

Rapportens tittel:

KARTLEGGING AV PAH VED A/S ÅRDAL OG SUNNDAL VERK,
SUNNDALSØRA

Oppdragsgiver

NTNF, Utvalg for forurensende stoffer på arbeidsplassen

Oppdragsnummer	Dato	Antall sider
B.1551.4879	12.05.1976	42 sider – 3bilag

Prosjektledere

Cand.real Alf Bjørseth - SI
Cand.real Olav Bjørseth - SINTEF
Cand.real Per E. Fjeldstad - YHI

ARBEIDSFORSKNINGSINSTITUTTENE
BIBLIOTEKET
Gydaski vei 8
Postboks 8149 Oslo Dep. Oslo

Stikkord:

Al-verk
PAH
Prøvetaking
Kartlegging

Interne projektnr.:

SI: 740312
SINTEF: 210820
YHI: HD687/760512

INNHALDSFORTEGNELSE	side
SAMMENDRAG	II
FORORD	III
1. INNLEDNING	1
2. PRØVETAKING	3
2.1 Filtertyper	3
2.2 Absorpsjonsløsning	3
2.3 Stasjonært prøvetakingsutstyr (Edward)	3
2.4 Mobilt prøvetakingsutstyr (Anton)	4
2.5 Personlig prøvetakingsutstyr (Casella)	4
3. ANALYSE	6
3.1 Ekstraksjon - SI	6
3.1.1 Ekstraksjon av filter	6
3.1.2 Ekstraksjon av absorpsjonsløsning	6
3.2 Opparbeiding av ekstrakter	6
3.3 Inndamping av rensede ekstrakter	7
3.4 Gasskromatografisk analyse	7
3.5 Ekstraksjon - YHI	8
3.5.1 Ekstraksjon av filter	8
3.6 Opparbeidelse av ekstrakter	8
3.7 Høytrykks væskechromatografi	9
4. PRØVETAKINGSSTRATEGI	10
4.1 Stasjonære prøvetakingssteder	10
5. RESULTATER	13
5.1 Konsentrasjoner av PAH i SU I A	13
5.2 Konsentrasjoner av PAH i SU III	16
5.3 Konsentrasjoner av PAH i anodefabrikk (Bakovnshall)	19
5.4 Prøver tatt med personlig prøvetakingsutstyr	22
5.5 Prøver tatt med mobilt utstyr	23

5.6	Fordeling av PAH på filter og i absorpsjonsløsning	23
5.7	Sammenlikning av PAH målt med stasjonært og personlig prøvetakingsutstyr	25
6.	DISKUSJON	27
6.1	Oppsamlingseffektivitet for PAH	27
6.2	Usikkerhet ved prøvetaking og analyse	27
6.3	Analysemetodikk	29
6.4	Høytrykksvæskeskromatografi	32
6.5	Sammenheng mellom støvkonsentrasjon og partikulært PAH	36
6.6	Forenklet prøvetaking	36
6.7	Variasjon av PAH innen hallen	36
7.	YRKESHYGIENISK DISKUSJON AV ANALYSERESULTATENE	38
7.1	Generelt	38
7.2	Diskusjon av resultatene	39
8.	REFERANSER	43

BILAG I, II og III

SAMMENDRAG

SI, SINTEF og YHI startet 1.1.75 et samarbeidsprosjekt med støtte fra NTNF om studie av prøvetakings- og analysemetodikk av PAH og en kartlegging av PAH i endel bedrifter med tjæreutslipp til arbeidsatmosfæren.

Rapporten beskriver de metoder som er benyttet og gir resultater fra kartleggingen ved A/S Årdal og Sunndal Verk, Sunndalsøra.

Fordelingen mellom de enkelte PAH-komponenter synes å være konstant og likeledes fordelingen mellom partikulært og gassformig PAH. Dette skulle tilsi at det er tilstrekkelig å benytte et filter til oppsamling av rutineprøver når man kjenner PAH-profilet fra en fullstendig prøvetaking.

Konsentrasjonen av støvformig PAH i hall med forbrente anoder er ca. 1% av konsentrasjonen i hall med Söderberg-elektroder. Forholdet mellom total PAH i de to hallene er ca. 1:10.

De personlige prøver viser PAH-konsentrasjoner i området 3-2800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i Söderberghallen og ca. 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i hallen med FL-ovner.

I anode/massefabrikken finner man PAH-konsentrasjoner opp til 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og i bek-lageret ca. 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

FORORD

Prosjektlederne vil med dette rette en takk til Thor Endresen og Thomas Frost for arbeidet med bygging av mobilt prøvetakingsutstyr og til Bodil Hovdal, Kristin Halgard og Bjørn Olufsen for hjelp til innsamling og analyse av prøvene.

Dessuten vil vi rette en takk til A/S Årdal og Sunndal Verk for en utmerket behandling og hjelpsomhet under prøvetakingen.

1. INNLEDNING

Det er kjent at polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) dannes ved ufullstendig forbrenning av kull, oljeprodukter og annet organisk materiale /1/. Ved dyreforsøk er det påvist at enkelte PAH har en kreftfremkallende virkning. Den senere tids forskning har også vist at PAH-komponentene utøver såvel gjensidig forsterkende (synergistisk) som gjensidig svekkende (antagonistisk) virkning. Det er derfor viktig at man ikke ser isolert på de enkelte komponenter, men kartlegger hele spektret av PAH-forbindelser i en arbeidsatmosfære.

De rapporter som finnes i litteraturen viser at analyse av PAH i arbeidsatmosfærer stort sett har vært begrenset til bestemmelse av total mengde tjærestoffer (benzen-ekstraherbart materiale) eller relativt få enkeltkomponenter. De analysemetoder for PAH som bl.a. er foreslått av NIOSH* /2,3/ synes ikke å tilfredsstille de krav man idag stiller til slike analyser.

Prøvetakingen av "tjærestoffer" i arbeidsatmosfærer har foregått på forskjellig vis. Noen har brukt bare filter til oppsamling, andre bare en absorpsjonsløsning og atter andre en kombinasjon av disse.

NTNF, Utvalg for forurensende stoffer på arbeidsplassen, har bevilget midler til studie av prøvetaking og analyse av PAH og en kartlegging av PAH i enkelte arbeidsatmosfærer. Arbeidet er utført i samarbeid mellom Sentralinstitutt for industriell forskning (SI), Oslo, Selskapet for industriell og teknisk forskning ved NTH (SINTEF), Trondheim og Yrkeshygienisk Institutt (YHI), Oslo.

Samarbeidsprosjektet startet i januar 1975 med en tilrettelegging av prøvetakings- og analysemetodikken. I denne fasen var man flere ganger og tok prøver ved ÅSV's anlegg på Sunndalsøra. Stedet ble valgt fordi verket har både anode-massefabrikk, ovner med Søderbergelektroder (VS-ovner) og ovner med forbrente anoder (FL-ovner).

* National Institute for Occupational Safety and Health

ÅSV's anlegg på Sunndalsøra ble også valgt som den første kartleggingsbedrift ut fra de samme kriterier og fordi man etter hvert hadde fått erfaring i prøvetaking og analyse fra denne type industri.

Denne rapport omhandler kartleggingen av PAH ved ÅSV, Sunndalsøra og er den første rapport i en serie kartlegginger i forskjellige typer industri med tjæredamper i arbeidsatmosfæren. Innsamlingen av prøvene på Sunndalsøra ble foretatt i september 1975.

2. PRØVETAKING

2.1. Filtertyper

Det har blitt undersøkt flere filtertyper m.h.t. vektstabilitet overfor temperatur ($t < 100^{\circ}\text{C}$) og ekstraksjonsmidler. Filtere av polyester, teflon og Acropor (Gelman) har vist seg velegnet. Vi har ved denne undersøkelsen valgt Acropor-filter med en porediameter på $0,8\ \mu\text{m}$.

2.2. Absorpsjonsløsning

Det er i utviklingsfasen benyttet sykloheksan, toluen og etanol som absorpsjonsmiddel. For å hindre for stor avdampning er det nødvendig å avkjøle absorpsjonsflaskene med tørris, og da fryser sykloheksan. Luftfuktigheten har også tendens til å fryse ut i absorpsjonsflaskenes innløpsrør og sinter. Etanol har derfor vist seg å være best egnet under feltforsøk. Den er også mest skånsom mot pumper, gassur o.l.

Ved en utsugningskapasitet på $1\ \text{m}^3/\text{time}$ får man ved tørriskjøling av flaskene en avdampning av etanol på $10\text{-}30\ \text{ml}/\text{m}^3$. Det har derfor vært nødvendig å etterfylle etanol ved flere av målingene.

2.3. Stasjonært prøvetakingsutstyr (Edward)

Figur 1 viser en skisse av det stasjonære prøvetakingsutstyr som er benyttet ved kartleggingen. Støvet fanges opp på et $47\ \text{mm}\ \phi$ Acropore-filter med en porediameter på $0,8\ \mu\text{m}$. Den støvfrie gassen bobles så gjennom to tørriskjølte gassvaskeflasker med $100\text{-}125\ \text{ml}$ etanol. Den rensede gass pumpes gjennom en gasstett pumpe (type Edward) og tilslutt gjennom et tørt gassur hvor utsugd gassvolum registreres. Utstyret har en kapasitet på ca. $1\ \text{m}^3/\text{time}$.

2.4. Mobilt prøvetakingsutstyr (Anton)

Figur 2 viser en skisse av et batteridrevet prøvetakingsutstyr bygget ved YHI. Gassen suges gjennom et 37 mm ϕ Acropore-filter med en porediameter på 0,8 μm hvor støvet oppfanges, og bobles gjennom to tørriskjølte lekkfrie gassvaskeflasker med 7 ml etanol. Gassen passerer så en pumpe med kapasitet på ca. 2 l/min. Utsugd volum bestemmes ved måling av pumpens kapasitet og utsugningstid.

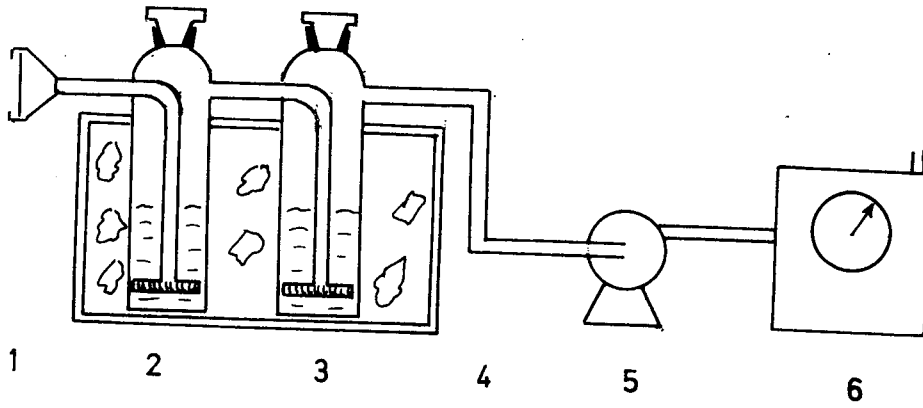
Utstyret er plassert i en liten ryggsekk og veier ca. 3 kg. Brukstiden er 2-6 timer - avhengig av batteritype.

"Anton" ble benyttet på vanskelig tilgjengelige steder som stasjonært utstyr og i noen tilfelle for personlig prøvetaking.

2.5. Personlig prøvetakingsutstyr (Casella)

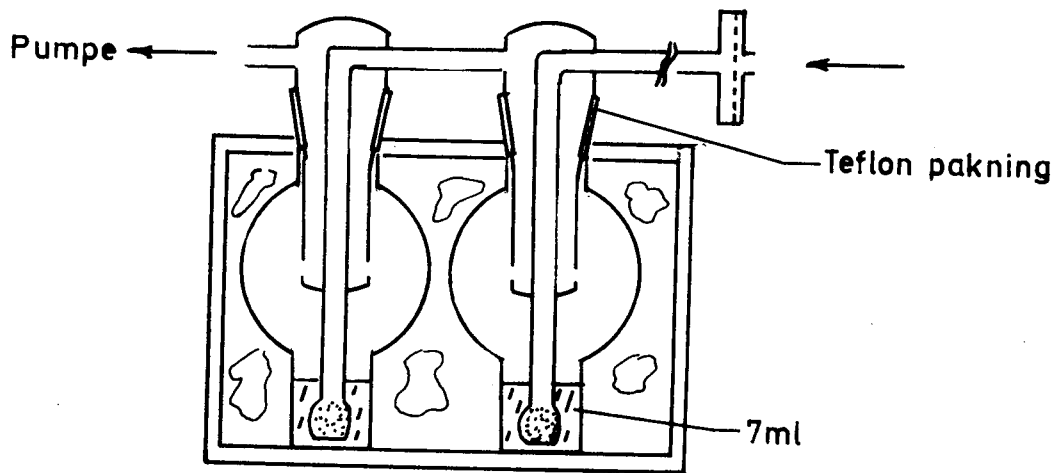
Figur 3 viser en skisse av det personlige prøvetakingsutstyr som er benyttet. Cassellapumpen - med en kapasitet på 2 l/min - er plassert i arbeiderens jakkelomme og filterholder med 37 mm ϕ Acroporefilter (poredia 0,8 μm) er festet til jakkekragen. Man får her oppfanget støvfraksjonen i arbeiderens innåndingssone.

Utstyret veier ca. 0,6 kg og har en brukstid på ca. 6 timer.

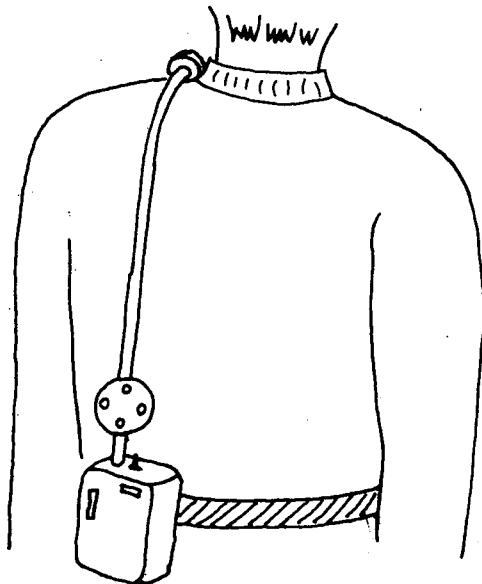


- 1 Filterholder
- 2 } Gassvaskeflasker
- 3 }
- 4 Gummislange
- 5 Gasstett pumpe
- 6 Gassur

FIGUR 1. Stasjonært prøvetakingsutstyr (Edward).



FIGUR 2. Mobilt prøvetakingsutstyr (Anton).



FIGUR 3. Personlig prøvetakingsutstyr (Casella).

3. ANALYSE

Analysen av eksponerte filtere og absorpsjonsløsninger er utført på forskjellig måte ved SI og YHI. Metodene baserer seg på de samme prinsipper, dvs. en ekstraksjon av filter med sykloheksan eller etanol, væske-væske-ekstraksjon med DMF (N, N-dimetylformamid)/sykloheksan, inndamping og gasskromatografering. YHI har i tillegg benyttet høytrykks væskrokromatografering (LC) for analyse av små prøver.

Den metode som benyttes ved SI er beskrevet tidligere /4/ og vil bare bli kort beskrevet i pkt. 3.1 - 3.4. Metoden som benyttes ved YHI er ikke rapportert tidligere og beskrives derfor mer i detalj i pkt. 3.5 - 3.7. Metodene er noe forskjellig, men de erfaringer man hittil har tilsier at de gir samme resultat, (dvs. avviket er mindre enn usikkerheten i prøvetakingen). En nærmere sammenlikning av metodene er under arbeid.

3.1. Ekstraksjon - SI

3.1.1. Ekstraksjon av filter

Filtrene overføres til ekstraksjonshylser renses i sykloheksan og plasseres i soxhletapparat. Deretter tilsettes indre standard (β, β' -binaftyl og m-quaterfenyl), og det ekstraheres med 100 ml sykloheksan i ca. 8 timer.

3.1.2 Ekstraksjon av absorpsjonsløsning

Absorpsjonsløsningen (etanol) tilsettes et like stort volum destillert vann og indre standarder.

Løsningen ble ekstrahert 2 ganger med 5 ml sykloheksan. Dermed overføres PAH til et lite væskevolum og store tap av lettflyktige komponenter under den senere inndamping unngås.

3.2. Opparbeiding av ekstrakter

PAH (og andre mer polare forbindelser) i sykloheksan-ekstraktet ekstraheres 2 ganger med DMF/vann i forholdet 9:1. DMF/vannfasene samles,

tilsettes vann og PAH ekstraheres 2 ganger tilbake med sykloheksan. Sykloheksanfasene samles, vaskes 2 ganger med vann og tørkes med rensed Na_2SO_4 .

3.3. Inndamping av rensede ekstrakter

De rensede sykloheksanprøvene dampes inn til ca. 10 ml i en modifisert Kuderna-Danish-apparatur under N_2 -atmosfære. Temperaturen holdes hele tiden under 50°C og trykket over 15 torr. En ytterligere inndamping til ca. 0,5 ml foregår i et sentrifugerør ved ca. 30°C under N_2 -strøm.

3.4. Gasskromatografisk analyse

Til gasskromatografisk analyse er det benyttet en Carlo Erba gasskromatograf, modell Fractovap 2101 med glasskapillarkolonne, Grob-injektor og flammeionisasjonsdetektor (FID). Kapillarkolonnen er 50 m lang og har en indre diameter 0,38 mm. Den stasjonære fase er OV1. Kolonnen har ca. 50.000 teoretiske trinn. Øvrige kromatografiske betingelser er:

- Bæregass: H_2 (0,8 atm.)
- Injeksjonstemperatur: 325°C
- Detektortemperatur: 325°C
- Temperatur-programmering: 100°C (3 min)
til 250°C med $3^\circ\text{C}/\text{min}$.

