

Tittel: KVALITETSSIKRING AV ARBEIDSMILJØANALYSER :
Interkalibrering - elementer

Forfatter(e):
Ragna Aksnes
Siri Hetland
Yngvar Thomassen

Prosjektansvarlig: Siri Hetland

Prosjektmedarbeidere:
Ragna Aksnes
Yngvar Thomassen

Utgiver (seksjon): Statens arbeidsmiljøinstitutt
Yrkeshygienisk seksjon

Dato: **Antall sider:** **ISSN:** 0801-7794

05.06.90

52

Serie:

HD 1004/90 FOU

Sammendrag:

Det er foretatt interkalibrering av elementer mellom et svensk og åtte norske laboratorier som tilbyr analyse av luftprøver med hensyn til elementer i arbeidsatmosfære.

Prøvene som ble sendt ut var basert på reelle luftfiltre fra arbeidsatmosfære. I tillegg inngikk syntetiske referansefiltre med sveiserøykmatriks i prøveserien.

Laboratoriene ble anmodet om å utføre kvantitativ bestemmelse av et utvalg yrkeshygienisk viktige elementer på hver filterserie.

Analyseresultatene fra de deltagende laboratorier viste varierende kvalitet. Bare et laboratorium analyserer luftfiltre med den ønskede presisjon og nøyaktighet.

Stikkord:

Key words:

Interkalibrering
Elementbestemmelse

Arbeidsatmosfære

Interlaboratory trial
Determination of
elements
Workroomatmosphere

INNHALDSFORTEGNELSE

Sammendrag	side 1
Forkortelser	side 2
1. Innledning	side 3
2. Deltakende laboratorier	side 4
3. Prøvetaking	side 5
4. Referansefilter	side 6
5. Analysebetingelser	side 6
6. Referanseverdier	side 7
7. Vurderingskriterier	side 9
8. Resultater	side 12
9. Konklusjoner	side 12
Vedlegg	

SAMMENDRAG

Ved utsendelse av syntetisk tillagede referansefiltre og reelle luftfiltre fra arbeidsluft (sveising, smelting av skrapjern, krystallglassproduksjon) med elementkonsentrasjoner rundt den administrative norm for forurensninger i arbeidsatmosfære er analysekvaliteten ved offentlige, halv-offentlige og private laboratorier blitt undersøkt.

Et svensk og åtte norske laboratorier har deltatt.

Laboratoriene ble anmodet om å utføre kvantitativ bestemmelse av et utvalg yrkeshygienisk viktige elementer på hver filterserie.

Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) er statens referanselaboratorium for arbeidsmiljøanalyser i Norge, og har ved kjemiske analyser med AAS og ICP-AES kommet fram til et estimat for innholdet av de undersøkte elementer i de utsendte prøvene.

Analyseresultatene fra de deltagende laboratorier viste varierende kvalitet. Bare et laboratorium analyserer luftfiltre med den ønskede presisjon og nøyaktighet.

FORKORTELSER

FAAS:	Flamme atomabsorpsjonsspektrometri
ETAAS:	Elektrotermisk atomabsorpsjonsspektrometri
ICP-AES:	Induktivt koblet plasma atomemisjonsspektrometri
ICP-MS:	Induktivt koblet plasma massespektrometri
SD:	Standard avvik
RSD:	Relativt standard avvik
SEM:	Standard avvik for middelveien

1. INNLEDNING

Statens arbeidsmiljøinstitutt er ved siden av å være landsdelslaboratorium for Østlands-området også statens referanselaboratorium for arbeidsmiljøanalyser i Norge. Oppgaven som referanselaboratorium medfører blant annet gjennomføring av kvalitetssikringsprogram for analyser utført ved laboratorier som betjener det norske markedet.

I løpet av de siste årene er det i Norge opprettet flere private kommersielle laboratorier som tilbyr analyse av luftprøver med hensyn på elementer i arbeidsatmosfære. Det er i dag ingen offentlig godkjenningsordning for disse laboratoriene, men de er anmodet om å delta i dette kvalitetssikringsprogrammet i regi av Statens arbeidsmiljøinstitutt. Deltakelsen er frivillig, og laboratoriene er på forhånd gjort kjent med at resultatene publiseres uten anonymisering av deltakerne.

Prøvene som ble sendt deltakerne 31.08.89 med svarfrist 22.09.89 for bestemmelse av elementer, var basert på reelle luftfiltre fra arbeidsatmosfære. I tillegg inngikk syntetiske referansefiltre med sveiserøykmatris i prøveserien.

Innholdet av de undersøkte elementene er blitt estimert ved Statens arbeidsmiljøinstitutt ved anvendelse av forskjellige analysemetoder. Likeledes er homogeniteten av de utsendte filterprøvene blitt dokumentert.

Dette arbeidet har vært tidkrevende og forklarer tiden fra svarfristen i september 1989 til ferdigstillesle av rapporten i april 1990. Ved framtidige kvalitetssikringsutsendelser vil dette arbeidet bli utført av Statens arbeidsmiljøinstitutt for prøveutsendelse for å sikre deltakerne en raskere tilbake-rapportering.

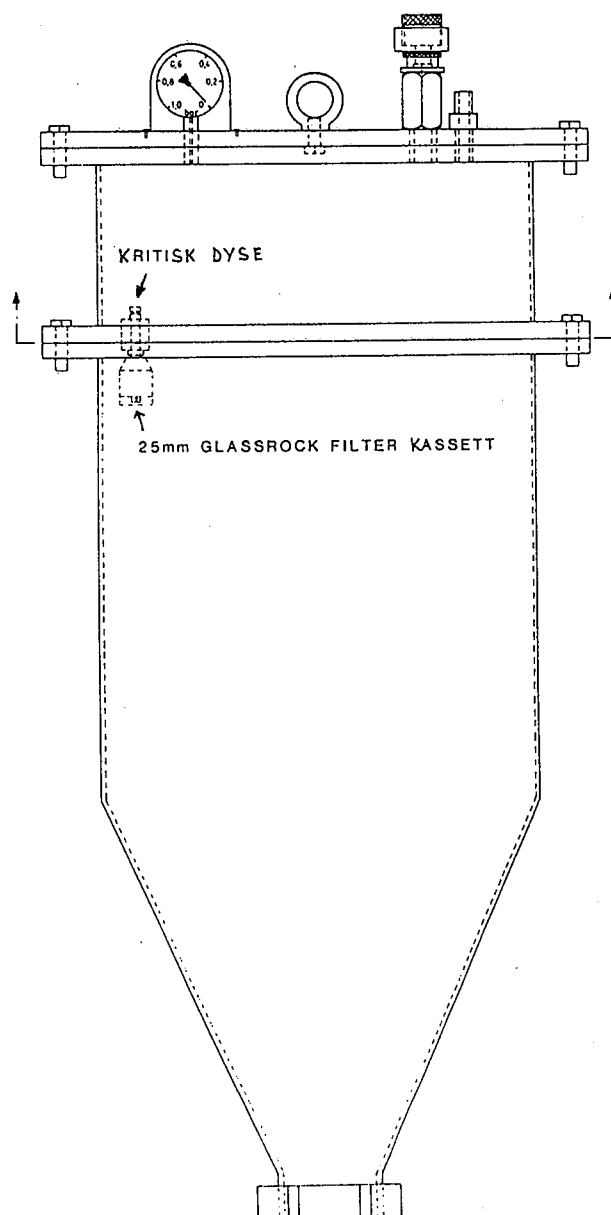
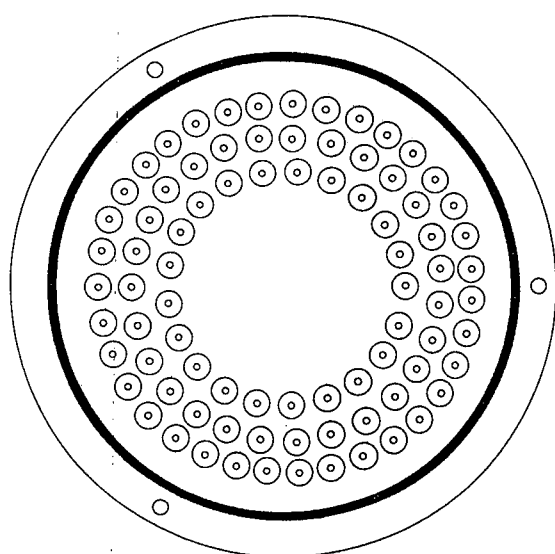
2. DELTAKENDE LABORATORIER

Lab. nr.	Laboratorium	Forkortet
1	Arbeidstilsynets landsdelslaboratorium Møllendalsveien 6 5009 BERGEN	Bergen
2	Arbeidstilsynets landsdelslaboratorium Postboks 639 4601 KRISTIANSAND S	Kr.sand S
3	Chemlab Services A/S Postboks 1517 Sandviken 5035 BERGEN	Chemlab
4	SINTEF Avd. for teknisk kjemi 7034 TRONDHEIM - NTH	SINTEF
5	Analytica AB Boks 511 S - 18 325 TÅBY	Analytica
6	Nordisk Analysecenter A/S Postboks 47 Grorud 0917 OSLO 9	NAC
7	Westlab A/S Oljeveien 2 5056 TANANGER	Westlab
8	Norsk Institutt for Luftforskning Postboks 64 2001 LILLESTRØM	NILU
9	Telemark Sentralsjukehus Yrkesmedisinsk avdeling Sverres gt. 28 3900 PORSGRUNN	TSS

Arbeidstilsynets landsdelslaboratorium i Narvik hadde ikke personalressurser til å delta.

3. PRØVETAKING

Prøvetakeren som ble benyttet ved innsamling av reelle parallellfiltre av arbeidsatmosfære (sveiserøyk, smelting av skrapjern og krystallglassproduksjon) er utviklet ved Statens arbeidsmiljøinstitutt. Den filtrerer luft gjennom 83 filterholdere som er plassert på tre sirkulære manifolder inne i en konisk formet prøvetaker, se figur. Luftgjennomstrømningen for hvert filter er tilnærmet konstant over prøvetakingsperioden. Dette oppnås ved bruk av kritiske dyser for hvert filter. For å ha kontroll med luftgjennomstrømningen måles denne med et høy-
presisjonsrotameter ved start og stopp av prøvetakingen.



Prøvetakeren er konstruert for benyttelse av 25 mm Glassrock filterholdere med forlenget plaststuss. Partikulære komponenter er oppsamlet på 0.8 µm cellulose-nitrat membranfiltre.

