	3
2.2 Forsøk 2 (“worst case”).....	3
<b>3. Analyse</b> .....	<b>5</b>
3.1 PAH.....	5
3.2 PCDD/PCDF.....	5
3.3 PCB.....	5
3.4 Zn.....	5
<b>4. Resultater og diskusjon</b> .....	<b>6</b>
4.1 PAH.....	6
4.2 Zn.....	7
4.3 PCDD/PCDF.....	8
4.4 PCB.....	8
<b>5. Konklusjon</b> .....	<b>8</b>
<b>6. Referanser</b> .....	<b>9</b>
<b>Vedlegg A PAH</b> .....	<b>10</b>
<b>Vedlegg B PCDD/PCDF</b> .....	<b>13</b>
<b>Vedlegg C PCB</b> .....	<b>16</b>

## Sammendrag

Raufoss Technology A/S har utført en feltundersøkelse med utskyting av røykgranater (skjermingsrøyk) på Halsemoen den 20. februar 1997. Norsk institutt for luftforskning (NILU) tok luftprøver i røykfanen under forsøkene. Analyse-resultatene ble sammenlignet med resultatene fra tidligere undersøkelser.

- Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) viste en markant konsentrasjonsøkning, spesielt antracen som lå en faktor 6 høyere enn i luftprøven fra 1995. Antracen, som i "normale" utslipp til luft stort sett er i gassfase (>90%), var i denne undersøkelsen bundet til partikler (nesten 100%). Sannsynligvis vil en større del av de gassformige PAH-forbindelsene være kondensert på partikler på grunn av meget kort prøvetakingstid (<1 min.) og kort oppholdstid i luften (mellom forbrenning og prøvetaking).
- For de karsinogene forbindelsene (partikkelbundne) var konsentrasjonene sammenlignbare med røykkammerprøver fra 1994 og bekrefter således beregningene (1994) av helserisikoen som viste at eksponeringen (inhalasjon) av karsinogene forbindelser i prøvetakingsområdet kunne sammenlignes med å røyke 10 sigaretter.
- Polyklorerte dibenzo-p-dioksiner og polyklorerte dibenzofuraner (PCDD/CDF) viste også en markant konsentrasjonsøkning sammenlignet med røykkammerprøven fra 1994.
- På grunnlag av beregningene utført i 1994 vil eksponeringen (inhalasjon) av PCDD/PCDF være en faktor 100 lavere enn retningslinjene gitt av Verdens helseorganisasjon (WHO).
- Totalt kvantifisert (sum) polyklorerte bifenyler (PCB) var 20 ng/m<sup>3</sup>. Dette er en faktor 500 lavere enn administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære (Arbeidstilsynet, 1995).

# Prøvetaking og analyse av skjermingsrøyk

## Feltforsøk på Haslemoen 20.2.97

### 1. Innledning

På oppdrag fra Raufoss Technology A/S, har Norsk institutt for luftforskning (NILU) deltatt i en feltundersøkelse på Haslemoen den 20. februar 1997. Formålet med undersøkelsen var å ta prøver av luft og snø etter utskyting av to røyksalver (skjermingsrøyk) og analysere prøven med hensyn på polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte dibenzo-p-dioksiner og polyklorerte dibenzofuraner (PCDD/PCDF), polyklorerte bifenyler (PCB) og sink (Zn). NILU hadde ansvar for prøvetaking og analyse av luftprøvene.

### 2. Prøvetaking

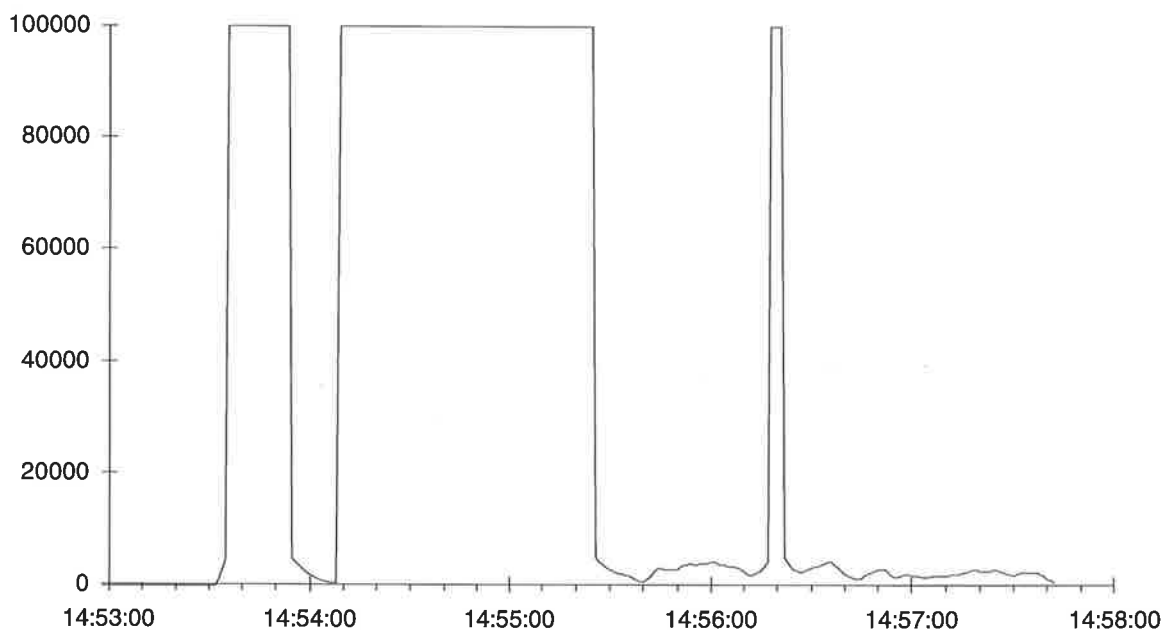
NILUs høyvolum prøvetaker (PUR-prøvetaker) ble brukt til prøvetaking. Partikkelbundne PAH ble samlet opp på et glassfiberfilter og gassformige PAH på to propper av polyuretanskum (PUR). Det var planlagt å bruke to prøvetakere til forsøkene, men på grunn av strømforsyningen (1-fase), kunne ikke de monterte 3 fase-pumpene i prøvetakerne brukes. En 1-fasepumpe ble rekvirert fra NILU, slik at én prøve kunne tas pr. forsøk. To forsøk ble utført med utskyting av to røyksalver à åtte granater, slik at prøvetaking kunne bli utført i to vindretninger. Prøvetakeren ble plassert ca. 20 m fra røykgranatenes nedslagsfelt.