- Hydrogen FID: 0,6 atm.
- Oksygen FID : 1,0 atm.

Identifiseringen foregår ved sammenlikning av retensjonstidene med et sett PAH-standarder, samt en sammenlikning med tidligere massespektrometriske identifiseringer.

Kvantifiseringen utføres ved utmåling av toppenes areal med en elektronisk integrator (Minigrator, Spectra-Physics), og en sammenlikning av disse med arealet av indre standard. Eksempler på gaskromatogram av støvprøve og absorpsjonsløsning er vist i bilag 2.

3.5. Ekstraksjon - YHI

3.5.1. Ekstraksjon av filter

Filtrene fra stasjonær prøvetaking ekstraheres i en 6 ml Soxhlet-apparatur. Det benyttes etanol som ekstraksjonsmiddel og ekstraksjonstiden er 6 timer.

Filtrene fra mobilt og personlig prøvetakingsutstyr plasseres i reagensglass og dekkes av etanol (3-4 ml). Reagensglassene plasseres i et vannbad og behandles med ultralyd i 20 min. Ekstraksjonsløsningen tas av og metoden gjentas med ny etanol-løsning.

3.6. Opparbeidelse av ekstrakter

Etanol-løsningene ble dampet inn til 0,6 ml i reagensglass som ble varmet på en aluminiumblokk (50°C). Fordampingen ble påskyndet ved hjelp av en N₂-strøm.

Etanol-løsningene ble deretter tilsatt sykloheksan til 6 ml og i noen tilfelle indre standarder (β,β' -binaftyl og m-quaterfenyl).

Løsningene ekstraheres 4 ganger med 1 ml DMF/vann i forholdet 30:1 med sentrifugering mellom hver gang. Overføringen av ekstraktene til nytt reagensglass foretas med Pasteur-pipette. Deretter ble det tilbakeekstrahert 3 ganger med 1 ml sykloheksan etter fortynning av DMF-ekstraktene med destillert vann til det dobbelte volum.

Sykloheksanekstraktene ble vasket 2 ganger med 1 ml destillert vann og tørket med 2 spatelvisser vannfri, sykloheksanvasket natriumsulfat.

Sykloheksanløsningene ble dampet inn til ca. 1 ml og analysert gasskromatografisk ved SI. (Pkt. 3.4).

3.7 Høytrykks væskrokromatografi

Absorpsjonsløsningene og filterekstraktene er (før væske-væske-ekstraksjonen) analysert ved YHI ved hjelp av høytrykks væskrokromatografering. Det er benyttet en Perkin-Elmer 604 med en 10 μ m silicagel-kolonne (SIL - X - 1,0,5 m x 2,6 mm i.d.). Som elueringsmiddel er det benyttet sykloheksan. Elueringshastigheten er 2 ml per min. ved et trykk på ca. 100 atm. PAH elueres uoppløst og detekteres ved en bølgelengde på 254 nm på en Perkin-Elmer LC 55.

Det er benyttet en loop injektor, og prøvevolumet er 30 μ l.

Resultatene er beregnet i forhold til pyren som er brukt som ekstern standard. Arealene er beregnet ut fra " bredden ved halve høyden multiplisert med høyden ".

4. PRØVETAKINGSSTRATEGI

4.1. Stasjonære prøvetakingssteder

Det er foretatt prøvetaking på utvalgte steder i en hall med VS-ovner (SUIA), en hall med FL-ovner (SUIIIC) og i anodefabrikken.

Målestedene er avmerket på skissene av anleggene i figur 4 og 5.

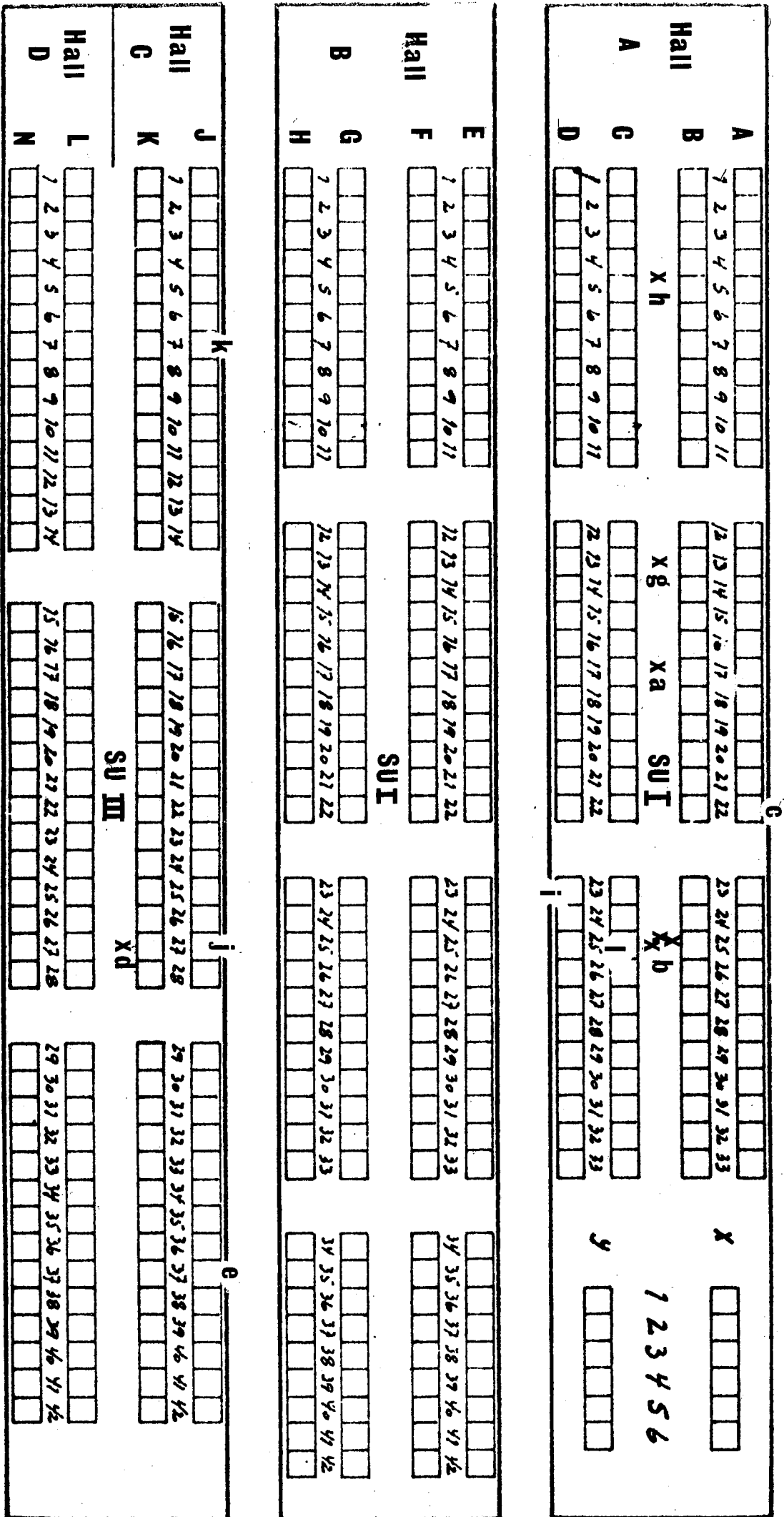
På ett av målestedene er det montert to identiske prøvetakingsutstyr med filter og absorpsjonsflasker og ett med filter etterfulgt av adsorpsjon på aluminiumoksyd. Dette er gjort for å undersøke bruken av fast adsorpsjonsmateriale istedet for en absorpsjonsløsning og for å studere usikkerheten i prøvetaking + analyse.

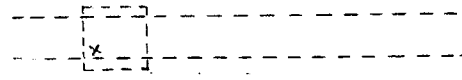
Alle stasjonære prøver i samme "hall" er tatt i samme tidsrom og utsugningshastigheten har vært ca. $1 \text{ m}^3/\text{time}$.

Alle utstyr ble overvåket i prøvetakingstiden og uregelmessigheter i arbeidsrutinen o.l. ble registrert.

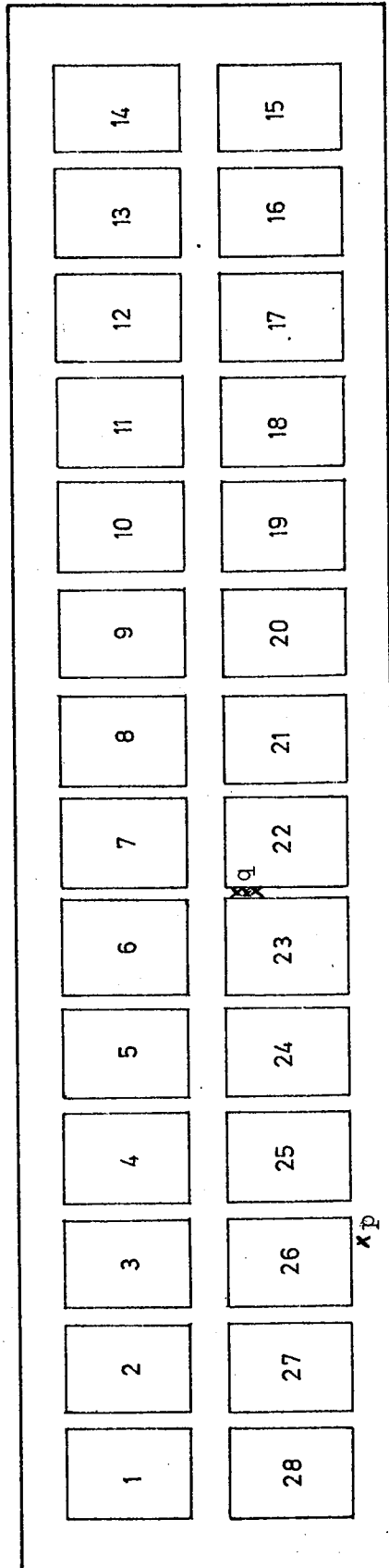
Figur 4.

Skisse av elektrolysehallerne med angivelse av plasseringen av stasjonært prøvetakingsutstyr.





Anodepresse



FIGUR 5. Skisse av elektrodebeaktovnshall med avmerking av målesteder.

5. RESULTATER

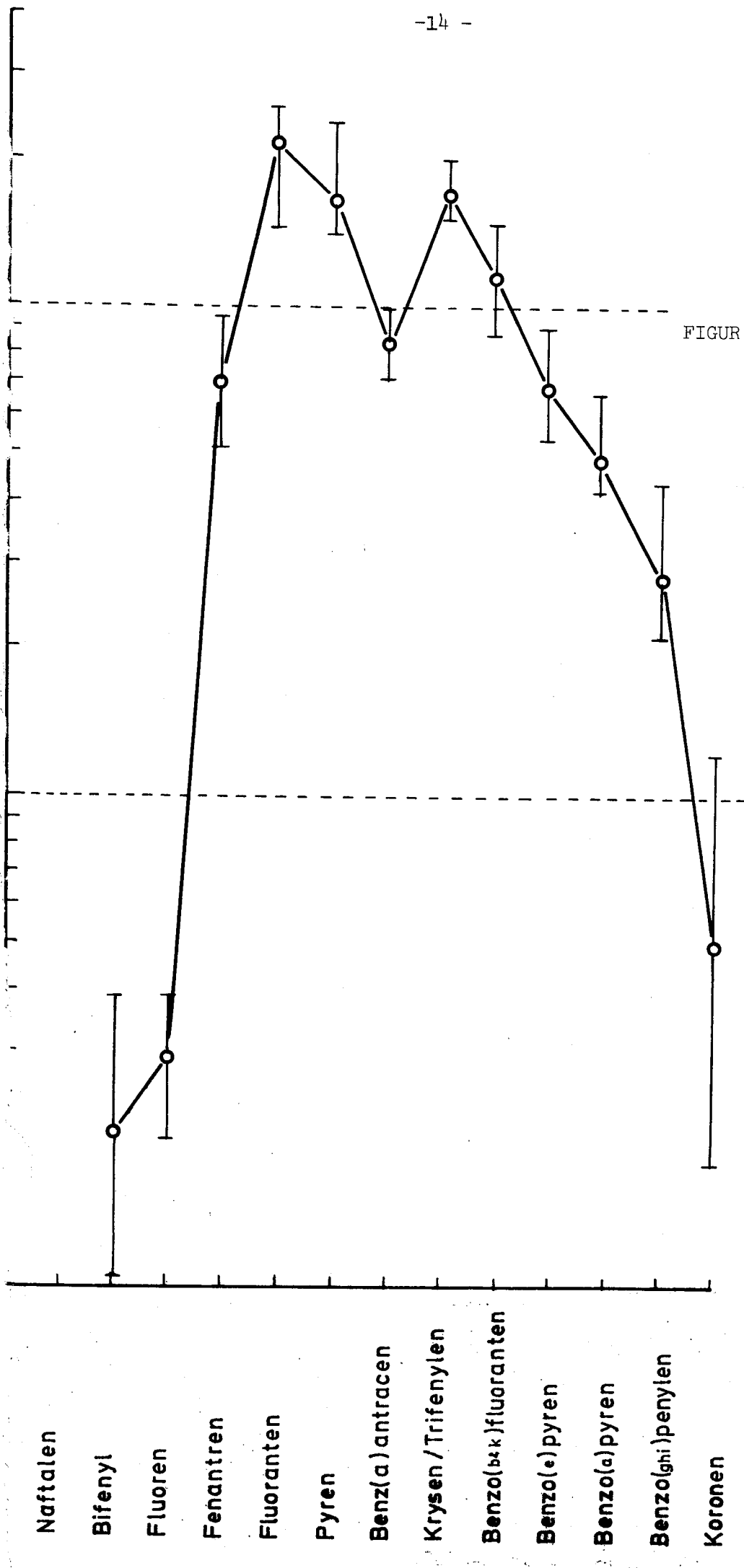
5.1 Konsentrasjoner av PAH i Su I A

Tabell 1 viser konsentrasjonene av PAH* i støv og gass i hall med Sjøderberg-elektroder. Figur 6 viser fordelingen (profilen av de 13 hovedkomponenter i støvfraksjonen og figur 7 viser den samme fordeling for den totale prøve (støv + gass).

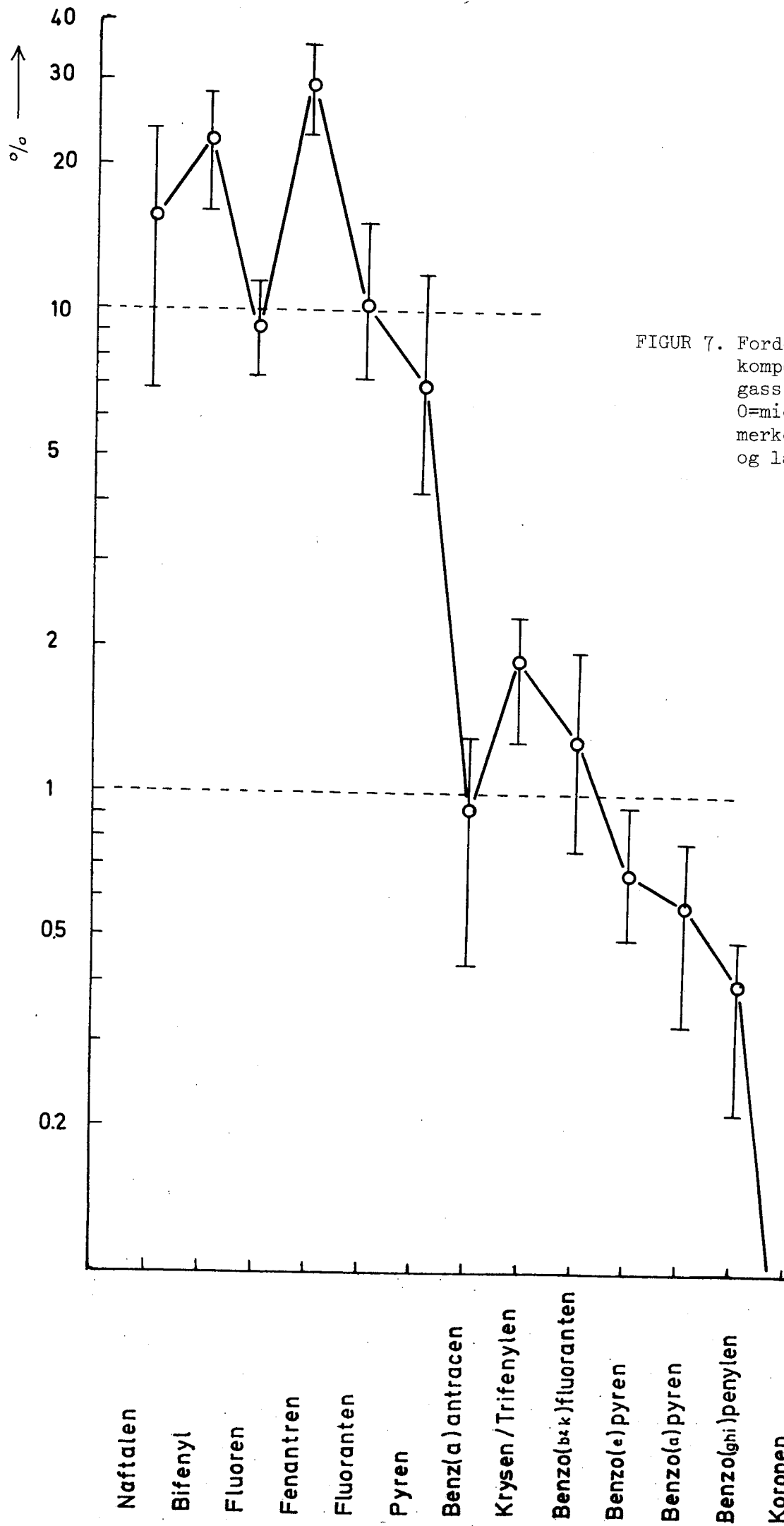
Tabell 1. Konsentrasjon av PAH i SU I A

Dato	Prøve mrk	Prøvested (se fig. 3.4)	Støv $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Gass $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Totalt $\mu\text{g}/\text{m}^3$
16/9	3	a	74	990	1060
"	13	b	61	970	1030
"	14	b	87	-	-
"	16	b	110	1050	1160
"	1E	g	104	(350)	(454)
"	2E	h	132	1380	1510
17/9	3	c	58	560	618
"	13	b	104	1570	1670
"	14	b	60	-	-
"	16	b	157	1390	1550
"	3E	h	202	1380	1580
"	4E	i	20	86	106
"	3A	l	32	8,7	40

*Sum av de PAH-komponenter som er kvantifisert.