Prøvetakingen er utført med åpne filterholdere for å få homogen deponering på filtrene. Dette er særlig viktig for laboratorier som analyserer elementer direkte på filtre, f.eks. ved bruk av røntgenfluorescensspektrometri.

Prøvetaking av reelle luftfiltre er utført ved følgende bedrifter/arbeidsoperasjoner:

Hadeland Glassverk:	Produksjon av krystallglass (bly- og arsenholdig).
Elkem Spigerverket A/S:	Stålproduksjon - Smelting av skrapjern
Sveiseverkstedet, STAMI:	Sveisesimulering, MMA-sveising på rustfritt stål iblandet Ag/Cd loddetråd

4. REFERANSEFILTER

Syntetiske referansefiltre (47 mm 0.8 µm Glassrock cellulose acetat membranfiltre) er laget med sveiserøykmatriks (oppsluttet sveiserøyk) og tilsatt aktuelle elementer fra løsning slik at elementkonsentrasjonen tilsvarer den administrative norm dersom en kubikkmeter luft blir filtrert gjennom filteret.

5. ANALYSEBETINGELSER

Hensikten med dette kvalitetssikringsprogrammet er å undersøke laboratorienes presisjon og nøyaktighet av rutineprøver. Laboratoriene ble derfor oppfordret til å la prøvene inngå i den normale analyserutinen. I tabellen på neste side er laboratorienes prøveprepareringsmetoder og instrumenteringer presentert ut fra de opplysninger vi har fått om dette.

LABORATORIUM	PRØVEPREPARERING	PRØVE-VOLUM	ANALYSE-METODE
1	HCl/HNO ₃ /HF, teflonautoklav + H ₃ BO ₃ , 2% NH ₄ Cl	20 ml	FAAS
2	Serie A, B og ref.: HCl/HNO ₃ Serie C: HCl/HNO ₃ /HF, teflonautoklav		FAAS
3	NIOSH Metode 7300 HNO ₃ /HClO ₄	100 ml	FAAS
4	HD 695/76 (brukes ikke ved STAMI i dag) Kolorimetrisk metode		FAAS Fotometri(Ti)
5	HCl/HNO ₃		FAAS ETAAS (As)
6	Serie A: HNO ₃ Serie B, C, ref.: HCl/HNO ₃ /HF teflonautoklav		ETAAS (As) ICP-AES
7	NIOSH metode 7300 etter forbehandling med 2 M HCl	25 ml	ICP-AES
8	HNO ₃ /HCl/HF, teflonautoklav	50 ml	ICP-MS
9	H ₃ PO ₄ /H ₂ SO ₄ /HNO ₃	100 ml	FAAS

6. REFERANSEVERDIER

For å bestemme innholdet av elementer på filterne ble ti tilfeldig valgte parallelle filtre fra hver filtermatriks analysert ved Statens arbeidsmiljøinstitutt. Prøvene ble oppsluttet i en blanding av kongevann og flussyre (1.5 ml HCl + 0.5 ml HNO₃ + 0.2 ml HF) i teflonautoklav ved 120°C i 4 timer. Etter avkjøling til værelsestemperatur ble løsningene fortynnet til 10 ml (krystallglassproduksjon) og 25 ml (øvrige prøver) med ultrarent vann.

Alt volumetrisk utstyr som ble benyttet ved prøvebehandling og tillaging av standardløsninger ble kalibrert på forhånd. Maksimal volumetrisk unøyaktighet er 0.1%.

Arsenbestemmelsene ble foretatt med et Perkin-Elmer Zeeman 5100 atomabsorpsjonsspektrofotometer. Det ble benyttet pyrolytisk grafittør fra Perkin-Elmer med L'vov patform.

Elementbestemmelsene i flamme ble utført med et Perkin-Elmer 5000 atomabsorpsjonsspektrofotometer.

For å redusere volumetriske feilkilder ble det benyttet alternative linjer for bestemmelse av jern og mangan på referansefiltrene.

Bestemmelsene med ICP-AES ble utført med et Perkin-Elmer 5500 induktivt koblet plasma atomemisjonsspektrofotometer, et sekvensielt instrument. Ved barium- og krom-bestemmelsene ble det benyttet bakgrunnskorreksjon.

Der det var teknisk mulig ble referanseverdiene beregnet som gjennomsnitt av analyseresultater fra to uavhengige analysemetoder (FAAS og ICP-AES), og som enkeltresultat der en metode er benyttet.

Analysebetingelsene ved de forskjellige analysemetoder er presentert i tabellen nedenfor.

ELE- MENT	ICP-AES nm	ETAAS nm	FAAS nm	gass	Merknader
As		193.7			0.2% Ni-løsning
Ba	455.40				
Ca	393.97		422.7	luft/C2H2	FAAS: 0.1% La
Cd			228.8	luft/C2H2	
Co	228.62		240.7	luft/C2H2	
Cr	205.55		357.9	luft/C2H2	Oksyderende flamme
Cu	324.75		324.8	luft/C2H2	
Fe	259.94		248.3	luft/C2H2	Oksyderende flamme
			296.7	luft/C2H2	Oksyderende flamme
Mg	279.55		285.2	luft/C2H2	FAAS: 0.1% La
Mn	257.61		279.5	luft/C2H2	
			403.1	luft/C2H2	
Ni	231.60		232.0	luft/C2H2	Oksyderende flamme
Pb			283.3	luft/C2H2	
Ti	334.94				
Zn	213.86		213.9	luft/C2H2	

Analyseresultatene er ført opp i tabell A.1.1. - A.4.1. i vedlegg.

De syntetisk tillagede referansefiltrene er benyttet ved intern kvalitetssikring ved elementbestemmelser på støvfiltre ved Statens arbeidsmiljøinstitutt siden juni 1988. Ved beregning av referanseverdi er resultatene fra 40 filtre utført på forskjellige dager tatt med i tillegg til de ti filtrene som er analysert som beskrevet over. Ved beregning er det lagt lik vekt på alle måleverdiene.

7. VURDERINGSKRITERIER

Statens arbeidsmiljøinstitutt har utarbeidet forslag til vurdering av kvaliteten av laboratoriene.

For vurderingen av de totale feil som godtas er det tatt utgangspunkt i forholdet mellom konsentrasjonen i prøve og den administrative norm for hvert enkelt element.

Vi mener det skal stilles følgende krav for arbeidsmiljøanalyser:

Mengde i forhold til norm	Krav 1 God nøyaktighet	Krav 2 Yrkeshygienisk akseptabelt
Alle rapporterte resultater skal være:		
≥ 100%	Bedre enn ± 5%	± 10%
10%	Bedre enn ± 10%	± 20%
1%	Bedre enn ± 25%	± 50%

Den beste matematiske tilpasning for disse kravene er gitt ved følgende formel:

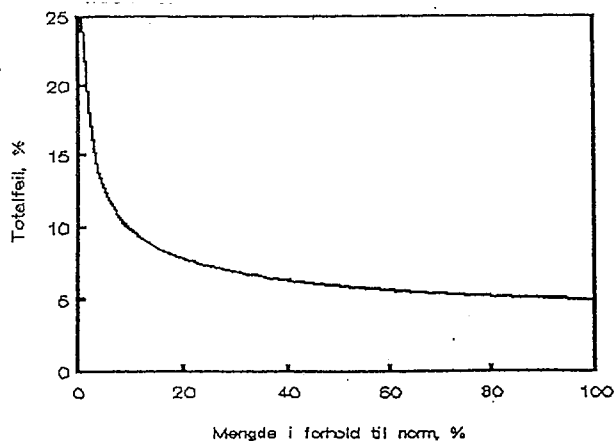
$$\lg y = 4.8 \cdot 10 \exp(-2) \cdot \lg x^2 - 4.5 \cdot 10 \exp(-1) \cdot \lg x + 1.4 \quad (1)$$

der x er mengde av element i prøve i forhold til norm

(i %)

y er krav 1 (i %)

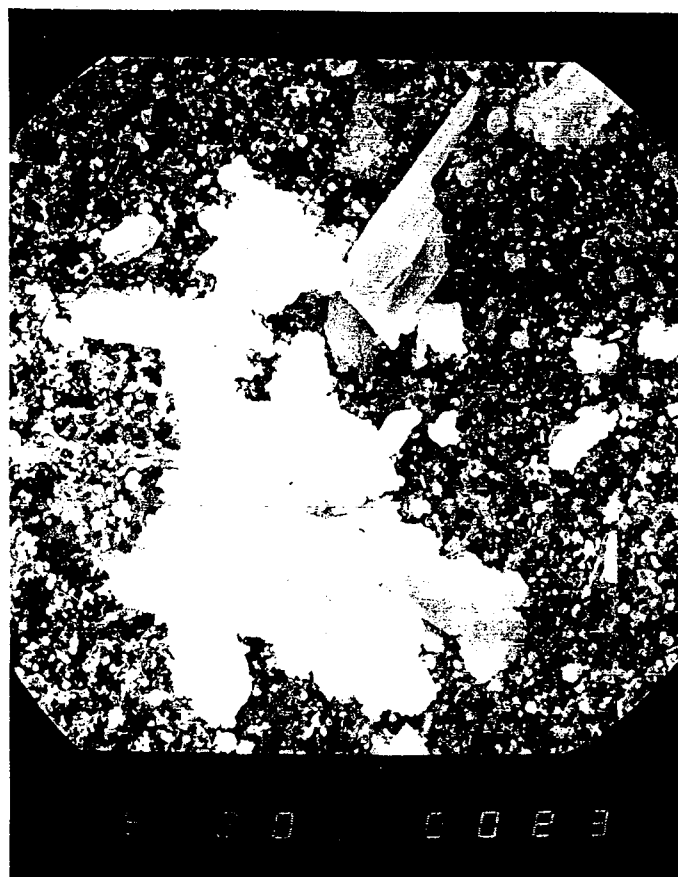
Kurven (formel) i figuren nedenfor ligger til grunn for kravene som er stilt til laboratoriene.



HOMOGENITET AV FILTERPRØVENE

Analysene utført ved Statens arbeidsmiljøinstitutt viser at presisjonen på referansefiltrene er bedre enn 0.5% (et standard avvik). Dette gjelder også for sveiserøykfiltrene og filtrene fra krystallglassproduksjon. For å ta hensyn til filterhomogeniteten er to standard avvik lagt til det generelle kravet.