#### 2.1 Forsøk 1 (“normal case”)

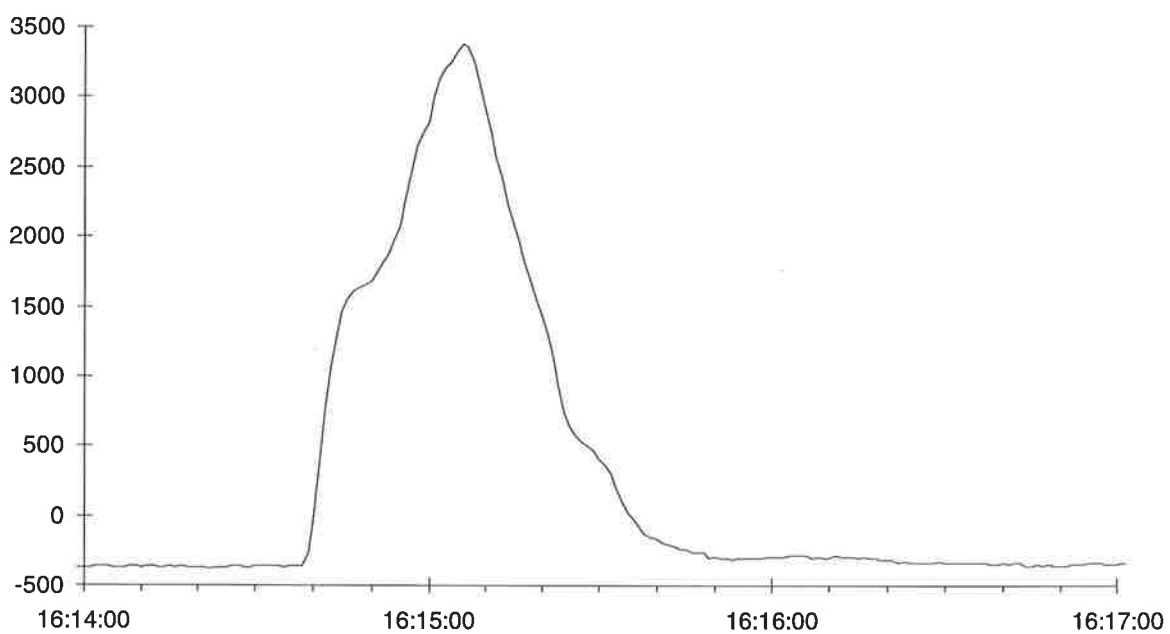
Med “normal case” skjer utskytingen i vindretningen slik at “max.” bredde (sett fra utskytningsrampen) oppnås på røykfanen. Forsøket var vellykket, med passe vindstyrke, som gjorde at røykfanen holdt seg nær bakken og ga god eksponering i prøvetakeren.

#### 2.2 Forsøk 2 (“worst case”)

Ved “worst case” skjer utskytingen på tvers av vindretningen, slik at røykfanen blir “smal” og meget konsentrert når den passerer prøvetakeren. Dessverre ble dette forsøket mislykket, da vindstyrken hadde avtatt, slik at røykfanen steg skrått til værs over prøvetakeren slik at denne bare i noen grad ble eksponert av spontanrøyken og ikke av selve “IR”-røyken. Prøvetakingstiden ble bestemt visuelt som den tid det tok for røykfanen å passere prøvetakeren og prøvevolumet ble beregnet på dette grunnlaget. Motsvarende partikkelmengde samlet opp på filteret ble bestemt ved veiing av filteret.



*Figur 1: Intensitet av PAH i røykfanen under forsøk 1.*



*Figur 2: Intensitet av PAH i røykfanen under forsøk 2.*

Følgende prøvemengde ble samlet inn i de to forsøkene:

	Prøvetakingstid (sek.)	Prøvevolum (m <sup>3</sup> )	Partikler (filter)	
			mg totalt	mg/m <sup>3</sup>
Forsøk 1	50	0,175	18,1	103
Forsøk 2	30	0,151	4,7	31

Under prøvetakingen ble PAH registrert kontinuerlig med NILUs PAH-monitor, PAS (Photoelectric Aerosol Sensor). Dette gir et bilde av røykfanens intensitet over PUR-prøvetakeren i prøvetakingsperioden. Selv etter kraftig fortynning med rensset luft, slik at det reelle inntak av omgivelsesluft bare utgjorde ca. 2,5%, ga målesignalet så stort utslag at detektoren gikk “i peak” (ble mettet). Dette medfører en “forsinkelse” i registreringen på grunn av tid som går med til å få konsentrasjonen ned (fortynning) i systemet, slik at signalet igjen kan blir målbart. Derfor vil figur 1 og 2, som viser intensitetsplott for de to forsøkene, ikke gi et helt korrekt bilde av røykfanenes varighet over prøvetakeren. Plottene sier heller ingen ting om reelle PAH-konsentrasjoner i prøvetakingsperioden.

### 3. Analyse

#### 3.1 PAH

For analyse av PAH ble prøvene bestående av glassfiberfilter og to PUR-propper soxhletekstrahert med toluen (forsøk 1) og sykloheksan (forsøk 2) og opparbeidet ved væske/væskekstraksjon (sykloheksan/dimetylformamid) og rensset ved hjelp av væskekromatografi (HPLC). Det rensede ekstraktet ble siden oppkonsentrert og kvantifisert ved hjelp av gasskromatografi kombinert med massespektrometri (GC/MS).

#### 3.2 PCDD/PCDF

For analyse av PCDD/PCDF ble en delmengde av ekstraktet fra prøven i forsøk 1 (toluen) rensset ved hjelp av kolonnekromatografi med florisil, svovelsyrebehandlet silikagel og aluminiumoksid. Kvantifisering ble utført ved hjelp av gasskromatografi koplet med høyoppløsende massespektrometri (GC/HRMS).

#### 3.3 PCB

Analyse av PCB ble utført på en delmengde av ekstraktet (toluen) fra forsøk 1 som først ble rensset på florisil (kolonnekromatografi). Heksanfraksjonen (PCB-fraksjonen) fra dette rensetrinnet ble siden behandlet med svovelsyre og til slutt rensset på silikagel (kolonnekromatografi). Kvantifiseringen ble utført med gasskromatografi kombinert med massespektrometri (GC/MS).