FIGUR 6. Fordeling av 13 PAH-komponenter i støvfraksjon, Su IA. O=middelverdi (avsett nest høyeste og laveste verdi).



FIGUR 7. Fordeling av 13 PAH-komponenter (støv + gass), Su IA. O=middelverdi (avmerket nest høyeste og laveste verdi).

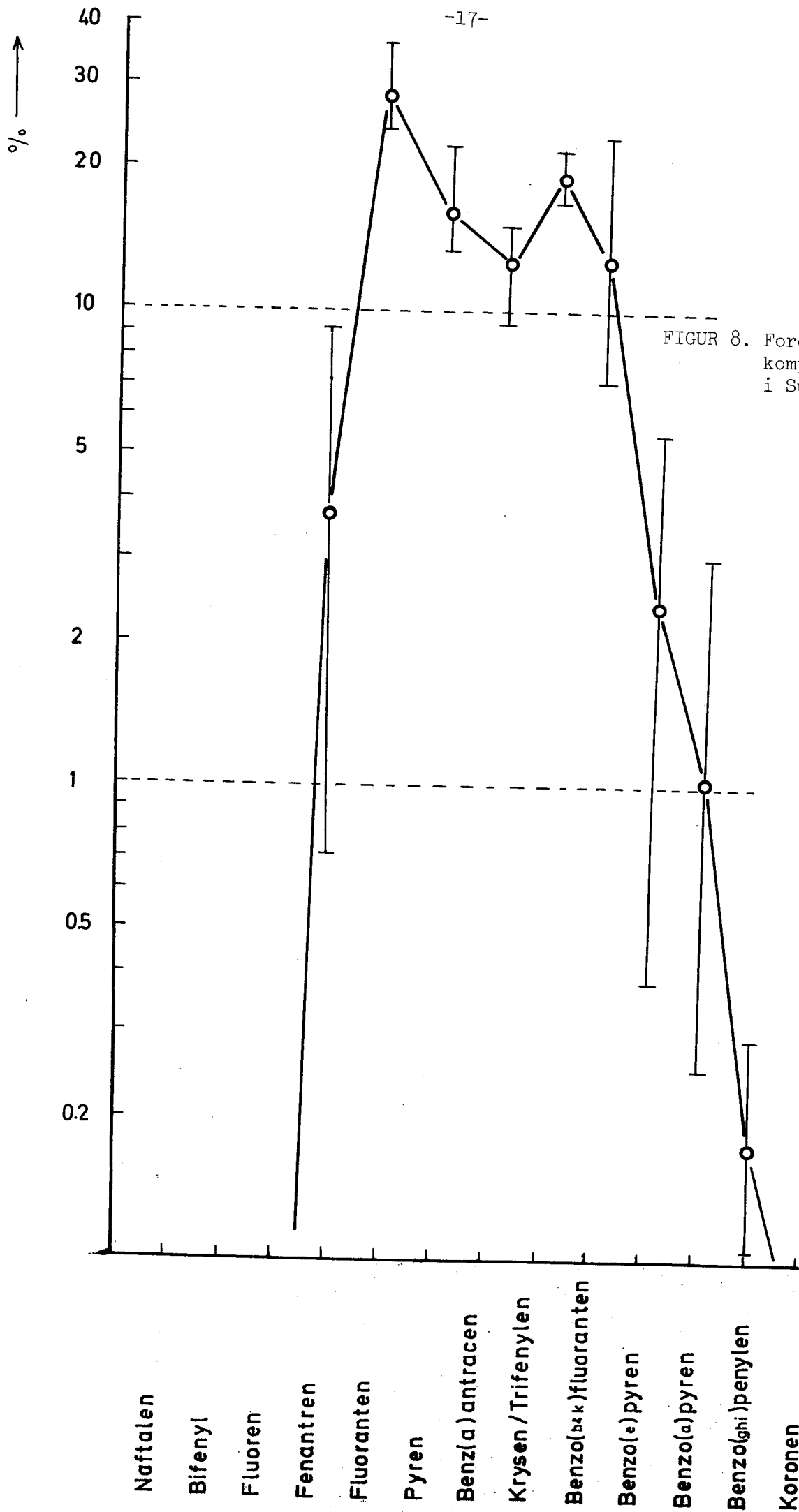
5.2. Konsentrasjoner av PAH i SU III

Tabell 2 viser konsentrasjonene av PAH i støv og gass i hall med for-brente elektroder.

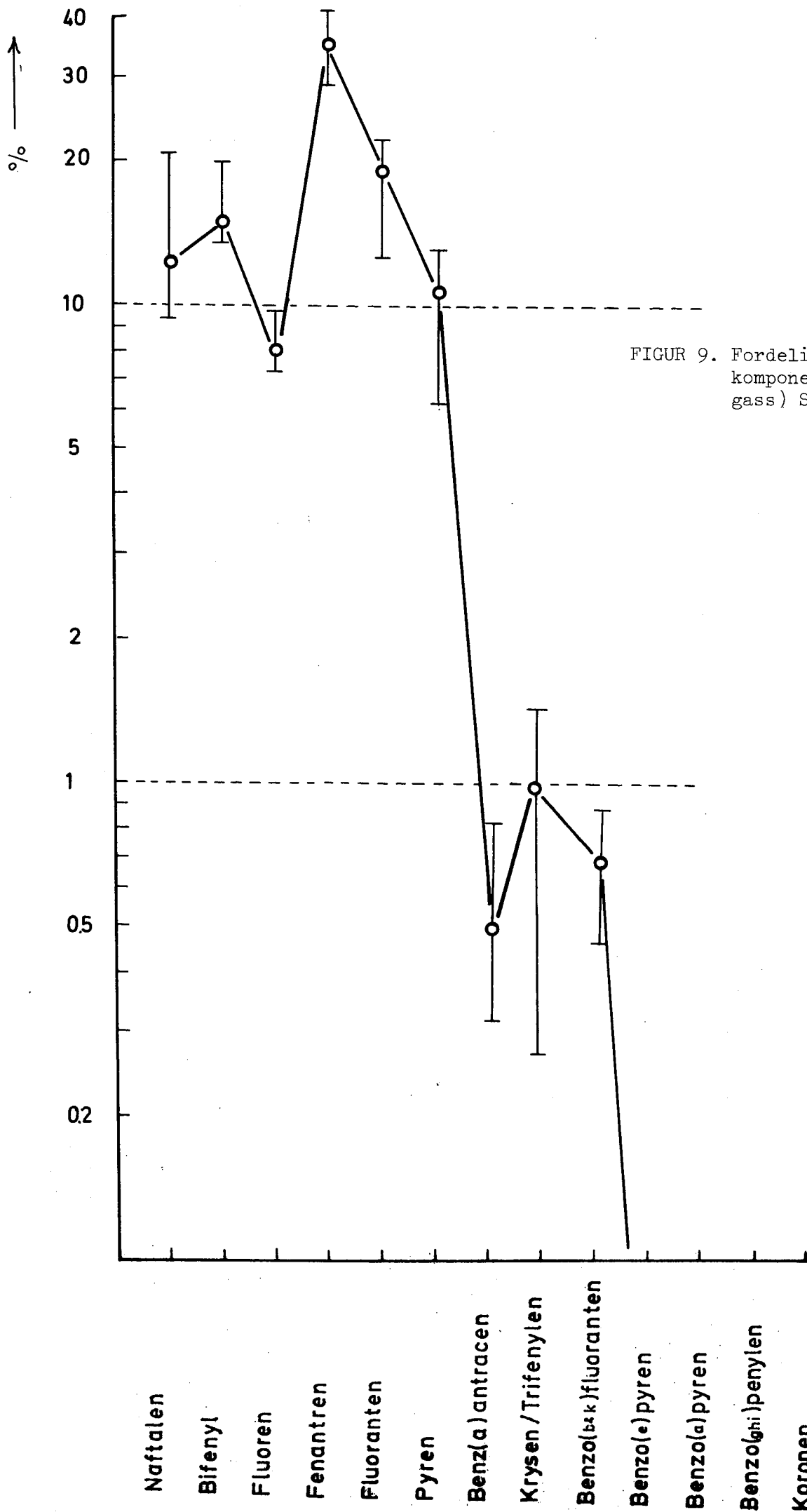
Figur 8 viser fordelingen (profilet) av de 13 hovedkomponentene i støvfraksjonen, og figur 9 viser den samme fordeling for den totale prøve (støv + gass).

Tabell 2. Konsentrasjon av PAH i SU III C

Dato	Prøvested (se fig. 4)	Støv $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Gass $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Totalt $\mu\text{g}/\text{m}^3$
17/9	3 e	1,6	42	44
"	13 f	1,3	124	125
"	14 f	-	-	-
"	16 f	1,7	32	34
"	5E j	1,6	107	109
"	6E k	0,65	31	32
"	8E k	0,56	4,6	5



FIGUR 8. Fordeling av 13 PAH komponenter (støv) i Su III C.



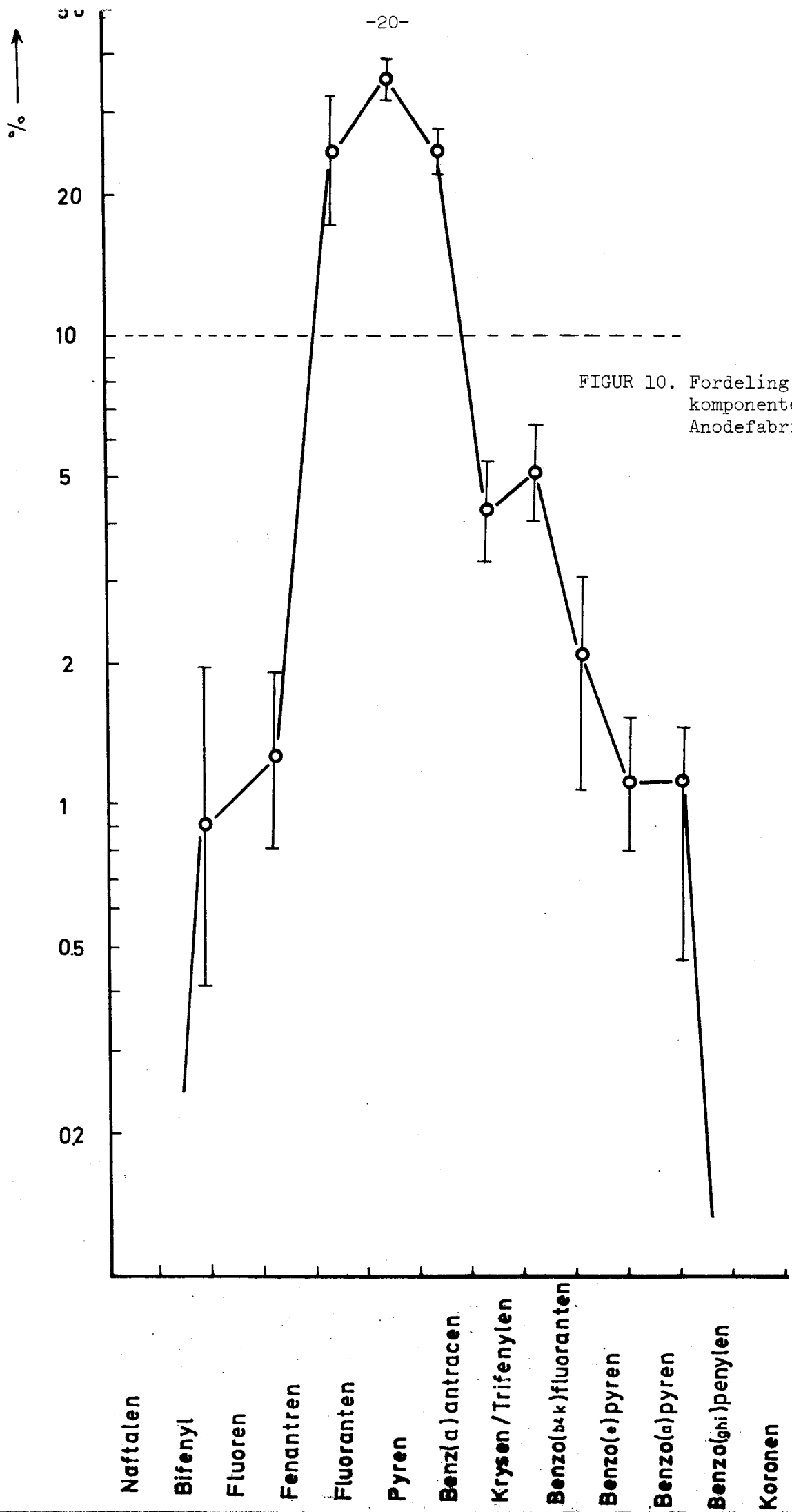
FIGUR 9. Fordeling av 13 PAH-komponenter (støv + gass) Su III.

5.3. Konsentrasjoner av PAH i anodefabrikk (bakovns hall)

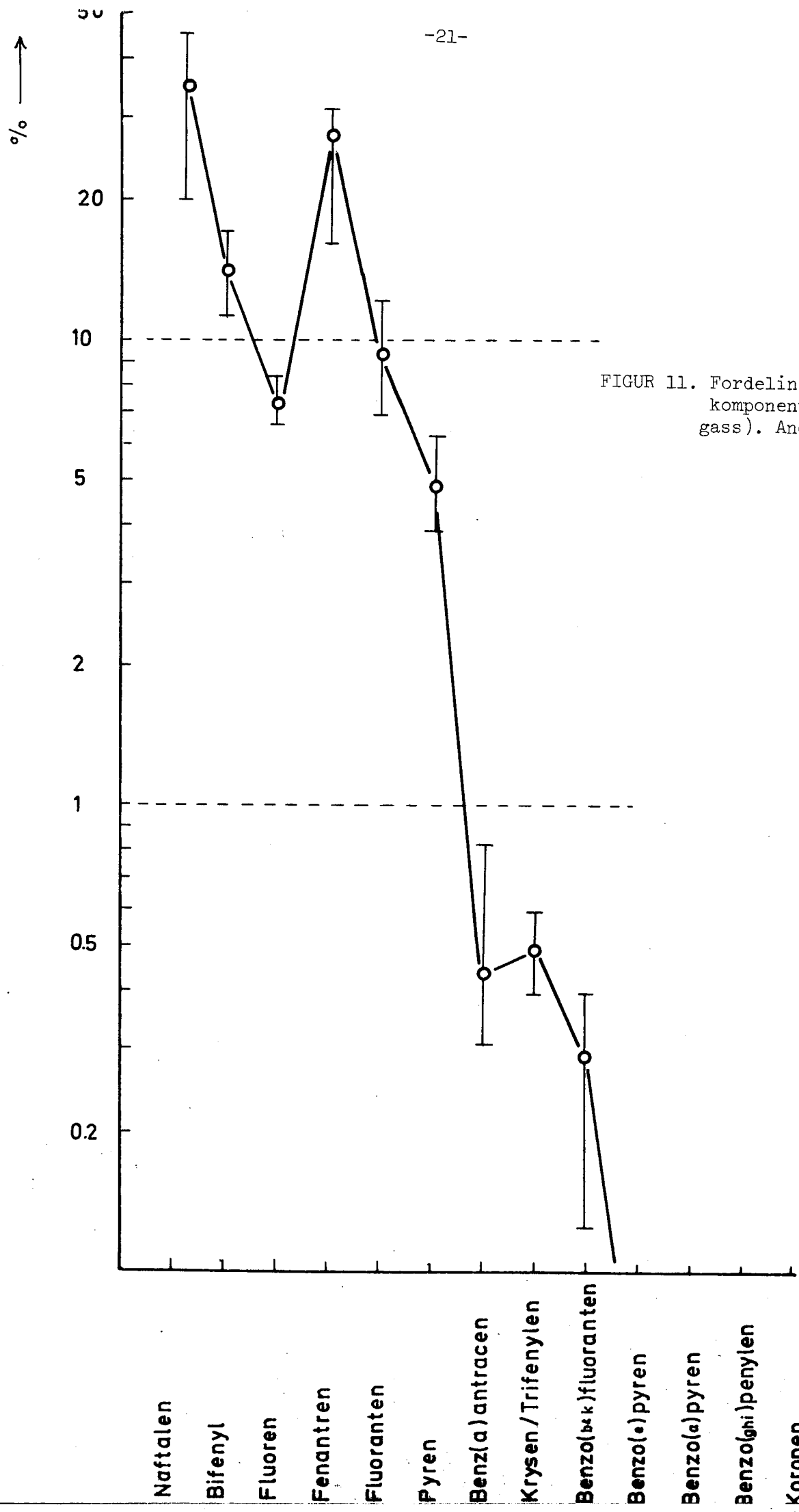
Tabell 3 viser konsentrasjonene av PAH i støv og gass i anodefabrikken. Figur 10 viser fordelingen (profilet) av de 13 hovedkomponenter i støvfraksjonen og figur 11 viser den samme fordeling for den totale prøve (støv + gass).