Ved smelting av skrapjern er homogeniteten av filtrene vesentlig dårligere, særlig for jern og mangan. Nærmere undersøkelse viser at støvet inneholder store partikler, etter all sannsynlighet aggregater av forskjellige mindre partikler, se figur nedenfor. Kvalitativ analyse med mikrosonde viser at disse partiklene bl.a. inneholder store mengder jern og mangan. Filterpresisjonen på disse filtrene er 15% for jern og mangan, men lavere for bly og sink, henholdsvis 4% og 3%.



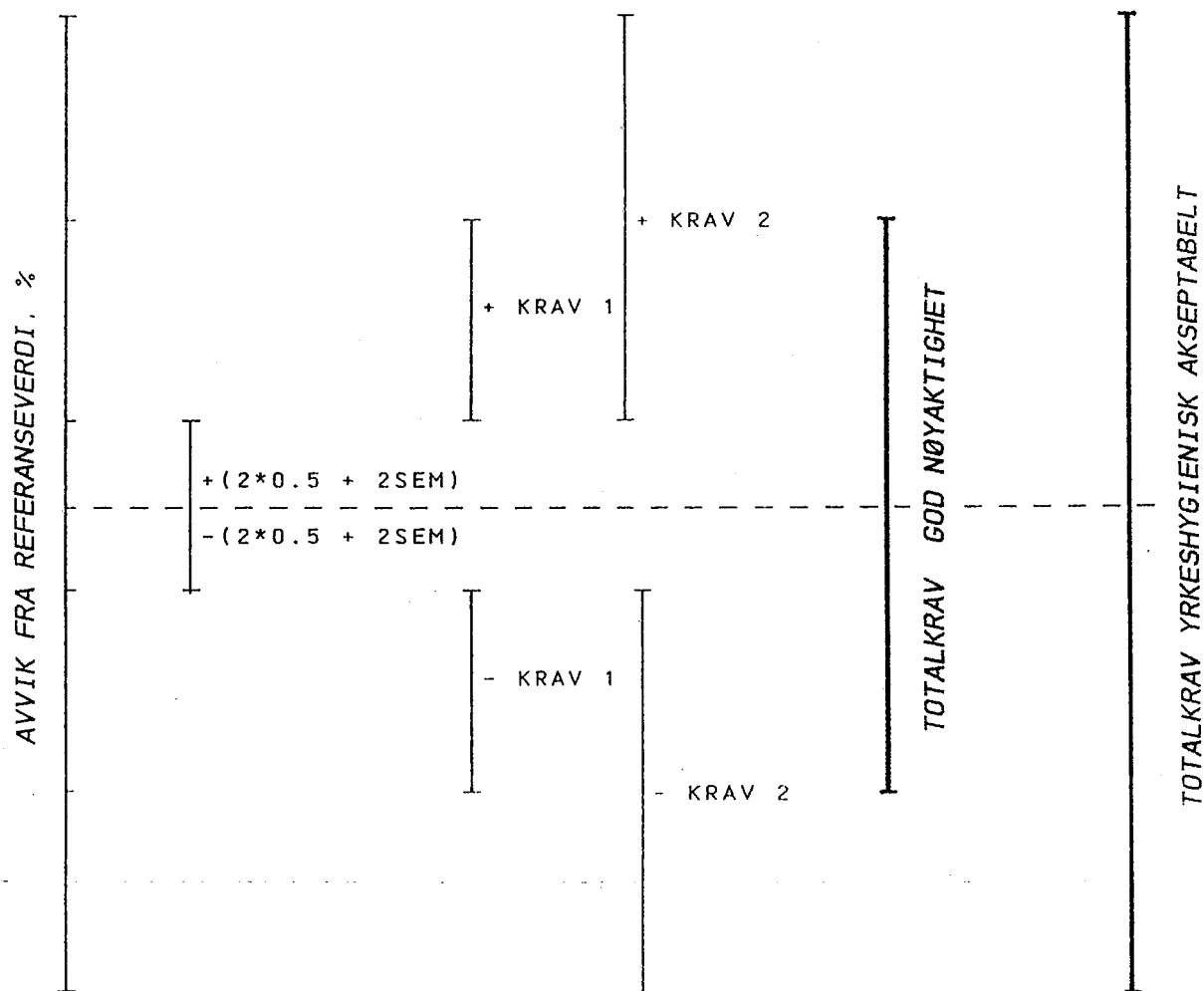
I vurderingskriteriene for laboratoriene er det også tatt hensyn til spredningen av referanseverdien ved at to ganger standard avviket til middelveidien er addert til kravet for total feil for de individuelle elementer.

Dette forhindrer at et laboratorium skulle falle utenfor grensene på grunn av filterkvaliteten.

De endelige grensene for vurdering av resultatene framkommer av følgende sammenheng, og visualisert i figuren nedenfor.

Grenser: Krav + filterhomogenitet (2 SD ved STAMI)
 + 2 SEM (usikkerhet på referanseverdien)

Akseptkrav for analyse av elementer.



8. RESULTATER

De innsendte resultater er korrigert for luftvolum (sveiserøyk, smelting av skrapjern og krystallglassproduksjon) og ført opp i tabell B.1. - B.4. i vedlegget.

Analyseresultatene som ligger til grunn for fastsettelsen av referanseverdien, referanseverdi og veiet middelvei for deltakende laboratorier er angitt i figur C.1.1. - C.1.25., se vedlegg.

I figur C.2.1. - C.2.25 i vedlegget, er enkeltresultatene til de deltakende laboratorier angitt. Referanseverdien og grensene for godkjente og aksepterte analyseresultater er markert med henholdsvis heltrukket og stiplede linjer.

Resultatene av interlaboratoriekontrollen er samlet i en oversiktstabell inndelt etter matriks og elementer, se side 12. Tabellen angir godkjent og aksepterte resultater samt resultater som faller utenfor de aksepterte grenser. Blanke ruter angir at laboratoriet ikke har bestemt dette elementet.

9. KONKLUSJONER

ARBEIDSTILSYNETS LANDSDELSLABORATORIUM, BERGEN

Laboratoriet har ikke utstyr til å bestemme arsen, barium, kalsium, magnesium og titan.

Laboratoriet har ett "ikke godkjent" resultat.

Bortsett fra krom i sveiserøyk har laboratoriet god presisjon og nøyaktighet.

ARBEIDSTILSYNETS LANDSDELSLABORATORIUM, KRISTIANSAND

Laboratoriet har ikke utstyr til å bestemme arsen, barium, kalsium, magnesium og titan.

Laboratoriet har fire "ikke godkjente" resultater, alle på referansefiltrene.

Laboratoriet har god presisjon, men problemer med nøyaktigheten for enkelte elementer.

CHEMLAB

Laboratoriet bestemmer ikke arsen.

Laboratoriet har fem "ikke godkjente" resultater.

Laboratoriet ser ut til å ha problemer med presisjon og nøyaktighet for viktige elementer som bly og kadmiom.

Laboratoriet har ellers bra presisjon, men problemer med nøyaktigheten for enkelte elementer.

SINTEF

Laboratoriet bestemmer ikke arsen og barium.
Laboratoriet har ett "ikke godkjent" resultat.
Laboratoriet har problemer med presisjonen for enkelte elementer.

ANALYTICA

Laboratoriet bestemmer ikke titan.
Laboratoriet har tre "ikke godkjente" resultater.
Laboratoriet har problemer med presisjonen for nikkel og kobber.

NAC

Laboratoriet bestemmer alle elementer som inngår i denne kontrollen.
Laboratoriet har ingen "ikke godkjente" resultater.
Laboratoriet har god presisjon og nøyaktighet.

WESTLAB

Laboratoriet bestemmer alle elementer som inngår i denne kontrollen.
Laboratoriet har syv "ikke godkjente" resultater.
Laboratoriet har spesielt store problemer med nøyaktigheten ved arsenbestemmelse.

NILU

Laboratoriet bestemmer ikke titan.
Laboratoriet har seks "ikke godkjente" resultater.
Laboratoriet har problemer med presisjonen for en rekke elementer.

TELEMARK SENTRALSJUKEHUS

Laboratoriet har bare utført totalt fire "godkjente" bestemmelser på grunn av instrumenthavari.

Krystall-
produksjon

	Bergen	Kristiansand S.	ChemLab	Sintef	Analytica	NAC	WestLab	NILU	TSS
As					○	●	↘	●	
Pb	●	○	↘	○	●	○	●	●	

Sveising

Cd	●	●	↘	○	○	●	↘	○	●
Cr	↘	●	○	●	●	●	↘	○	○
Fe	○	●	○	●	●	●	○	○	●
Mn	○	●	○	○	●	●	○	○	
Ni	●	○	○	●	↘	●	●	○	●

Referansefilter

As					○	●	↘	↘	
Ba			○		○	●	●	●	
Ca			●	●	●	●	●	↘	
Cd	●	●	○	●	○	●	●	●	
Co	●	↘	●	↘	↘	○	↘	●	
Cr	○	↘	●	○	●	●	○	○	
Cu	●	●	●	●	↘	●	●	●	
Fe	●	↘	●	○	●	●	●	↘	
Mg			●	●	●	●	●	●	
Mn	●	●	↘	●	●	●	●	○	
Ni	●	↘	●	○	●	●	●	↘	
Pb	●	●	↘	●	●	●	○	●	
Ti			↘	●		●	○		
Zn	●	●	●	●	●	●	●	↘	

Smelting av
skrapjern

Fe	●	●	●	●	●	●	○	●	
Mn	●	●	●	●	●	●	●	●	
Pb	●	●	○	●	●	●	↘	●	
Zn	●	●	●	●	●	●	●	↘	

"Blank" Ikke utført ↘ Ikke godkjent ○ Akseptert ● Godkjent

V E D L E G G

TABELL A.1.1. - A.4.1.