#### 3.4 Zn

Zn ble analysert i partikkelprøven (filter) ved hjelp av ICP-MS (Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry). Prøven ble ført inn i et plasma (ICP) med en temperatur på 6000-8000 °C. Plasmaet bryter ned alle komponentene i prøven til enkle ioner som blir separert og målt i et massespektrometer (MS).

## 4. Resultater og diskusjon

Resultatene er presentert i vedlegg A: PAH, vedlegg B: PCDD/PCDF og vedlegg C: PCB.

### 4.1 PAH

Tabell 1 viser en sammenligning av PAH-resultatene med tidligere undersøkelser, NILU OR 59/95 (A. Mikalsen, 1995) og NILU OR 69/94 (D. Tønnesen, A. Mikalsen og M. Schlabach, 1994). For sammenligning med røykkammerprøven (partikkelprøve, OR 69/94) er konsentrasjonen i luftprøvene (inkl. gassfaseandelen) angitt på vektbasis (partikkelmengde) som  $\mu\text{g/g}$ .

Tabell 1: PAH-analyseresultater for luftprøvene (95/909, 97/195) og røykkammerprøven (94/62).  
Konsentrasjonen er angitt som  $\mu\text{g/g}$  (partikkelvekt).

Prøve nr./betegnelse	94/62, 1994	95/909, 12.10.95	97/195, 20.2.97
	Røykkammer	Luftprøve	Luftprøve
PAH	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$
Naftalen	1405	3181	8732
2-Metylnaftalen	53,6	105	244
1-Metylnaftalen	25	61,6	94,2
Bifenyl	575	890	1738
Acenaftalen	42,2	805	3859
Acenaften	-	13,4	-
Dibenzofuran	598	648	1018
Fluoren	620	535	1872
Dibenzotiofen	36,5	35,4	39,1
Fenantren	4482	1703	2924
Antracen	14786	33052	221961
2-Metylferantren	-	3,4	-
2-Metylantracen	-	-	-
1-Metylferantren	-	-	-
Fluoranten	1912	335	924
Pyren	40,5	92,9	314
Benzo(a)fluoren	7,4	19,9	54,6
Reten	-	-	-
Benzo(b)fluoren	-	26,6	72,3
Benzo(ghi)fluoranten	101	34,2	70,0
Syklopenta(cd)pyren	-	-	-
Benz(a)antracen	65,8*	62,6*	157*
Krysen/trifenylene	80,0*	36,4*	60,6*
Benzo(b/j/k)fluorantener	366*	96,9*	178*
Benzo(a)fluoranten	28,7	50,0	167
Benzo(e)pyren	32,1	16,9	29,7
Benzo(a)pyren	5,5*	13,7*	40,8*
Perylen	15,2	2,9	6,2
Inden(1,2,3-cd)pyren	85,8*	25,3*	66,7*
Dibenzo(ac/ah)antracen	27,3*	8,8*	22,0*
Benzo(ghi)perylene	17,2	18,6	42,7
Antantren	13,6*	-	15,2*
Coronen	46,6	8,0	18,2
<b>Totalt:</b>	<b>25468</b>	<b>41882</b>	<b>244790</b>
<b>Totalt karsinogene PAH*</b>	<b>644</b>	<b>244</b>	<b>540</b>

Luftprøven (forsøk 1, 1997) som ble samlet inn under "ideelle" forhold, hva gjaldt vind- og spredningsforhold, skilte seg vesentlig fra luftprøven samlet inn i 1995 under svært ugunstige værforhold (se rapport OR 59/95). Spesielt gjaldt dette konsentrasjonen av antracenen, som har økt fra 79% av totalt kvantifisert PAH i 1995 til nærmere 91% av totalt kvantifisert PAH i 1997. Antracenen er en forbindelse som i luft (utslipp fra forbrenning) stort sett er i gassfase og bare i liten grad kondensert på partikler. Generelt er gassfaseandelen >90% av totalt kvantifisert antracenen (partikler + gassfase). I prøven fra 1997 (forsøk 1) var praktisk talt all antracenen fanget opp av filteret (gassfaseandel <1%). Også for fenantren, som er noe mer flyktig enn antracenen, var gassfaseandelen bare 7% av totalt kvantifisert fenantren. Dette indikerer at forholdet gassfase/partikkelfase for denne prøven er helt forskjellig fra "normale" luftprøver. Årsaken til denne forskjellen kan være at oppholdstiden i luften (mellom forbrenning og prøvetaking) er meget kort og at prøvetakingstiden er meget kort (<1 min.). Dette medfører sannsynligvis at en større del av de gassformige og "semivolatile" PAH-forbindelsene vil være kondensert på partikler sammenlignet med prøvetakingstid på 24 timer for prøver under andre ("normale") forhold. Ellers er årsaken til den markante forskjellen mellom prøvene fra 1995 og 1997 sannsynligvis prøvetakingsbetingelsene som var helt forskjellige mellom de to prøvene. Den sterke vinden (kuling) i 1995 ga svært dårlig spredning av røyken og derav dårlig eksponering av prøvetakeren.

Totalt kvantifisert karsinogene forbindelser i 1995 (244 µg/g) utgjorde 45% av totalt kvantifisert karsinogene forbindelser (540 µg/g) i 1997.

Om vi sammenligner luftprøven fra 1997 med røykkammerprøven fra 1994 finner vi at totalt kvantifisert karsinogene forbindelser stort sett ligger på samme nivå, 540 µg/g i 1997 og 644 µg/g i 1994. Dette bekrefter at de beregninger av helse- risikoen basert på konsentrasjonene i røykkammerprøven også kan overføres til reelle forhold i uteluft og at eksponering/helserisiko stort sett er som beregnet i 1994, se rapport NILU OR 69/94.

Derimot er totalt kvantifisert PAH i luftprøven i 1997 ca. en faktor 9 høyere enn i røykkammerprøven. Dette beror først og fremst på den allerede omtalte økningen i antracenkonsentrasjonen, men også på at gassfaseandelen som er utelatt i røykkammerprøven er med i luftprøven. At konsentrasjonen av karsinogene forbindelser stort sett er like i de to prøvene, kommer av at disse bare finnes på partikler (ikke i gassfasen).

## 4.2 Zn

Analyse av sink ble utført på en del av partikkelprøvene (filter). Tabell 2 viser resultatene utregnet på vektbasis (partikkelmengde) og volumbasis (prøvevolum).

Tabell 2: Zn-analyseresultater for luftprøve 1997.