Tabell 3. Konsentrasjon av PAH i anodefabrikk (bakovns hall)

Dato	Prøvested (se fig. 5)	Støv $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Gass $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Totalt $\mu\text{g}/\text{m}^3$
18/9	3 p	3,7	218	222
"	13 q	3,4	(10)	13
"	14 q	3,4	-	
"	16 q	5,6	63	69
"	7E over anode- presse	73	262	335



FIGUR 10. Fordeling av 13 PAH-komponenter (støv). Anodefabrikk.



FIGUR 11. Fordeling av 13 PAH-komponenter (støv+gass). Anodefabrikk.

5.4. Prøver tatt med personlig prøvetakingsutstyr

Tabell 4 viser konsentrasjonen av PAH tatt med personlig prøvetakingsutstyr (filter) og analysert med GC eller LC.

Tabell 4. Total PAH-konsentrasjon* ved personlig prøvetaking.

Jobbtype	Sted	Prøve nr.	Emner	Tid t	GC $\mu\text{g}/\text{m}^3$	LC $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ovnspasser	SU IB	2A	An	1½		13
Blussruller	SU IA	101C	H.Ny	5½		6.2
Ovnspasser	SU IA	102C	E.Kj	5½		3.0
Tapper	SU IA	103C	K.St	3½	38	
Boltetrekker	SU IB	104C	Be	5½	2790	
Soter	SU IB	105C	Dr	5½		16
Boltetrekker	SU IA	106C	Ts	5	927	
Tapper	SU IIIC/D	107C	Ar	6		0.87
Koltrekker	SU IIID	108C	Ny	6		2.0
Koltrekker	SU IIID	109C	Ty	6		0.87
Blussruller	SU IIID	110C	Sem	6		0.52
Ovnspasser	SU IIID	111C	Set	6		0.52
Runderuller	SU IIIC/D	112C	Sv	6		1.6
Kranslegger	AM	113C	P.Ha	2½	37	
Ovnspasser	AM	114C	O.Ho	4		2.2
Beklagerarb.	AM	115C	K.Ro	5½	374	
Ovnspasser	AM	116C	Gj	4½		0.87
Maskinvakt	AM	117C	Bu	4½	11	
Rengjøring	AM	118C	Hu	4½	11	
Suger	AM	119C	Tr	5		0.87
Suger	AM	120C	Ta	5		0.41
Traktorkjører	AM	121C	Ør	5½		3.6

AM=Anode/massefabrikk

* Gjelder bare partikulær PAH.

5.5. Prøver tatt med mobilt utstyr

Tabell 5 viser resultatene fra prøvetaking med mobilt utstyr (Anton). Prøvene er analysert med GC eller LC.

Tabell 5. PAH-konsentrasjon ved mobil prøvetaking.

Plassering av prøvetakings- utstyr.	Prøve nr.	Filter $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Impinger $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		GC	LC	GC	LC
Ved ovn 25 Su I (plass 1)	1A		9.4		20
Ovnspasser SU IB	2A		13		41
Utenpå blusserulle SU I A	3A		32		8.7
På runderullertruck SU IIIC/D	4A		0.52		33
På kran i beklageret	5A	451			9.8

5.6 Fordeling av PAH på filter og i absorpsjonsløsning

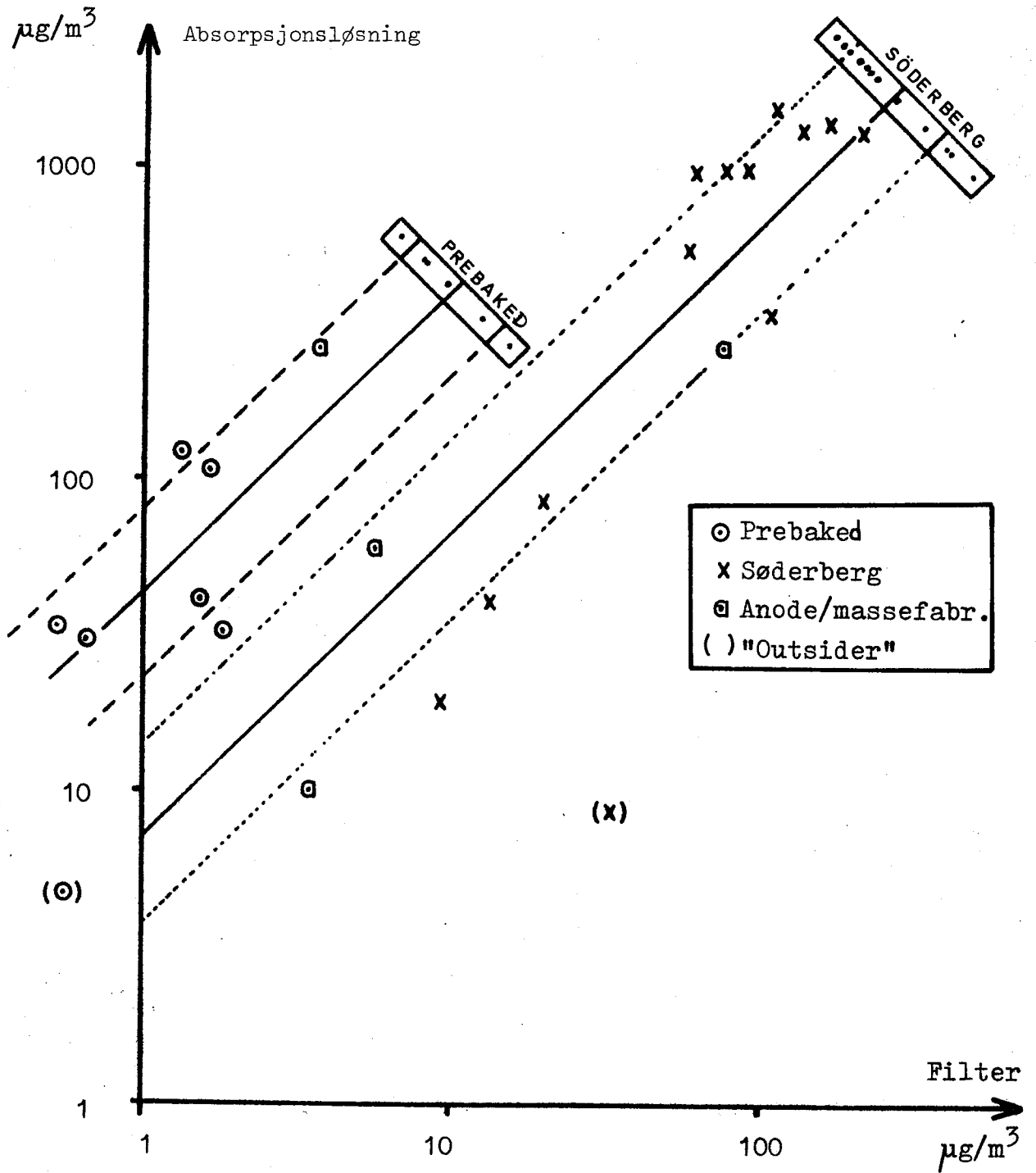
I fig. 12 er logaritmen til partikulær PAH-konsentrasjon angitt mot logaritmen til gassformig PAH-konsentrasjon for Söderberg- og FL-hallene. Ut fra antakelsen av at dette forhold er konstant er det trukket linjer med 45° hellning gjennom punktmassen. Resultatet blir:

$$\text{Söderberg: } \log \text{PAH}_{\text{abs.løsn.}} - \log \text{PAH}_{\text{filter}} = 0,84 \pm 0,30.$$

$$\text{FL-hall : } \log \text{PAH}_{\text{abs.løsn.}} - \log \text{PAH}_{\text{filter}} = 1,62 \pm 0,25.$$

Datamaterialet spriker noe, men står ikke i motsetning til en antakelse om et slikt konstant forhold.

Figur 12. Fordeling av PAH på filter og absorpsjonsløsning.

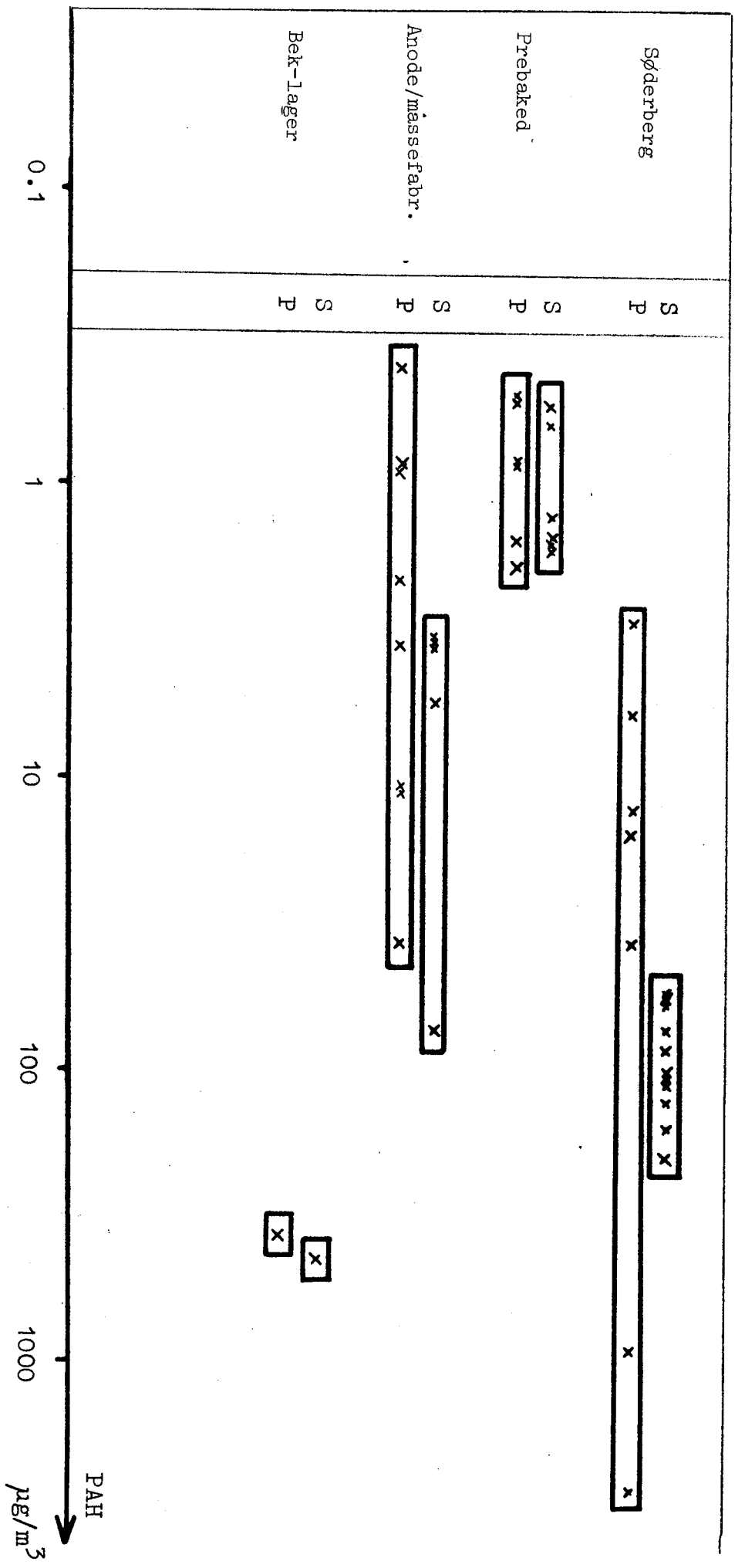


5.7. Sammenlikning av PAH målt med stasjonært og personlig prøvetakingsutstyr

Figur 13 viser en sammenlikning mellom støvformig PAH tatt med personlig (P) og stasjonært (S) utstyr i de forskjellige haller.

Dette er også satt opp for å gi en bedre oversikt over hvordan konsentrasjonsnivåene ligger i de tre "haller". De personlige prøver har som ventet en større spredning enn de stasjonære ut fra individuell arbeidsrutine og forskjellige jobbtyper. Forholdet mellom konsentrasjonene ved personlig og stasjonær prøvetaking synes å være rimelig ut fra kjennskapet til jobbtype, hviletid etc.

Figur 13. Totalkonsentrasjon av PAH (filter) målt ved personlig (P) og stasjonært (S) utstyr.



6. DISKUSJON

6.1 Oppsamlingseffektivitet for PAH

For dokumentasjon av oppsamlingseffektiviteten av PAH ved bruk av det stasjonære prøvetakingsutstyr er de to absorpsjonsflaskene analysert separat. Resultatet fra 5 av forsøkene er gitt i tabell 6 som viser at 2. absorpsjonsflaske bare inneholder 1-2% av mengden i 1. flaske. Dette tilsier at PAH oppfanges tilnærmet kvantitativt med to absorpsjonsflasker i serie.

Tabell 6. Oppsamlingseffektivitet av PAH.

Prøve/Dato	Filter $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1. flaske $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2. flaske $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Effektivitet $\frac{1 \text{ fl.} \cdot 100\%}{1.+2. \text{ fl.}}$
13 16/9	60,9	960	9,3	99,0
16 16/9	87,2	1030	22,6	97,8
3 17/9	57,6	550	5,2	99,0
13 17/9	104,0	1560	4,1	99,7
16 17/9	157	1380	6,2	99,6

6.2 Usikkerhet ved prøvetaking og analyse

Presisjonen ved en måling (prøvetaking + analyse) er studert ved bruk av tre prøvetakingsutstyr plassert ved siden av hverandre (fig. 7). Utsugingen er foretatt simultant. I det ene utstyret er de gassformige PAH-komponenter samlet opp på aluminiumoksyd istedet for etanol, mens de andre to er identiske. Al_2O_3 -prøvene ble desverre

ikke analysert korrekt, og den gassformige fraksjon for disse prøvene er ikke tatt med.

Datamaterialet er noe spesielt, men viser at man får et relativt standardavvik i forhold til middelveidien i området 20-30% for støvprøvene. Avviket mellom identiske prøver skriver seg hovedsakelig fra forskjell i støvkonsentrasjonen over korte avstander (støvskyer o.l.), men en forskjell i fordeling mellom partikulær og gassformig PAH gir også et bidrag.

Tabell 7. Resultater fra simultane prøver.

Dato/Sted	Oppsamlet i	A (13) µg/m ³	B (14) µg/m ³	C (16) µg/m ³
16/9 Su I	Filter	61	110	87
	Abs. løsning	970	-	1050
	Totalt	1030	-	1140
17/9 Su I	Filter	104	(60)	156
	Abs. løsning	1570	-	1390
	Totalt	1670	-	1550
17/9 Su III	Filter	1,3	-	1,7
	Abs. løsning	124	-	32
	Totalt	125	-	34
18/9 Anode- fabrikk	Filter	3,5	3,4	5,6
	Abs. løsning	10		63
	Totalt	14		69

6.3 Analysemetodikk

Prinsippene for ekstraksjon, opparbeiding og separasjon som ligger til grunn for de analysemetoder som er benyttet i dette arbeid er godt dokumentert og internasjonalt akseptert / 5,6/.

De versjoner som er lagt tilrette for analyse av filterprøver og etanol-løsninger er kontrollert under dette prosjekt.

Gjenvinning og presisjon for metoden med Soxhlet-ekstraksjon, væske-væske-ekstraksjon, oppkonsentrering og gasskromatografisk bestemmelse som beskrevet i pkt. 3.1 - 3.4 er utprøvet.

Gjenvinningen er studert ved analyse av innveide PAH-standarder.

Resultatet er gjengitt i tabell 8 og viser at gjenvinningen varierer mellom 76 og 105% for stoffene fenantren til benzo (a) pyren.

De tap som oppstår skyldes primært at de mest flyktige PAH-komponenter kdestillerer med ekstraksjonsmidlet.

Presisjonen til metoden er undersøkt ved analyse av homogenisert syklonstøv fra et aluminiumverk. Ialt 11 paralleller er analysert og 25 forskjellige PAH-komponenter er identifisert og kvantifisert i mengdeforhold varierende fra 0,1-20 ppm. Presisjonen i bestemmelsen av enkeltkomponenter målt som standard avvik varierer fra 3% til 9% med et middel på 6,2%.

Tabell 8 . Gjenfinningsprosent ved bruk av analysemetoden på PAH-standard.

PAH	I %	II %	III %
Fluoren	46	39	48
Fenantren	85	80	76
Pyren	96	88	105
Krysen	90	102	91
Benzo(a)pyren	94	94	88

Ved YHI benyttes en Soxhlet-ekstraksjon av filter med etanol. Det benyttes også mindre volumer.

Fordi en Soxhlet-ekstraksjon er tid- og apparaturkrevende samt at PAH-komponentene utsettes for relativt høy temperatur over lang tid med fare for dekomponering, har man også ved YHI benyttet ultralyd-ekstraksjon av filtere. /7/. Denne metode er rask og man kan arbeide med mange prøver samtidig. Volumene av ekstraktene er små og ekstraksjonen foregår ved lav temperatur.