GRUNNLAG FOR FASTSETTELSE AV REFERANSEVERDIEN

- TABELL A.1.1. OG A.1.2. Resultater av analyse av ti referansefiltre med henholdsvis FAAS og ICP-AES.
- TABELL A.2.1. OG A.2.2. Resultater av analyse av ti sveiserøykfiltre med henholdsvis FAAS og ICP-AES.
- TABELL A.3.1. OG A.3.2. Resultater av analyse av ti filtre fra smelting av skrapjern med henholdsvis FAAS og ICP-AES.
- TABELL A.4.1. Resultater av analyse av ti filtre fra krystallproduksjon med ETAAS og FAAS

Tabell A.1.1. Analyseresultater, referansefilter utført med FAAS ved Statens Arbeidsmiljøinstitutt

	ARSEN **	BLY	JERN	KADMIUM	KALSIUM	KOBBER	KOBOLT	KROM	MANGAN	MAGNESIUM	NIKKEL	SINK
	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg
1	0.34	51.9	2.81	28.3	262	97.0	47.0	479	1.02	69.7	107	3.33
2	0.31	50.2	2.78	28.3	268	97.0	46.5	476	1.02	70.0	107	3.29
3	0.30	49.2	2.81	28.3	237	96.7	46.5	467	1.01	67.8	107	3.31
4	0.31	49.2	2.76	27.8	257	95.7	46.5	471	1.01	68.1	106	3.24
5	0.29	51.2	2.78	28.1	252	96.4	46.5	471	1.02	67.5	107	3.37
6	0.30	48.0	2.77	28.1	252	97.0	46.5	471	1.01	69.5	106	3.32
7	0.29	49.7	2.79	28.1	253	97.0	46.8	476	1.02	67.3	107	3.35
8	0.30	47.5	2.78	28.1	259	97.2	46.5	474	1.02	69.5	107	3.36
9	0.29	47.2	2.75	28.1	259	96.5	46.0	469	1.01	67.0	106	3.37
10	0.31	57.1 *	2.77	27.8	255	96.2	46.0	471	1.01	67.0	107	3.32
NIDDEL, µg	0.30	49.3	2.78	28.1	255	96.7	46.5	473	1.02	68.3	107	3.33
SD, µg	0.01	1.6	0.02	0.2	7.7	0.4	0.3	3.5	0.01	1.1	0.5	0.04
RSD, %	4.7	3.2	0.7	0.6	3.0	0.5	0.6	0.7	0.5	1.7	0.4	1.2
SN, µg	0.005	0.5	0.01	0.1	2.4	0.1	0.1	1.1	0.002	0.4	0.1	0.01
SN, %	1.5	1.0	0.2	0.2	1.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.5	0.1	0.4

** : ETAAS

* : Grov feil, resultatet er forkastet etter Grafs og Hennings metode for forkasting av analyseresultater ved 95% statistisk sikker

Tabell A.1.2. Analyseresultater, referansefilter utført med ICP-AES ved Statens Arbeidsmiljøinstitutt

	BARIUM	JERN	KALSIUM	KOBBER	KOBOLT	KROM	MANGAN	MAGNESIUM	NIKKEL	SINK	TITAN
	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg
1	3.94	3.03	246	96.8	45.5	509	1.08	63.5	109 *	3.57	61.9
2	3.74	2.82	230	92.2	42.9	486	1.00	61.8	102	3.31	59.3
3	3.94	2.87	231	92.7	43.5	487	1.01	60.9	101	3.46	59.1
4	3.94	2.94	239	93.5	44.0	475	1.01	63.0	104	3.41	58.3
5	3.76	2.84	222	91.2	42.1	474	0.99	59.0	99	3.28	57.7
6	3.73	2.91	228	92.6	42.9	491	1.05	59.7	100	3.48	59.7
7	3.73	2.94	222	91.3	42.7	493	1.06	59.1	100	3.55	60.7
8	3.76	3.03	226	92.8	43.3	489	1.11	60.2	103	3.69	59.7
9	3.73	3.01	231	89.4	41.9	481	1.08	59.7	100	3.53	58.3
10	3.75	2.96	228	92.3	43.2	485	1.05	60.4	100	3.62	58.5
NIDDEL, µg	3.80	2.94	230	92.5	43.2	487	1.04	60.7	101	3.49	59.3
SD, µg	0.09	0.07	7.0	1.8	1.0	9.5	0.04	1.5	1.7	0.1	1.2
RSD, %	2.4	2.4	3.0	1.9	2.2	1.9	3.6	2.5	1.7	3.5	2.0
SN, µg	0.03	0.02	2.2	0.6	0.3	3.0	0.01	0.5	0.6	0.04	0.4
SN, %	0.8	0.8	2.2	0.6	0.7	0.6	1.2	0.8	0.6	1.1	0.6

* : Grov feil, resultatet er forkastet etter Grafs og Hennings metode for forkasting av analyseresultater ved 95% statistisk sikkerhet.

Tabell A.2.1. Analyseresultater, sveiserøyk, utført med FAAS ved Statens Arbeidsmiljøinstitutt

	LUFTVOLUM m ³	BLY µg/m ³	KADMIUM µg/m ³	KROM µg/m ³	JERN mg/m ³	MANGAN µg/m ³	NIKKEL µg/m ³
C5	0.491	<2.5	351	219	1.07	249	35.1
C6	0.481	<2.5	352	213	1.07	248	34.3
C8	0.491	<2.0	353	219	1.07	249	34.6
C13	0.481	<2.5	348	214	1.06	247	33.3
C26	0.491	<2.5	359	215	1.07	247	35.1
C32	0.493	<2.0	351	220	1.06	246	33.9
C33	0.491	<2.0	351	214	1.06	246	34.6
C39	0.493	<2.0	351	215	1.06	247	34.4
C45	0.491	<2.5	351	210	1.06	247	34.6
C49	0.496	<2.0	351	210	1.06	246	34.2
MIDDEL, µg			352	215	1.06	247	34.4
SD, µg			2.7	3.4	0.0	1.1	0.5
RSD, %			0.8	1.6	0.5	0.4	1.5
SM, µg			0.8	1.1	0.0	0.3	0.2
SM, %			0.2	0.5	0.1	0.1	0.5

Tabell A.2.2. Analyseresultater, sveiserøyk, utført med ICP-AES ved Statens Arbeidsmiljøinstitutt

	LUFTVOLUM m ³	KROM µg/m ³	JERN mg/m ³	MANGAN µg/m ³	NIKKEL µg/m ³
C5	0.491	213	1.08	252	32.1
C6	0.481	219	1.07	256	29.7
C8	0.491	218	1.10	251	31.1
C13	0.481	217	1.08	249	32.2
C26	0.491	220	1.10	245	33.6
C32	0.493	211	1.03	241	32.4
C33	0.491	214	1.06	241	31.6
C39	0.493	212	1.05	244	32.5
C45	0.491	213	1.08	253	32.1
C49	0.496	214	1.06	240	31.8
MIDDEL, µg		215	1.07	247	31.9
SD, µg		3.0	0.0	5.4	1.0
RSD, %		1.4	1.9	2.2	3.0
SM, µg		0.9	0.0	1.7	0.3
SM, %		0.4	0.6	0.7	1.0

Tabell A.3.1. Analyseresultater, smelting av skrapjern, utført med FAAS ved Statens Arbeidsmiljøinstitutt

	LUFTVOLUM m ³	BLY µg/m ³	KADMIUM µg/m ³	JERN µg/m ³	MANGAN µg/m ³	SINK µg/m ³
B38	0.556	68.6	<0.4	117	39.8	107
B39	0.567	69.0	<0.4	136	46.9	110
B40	0.565	67.9	<0.4	122	40.5	107
B44	0.556	65.9	<0.4	108	35.4	105
B49	0.567	60.3	<0.4	105	34.3	107
B61	0.551	67.9	<0.5	132	46.0	114
B75	0.548	66.0	<0.5	102	31.4	104
B77	0.553	67.2	<0.4	107	33.4	107
B79	0.536	67.0	<0.5	111	34.9	110
B80	0.559	68.7	<0.4	98	29.1	106
MIDDEL, µg		66.9		114	37.2	108
SD, µg		2.4		12.1	5.7	2.8
RSD, %		3.6		10.6	15.2	2.6
SM, µg		0.8		3.8	1.8	0.9
SM, %		1.1		3.4	4.8	0.8

Tabell A.3.2. Analyseresultater, smelting av skrapjern, utført med ICP-AES ved Statens Arbeidsmiljøinstitutt

	LUFTVOLUM m ³	JERN µg/m ³	MANGAN µg/m ³	SINK µg/m ³
B38	0.556	133	45.1	111
B39	0.567	119	39.8	112
B40	0.565	116	38.7	109
B44	0.556	104	32.7	106
B49	0.567	105	32.5	114
B61	0.551	134	45.6	124
B75	0.548	99	29.6	104
B77	0.553	106	31.4	106
B79	0.536	107	33.5	108
B80	0.559	94	27.3	109
MIDDEL, µg		112	35.6	110
SD, µg		12.9	6.0	5.4
RSD, %		11.5	16.9	4.9
SM, µg		4.1	1.9	1.7
SM, %		3.6	5.3	1.5

Tabell A.4.1. Analyseresultater, krystallproduksjon, utført med EAAS (arsen) og FAAS ved Statens Arbeidsmiljøinstitutt

	LUFTVOLUM m ³	ARSEN µg/m ³	BLY µg/m ³
A1	0.977	5.66	18.4
A2	0.972	5.53	18.6
A6	0.947	5.66	18.5
A7	0.961	5.57	18.5
A12	0.957	5.72	19.2
A13	0.952	5.74	19.0
A18	0.961	5.83	19.0
A48	0.981	6.19	19.9
A49	0.986	6.57	19.4
A50	0.986	6.31	19.4
MIDDEL, µg		5.88	19.0
SD, µg		0.3	0.5
RSD, %		5.7	2.5
SM, µg		0.1	0.1
SM, %		1.8	0.8

TABELL B.1. - B.4.

OVERSIKTER OVER RESULTATER FRA DE DELTAGENDE LABORATORIER

TABELL B.1. Referansefilter

TABELL B.2. Sveiserøyk, resultater er korrigeret for luftvolum.

TABELL B.3. Smelting av skrapjern, resultater er korrigeret for luftvolum.

TABELL B.4. Krystallproduksjon, resultater er korrigeret for luftvolum.

Tabell B.1. Referansefilter, resultater fra deltagende laboratorier.