Prøve nr.	Konsentrasjon, sink		
	mg/g	% (vekt)	mg/m <sup>3</sup>
Forsøk 1	170,9	17,1	17,6
Forsøk 2	173,5	17,3	5,4



På vektbasis er sinkkonsentrasjonen lik konsentrasjonen i luftprøven fra 1995 (170 mg/g, 17% vekt). På volumbasis (prøvevolum) er derimot konsentrasjonen (forsøk 1) vesentlig høyere (17,6 mg/m<sup>3</sup>) enn prøven fra 1995 (4,9 mg/m<sup>3</sup>). Dette understreker de allerede nevnte prøvetakingsforskjellene mellom de to prøvene og viser samme trend som for PAH-analysene.

### 4.3 PCDD/PCDF

Analyseresultatene for PCDD/PCDF (vedlegg B) viste at totalt kvantifisert PCDD/PCDF (forsøk 1) lå en faktor 6 høyere enn i røykkammerprøven fra 1994. Dette kan forklares med at gassfaseandelen var med i luftprøven, men ikke i røykkammerprøven. Utrechnet som 2,3,7,8-TCDD (i-TE) toksisitetsekvivalent, var konsentrasjonen i luftprøven ca. en faktor 12 høyere enn i røykkammerprøven.

Verdens helseorganisasjon (WHO) har gjort et estimat av tolerérbart daglig inntak (TDI) av PCDD/PCDF til å være 10 pg i-TE/kg kroppsvekt og dag. For en person på 75 kg motsvarer dette et daglig inntak av 750 pg i-TE uten risiko for toksiske effekter. På grunnlag av beregningene utført på røykkammerprøven i 1994 vil dette for luftprøven 1997 (forsøk 1) motsvare et inntak av 5,8 pg i-TE for en person på 20 m avstand fra røykgassgranatens nedslagsfelt. Dette er mer enn en faktor 100 lavere enn retningslinjene som er gitt av WHO. PCDD/PCDF målt i omgivelsesluft i Tyskland, viser konsentrasjoner mellom <1-60 pg/m<sup>3</sup> som sum PCDD/PCDF (NILU or 77/87). Sum PCDD/PCDF i prøven fra forsøk 1 viste 837 pg/m<sup>3</sup>.

### 4.4 PCB

Analyseresultatene for PCB finnes i vedlegg C. Her har vi ikke noe sammenligningsgrunnlag fra tidligere målinger. Totalt kvantifisert PCB (sum PCB) i prøven fra forsøk 1 var 20 ng/m<sup>3</sup>. I administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære 1995 (Arbeidstilsynet) er grensen for PCB i luften under et 8 timers skift satt til 0,01 mg/m<sup>3</sup> (10 µg/m<sup>3</sup>). Dette er en faktor 500 over konsentrasjonsnivået i prøven. I Tyskland er det målt PCB i omgivelsesluft med konsentrasjoner mellom <0,1-2,6 ng/m<sup>3</sup> (NILU OR 77/87).

## 5. Konklusjon

Analyseresultatene viser en markant økning av PAH-konsentrasjonene sammenlignet med luftprøven fra 1995 (25300 µg/m<sup>3</sup> mot 1200 µg/m<sup>3</sup> i 1995). Denne forskjellen beror sannsynligvis på prøvetakingsbetingelsene som var ideelle i denne undersøkelsen og meget dårlig i 1995.

Karsinogene PAH-forbindelser, som bare er bundet til partikler, hadde også høyere konsentrasjon enn luftprøven fra 1995 (55,8 µg/m<sup>3</sup> mot 7,0 µg/m<sup>3</sup> i 1995). Konsentrasjonene av karsinogene forbindelser er derimot sammenlignbare med røykkammerprøven fra 1994, som ble beregnet å være 45,1 µg/m<sup>3</sup> mot 55,8 µg/m<sup>3</sup> i 1997. Dette viser at beregningene av eksponering gjennom inhalasjon i prøvetakingsområdet (~20 m fra granaten) som ble utført på grunnlag av konsentrasjonene i røykkammerprøven, er i overensstemmelse med reelle

luftprøver. Eksponeringen ble kalkulert til å være en faktor 1000 lavere enn retningslinjene gitt av Verdens helseorganisasjon (WHO).

Konsentrasjonene av PCDD/PCDF vil på grunnlag av beregningene utført på røykkammerprøven gi en eksponering (~20 m fra granaten) som er mer enn en faktor 100 lavere enn retningslinjene som er gitt av WHO.

Konsentrasjonen av PCB (sum PCB) var 20 ng/m<sup>3</sup>. Dette er en faktor 500 lavere enn administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære utgitt av Arbeidstilsynet 1995.

## 6. Referanser

Manø, S. og Oehme, M. (1987) PCDD/PCDF- und PCB-Konzentrationen in 32 Aussenluftproben der Messtationen Casper, Aldi, Autohof und Renner. Lillestrøm (NILU OR 77/87).

Tønnesen, D., Mikalsen, A. og Schlabach, M. (1994) Hazard evaluation of infrared smoke grenades based on the dispersion and the composition of the smoke. Kjeller (NILU OR 69/94).

Mikalsen, A. (1995) Prøvetaking og analyse av skjermingsrøyk. Kjeller (NILU OR 59/95).

Varmo, Kjell Ole (1995) Deposition of combustion products from smoke ammunition. Raufoss Technology AS.

Direktoratet for arbeidstilsynet (1995) Administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære 1995.

## **Vedlegg A**

### **PAH**

## PAH - Analyseresultater

Vedlegg til målerapport nr.:	O-368	Prøvetype:	Luft
NILUs prøvenummer:	97/195	Prøvemengde:	0,0164 m <sup>3</sup> , 1,694 mg
Kunde:	Raufoss Technology A/S	Måleenhet:	µg/m <sup>3</sup> , µg/g
Kundens prøvemerking:	Skjermingsrøyk HAS1	Datafiler:	A12-A09A.I