Tabell 9 viser ekstrahert PAH ved 1., 2 og 3. gangs ekstraksjon av sykklonstøv. Ekstraktene er målt ved 254 nm og er oppgitt som absorbans.

Tabellen viser at det ved 2. og 3. gangs ekstraksjon løses ut ~10% av det som løses ut ved 1. gangs ekstraksjon. Det var imidlertid noe bakgrunn på grunn av finpartikulært materiale som holdes svevende i løsningen, så ekstraksjonen er bedre enn tabellen viser.

Tabell 9 . Syklonstøv ekstrahert 3 ganger med 0,5 ml etanol ved hjelp av ultralyd. Resultatet er angitt i absorbanseenheter ved 254 nm etter korrigerings for fortykning.

	1. ekstr.	2. ekstr.	3. ekstr.
7.4 mg cyklonstøv A	25	2.1	1.9
7.7 mg "	32	1.7	1.2
1.9 mg "	7.3	1.0	0.6
15.1 "	57	3.8	1.5
8.5 mg cyklonstøv B	66	2.2	0.7
2.3 "	14	0.4	0.3

Den væske-væske-ekstraksjon som benyttes ved YHI er også noe forskjellig fra den som benyttes ved SI. Man har her små volumer med mindre fare for kontaminering fra ekstraksjonsmidlene. Metoden er rask - ved bruk av ristemaskin kan man behandle 12 prøver på 4 timer. Tapet ved denne metode er studert ved bruk av en PAH-standard. Tabell 10 viser en gasskromatografisk analyse av prøven før og etter ekstraksjon. Gjenfinningsgraden varierer fra 79 til 103%.

Tabell 10 . Gjenfinningsprosent ved væske-væske-ekstraksjon.

Forbindelse	Før ekstr.	Etter ekstr.	"Gjenvunnet"
	µg	µg	%
1-metylfluoren	47	40	85
Pyren	40	38	95
Benzo [b] fluoren	30	31	103
Benzo [a] pyren	28	22	79
m-Quaterfenyl (I.S.)	25.8	25.8	-

6.4 Høytrykksvæskekromatografi

Høytrykksvæskekromatografi (LC) er i prinsippet det samme som tradisjonell kolonnekromatografi. Forskjellen mellom de to metodene består hovedsakelig i at kolonnematerialet er mer finpartikulært (5-30 μm) og med liten diametertoleranse. Væskeshastigheten (0,5-5 ml/min) er øket ved hjelp av en pumpe slik at prøvens oppholdstid i kolonnen er liten. Det fører til en raskere analyse (typisk 3-30 min) og bedre separasjon. Eluatet ledes gjennom en detektor (oftest et spektrofotometer med flowcelle) koplet til en skriver.

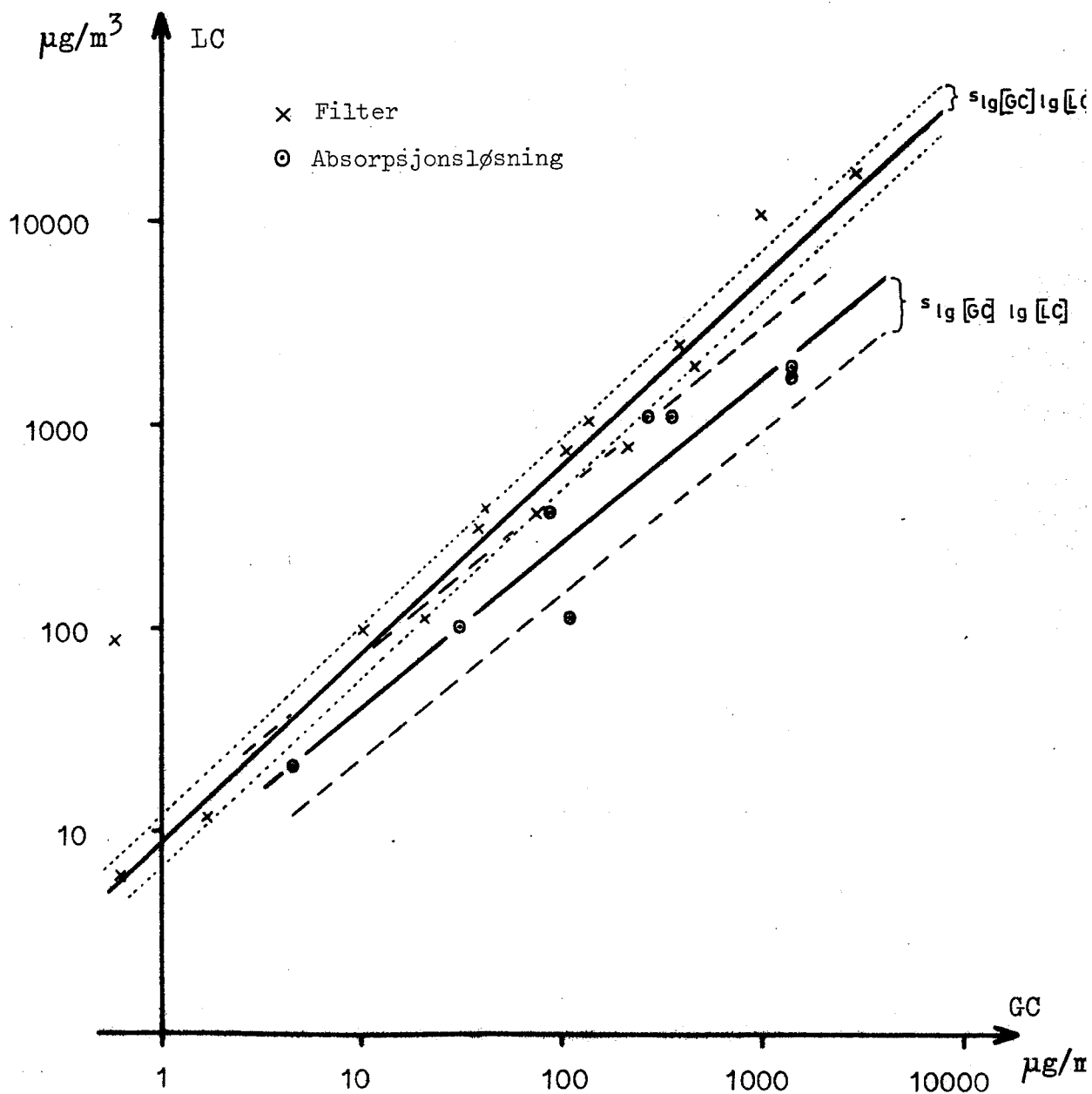
Ved de analyser som er omtalt i denne rapporten er det benyttet en silikagelkolonne med liten separasjonsevne (ca. 300 teoretiske plater). PAH elueres da som en topp. Det vil si at dersom sammensetningen av PAH-fraksjonen i tjæren er kjent, vil man kunne bruke arealet under PAH-toppen som et mål for summen av komponentene. I tillegg vet man at molar ekstinksjonskoeffisient for aktuelle PAH stort sett er av samme størrelsesorden ved en bølgelengde på 254 nm. Derfor er det sannsynlig at LC vil gi riktig svar selv om sammensetningen av PAH-fraksjonen varierer en del. I tabell 11 er en grov vurdering av ekstinksjonskoeffisienter til forskjellige PAH ved 254 nm satt opp. I tabell 12 og figur 14 er sammenhengen mellom PAH bestemt ved GC og LC for en rekke prøver presentert. Av figuren går det fram at det er en lineær log/log-sammenheng både for impingere og filtre. Spredningen om regresjonslinjen er relativt liten, standard avvik for filtre representerer en faktor på ca. 1,3, for impingere ca. 1,7. For filteranalysene representerer ikke dette noe vesentlig ekstra bidrag til usikkerheten (ref. parallelle prøver side 28).

Tabell 11. Molar ekstinksjonskoeffisienter ved 254 nm for endel PAH. (Verdiene er funnet ved utmåling av spektre gjengitt i Clar /8/).

Forbindelse	lg E
Fluoranten	4.2
Pyren	4.1
Benzo [a] fluoren	4.5
Benzo [b] fluoren	4.5
Benzo [c] fluoren	4.5
Benzo [a] antracen	4.3
Krysen	4.7
Trifenylen	5.0
Benzo [b] fluoranten	4.8
Benzo [k] fluoranten	4.7
Benzo [e] pyren	4.3
Benzo [a] pyren	4.5
3-Metylkolantren	4.3
o-Fenylenpyren	4.7
Benzo [ghi] perylen	4.2
Coronen	4
Dibenzopyrener	4.5-4.9

Tabell 12. Sammenlikning av GC- og LC-data.

	Filtre		Absorpsjonsløsning	
	GC	LC	GC	LC
Prøve	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	μg "pyren"/ m^3	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	μg "pyren"/ m^3
1E	104	740	349	1100
2E	132	1100	1383	1900
3E	202	790	1382	1700
4E	19.7	110	86.0	360
5E	1.61	12	107	110
6E	0.65	6	31.1	100
7E	73.3	360	262	1100
8E	0.56	90	4.56	21
5A	451	2000		
103C	37.7	390		
104C	2791	17700		
106C	927	6000		
113C	36.8	300		
115C	374	2500		
117C	10.6	100		
118C	10.8	100		



FIGUR 14. Sammenheng mellom væske- og gasskromatografi av PAH.

Med logaritmiske akser er satt opp totalkonsentrasjonen av PAH målt som pyrenekvivalenter [LC] og sum av PAH-komponenter [GC]. Linjene som er tegnet inn på figuren er bestemt ved lineær regresjon på henholdsvis filter og absorpsjonsløsninger. Spredningen om linjene er antydnet.

Likninger:

Filter	$\lg [LC] = (0.93 \pm 0.03) \lg [GC] + (0.96 \pm 0.06)$
Absorpsjonsløsning	$\lg [LC] = (0.81 \pm 0.11) \lg [GC] + (0.80 \pm 0.24)$

6.5 Sammenheng mellom støvkonsentrasjon og partikulært PAH

I figur 15 er gjengitt forholdet mellom støv og partikulært PAH i de tre arbeidsatmosfærer. De fleste målinger er utført i SU I og resultatene herfra antyder et konstant forhold mellom støv og partikulært PAH. For de andre hallene (SU III, anodemasse fabrikk) er datagrnnlaget for spinkelt til å trekke noen konklusjon om et konstant forhold.

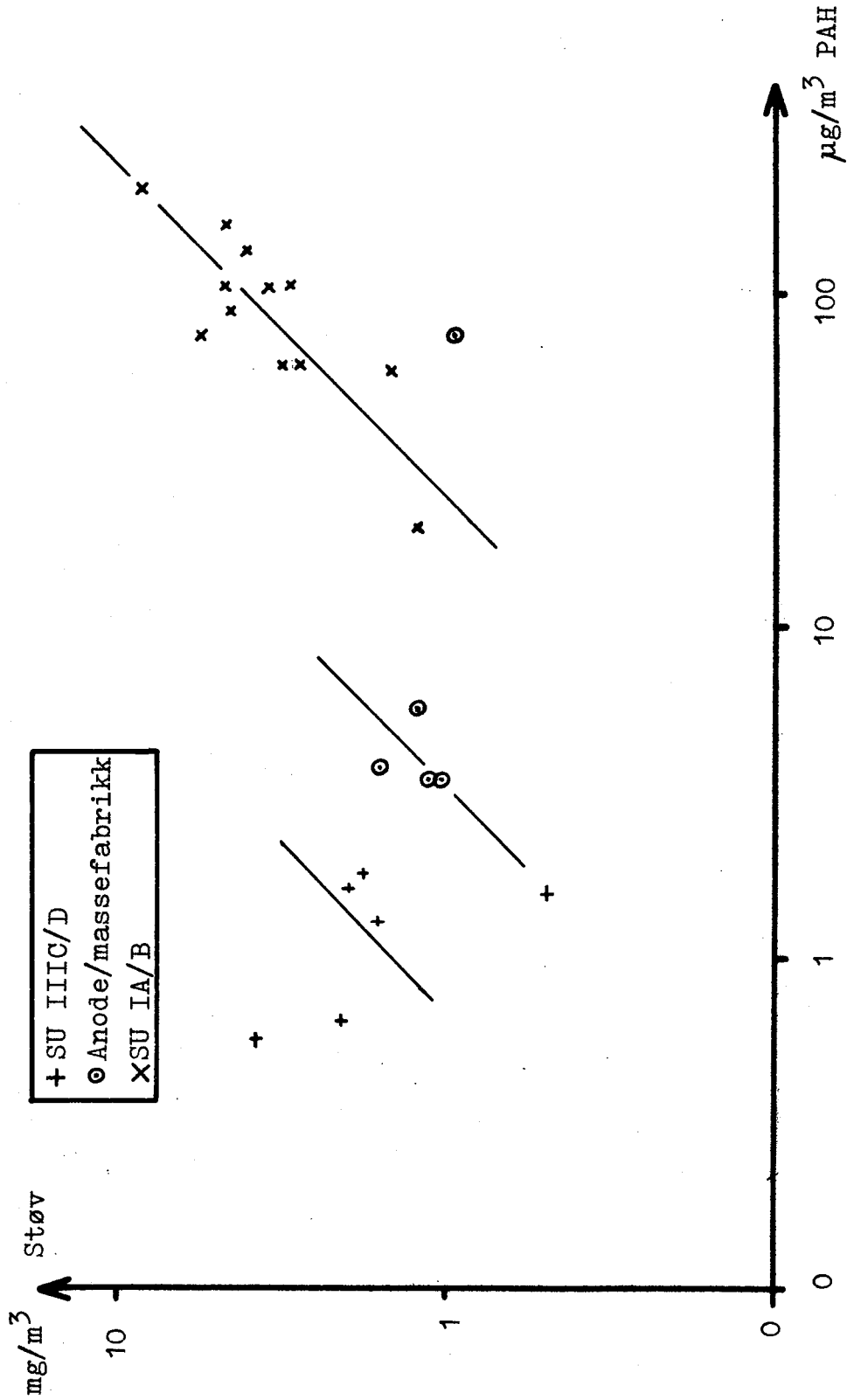
Noe av spredningen i disse resultater skyldes usikkerhet i veiing av støvprøvene. Filtrene ble ikke tørket til konstant vekt før og etter prøvetaking på grunn av fare for tap av flyktig PAH, og ved de små støvmengder man her opererer med kan den relative feil bli stor.

6.6 Forenklet prøvetaking

Resultatene i bilag 1 viser at absorpsjonsflaskene inneholder flyktige PAH (pyren og lettere), mens støvprøvene inneholder de tyngre PAH (dibenzotiofen og tyngre). Bilagene viser også at det stort sett er et konstant forhold mellom partikulært og gassformig PAH i samme hall. Dette tilsier at man ved rutineundersøkelser kan forenkle prøvetakingen. Det skulle være tilstrekkelig å bestemme partikulær PAH ved oppsamling på et filter som viderebehandles etter prosedyrene i pkt. 3. Det skulle også være nok å kvantifisere hovedkomponentene når man kjenner det totale PAH-profil fra fullstendige undersøkelser.

6.7 Variasjon av PAH innen hallen

Tabellene 1 - 2 viser at PAH-konsentrasjonen stort sett er konstant i hallenes lengderetning. I SU I er også konsentrasjonen lik de to dager prøvetakingen varte. Måling mrk. 3 og 4E den 17.9 er foretatt ved yttervegg og de lave konsentrasjoner skyldes ventilasjonen.



FIGUR 15. Sammenheng mellom støvkonsentrasjon og partikulært PAH ved stasjonær prøvetaking. Det er trukket linjer med 450C helning gjennom gjennomsnittspunktene for å indikere et konstant forhold mellom støvkonsentrasjon og partikulært PAH.

7. YRKESHYGIENISK DISKUSJON AV ANALYSERESULTATENE

7.1 Generelt

I denne rapport er det presentert en rekke verdier for konsentrasjonen av PAH i elektrolysehallene og anode/massefabrikken på Sunndalsøra. PAH finnes her i gassfase og i partikulær form som følge av tjæreavryking fra elektrodene under baking eller under elektrolyseprosessen. PAH kan også tilføres arbeidsatmosfæren ved transport og behandling av anodemasse, bek etc.

En del av PAH-komponentene har ved dyreforsøk vist seg å ha en kreftfremkallende effekt (se tabell 13). Det har også vist seg at mennesker som røyker eller puster inn mye tjærerøyk oftere får lungekreft enn den gjennomsnittlige befolkning. En undersøkelse blant koksverkarbeidere i USA viser f.eks. en hyppighet av lungekreft på 2,5 til 5 ganger det normale /2/. Eksponeringen var her ca. 2 mg benzenekstraherbar tjære pr. m³.

Bedømmelse av tjærekvalitet/kvantitet i forhold til en helseeffekt krever kjennskap til både kvalitet/dose som en person er utsatt for og hyppigheten av helseeffekten. Denne rapport omhandler bare kvalitet (profil) og konsentrasjoner av PAH i arbeidsatmosfæren. En helseeffekt, krefthyppighet, blir for tiden undersøkt av en prosjektgruppe* etter anmodning fra Arbeidsmiljøkomiteen, EAF/NKIF**. Resultatene vil først foreligge om et par år.

Foreløpig vet man for lite til å kunne si noe om helseeffekten på mennesker (i relasjon til kreft) ut fra kjemiske data for sammensetningen av tjæren. Det er nødvendig å skaffe seg viten om sammensetning og konsentrasjon av tjære på arbeidsplasser, slik at man kan sammenlikne med dyreforsøk og senere også med epidemiologiske undersøkelser.