	ARSEN	BARIUM	KALSIUM	KADMIUM	KOBOLT	KROM	KOBBER	JERN	MAGNESIUM	MANGAN	NIKKEL	BLY	TITAN	SINK	
	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	µg	
1	AT BERGEN			29	45	440	98	2.83		0.99	100	52		3.24	
				29	45	437	98	3.11		0.97	100	52		3.24	
2	AT KR.SAND			28	27 *	360 *	96	2.42		0.98	71 *	50		3.27	
				27	23 *	370 *	95	2.24 *		0.97	66 *	49		3.20	
3	CHEMLAB	<5 *	220	34	45	449	97	2.67	71	0.09 *	113	34 *	<5 *	3.45	
			230	35	45	445	97	2.65	76	0.09 *	111	35 *		3.35	
4	SINTEF		252	26	52 *	426	89	2.46	51	0.94	110	49	45	3.13	
			257	28	56 *	456	96	2.68	54	1.03	120	53	47	3.32	
5	ANALYTICA	<0.2 *	<3 *	270	35	37 *	460	100	2.60	52	0.97	100	48	3.40	
		<0.2 *	<3 *	290	35	36 *	450	110 *	2.60	54	0.98	110	53	3.50	
6	MAC	0.338	3.48	266	30.5	47.3	482	98.8	2.96	58.7	1.01	111	52.6	49.9	3.44
		0.360	3.60	271	30.9	48.6	493	103	3.06	60.4	1.04	112	55.0	51.5	3.59
7	WESTLAB	6.3 *		236	25	<1.3 *	450	95	2.75	54	1.02	98	40	28	3.23
		6.3 *	3.3	232	25	<1.3 *	420	94	2.62	52	0.94	95	40	27	3.10
8	NILU	0.56 *	3.35	190	28.7	43.0	466	88.6	2.67	54.5	0.97	124 *	46.5	3.30	
		0.51 *	3.27	170 *	25.8	45.7	432	99.3	2.33 *	53.3	0.90	118	45.3	2.86 *	
9	TSS														

*: Grove feil, verdiene er ikke tatt med i beregning av middelvei for deltagende laboratorier.

Tabell B.2. Sveiserøyk, resultater fra deltagende laboratorier korrigert for luftvolum.

		FILTER NR.	LUFTVOLUM m ³	KADMIUM µg/m ³	KROM µg/m ³	JERN mg/m ³	MANGAN µg/m ³	NIKKEL µg/m ³	BLY µg/m ³
1	AT BERGEN	65	0.500	370	100 *	0.92	268	34	2.6
		72	0.478	368	100 *	0.92	272	36	3.1
2	AT KR.SAND	67	0.491	369	214	1.14	253	39	<4.1
		73	0.478	366	211	1.11	255	37	<4.2
3	CHEMLAB	59	0.491	291 *	185	0.94	220	29	<2.0
		74	0.476	332	191	0.93	225	27	<2.1
4	SINTEF	60	0.496	339	220	0.98	218	36	<2
		68	0.481	322	202	0.97	216	35	<2
5	ANALYTICA	56	0.498	361	221	0.98	241	42 *	<4.0
		71	0.500	380	220	1.04	240	32	<4.0
6	MAC	55	0.478	370	218	1.07	255	34	<4.2
		75	0.483	352	207	1.03	244	33	<4.1
7	WESTLAB	69	0.491	293 *	175 *	1.23	222	31	<5.1
		80	0.493	294 *	172 *	1.02	219	30	<5.1
8	NILU	63	0.500	312	185	0.89	210	35	2.1
		77	0.483	350	205	0.99	234	39.3	2.3
9	TSS	7	0.483	352	197	0.99		33	<6.2
		27	0.493	345	187	0.99		28	<6.1

*: Grove feil, verdiene er ikke tatt med i beregningen av middelveiden for deltagende laboratorier.

**Tabell B.3. Smelting av skrapjern, analyseresultater fra deltagende laboratorier
korrigert for luftvolum.**

		FILTER NR.	LUFTVOLUM m ³	KADMIUM µg/m ³	JERN µg/m ³	MANGAN µg/m ³	BLY µg/m ³	SINK µg/m ³
1	AT BERGEN	27	0.559	0	81	30	68	102
		82	0.530	0	72	26	70	106
2	AT KR.SAND	21	0.553	<1.8	96	29	65	101
		37	0.567	<1.8	95	29	66	108
3	CHEMLAB	8	0.562	<1.8	89	18	69	114
		31	0.562	<1.8	107	23	80	101
4	SINTEF	15	0.548	<1.8	148	62	62	104
		32	0.567					
5	ANALYTICA	6	0.539	0.46	98	28	69(100)	113
		30	0.559	0.45	107	30	66(97)	111
6	NAC	18	0.556	<0.9	86	21	64	100
		33	0.565	<0.9	88	21	63	101
7	WESTLAB	9	0.548	<2.4	170	31	55	97
		24	0.553	<2.4	101	27	51 *	90
8	NILU	63	0.567	0.27	104	31.5	70.1	230 *
		77	0.553	0.25	73.5	17.2	66.2	138
9	TSS	20	0.551					
		81	0.559					

*: Grove feil, verdiene er ikke tatt med i beregning av middelerdi for deltagende laboratorier.

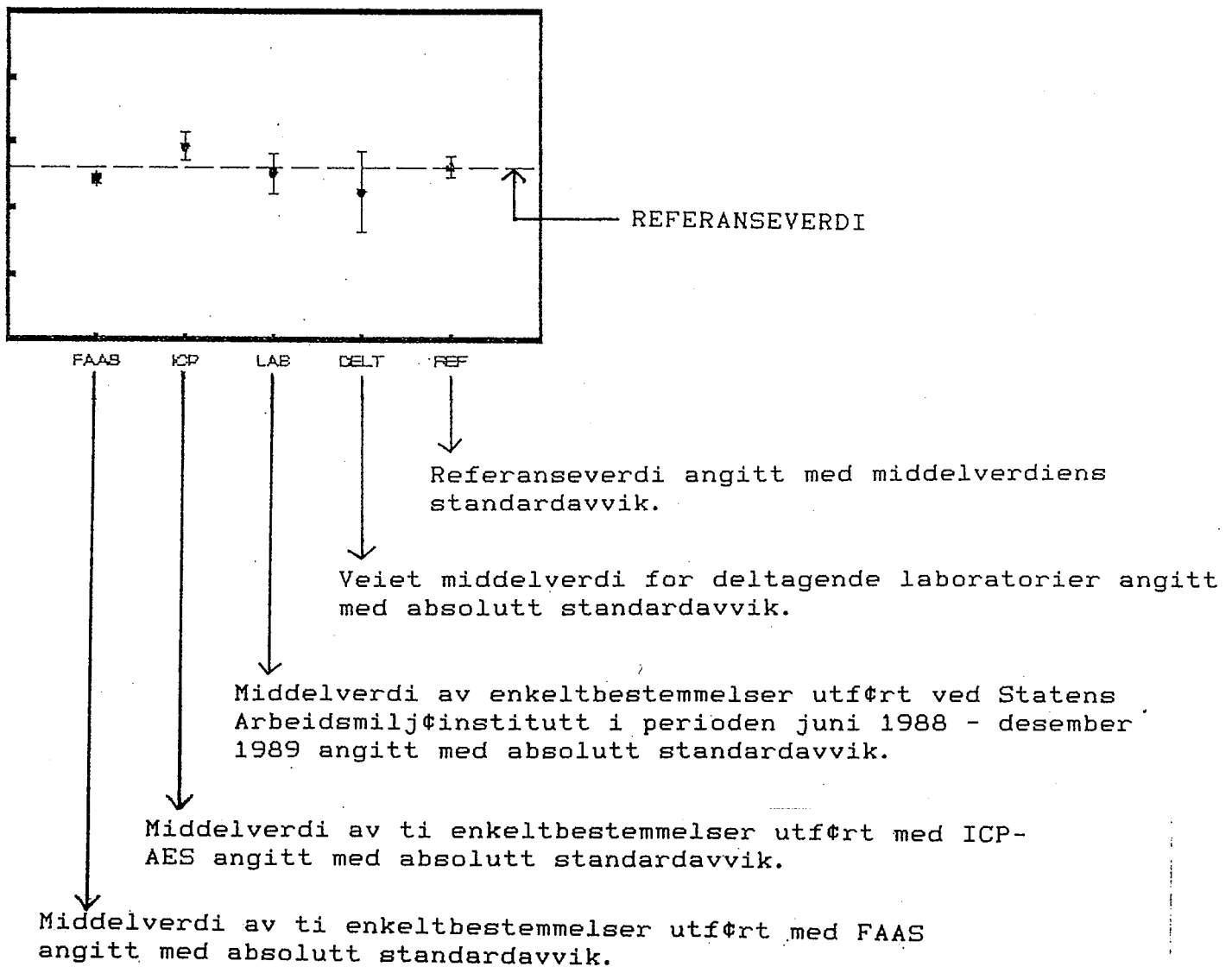
Tabell B.4. Krystallproduksjon, resultater fra deltagende laboratorier, korrigert for luftvolum.

		FILTER NR.	LUFTVOLUM m3	ARSEN µg/m3	BLY µg/m3
1	AT BERGEN	11	0.952		20
		44	0.952		20
2	AT KR. SAND	60	0.969		17
		79	0.932		17
3	CHEMLAB	54	0.972		24 *
		72	0.942		28 *
4	SINTEF	53	0.986		19
		73	0.947		17
5	ANALYTICA	55	0.947	6.9	19(33)
		68	0.957	6.6	18(31)
6	NAC	52	0.972	5.8	18
		78	0.942	5.7	17
7	WESTLAB	58	1.000	11 *	19
		74	0.942	12 *	20
8	NILU	62	0.967	5.2	19.4
		71	0.991	5.4	19.1
9	TSS	5	0.986		
		10	0.977		

*: Grove feil, verdiene er ikke tatt med i beregning av middelerdi for deltagende laboratorier.

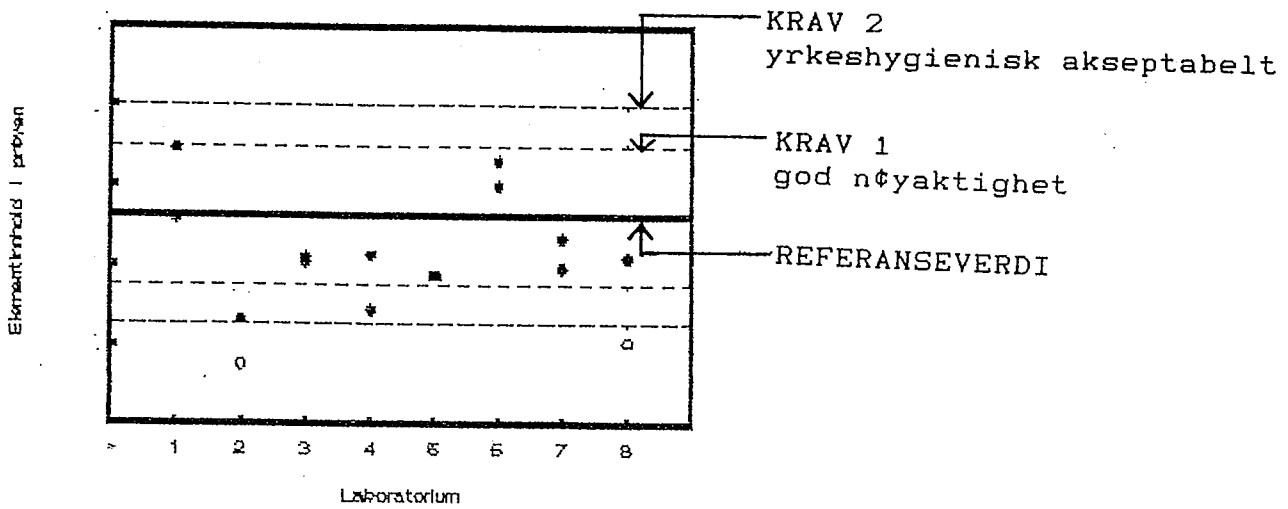
FIGUR C.1.1. - C.1.26

Analyseresultater som ligger til grunn for fastsettelse av referanseverdi, referanseverdi og veiet middelvei for deltagende laboratorier.