Prøve nr./betegnelse	97/195, filter		97/195, PUR		97/195, filter + PUR	
	µg/g	µg/m <sup>3</sup>	µg/g	µg/m <sup>3</sup>	µg/g	µg/m <sup>3</sup>
<b>PAH</b>						
Naftalen	35,3	3,6	8697	898	8732	902
2-Metylnaftalen	-	-	244	25,2	244	25,2
1-Metylnaftalen	-	-	94,2	9,7	94,2	9,7
Bifenyl	39,5	4,1	1698	175	1738	179
Acenaftalen	35,9	3,6	3823	395	3859	399
Acenaften	-	-	-	-	-	-
Dibenzofuran	107	11,0	911	94,1	1018	105
Fluoren	576	59,5	1296	134	1872	194
Dibenzotiofen	31,0	3,2	8,1	0,84	39,1	4,0
Fenantren	2705	279	219	22,6	2924	302
Antracen	221860	22917	101	10,4	221961	22927
2-Metylfenantren	-	-	-	-	-	-
2-Metylantracen	-	-	-	-	-	-
1-Metylfenantren	-	-	-	-	-	-
Fluoranten	982	101	11,9	1,2	994	102
Pyren	314	32,5	-	-	314	32,5
Benzo(a)fluoren	54,6	5,6	-	-	54,6	5,6
Reten	-	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoren	72,3	7,5	-	-	72,3	7,5
Benzo(ghi)fluoranten	70,0	7,2	-	-	70,0	7,2
Syklopenta(cd)pyren	-	-	-	-	-	-
Benz(a)antracen	157	16,2	-	-	157*	16,2*
Krysen/trifenylen	60,6	6,3	-	-	60,6*	6,3*
Benzo(b/j/k)fluorantener	178	18,3	-	-	178*	18,3*
Benzo(a)fluoranten	167	17,3	-	-	167	17,3
Benzo(e)pyren	29,7	3,1	-	-	29,7	3,1
Benzo(a)pyren	40,8	4,2	-	-	40,8*	4,2*
Perylen	6,2	0,64	-	-	6,2	0,64
Inden(1,2,3-cd)pyren	66,7	6,9	-	-	66,7*	6,9*
Dibenzo(ac/ah)antracen	22,0	2,3	-	-	22,0*	2,3*
Benzo(ghi)perylene	42,7	4,4	-	-	42,7	4,4
Antantren	15,2	1,6	-	-	15,2*	1,6*
Coronen	18,2	1,9	-	-	18,2	1,9
Totalt:	227686	23518	17103	1766	244790	25284
Totalt karsinogene PAH*					540	55,8

Kommentarer: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## PAH - Analyseresultater

Vedlegg til målerapport nr.:	O-368	Prøvetype:	Luft
NILUs prøvenummer:	97/196	Prøvemengde:	0,113 m <sup>3</sup> , 3.52 mg
Kunde:	Raufoss Technology A/S	Måleenhet:	µg/m <sup>3</sup> , µg/g
Kundens prøvemerkning:	Skjermingsrøyk HAS2	Datafiler:	A12-A07A.I

Prøve nr./betegnelse	97/196, filter + PUR	97/196, filter + PUR
<b>PAH</b>	µg/g	µg/m <sup>3</sup>
Naftalen	870	27,1
2-Metylnaftalen	42,5	1,3
1-Metylnaftalen	24,5	0,76
Bifenyl	163	5,1
Acenaftalen	459	14,3
Acenaften	4,3	0,13
Dibenzofuran	306	9,5
Fluoren	226	7,0
Dibenzotiofen	3,8	0,12
Fenantren	190	5,9
Antracen	696	21,7
2-Metylfenantren	1,5	0,05
2-Metylantracen	-	-
1-Metylfenantren	-	-
Fluoranten	51,8	1,6
Pyren	17,7	0,55
Benzo(a)fluoren	-	-
Reten	-	-
Benzo(b)fluoren	-	-
Benzo(ghi)fluoranten	3,8	0,12
Syklopenta(cd)pyren	-	-
Benz(a)antracen	1,7*	0,05*
Krysen/trifenylen	3,1*	0,10*
Benzo(b/j/k)fluorantener	8,2*	0,26*
Benzo(a)fluoranten	0,90	0,03
Benzo(e)pyren	1,7	0,05
Benzo(a)pyren	0,31*	0,01*
Perylen	-	-
Inden(1,2,3-cd)pyren	4,3*	0,14*
Dibenzo(ac/ah)antracen	0,59*	0,02*
Benzo(ghi)perylene	5,2	0,16
Antantren	-	-
Coronen	3,9	0,12
<b>Totalt:</b>	<b>3090</b>	<b>96,17</b>
Totalt karsinogene PAH*	18,2	0,58

Kommentarer: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Vedlegg B**  
**PCDD/PCDF**

# PCDD/PCDF-Analyseresultater

14



Vedlegg til målerapport nr: O-360  
 NILU-Prøvenummer: 97/195  
 Kunde: Raufoss Technology A/S  
 Kundernes prøvemerkning: Forsøk 1 (HAS I)

Kjeller, 10.06.97

Prøvetype: Skjermingsrøyk  
 Analysert prøvemengde: 0,1474 m<sup>3</sup> Mottatt prøvemengde:  
 Måleenhet: pg/m<sup>3</sup>  
 Datafiler: DF105031

Komponent	Konsentrasjon pg/m <sup>3</sup>	Gjenvinning %	TE (nordisk) pg/m <sup>3</sup>	i-TE pg/m <sup>3</sup>
2378-TCDD	< 5,00	84		5,00
<b>SUM TCDD</b>	<b>95,0</b>			
12378-PeCDD	< 5,00	85		2,50
<b>SUM PeCDD</b>	<b>9,89</b>			
123478-HxCDD	< 10,0			1,00
123678-HxCDD	< 10,0	92		1,00
123789-HxCDD	< 10,0			1,00
<b>SUM HxCDD</b>	<b>4,73</b>			
1234678-HpCDD	< 10,0	91		0,10
<b>SUM HpCDD</b>				
OCDD	56,3	89		0,06
<b>SUM PCDD</b>	<b>166</b>			<b>10,7</b>
2378-TCDF	91,8	85		9,18
<b>SUM TCDF</b>	<b>528</b>			
12378-PeCDF	23,5 (i)		0,23	1,17
23478-PeCDF	15,9	91		7,93
<b>SUM PeCDF</b>	<b>71,7</b>			
123478/123479-HxCDF	10,6	88		1,06
123678-HxCDF	11,0 (i)			1,10
123789-HxCDF	< 10,0			1,00
234678-HxCDF	< 10,0			1,00
<b>SUM HxCDF</b>	<b>55,9</b>			
1234678-HpCDF	4,70	66		0,05
1234789-HpCDF	< 10,0			0,10
<b>SUM HpCDF</b>	<b>4,70</b>			
OCDF	10,3	92		0,01
<b>SUM PCDF</b>	<b>671</b>		<b>21,7</b>	<b>22,6</b>
<b>SUM PCDD/PCDF</b>	<b>837</b>		<b>32,3</b>	<b>33,2</b>