* Overlege Pedersen (Kreftregistret), dr. Waage (Al-industrien) og dr. Wannag (YHI).

** Elektrokemiske Arbeidsgiverforening/Norsk Kjemisk Industriarbeiderforbund.

TABELL 13. Eksperimentell kreftfremkallende effekt (på dyr)
til endel PAH-forbindelser. /1/.

- :ikke kreftfremkallende	+ : kreftfremkallende
± :usikker eller svak effekt	++,+++,++++ : sterkt kreftfremkallende

Forbindelse	Aktivitet	Forbindelse	Aktivitet
NAFTALEN	-	BENZO [a] FLUOREN	-
METYLNAFTALEN	-	BENZO [b] FLUOREN	-
BIFENYL	-	1-eller 3-METILPYREN	-
DIBENZOFURAN	-	BENZO [c] FENANTREN	+++
FLUOREN	-	BENZ [a] ANTRACEN	+
9-METYLFLUOREN	-	KRYSEN/TRIFENYLEN	±
2-METYLFLUOREN	-	BENZO [b&k] FLUORANTEN	++
1-METYLFLUOREN	-	BENZO [e] PYREN	-
DIBENZOTIOFEN	-	BENZO [a] PYREN	+++
FENANTREN	-	PERYLEN	-
ANTRACEN	-	o-FENYLENPYREN	+
KARBAZOL	-	BENZO [ghi] PERYLEN	-
METYLFENANTREN	-	ANTANTREN	-
METYLANTRACEN	-	CORONEN	-
FLUORANTEN	-	DIBENZOPYREN	+++
DIHYDROBENZO [a & B] FLUOREN	-		
PYREN	-		

I tabell 13 er det satt opp en oversikt over de PAH-forbindelser som er analysert og deres eksperimentelt kreftfremkallende effekt. Man ser at flere av forbindelsene er aktive. Særlig vil benzo(c)-fenantren, benzo(b&k)fluoranten, benzo(a)pyren og dibenzopyren kunne gi et betydelig bidrag til en eventuell effekt. Den mest kjente av dem, benzo(a)pyren, utgjør vanligvis i området 5% av total mengde PAH eller ca. 1% av benzenekstraherbar tjære oppsamlet på filter. Benzo(a)pyren har vært foreslått som indikatorforbindelse ved bedømmelse av tjæreholdig arbeidsatmosfærer. En slik indikatorforbindelse er egnet hvis det er denne forbindelse som er hovedansvarlig for den effekt som skal vurderes, eller at man har et konstant bidrag fra andre forbindelser. Dette forutsetter at man kjenner tjærens sammensetning både når det gjelder andre PAH-komponenter og andre stoffer som kan ha en effekt (fenoler, aminer, halogerte forbindelser etc). I tillegg må man vite noe om virkningen av stoffene når de opptrer sammen. Ofte kan virkningen av stoffblandinger bli helt annerledes enn det man kan vente ut fra kjennskap til forbindelsene hver for seg. Irriterende stoff i tillegg til benzo(a)pyren har f.eks. ved dyreforsøk vist seg å øke sjansen for kreft i luftveiene.

For en vurdering av de resultatene som er funnet ved ASV's anlegg på Sunndalsøra har man i mangel av noe bedre tatt utgangspunkt i en yrkeshygienisk grenseverdi på $0,2 \text{ mg/m}^3$ (amerikansk TLV). Tjæren måles da som benzenløselig fraksjon oppsamlet på et filter. Fastsettelsen av denne grenseverdi er ikke begrunnet med noen dose-respons-sammenheng. Det kan også diskuteres om det overhodet er riktig å sette grenser for kreftfremkallende stoffer, da man ikke vet om det finnes noe "null-effekt-nivå".

7.2 Diskusjon av resultatene

Tabellene 1-5 gir konsentrasjonen av partikulære PAH-konsentrasjoner bestemt både ved stasjonær, mobil og personlig prøvetaking.

De stasjonære utstyr er plassert på utvalgte steder i hallene. De mobile utstyr (Anton) er benyttet på kraner, kjøretøyer o.l. Resultatene fra disse to metoder gir konsentrasjoner av partikulær og gassformig PAH i hallatmosfæren. De viser imidlertid ikke hva en person som arbeider i hallen blir utsatt for. For å måle dette er det benyttet personlig prøvetakingsutstyr. Filteret er plassert i arbeiderens innåndingssone og utsugningen er foretatt over 5-6 timer. Prøvene gir et bilde av eksponeringen uten bruk av maske. Det benyttes imidlertid maske ved flere av arbeidsoperasjonene, og den reelle eksponering er derfor betydelig lavere enn resultatene i tabell 4.

Figur 13 viser en oversikt over personlige og stasjonære prøver (støvfraksjonen) gruppert etter prøvetakingssted. De personlige prøvene viser som ventet en større spredning enn de stasjonære. Dette skyldes at ovnsdriften ofte er variabel og eksponeringen er vanligvis stor mens arbeidet utføres og liten i hvilepausene.

Resultatene fra stasjonære og mobile prøver i Söderberghallen viser en gjennomsnittlig konsentrasjon av partikulært PAH på $0,1 \text{ mg/m}^3$ og gassformig PAH på 1 mg/m^3 . De personlige prøver viser verdier i området $0,003$ til $2,8 \text{ mg/m}^3$ av partikulært PAH. De største verdier er funnet for boltetrekkene. De er da også ofte omgitt av en gul tjærerøyk når de arbeider på ovnstoppene.

For å sammenligne disse resultater med den refererte grenseverdi har man her regnet med at PAH utgjør 20% av benzenekstraherbar tjære på filteret. Analyser av bek o.l., viser resultater i området 10-40%, men 20% synes å være typisk verdi. Hallatmosfæren skulle da tilsvare ca. $0,5 \text{ mg}$ tjære pr. m^3 og de bærbare prøver fra $0,015$ til 14 mg tjære pr. m^3 . Selv om man regner med en effektivitet for masken så høy som 90%, vil boltetrekkeren ha en eksponering på over 1 mg tjære pr. m^3 . Fra et yrkeshygienisk synspunkt er dette for høyt.

For alle de andre jobbetypene som er målt i Søderberghallene er eksponeringen av partikulær PAH fra 0,003 til 0,038 mg/m³. Dette tilsvarer en tjærekonsentrasjon i området 0,015 til 0,19 mg/m³. Tar man her hensyn til bruken av maske kommer man under den refererte grenseverdi på 0,2 mg/m³.

I hallene med for-brente anoder viser de stasjonære prøver konsentrasjoner av partikulært PAH av størrelsesorden 0,001 mg/m³ og gassformig PAH av størrelsesorden 0,07 mg/m³. Hallatmosfæren her inneholder altså bare ca. 1% av det partikulære PAH som man finner i Søderberghallene. De personlige prøver viser også konsentrasjoner av partikulær PAH i området 0,001 mg/m³ (0,005 mg tjære/m³) og dette er godt under den refererte grenseverdi.

I bakeovnhallene i anode/massefabrikken er det målt konsentrasjoner av partikulært PAH i området 0,004 mg/m³. Over anodepressen er konsentrasjonen ca. 0,07 mg/m³. De personlige prøver fra anode/massefabrikken viser konsentrasjoner i området 0,001-0,01 mg/m³ (0,005-0,05 mg tjære/m³). Det er sannsynlig at de målte konsentrasjoner er litt for lave da man i måleperioden ikke fikk med en flytting av avtrekkshette over bakeovnene.

I anode/massefabrikken er det to jobbetyper som skiller seg ut med høy eksponering. Det er "kransleggeren" som legger anodemasse rundt de varme gaflene etter at anodene er montert og bek-lager-arbeideren. For "kranseleggeren" er det målt en konsentrasjon på 0,037 mg/m³ (0,19 mg tjære/m³). I bek-lageret gir både stasjonære og personlige prøver PAH-konsentrasjoner i området 0,4 mg/m³ (2 mg tjære/m³). PAH finnes her i støvet som dannes ved flytting og bryting av bek/koks. Det er sannsynlig at endel av støvet tilhører en ikke-respirabel fraksjon, men eksponeringen her synes likevel å være høy.

8. REFERANSER

1. Anonym. Particulate Polycyclic Organic Matter.
National Acad. of Science, Washington D.C., 1972.
2. Schulte, Larsen, K.A., Hornung, R.W. and Crable, J.V.:
Report on analytical methods used in a coke oven effluent
study. NIOSH, 1974.
3. Shuler, P.J. and Bierbaum, P.J.:
Environmental Survey of Aluminium Reduction Plant.
NIOSH, 1974.
4. Bjørseth, A. og Lunde G.:
Teknisk rapport nr. 1 til NTNf. Oppdrag B1550.4879.
5. Grimmer, G. and Bøhnke, H.:
Z. Anal. Chem. 261 (1972) 310-14.
6. Grimmer, G.:
Recommended method, Applied Chemistry Division,
UIPAC, 1975.
7. Golden, C. and Sawicki, G.:
Int. J. Environ. Anal. Chem. 4 (1975) 9.

B I L A G I

**

A N A L Y S E R E S U L T A T E R

PRØVE NR.	3 16/9	13 16/9	16 16/9	S 16/9	3 17/9	
PAH	5.53 m ³ luft 31.0 mg støv µg PAH/m ³	3.80 m ³ luft 12.0 mg støv µg PAH/m ³	4.45 m ³ luft 20.0 mg støv µg PAH/m ³	3.75 m ³ luft 13.0 mg støv µg PAH/m ³	2.78 m ³ luft 4.0 mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³
NAFTALEN	-	-	-	-	-	
METYLNAFTALEN	-	-	-	-	-	
BIFENYL	0,20	0,15	0,19	0,25	0,12	
DIBENZOFURAN	-	-	0,11	0,04	-	
FLUOREN	0,20	0,22	0,24	0,42	0,14	
9-METYLFLUOREN	-	-	0,10	-	-	
2-METYLFLUOREN	0,15	-	0,34	0,34	-	
1-METYLFLUOREN	-	-	-	-	-	
DIBENZOTIOFEN	0,49	0,39	0,90	0,62	0,24	
FENANTREN	4,8	4,2	4,5	6,6	3,5	
ANTRACEN	0,57	0,27	0,74	2,3	0,16	
KARBAZOL	2,0	1,6	2,8	2,5	-	
METYLFENANTREN METYLANTRACEN	0,45	0,37	3,2	1,5	0,44	
FLUORANTEN	10,3	11,1	12,0	12,0	14,0	
DIHYDROBENZO [a&b] FLUOREN	0,21	0,13	0,74	3,5	0,12	
PYREN	8,5	7,3	8,8	12,0	9,6	
BENZO [a] FLUOREN	2,8	2,3	3,6	5,1	4,2	
BENZO [b] FLUOREN	1,7	1,3	2,4	5,1	1,2	
1- eller 3-METYLPYREN	0,50	0,68	1,6	3,8	0,99	
BENZO [c] FENANTREN	1,6	1,2	2,4	3,9	1,1	
BENZ [a] ANTRACEN	6,3	4,9	6,3	7,7	3,6	
KRYSEN/TRIFENYLEN	12,3	10,2	12,0	13,0	8,1	
BENZO [b&k] FLUORANTEN	7,1	5,5	11,0	14,0	3,8	
BENZO [e] PYREN	4,9	3,6	4,8	6,1	2,5	
BENZO [a] PYREN	3,4	2,2	3,5	4,9	1,7	
PERYLEN	0,91	0,56	1,8	2,7	0,37	
o-FENYLEN PYREN	1,8	1,2	1,1	0,82	0,96	
BENZO [ghi] PERYLEN	1,9	1,4	1,5	1,1	1,1	
ANTANTREN	0,09	-	0,13	0,26	0,15	
KORONEN	0,26	0,14	0,48	0,11	-	
DIBENZOPYREN	0,09	-	-	0,05	-	
SUM PAH	74,0	61,0	87,0	110,0	58,0	

FILTER

PRØVE NR.	13 17/9	16 17/9	14 17/9	3 SU III	13 SU III	
PAH	2,96 m ³ luft 14,0 mg støv µg PAH/m ³	2,70 m ³ luft 13,0 mg støv µg PAH/m ³	2,99 m ³ luft 8,0 mg støv µg PAH/m ³	3,51 m ³ luft 2,0 mg støv µg PAH/m ³	4,24 m ³ luft 7,0 mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³
NAFTALEN	-	4,0	-	-	-	
METYLNAFTALEN	-	0,12	-	-	-	
BIFENYL	0,12	0,42	0,08	-	-	
DIBENZOFURAN	0,06	0,46	-	-	-	
FLUOREN	0,29	0,53	0,21	-	-	
9-METYLFLUOREN	-	-	-	-	-	
2-METYLFLUOREN	0,10	0,18	0,24	-	-	
1-METYLFLUOREN	0,16	0,23	-	-	-	
DIBENZOTIOFEN	0,59	0,69	0,26	-	-	
FENANTREN	8,1	12,0	5,5	-	0,16	
ANTRACEN	1,3	1,8	0,44	-	-	
KARBAZOL	2,0	2,6	0,47	-	-	
METYLFENANTREN METYLANTRACEN	0,87	1,5	0,63	-	-	
FLUORANTEN	20,0	30,0	11,0	0,31	0,51	
DIHYDROBENZO [a&b] FLUOREN	0,38	0,91	0,29	-	-	
PYREN	16,0	22,0	8,3	0,19	0,25	
BENZO [a] FLUOREN	6,6	7,8	3,6	-	-	
BENZO [b] FLUOREN	2,9	4,8	1,5	-	-	
1- eller 3-METYLPYREN	0,87	1,6	0,46	-	-	
BENZO [c] FENANTREN	2,2	3,2	1,1	-	-	
BENZ [a] ANTRACEN	5,6	10,0	4,6	0,16	0,08	
KRYSEN/TRIFENYLEN	13,0	19,0	8,3	0,33	0,28	
BENZO [b&k] FLUORANTEN	6,6	15,0	3,9	0,09	-	
BENZO [e] PYREN	5,8	6,1	3,0	-	-	
BENZO [a] PYREN	4,5	5,0	2,3	-	-	
PERYLEN	1,2	1,2	0,49	-	-	
o-PENYLEN PYREN	2,4	2,6	1,2	0,16	-	
BENZO [ghi] PERYLEN	2,5	2,7	1,2	0,32	-	
ANTANTREN	0,17	0,32	0,36	-	-	
KORONEN	0,40	0,26	0,22	-	-	
DIBENZOPYREN	0,18	0,12	0,06	-	-	
SUM PAH	104,0	157,0	60,0	1,6	1,3	

PRØVE NR.	16 SU III	14 SU III	3 18/9	13 18/9	16 18/9	14 18/9
PAH	3,96 m ³ luft 7 mg støv µg PAH/m ³	5,29 m ³ luft 9 mg støv µg PAH/m ³	4,64 m ³ luft 7 mg støv µg PAH/m ³	4,92 m ³ luft 5 mg støv µg PAH/m ³	5,31 m ³ luft 6 mg støv µg PAH/m ³	7,80 m ³ luft 7,0 mg støv µg PAH/m ³
NAFTALEN	-	-	-	-	-	-
METYLNAFTALEN	-	-	-	-	-	-
BIFENYL	-	-	0,05	0,06	-	0,03
DIKARBENZOPURAN	-	-	0,02	0,04	0,14	-
FLUOREN	-	-	0,04	0,04	0,09	0,05
9-METYLFLUOREN	-	-	-	-	-	-
2-METYLFLUOREN	-	-	-	-	-	-
1-METYLFLUOREN	-	-	-	-	-	-
DIKARBENZOTIOFEN	-	-	0,06	-	0,09	-
FENANTREN	0,16	-	0,45	0,47	1,4	0,25
ANTRACEN	-	-	0,05	0,04	0,13	0,06
KARBAZOL	-	-	-	-	0,03	0,21
METYLFENANTREN METYLANTRACEN	-	-	0,05	0,04	0,11	0,07
FLUORANTEN	0,66	-	1,0	1,2	1,6	0,88
DIHYDROBENZO [a&b] FLUOREN	-	-	0,02	-	0,03	0,12
PYREN	0,37	-	0,73	0,73	1,1	1,2
BENZO [a] FLUOREN	-	-	0,14	0,16	0,22	0,07
BENZO [b] FLUOREN	-	-	0,07	0,09	0,18	0,04
1- eller 3-METYLPYREN	-	-	0,02	0,09	0,06	0,10
BENZO [c] FENANTREN	-	-	0,10	0,05	0,07	0,02
BENZ [a] ANTRACEN	0,18	-	0,26	0,10	0,13	0,17
KRYSEN/TRIFENYLEN	0,36	-	0,32	0,15	0,18	0,16
BENZO [b&k] FLUORANTEN	-	-	0,09	0,13	0,03	0,04
BENZO [e] PYREN	-	-	0,07	0,04	0,03	-
BENZO [a] PYREN	-	-	0,08	0,04	0,03	-
PERYLEN	-	-	-	-	-	-
o-FENYLEN PYREN	-	-	-	-	-	-
BENZO [ghi] PERYLEN	-	-	0,04	-	-	-
ANTANTREN	-	-	0,04	-	-	-
KORONEN	-	-	-	-	-	-
DIBENZOPYREN	-	-	-	-	-	-
SUM PAH	1,7	-	3,7	3,4	5,6	3,5