FIGUR C.2.1 - C.2.26.

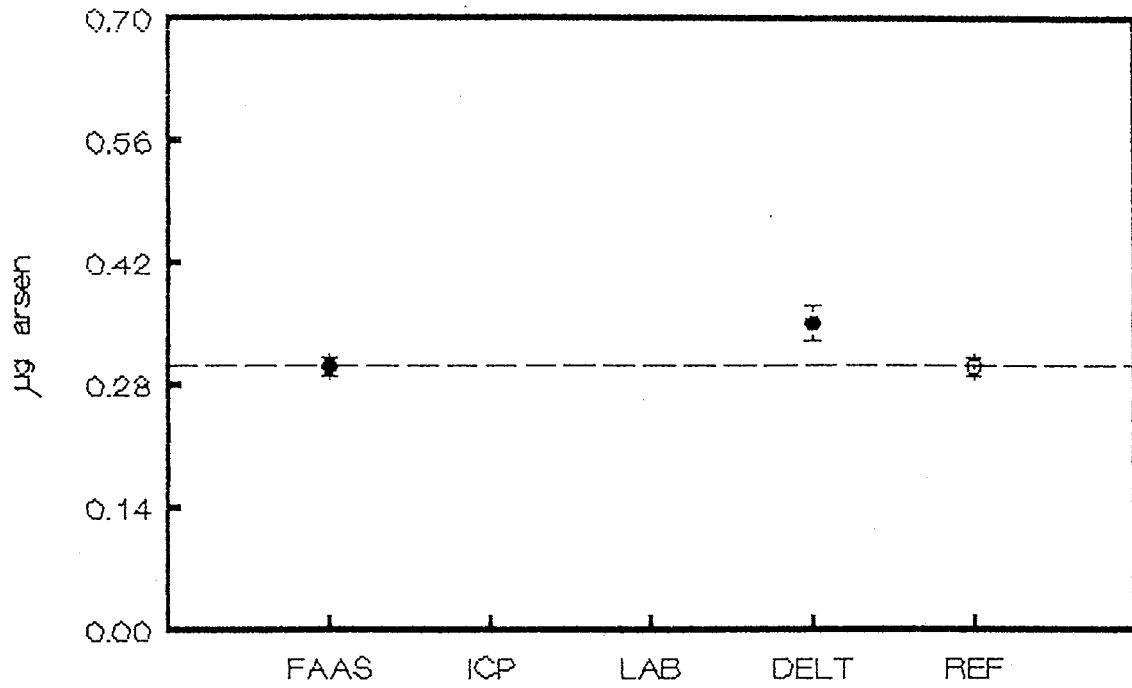
Oversikt over resultatene til de deltakende laboratorier.



- : Resultater innenfor \pm krav 2
- : To like paralleller innenfor \pm krav 2
- : Resultater utenfor \pm krav 2
- : To like paralleller utenfor \pm krav 2

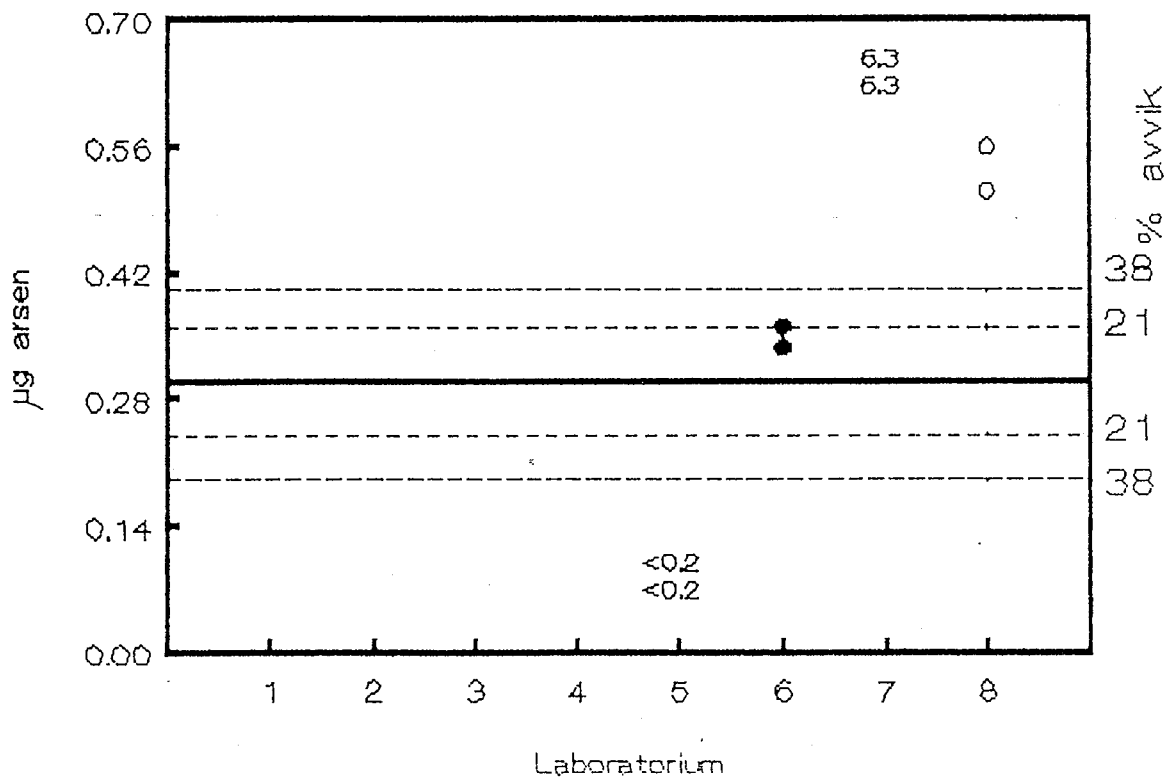
REFERANSEFILTER – ARSEN

Figur C.1.1.



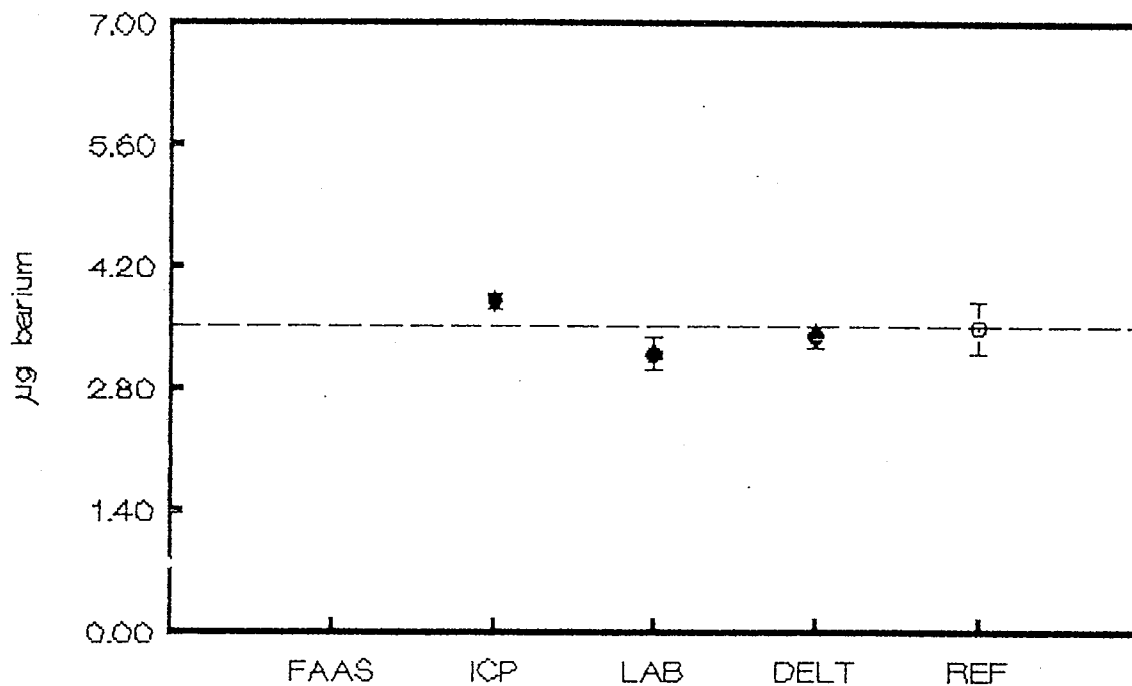
REFERANSEVERDI: 0.3 μg

Figur C.2.1.