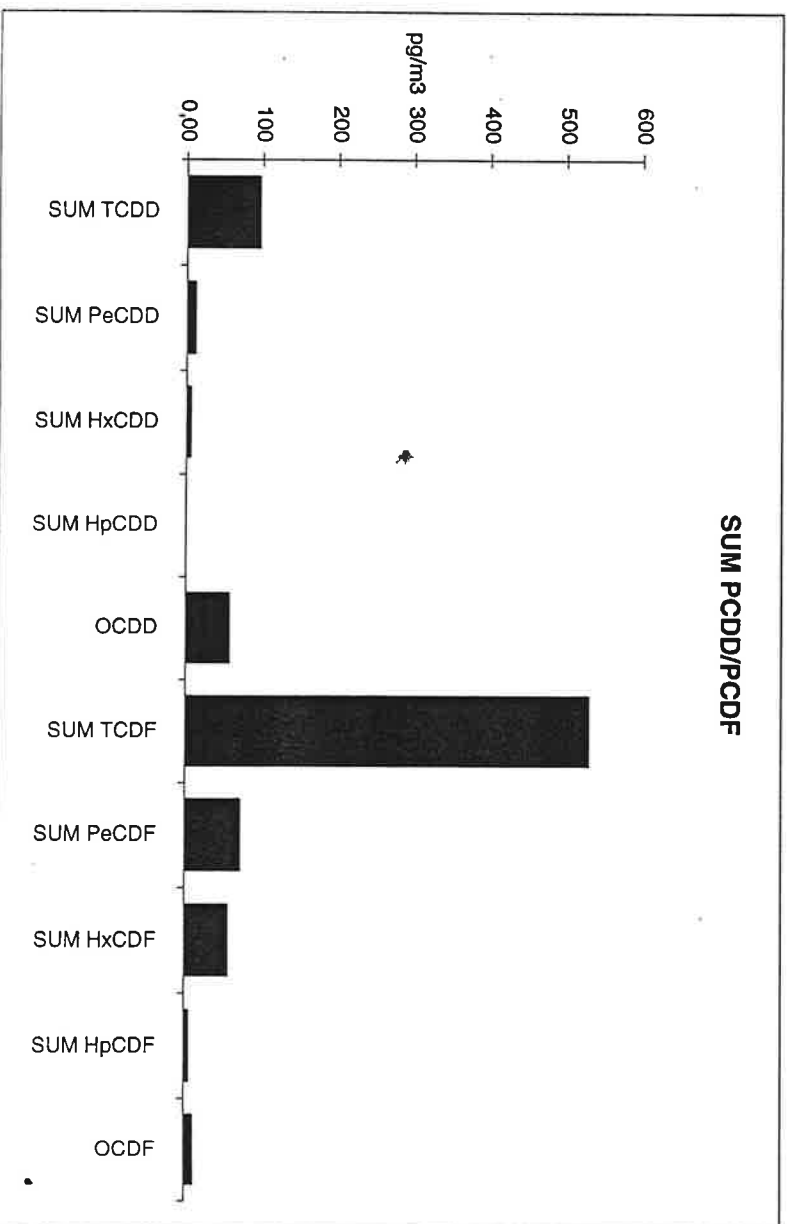
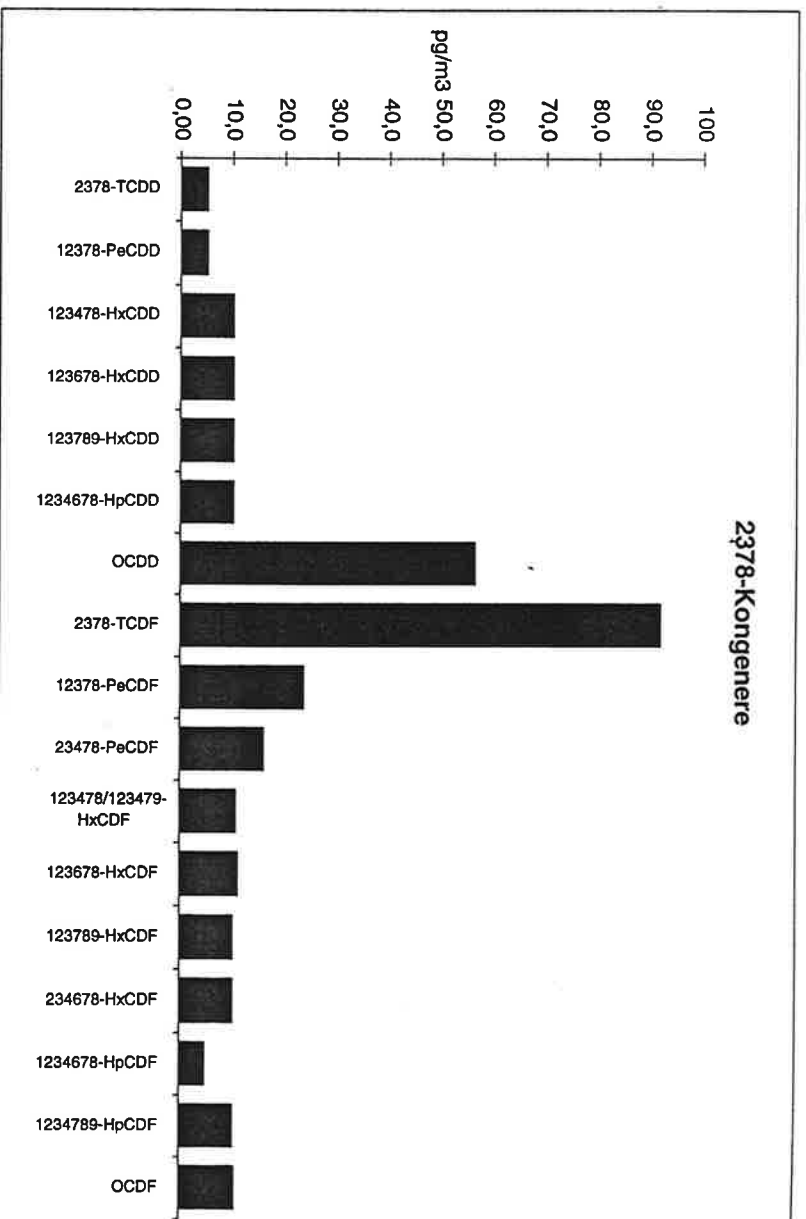
TE (nordisk): 2378-TCDD-toksitetsekvivalent etter nordisk modell  
 i-TE: 2378-TCDD-toksitetsekvivalent etter internasjonal modell  
 <: Lavere enn påvisningsgrensen ved signal:støy 3:1  
 (i): Isotopforhold avviker mer enn 20% fra teoretisk verdi.  
 Dette skyldes mulig interferanse og/eller instrumentstøy.