FILTER

Prøve nr.	1130 18/9	1150 18/9	1170 18/9	1180 18/9		
PAH	0.23 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	0.67 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	0.56 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	0.59 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³
NAFTALEN	0.09					
METYLNAFTALEN						
BIFENYL	0.59		0.10			
DIBENZOFURAN						
FLUOREN	0.21					
9-METYLFUOREN						
2-METYLFUOREN						
1-METYLFUOREN						
DIBENZOTIOFEN		3.0				
FENANTREN	1.70	22.7	0.35			
ANTRACEN	0.32	1.9	0.03			
KARBAZOL	0.12					
METYLFENANTREN		3.1				
METYLANTRACEN						
FLUORANTEN	7.28	59.2	2.47	2.04		
DIHYDROBENZO [a,b] FLUOREN	0.11	1.2				
PYREN	5.22	43.3	1.47	1.16		
BENZO [a] FLUOREN	1.37	12.0	0.44	0.33		
BENZO [b] FLUOREN	0.92	8.9	0.26			
1- eller 3-METYLPYREN		2.8				
BENZO [c] FENANTREN	0.81	7.6	0.07			
BENZ [a] ANTRACEN	2.46	18.8	0.57	0.39		
KRYSEN/TRIFENYLEN	3.11	28.6	0.89	0.75		
BENZO [b&k] FLUORANTEN	2.22	34.4	0.77	2.26		
BENZO [e] PYREN	2.26	25.6	0.72	0.84		
BENZO [a] PYREN	2.97	27.9	0.80	0.89		
PERYLEN	0.69	8.5	0.19	0.22		
o-FENYLEN PYREN	2.16	25.0	0.75	0.91		
BENZO [ghi] PERYLEN	2.24	22.2	0.68	1.03		
ANTANTREN						
CORONEN		7.0				
DIBENZOPYREN						
Sum PAH	36.84	373.7	10.58	10.82		

FILTER

Prøve nr.	1E 16/9	2E 16/9	3E 17/9	4E 17/9	5E 17/9	6E 17/9
PAH	4.6 m ³ luft 13.9 mg støv µg PAH/m ³	4.1 m ³ luft 16.0 mg støv µg PAH/m ³	4.1 m ³ luft 36.1 mg støv µg PAH/m ³	3.4 m ³ luft 4.2 mg støv µg PAH/m ³	5.0 m ³ luft 9.6 mg støv µg PAH/m ³	6.4 m ³ luft 13.0 mg støv µg PAH/m ³
NAFTALEN						
METYLNAFTALEN						
BIFENYL						
DIBENZOFURAN						
FLUOREN						
9-METYLFLUOREN						
2-METYLFLUOREN						
1-METYLFLUOREN						
DIBENZOTIOFEN	0.3	0.2	0.5	1.2		
FENANTREN	4.0	3.6	8.1			
ANTRACEN	0.2	0.5	1.7			
KARBAZOL	0.8	1.3	2.4			
METYLFENANTREN	0.6	0.5	1.2			
METYLANTRACEN						
FLUORANTEN	20.8	23.0	29.9	5.5	0.39	0.15
DIHYDROBENZO [a&b] FLUOREN	0.3	0.3	1.0			
PYREN	15.6	16.7	24.8	3.7	0.26	0.08
BENZO [a] FLUOREN	4.1	4.7	9.1	1.4		
BENZO [b] FLUOREN	2.2	2.6	5.7	0.9		
1- eller 3-METYLPYREN	1.7	1.6	3.0	0.3		
BENZO [c] FENANTREN	3.8	4.3	7.9	0.4		
BENZ [a] ANTRACEN	7.5	8.8	15.0	1.0	0.26	0.10
KRYSEN/TRIFENYLEN	14.7	17.7	30.1	2.1	0.29	0.07
BENZO [b&k] FLUORANTEN	8.2	11.7	26.9	1.1	0.28	0.16
BENZO [e] PYREN	6.3	10.8	12.2	0.8	0.09	0.05
BENZO [a] PYREN	4.7	8.7	9.0	0.7	0.05	0.02
PERYLEN	1.2	2.3	2.4			
o-FENYLEN PYREN	2.8	5.3	4.7	0.4		0.01
BENZO [ghi] PERYLEN	3.1	5.8	5.5	0.4		0.01
ANTANTREN						
CORONEN	0.9	1.2	1.2			
DIBENZOPYREN						
Sum PAH	103.9	131.9	202.2	19.7	1.61	0.65

FILTER

Prove nr.	7E 18/9	8E 18/9	5A 18/9	103C 16/9	104C16/9	106C 16/9
PAH	6.9 m ³ luft 6.6 mg støv µg PAH/m ³	10.0 m ³ luft 37.1 mg støv µg PAH/m ³	0.24 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	0.33 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	0.50 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	0.78 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³
NAFTALEN						
METYLNAFTALEN						
BIFENYL						
DIBENZOFURAN						
FLUOREN						
9-METYLFLUOREN						
2-METYLFLUOREN						
1-METYLFLUOREN						
DIBENZOTIOFEN	1.9		31.2		258.8	
FENANTREN	19.9				36.2	60.4
ANTRACEN	2.8					
KARBAZOL	0.8				29.7	
METYLFENANTREN	2.1				12.9	
METYLANTRACEN						
FLUORANTEN	23.1	0.14	102.2	1.5	648.7	188.3
DIHYDROBENZO [a&b] FLUOREN	0.5					
PYREN	15.7	0.08	64.1	1.4	550.7	163.0
BENZO [a] FLUOREN	1.2		18.7		160.2	39.0
BENZO [b] FLUOREN	1.5		12.3		78.2	8.3
1- eller 3-METYLPYREN	0.5		5.3		47.7	10.9
BENZO [c] FENANTREN	0.4		14.1		77.3	45.2
BENZ [a] ANTRACEN	1.0	0.05	20.7	2.5	125.2	64.2
KRYSEN/TRIFENYLEN	1.1	0.14	35.9	7.1	251.3	96.9
BENZO [b&k] FLUORANTEN	0.2	0.15	29.0	12.1	122.5	68.0
BENZO [e] PYREN	0.2		27.6	4.6	116.7	50.2
BENZO [a] PYREN	0.3		31.1	3.4	116.3	53.7
PERYLEN			8.2		34.1	16.5
o-FENYLEN PYREN			25.5	2.3	56.7	32.7
BENZO [ghi] PERYLEN			25.2	2.8	54.0	29.5
ANTANTREN						
CORONEN					13.3	
DIBENZOPYREN						
Sum PAH	73.3	0.56	451.1	37.7	2790.5	926.8

PRØVE NR.	3 I + II* 16/9	13 I 16/9	13 II 16/9	16 I 16/9	16 II 16/9	
PAH	5,53 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	3,80 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	3,80 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	4,45 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	4,45 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³
NAFTALEN	145,0	160,0	5,1	206,0	12,0	
METYLNAFTALEN	54,0	88,0	1,1	77,0	2,6	
BIFENYL	168,0	292,0	2,2	233,0	5,4	
DIBENZOPURAN	43,0	33,0	0,22	47,0	0,42	
FLUOREN	89,0	88,0	0,53	108,0	1,2	
9-METYLFUOREN	1,4	8,8	-	2,2	-	
2-METYLFUOREN	7,8	8,9	-	9,8	-	
1-METYLFUOREN	7,3	9,3	-	8,6	-	
DIBENZOTIOPEN	31,0	48,0	-	5,6	-	
FENANTREN	297,0	164,0	} 0,10	221,0	} 0,97	
ANTRACEN	21,0	9,6		20,0		
KARBAZOL	1,4	0,78		0,73		
METYLFENANTREN METYLANTRACEN	9,2	4,1		8,1		
FLUORANTEN	70,0	26,0	0,11	51,0	-	
DIHYDROBENZO[a&b] FLUOREN	1,1	0,31	-	0,94	-	
PYREN	36,0	15,0	-	27,0	-	
BENZO[a] FLUOREN	4,2	0,62	-	2,8	-	
BENZO[b] FLUOREN	1,4	1,1	-	1,1	-	
1- eller 3-METYLPYREN	0,16	-	-	0,09	-	
BENZO[c] FENANTREN	0,36	-	-	0,14	-	
BENZ[a] ANTRACEN	0,21	-	-	0,06	-	
KRYSEN/TRIFENYLEN	0,44	-	-	0,10	-	
BENZO[b&k] FLUORANTEN	-	-	-	-	-	
BENZO[e] PYREN	-	-	-	-	-	
BENZO[a] PYREN	-	-	-	-	-	
PERYLEN	-	-	-	-	-	
o-FENYLEN PYREN	-	-	-	-	-	
BENZO[ghi] PERYLEN	-	-	-	-	-	
ANTANTREN	-	-	-	-	-	
KORONEN	-	-	-	-	-	
DIBENZOPYREN	-	-	-	-	-	
SUM PAH	990,0	960,0	9,3	1030,0	23,0	

* I = 1. abs. flaske

II = 2. " "

PRØVE NR.	3 I 17/9	3 II 17/9	13 I 17/9	13 II 17/9		
PAH	2,78 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	2,78 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	2,96 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	2,96 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³
NAFTALEN	81,0	2,3	309,0	2,3		
METYLNAFTALEN	40,0	0,74	123,0	0,53		
BIFENYL	140,0	1,9	380,0	1,0		
DIBENZOFURAN	18,0	-	61,0	-		
FLUOREN	48,0	0,29	135,0	0,20		
9-METYLFUOREN	11,0	-	6,6	-		
2-METYLFUOREN	4,4	-	11,0	-		
1-METYLFUOREN	4,9	-	11,0	-		
DIBENZOTIOPEN	25,9	-	56,0	-		
FENANTREN	131,0	-	333,0	-		
ANTRACEN	7,7	-	20,0	-		
KARBAZOL	0,45	-	0,60	-		
METYLFENANTREN METYLANTRACEN	3,4	-	8,7	-		
FLUORANTEN	24,0	-	65,0	-		
DIHYDROBENZO [a&b] FLUOREN	0,28	-	0,94	-		
PYREN	13,0	-	36,0	-		
BENZO [a] FLUOREN	-	-	1,1	-		
BENZO [b] FLUOREN	-	-	2,1	-		
1- eller 3-METYLPYREN	-	-	-	-		
BENZO [c] FENANTREN	-	-	-	-		
BENZ [a] ANTRACEN	-	-	-	-		
KRYSEN/TRIFENYLEN	-	-	-	-		
BENZO [b&k] FLUORANTEN	-	-	-	-		
BENZO [e] PYREN	-	-	-	-		
BENZO [a] PYREN	-	-	-	-		
PERYLEN	-	-	-	-		
o-PENYLEN PYREN	-	-	-	-		
BENZO [ghi] PERYLEN	-	-	-	-		
ANTANTREN	-	-	-	-		
KORONEN	-	-	-	-		
DIBENZOPYREN	-	-	-	-		
SUM PAH	555,0	5,2	1560,0	4,1		

PRØVE NR.	16 I 17/9	16 II 17/9	3 SU III I	3 SU III II		
PAH	2,70 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	2,70 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	3,51 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	3,51 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³
NAFTALEN	205,0	2,6	7,0	1,2		
METYLNAFTALEN	100,0	0,42	1,9	0,25		
BIFENYL	331,0	2,6	7,2	0,48		
DIBENZOFURAN	50,0	-	1,2	-		
FLUOREN	128,0	0,59	3,2	0,12		
9-METYLFUOREN	7,9	-	-	-		
2-METYLFUOREN	13,0	-	-	-		
1-METYLFUOREN	13,0	-	-	-		
DIBENZOTIOPEN	58,0	-	0,85	-		
FENANTREN	337,0	-	12,0	0,19		
ANTRACEN	26,0	-				
KARBAZOL	0,77	-				
METYLFENANTREN METYLANTRACEN	10,0	-				
FLUORANTEN	63,0	-	4,1	-		
DIHYDROBENZO [a&b] FLUOREN	0,94	-	-	-		
PYREN	34,0	-	2,3	-		
BENZO [a] FLUOREN	2,5	-	-	-		
BENZO [b] FLUOREN	1,8	-	-	-		
1- eller 3-METYLPYREN	-	-	-	-		
BENZO [c] FENANTREN	-	-	-	-		
BENZ [a] ANTRACEN	-	-	-	-		
KRYSEN/TRIFENYLEN	-	-	-	-		
BENZO [b&k] FLUORANTEN	-	-	-	-		
BENZO [e] PYREN	-	-	-	-		
BENZO [a] PYREN	-	-	-	-		
PERYLEN	-	-	-	-		
o-FENYLEN PYREN	-	-	-	-		
BENZO [ghi] PERYLEN	-	-	-	-		
ANTANTREN	-	-	-	-		
KORONEN	-	-	-	-		
DIBENZOPYREN	-	-	-	-		
SUM PAH	1380,0	6,2	40,0	2,3		

PRØVE NR.	13 SU III I	13 SU III II	16 SU III I	16 SU III II	3 I 18/9	
PAH	4,24 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	4,24 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	3,96 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	3,96 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	4,64 m ³ luft - mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³
NAFTALEN	12,0	0,04	6,3	0,05	12,0	
METYLNAFTALEN	4,0	0,07	1,5	0,09	1,0	
BIFENYL	14,0	0,48	5,9	0,26	3,0	
DIBENZOFURAN	2,9	0,10	1,9	0,06	1,3	
FLUOREN	8,7	0,15	3,5	-	1,6	
9-METYLFLUOREN	0,28	-	0,28	-	0,13	
2-METYLFLUOREN	0,86	-	0,12	-	-	
1-METYLFLUOREN	1,1	-	0,20	-	-	
DIBENZOTIOFEN	5,2	-	0,88	-	0,58	
FENANTREN	49,0	0,12	7,6	0,06	11,0	
ANTRACEN	3,7	-	0,31	-	1,1	
KARBAZOL	0,20	-	-	-	-	
METYLFENANTREN METYLANTRACEN	1,5	-	0,07	-	0,48 ^{0,48}	
FLUORANTEN	13,0	-	1,7	-	5,9	
DIHYDROBENZO [a&b] FLUOREN	0,20	-	-	-	0,09	
PYREN	5,7	-	0,99	-	3,4	
BENZO [a] FLUOREN	0,70	-	-	-	0,09	
BENZO [b] FLUOREN	0,15	-	-	-	-	
1- eller 3-METYLPYREN	-	-	-	-	-	
BENZO [c] FENANTREN	-	-	-	-	-	
BENZ [a] ANTRACEN	-	-	-	-	-	
KRYSEN/TRIFENYLEN	-	-	-	-	-	
BENZO [b&k] FLUORANTEN	-	-	-	-	-	
BENZO [e] PYREN	-	-	-	-	-	
BENZO [a] PYREN	-	-	-	-	-	
PERYLEN	-	-	-	-	-	
o-FENYLEN PYREN	-	-	-	-	-	
BENZO [ghi] PERYLEN	-	-	-	-	-	
ANTANTREN	-	-	-	-	-	
KORONEN	-	-	-	-	-	
DIBENZOPYREN	-	-	-	-	-	
SUM PAH	123,0	0,95	31,0	0,53	42,0	

PRØVE NR.	3 II 18/9	13 I+II 18/9	16 I+II 18/9			
PAH	4,64m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	4,92m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	5,31m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³
NAFTALEN	135,0	4,0	20,0			
METYLNAFTALEN	13,0	0,60	2,7			
BIFENYL	26,0	2,6	9,9			
DIBENZOFURAN	14,0	0,44	5,1			
FLUOREN	11,2	0,79	4,6			
9-METYLFUOREN	0,84	-	0,52			
2-METYLFUOREN	0,22	-	0,19			
1-METYLFUOREN	0,08	-	0,08			
DIBENZOTIOPEN	1,9	0,30	1,4			
FENANTREN	15,0	} 1,4	13,0			
ANTRACEN	1,2		1,4			
KARBAZOL	-		0,04			
METYLFENANTREN METYLANTRACEN	0,24		0,45			
FLUORANTEN	0,68	0,15	2,1			
DIHYDROBENZO [a&b] FLUOREN	-	-	0,04			
PYREN	0,29	0,04	0,98			
BENZO [a] FLUOREN	-	-	0,06			
BENZO [b] FLUOREN	-	-	0,02			
1- eller 3-METYLPYREN	-	-	-			
BENZO [c] FENANTREN	-	-	-			
BENZ [a] ANTRACEN	-	-	-			
KRYSEN/TRIFENYLEN	-	-	-			
BENZO [b&k] FLUORANTEN	-	-	-			
BENZO [e] PYREN	-	-	-			
BENZO [a] PYREN	-	-	-			
PERYLEN	-	-	-			
o-FENYLEN PYREN	-	-	-			
BENZO [ghi] PERYLEN	-	-	-			
ANTANTREN	-	-	-			
KORONEN	-	-	-			
DIBENZOPYREN	-	-	-			
SUM PAH	218,0	10,5	63,0			

Prøve nr.	1E 16/9	2E 16/9	3E 17/9	4E 17/9	5E 17/9	6E 17/9
PAH	4.6 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	4.1 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	4.1 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	3.4 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	5.0 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	6.4 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³
NAFTALEN	23.6	294	184	0.72	10.2	
METYLNAFTALEN	12.8	92.7	70.8	1.22	22.3	
BIFENYL	34.3	198	170	5.38	13.0	
DIBENZOFURAN	13.0	53.8	53.0	2.09	3.57	
FLUOREN	24.2	111	101	6.31	7.39	
9-METYLFLUOREN	0.6		2.4	0.12		
2-METYLFLUOREN	2.3	9.0	7.5	0.85		
1-METYLFLUOREN	2.1	6.8	6.5	0.27		
DIBENZOTIOPEN	10.7	46.1	41.7	3.46	2.40	0.19
FENANTREN	125	295	446	39.9	26.7	7.79
ANTRACEN	11.1	32.6	27.7	2.98	1.07	5.27
KARBAZOL						
METYLFENANTREN METYLANTRACEN	4.4	15.3	12.1	0.17	0.44	0.42
FLUORANTEN	51.1	144	162	14.1	12.6	13.4
DIHYDROBENZO [a&b] FLUOREN	0.6	1.8		0.48		0.14
PYREN	29.0	77.2	91.1	8.03	7.55	7.84
BENZO [a] FLUOREN	1.1	5.6	7.5			0.65
BENZO [b] FLUOREN	2.3					0.14
1- eller 3-METYLPYREN						
BENZO [c] FENANTREN						
BENZ [a] ANTRACEN						
KRYSEN/TRI FENYLEN						
BENZO [b&k] FLUORANTEN						
BENZO [e] PYREN						
BENZO [a] PYREN						
PERYLEN						
o-FENYLEN PYREN						
BENZO [ghi] PERYLEN						
ANTANTREN						
CORONEN						
DIBENZOPYREN						
Sum PAH	349	1383	1382	86.0	107.2	31.1

ABS. LØSN.