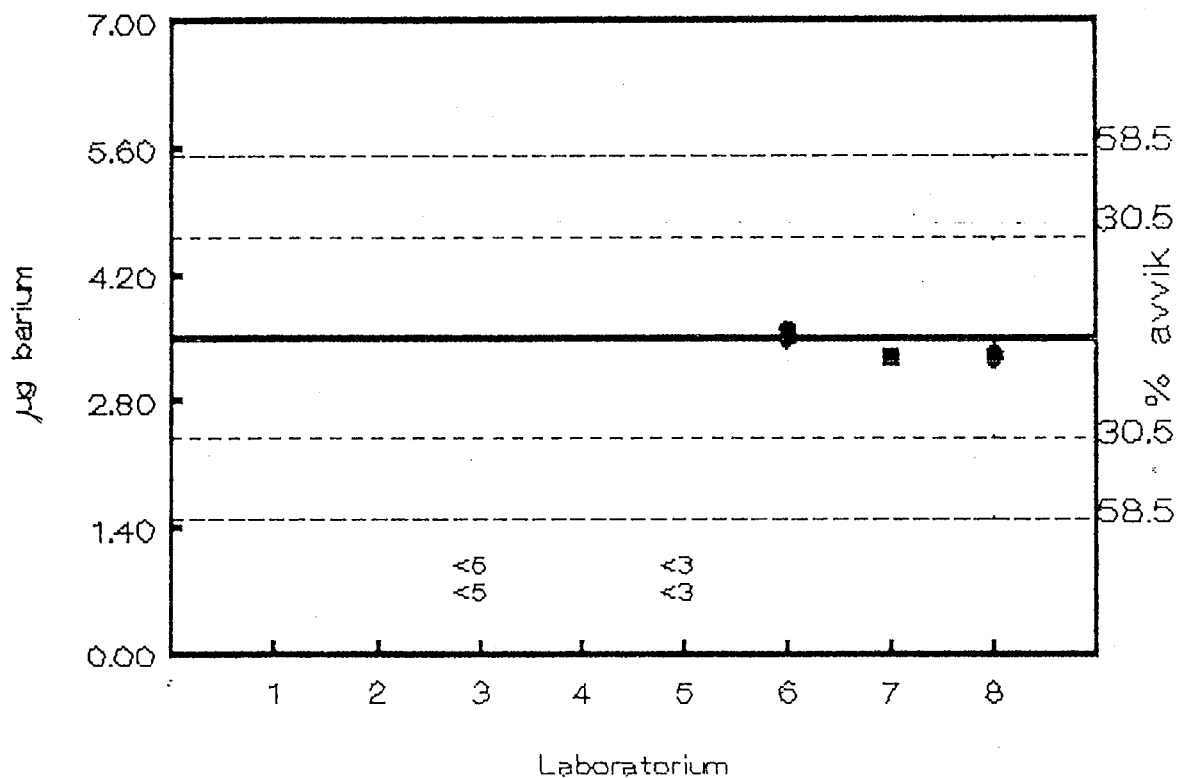
REFERANSEFILTER - BARIUM

Figur C.1.2.



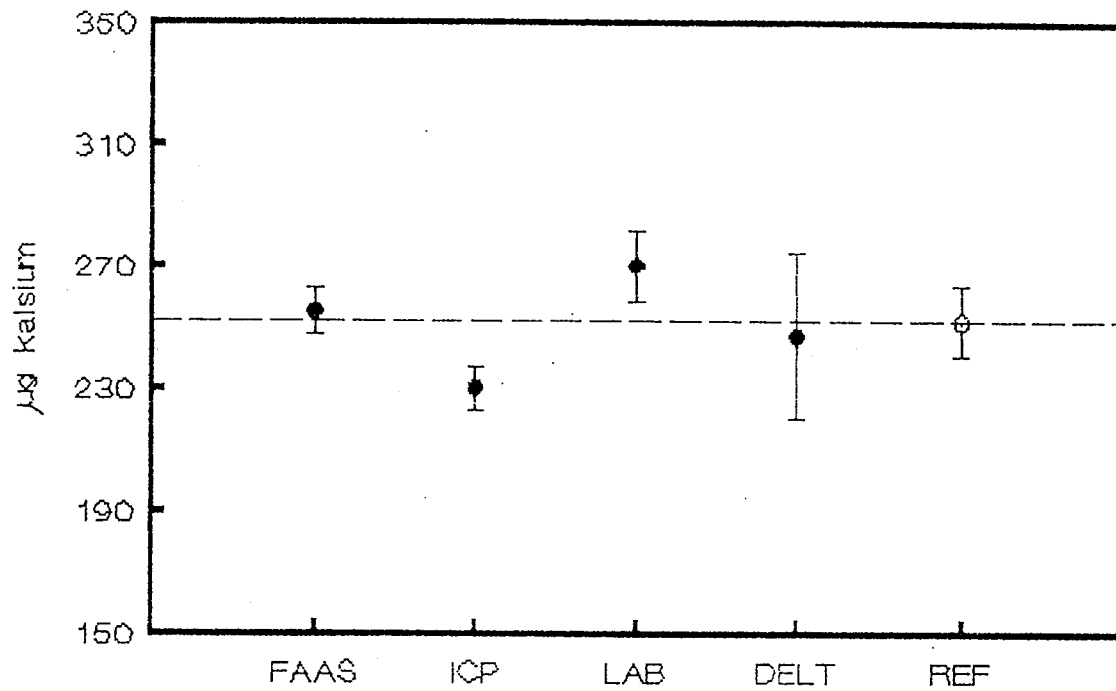
REFERANSEVERDI: 3.5 µg

Figur C.2.2.



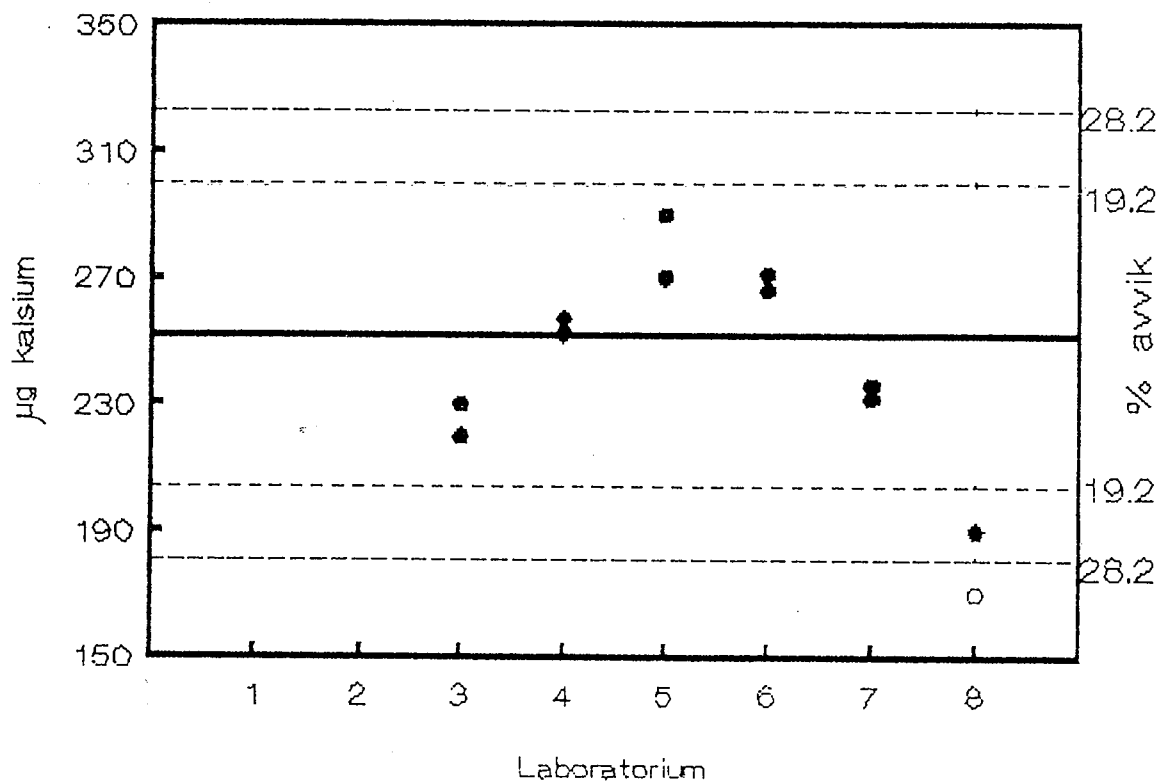
REFERANSEFILTER - KALSIUM

Figur C.1.3.



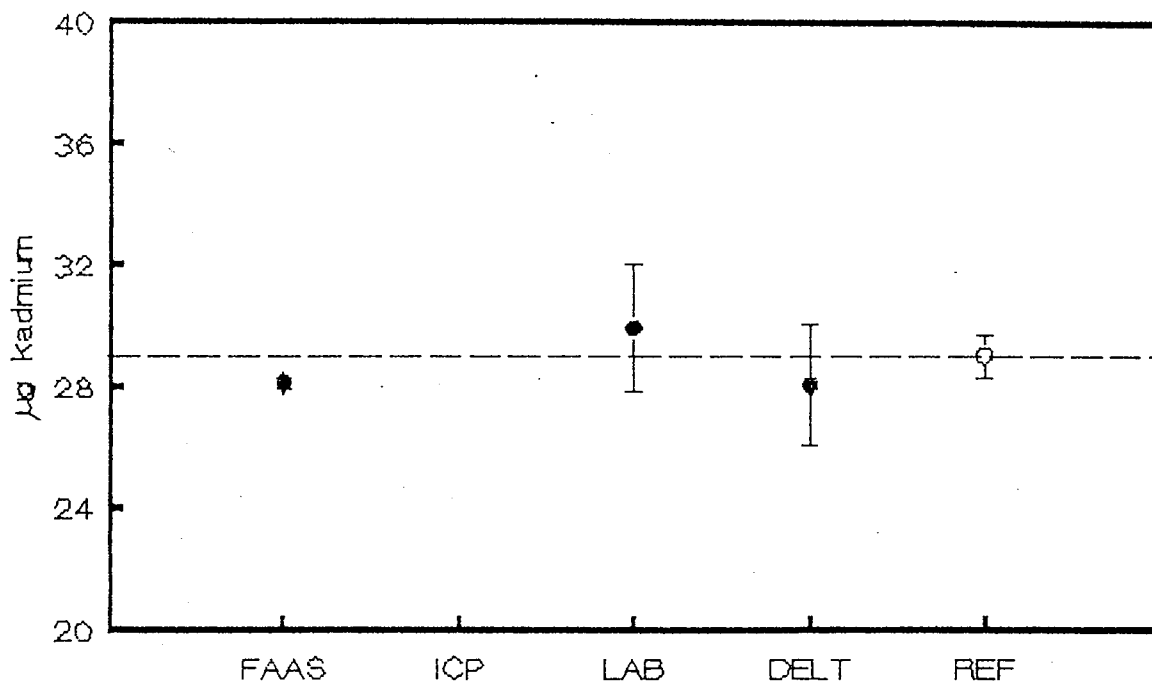
REFERANSEVERDI: 252 µg

Figur C.2.3.