# PCDD/PCDF-Analyseresultater



Vedlegg til målerapport nr: O-360  
NILU-Prøvenummer: 97/195

Kjeller, 10.06.97





## **Vedlegg C**

### **PCB**

# PCB-Analyseresultater

17



Vedlegg til målerapport: O-354  
 NILU-Prøvenummer: 97/195  
 Kunde: Raufoss Technology A/S  
 Kundens prøvemerking: Haslemoen  
 : Forsøk 1 (HAS I)  
 Prøvetype: Skjermingsrøyk  
 Prøvemengde: 0,1474 m<sup>3</sup>  
 Måleenhet: pg/m<sup>3</sup>  
 Datafiler: DF095081

Kjeller, 30.05.97

Komponent		Konsentrasjon	Gjenvinning
Struktur	IUPAC-nr.	pg/m <sup>3</sup>	%
<b>HCB</b>		<b>3 377</b>	<b>52</b>
2,2',5-TriCB	18	2 282	
<b>2,4,4'-TriCB</b>	<b>28</b>	<b>1 597</b>	<b>58</b>
2,4',5-TriCB	31	1 730	
2',3,4-TriCB	33	1 642	
3,4,4'-TriCB	37	944 (i)	
<b>Sum-TriCB</b>		<b>10 641</b>	
2,2',4,4'-TetCB	47	942	
<b>2,2',5,5'-TetCB</b>	<b>52</b>	<b>1 073</b>	<b>50</b>
2,3',4,4'-TetCB	66	647	
2,4,4',5-TetCB	74	340	
<b>Sum-TetCB</b>		<b>3 002</b>	
2,2',4,4',5-PenCB	99	< 250	
<b>2,2',4,5,5'-PenCB</b>	<b>101</b>	<b>728</b>	<b>58</b>
2,3,3',4,4'-PenCB	105	< 219	
2,3,4,4',5-PenCB	114	< 224	
2,3',4,4',5-PenCB	118	453	63
2',3,4,4',5-PenCB	123	< 240	
<b>Sum-PenCB</b>		<b>1 918</b>	
2,2',3,3',4,4',5-HexCB	128	< 475	
<b>2,2',3,4,4',5'-HexCB</b>	<b>138</b>	<b>752</b>	
2,2',3,4,5,5'-HexCB	141	297	
2,2',3,4',5',6-HexCB	149	811	
<b>2,2',4,4',5,5'-HexCB</b>	<b>153</b>	<b>1 178</b>	<b>53</b>
2,3,3',4,4',5-HexCB	156	< 146	
2,3,3',4,4',5'-HexCB	157	< 149	
2,3',4,4',5,5'-HexCB	167	< 151	
<b>Sum-HexCB</b>		<b>3 038</b>	
2,2',3,3',4,4',5-HepCB	170	< 673	
<b>2,2',3,4,4',5,5'-HepCB</b>	<b>180</b>	<b>527</b>	<b>57</b>
2,2',3,4,4',5',6-HepCB	183		
2,2',3,4',5,5',6-HepCB	187	< 617	
2,3,3',4,4',5,5'-HepCB	189	< 509	
<b>Sum-HepCB</b>		<b>700</b>	
2,2',3,3',4,4',5,5',6-NonCB	206	< 545	
DecaCB	209	< 542	
<b>Sum 6 PCB</b>		<b>5 854</b>	
<b>Sum PCB</b>		<b>20 386</b>	

Sum 6 PCB: PCB(28+52+101+138+153+180)

Sum PCB: Sum av observerte PCB (Mono-, Di- og OctaCB er ikke inkludert)

<: Lavere enn påvisningsgrensen ved signal:støy 3:1

(i): Isotopforhold avviker mer enn 20% fra teoretisk verdi.

Dette skyldes mulig interferanse og/eller instrumentstøy.

(b): Mindre enn 5 ganger blindverdi.