Prøve nr.	7E 18/9	8E 18/9				
PAH	6.9 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	10.0 m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³	m ³ luft mg støv µg PAH/m ³
NAFTALEN						
METYLNAFTALEN						
BIFENYL	20.6	0.50				
DI BENZOFURAN	27.1	0.23				
FLUOREN	25.2	0.40				
9-METYLFLUOREN						
2-METYLFLUOREN	1.35					
1-METYLFLUOREN	0.48					
DIBENZOTIOFEN	11.4	0.15				
FENANTREN	134	1.91				
ANTRACEN	18.5	0.06				
KARBAZOL	0.19					
METYLFENANTREN	3.99	0.02				
METYLANTRACEN						
FLUORANTEN	13.0	0.88				
DIHYDROBENZO [a&b] FLUOREN	0.19					
PYREN	5.63	0.40				
BENZO [a] FLUOREN						
BENZO [b] FLUOREN						
1- eller 3-METYLPYREN						
BENZO [c] FENANTREN						
BENZ [a] ANTRACEN						
KRYSEN/TRIFENYLEN						
BENZO [b&k] FLUORANTEN						
BENZO [e] PYREN						
BENZO [a] PYREN						
PERYLEN						
o-FENYLEN PYREN						
BENZO [ghi] PERYLEN						
ANTANTREN						
CORONEN						
DIBENZOPYREN						
Sum PAH	262	4.56				

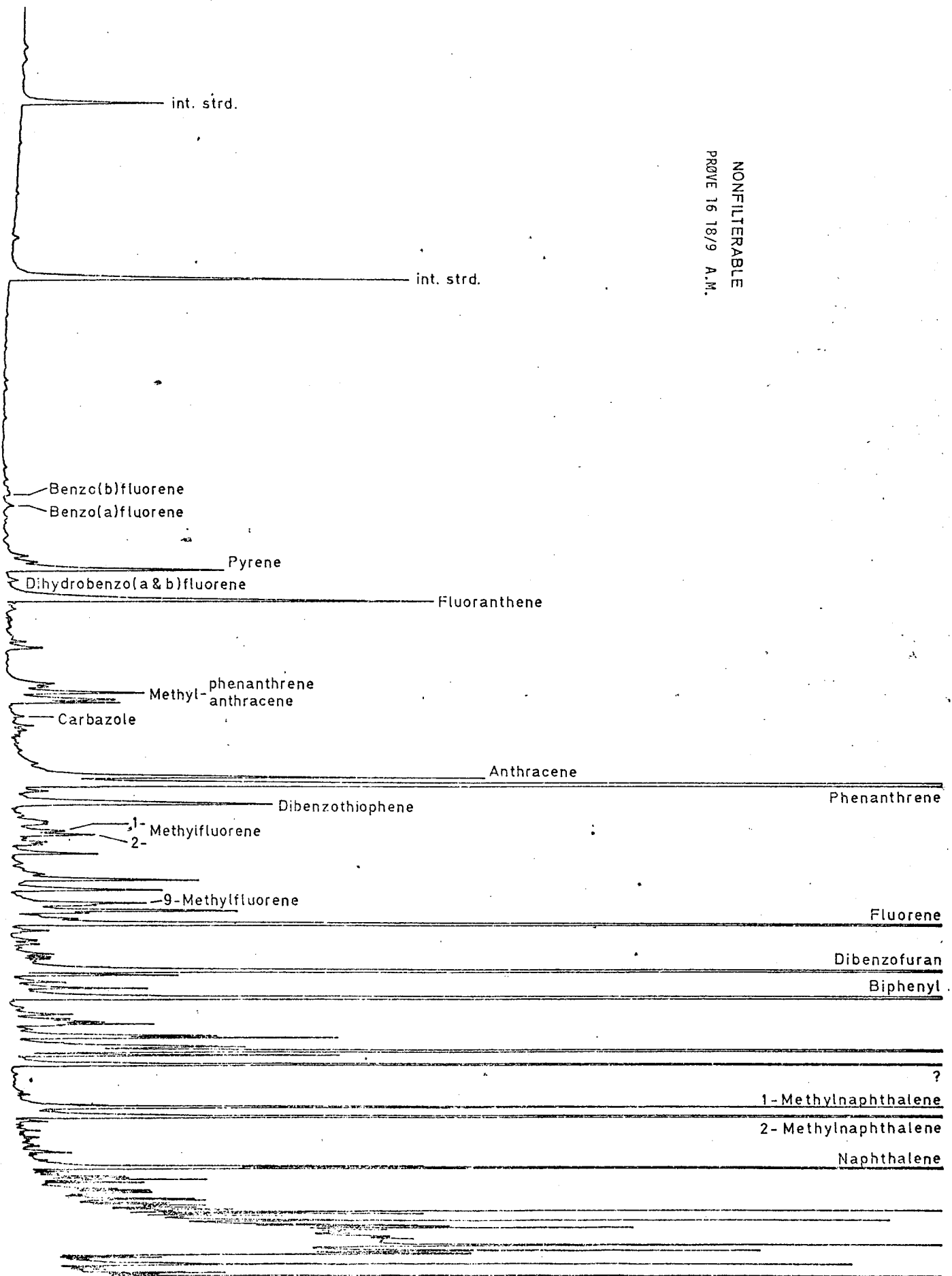
B I L A G II

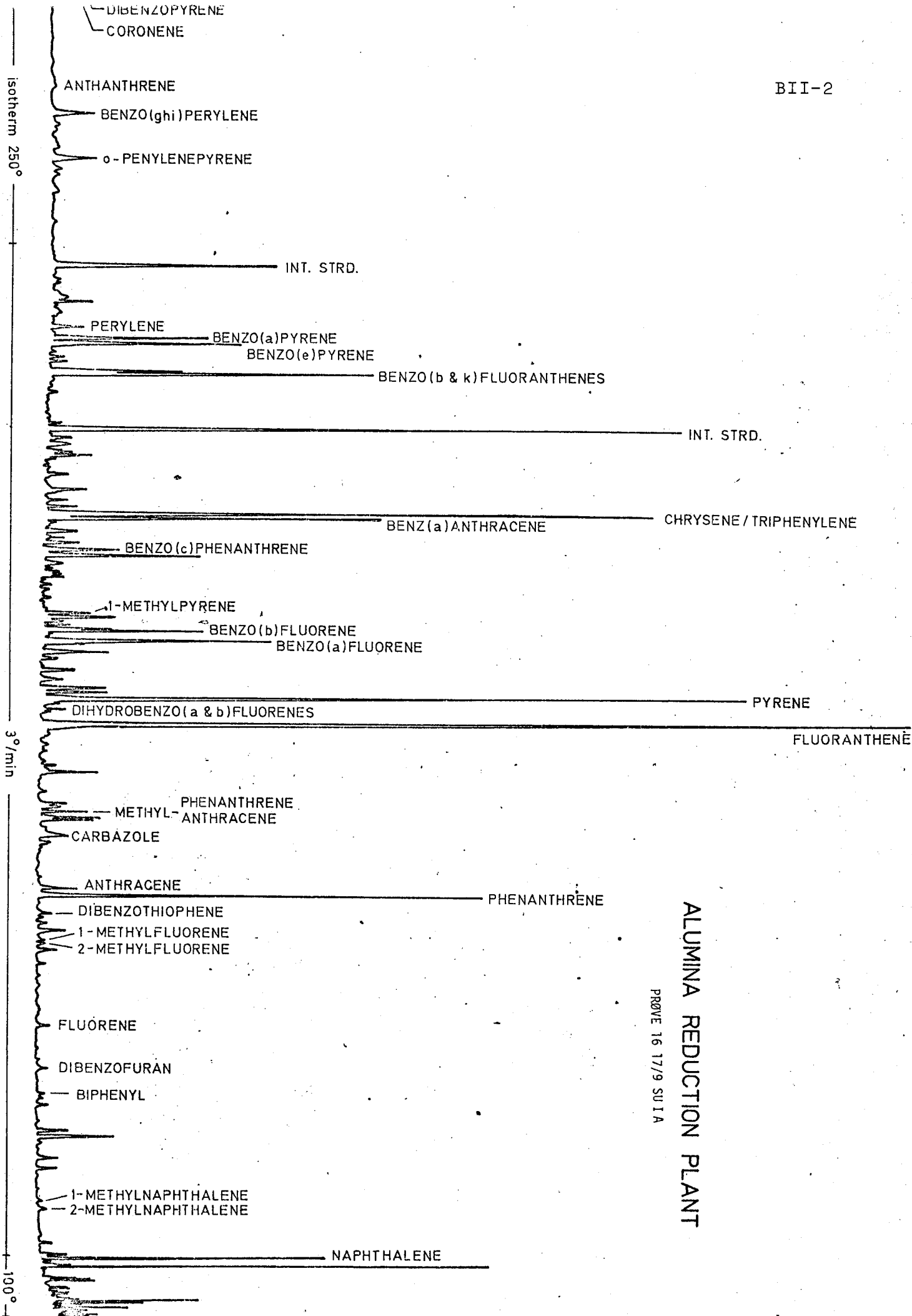
* *

E K S E M P L E R P Å G A S S K R O M A T O G R A F

* * * *

NONFILTERABLE
PROVE 16 18/9 A.M.





ALUMINA REDUCTION PLANT

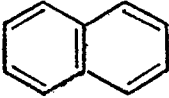
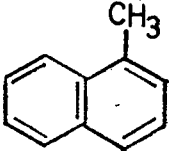
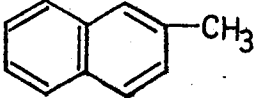

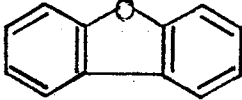
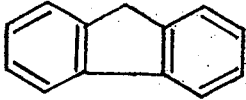
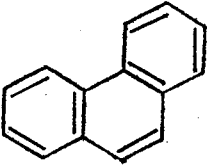
PROVE 16 17/9 SU I A

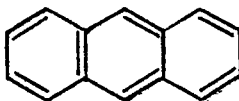
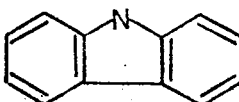
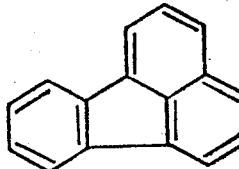
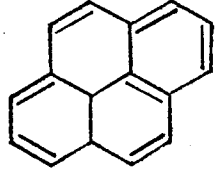
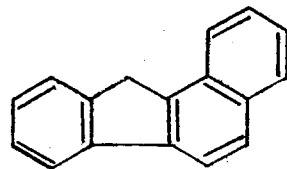
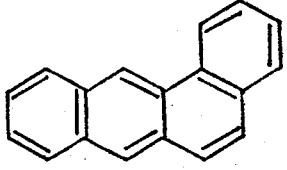
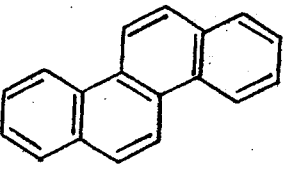
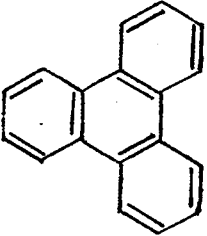
B I L A G III

* *

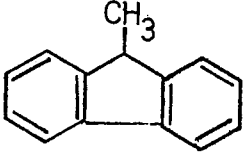
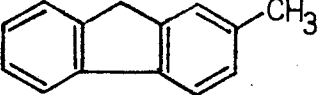
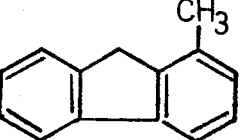
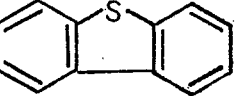
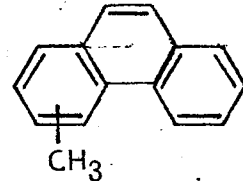
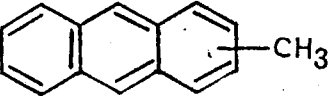
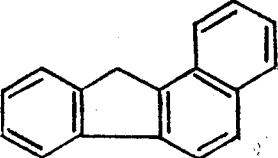
STRUKTURFORMLER FOR ENDEL PAH

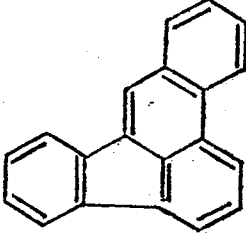
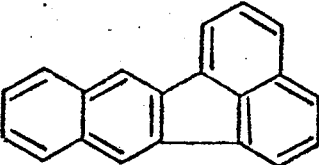
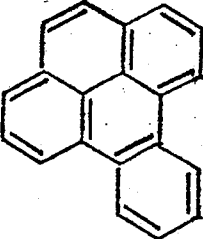
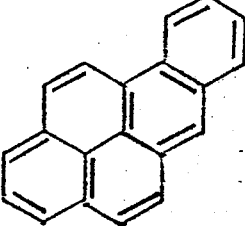
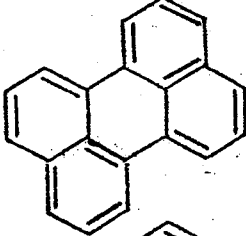
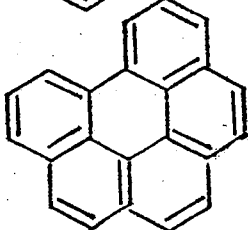
* * * * *

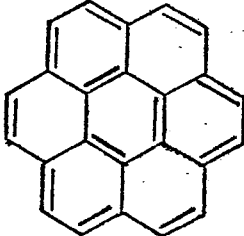
Navn	Brutto formel Molvekt	Smelte- kokepunkt	Struktur- formel
Naftalen	$C_{10}H_8$ 128	80,1/218	
1-M-naftalen	$C_{11}H_{10}$ 142	-/245	
2-M-naftalen	"	-/241	
Bifenyl	$C_{12}H_{10}$ 154,2	128/256	
Dibenzofuran	$C_{12}H_8O$ 154	-/287	
Fluoren	$C_{13}H_{10}$ 166,2	116,5/294	
Fenantren	$C_{14}H_{10}$ 178,2	101/340	

Navn	Brutto formel Molvekt	Smelte- kokepunkt	Struktur formel
Antracen	$C_{14}H_{10}$ 178,2	216/340	
Carbazol	$C_{12}H_9N$ 167,2	244/355	
Fluoranten	$C_{16}H_{10}$ 202,3	111/375	
Pyren	"	156/393	
Benzo(a) fluoren	$C_{17}H_{12}$ 216,3	216/340	
Benz(a) antracen	$C_{18}H_{12}$ 228,3	158,5/433	
Krysen	$C_{18}H_{12}$	255/448	
Trifenylen	$C_{18}H_{12}$ 228,3	199/425	

Navn	Brutto formel molvrkt	Smelte- kokepunkt	Struktur- formel
Benzo(b) fluoren	$C_{17}H_{12}$ 216,2	/	
1 - Metylpyren	"	/	
3 - Metylpyren	"	/	
Benzo(c) fenantren	$C_{18}H_{12}$ 228,3	/	
o - Fenylenpyren	$C_{22}H_{12}$ 276,3	/	

Navn	Erutto formel molvekt	Smelte- kokepunkt	Struktur- formel
9 -Metylfluoren	$C_{14}H_{12}$ 180,2	/	
2 -Metylfluoren	"	/	
1 -Metylfluoren	"	/	
Dibenzotiofen	$C_{12}H_8S$ 184,2	/	
Metylphenantren	$C_{15}H_{12}$ 192,3	/	
Metylantracen	"	/	
3.4.Dihydrobenzol (a) fluoren	$C_{17}H_{14}$ 257,5	/	

Navn	Bruttoformel- molvekt	Smelte- kokepunkt	Struktur- formel
Benzo(b) fluoranthen	$C_{20}H_{12}$ 252,3	168/481	
Benzo(k) fluoranthen	"	217/	
Benzo(e) pyren	$C_{20}H_{12}$ 276,3	179/	
Benzo(a) pyren	"	177/496	
Perylen	"	278/250 subl.	
Benzo(g,h,i) perylene	$C_{22}H_{12}$ 276,3	273/ca. 500	

Navn	Bruttoformel- molvrkt	Smelte- kokepunkt	Struktur- formel
Koronen	$C_{24}H_{12}$ 276,3	439/525	
Dibenzo(b,h) pyren	$C_{24}H_{14}$ 302,4	7/	