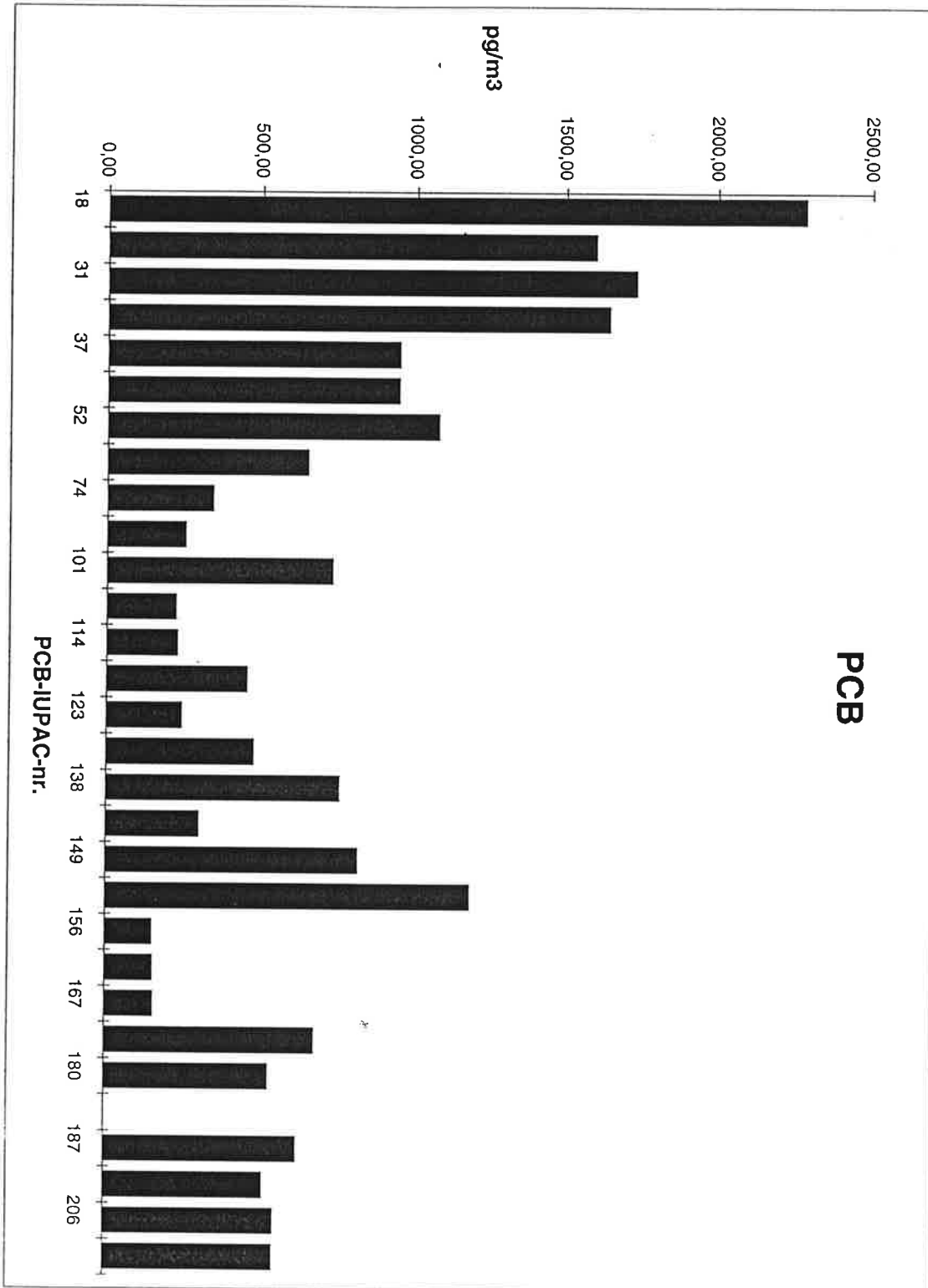
# PCB-Analyseresultater

18



Vedlegg til målerapport: O-354  
NILU-Prøvenummer: 97/195

Kjeller, 30.05.97



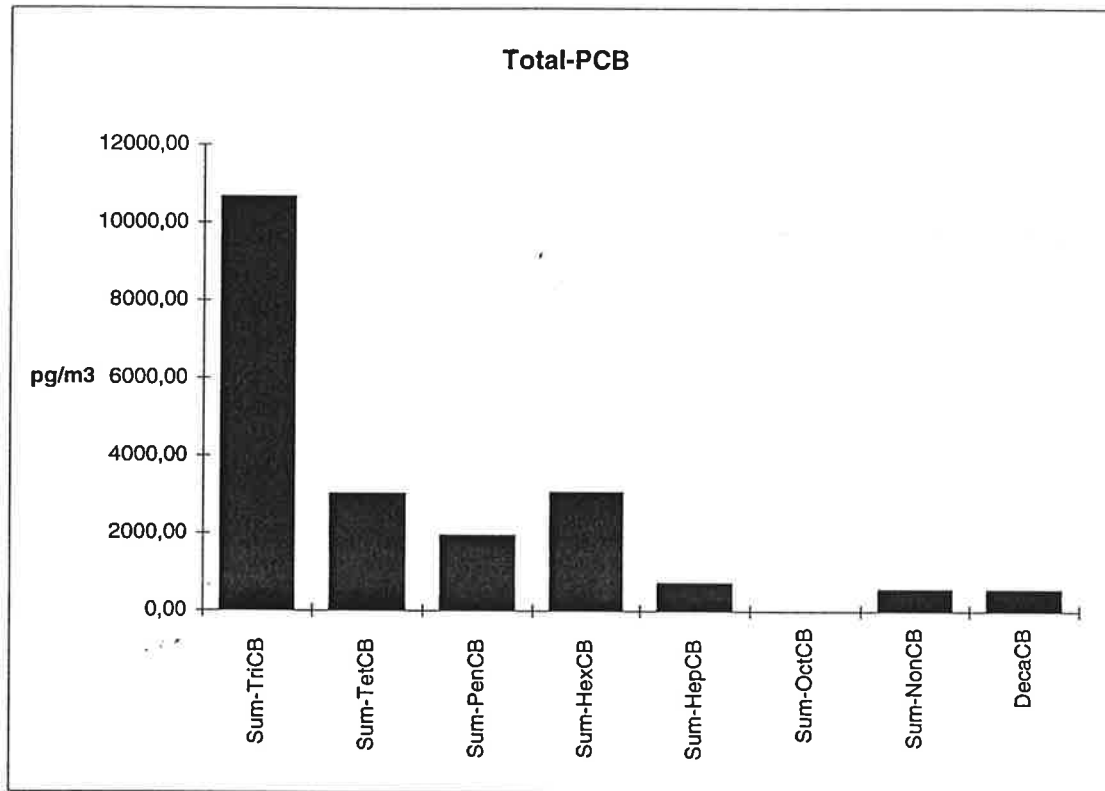
# PCB-Analyseresultater

19



Vedlegg til målerapport: O-354  
NILU-Prøvenummer: 97/195

Kjeller, 30.05.97





# Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. OR 47/97	ISBN 82-425-0908-5 ISSN 0807-7207	
DATO 8.9.97	ANSV. SIGN. <i>Øystein Hov</i>	ANT. SIDER 19	PRIS NOK 30,-
TITTEL Prøvetaking og analyse av skjermingsrøyk Feltforsøk på Haslemoen 20.2.97		PROSJEKTLEDER Adler Mikalsen	
		NILU PROSJEKT NR. O-96140	
FORFATTER(E) Adler Mikalsen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF.	
OPPDRAKSGIVER Raufoss Technology AS Postboks 77 2831 RAUFOSS			
STIKKORD Feltforsøk	Røykgass	PAH	
REFERAT NILU har utført prøvetaking og analyse av PAH, PCDD/PCDF, PCB og sink i skjermingsrøyk under et feltforsøk på Haslemoen 20.2.97. Konsentrasjonen av karsinogene PAH-forbindelser var sammenlignbare med røykkammerprøven fra 1994 (55,8 µg/m <sup>3</sup> mot 45,1 µg/m <sup>3</sup> i 1994). Konsentrasjonen av PCDD/PCDF var 837 pg/m <sup>3</sup> (133,2 i-TE) som er en faktor 12 høyere enn i røykkammerprøven. Konsentrasjonen av PCB = 20 ng/m <sup>3</sup> . Konsentrasjonen av Zn var 17 mg/g (partikkelmengde) og 17,6 mg/m <sup>3</sup> (prøvevolum).			
TITLE Sampling and analysis of combustion products from smoke ammunition, Halsemoen 20.02.97.			
ABSTRACT			

\* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU  
B Begrenset distribusjon  
C Kan ikke utleveres