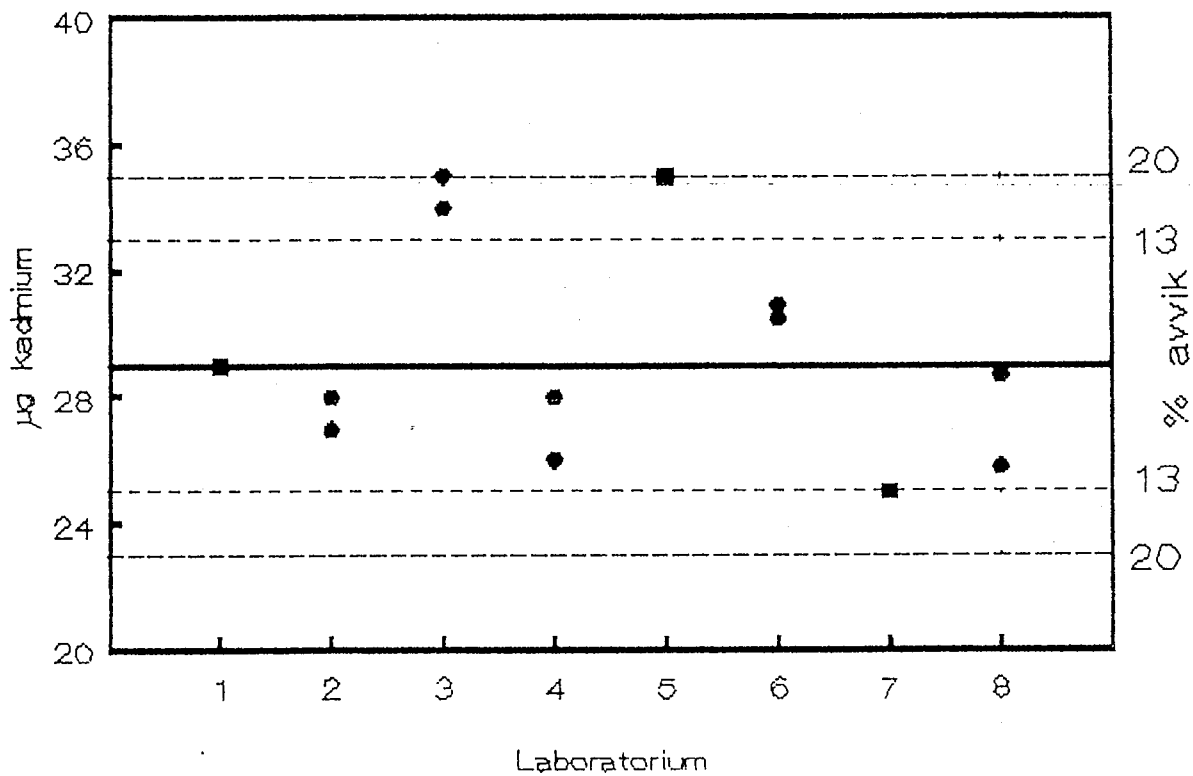
REFERANSEFILTER – KADMIUM

Figur C.1.4.



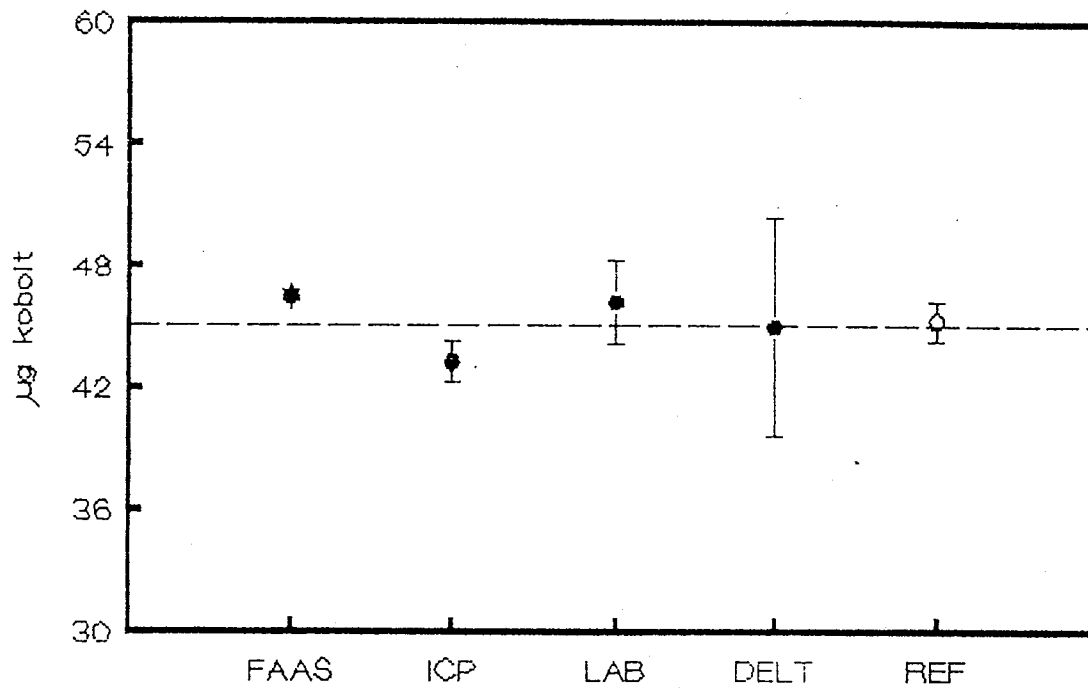
REFERANSEVERDI: 29 µg

Figur C.2.4.



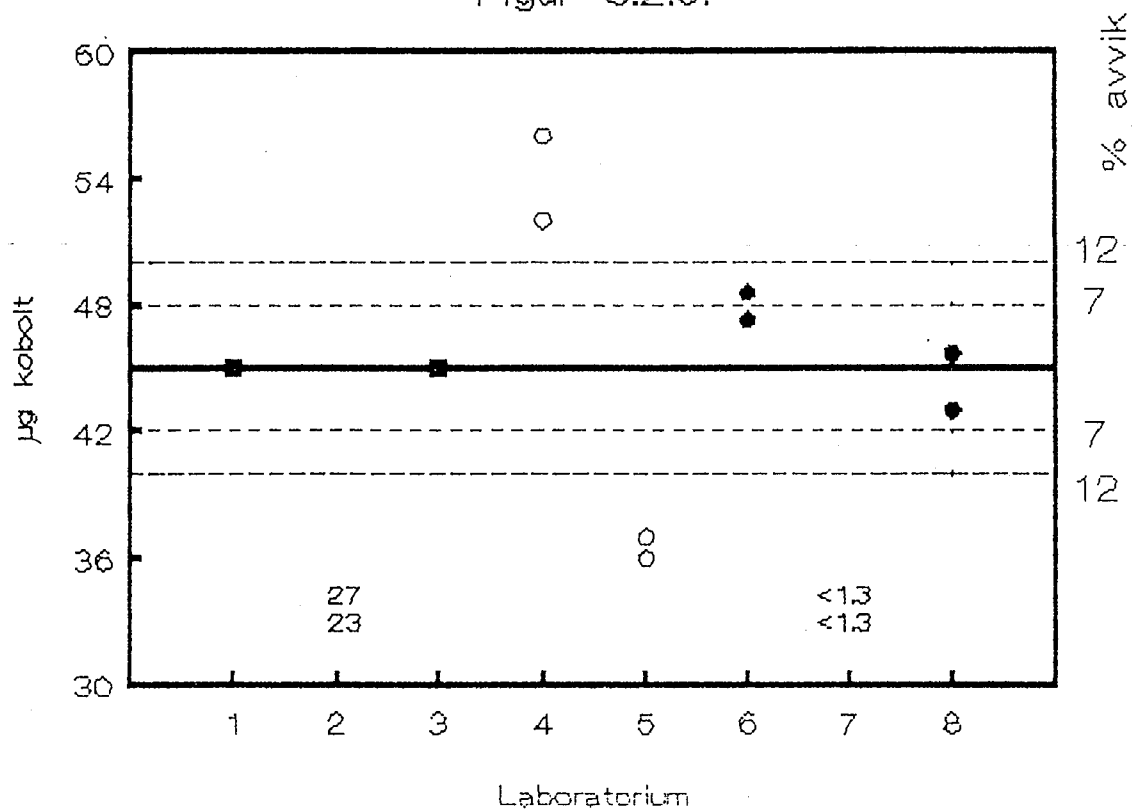
REFERANSEFILTER – KOBOLT

Figur C.1.5.



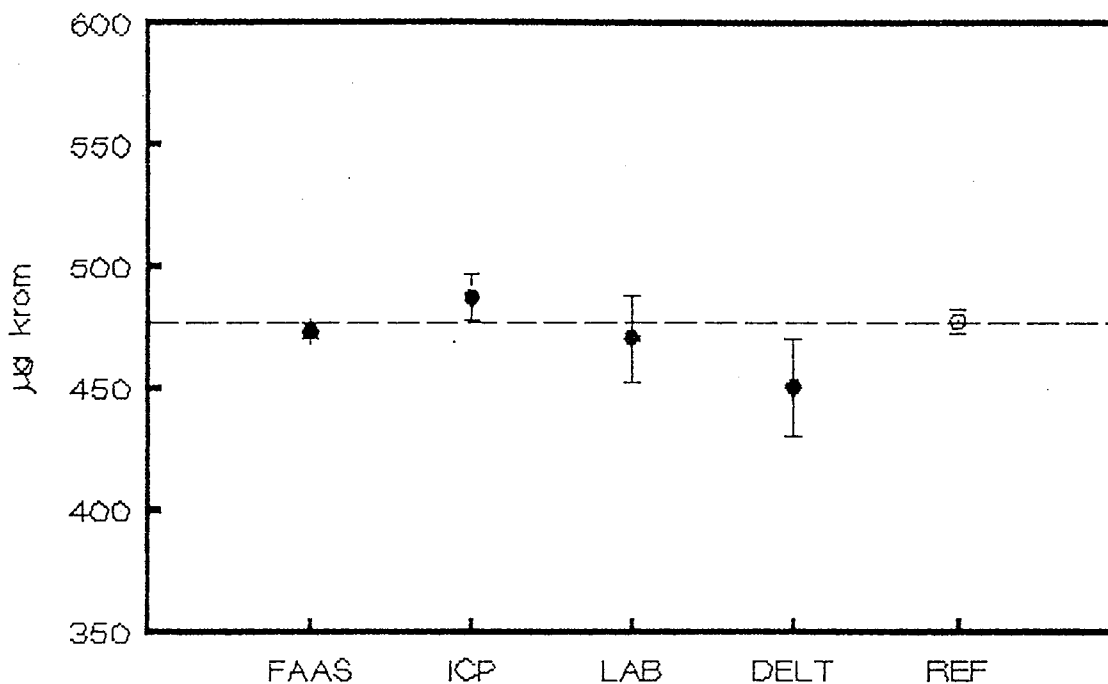
REFERANSEVERDI: 45 µg

Figur C.2.5.



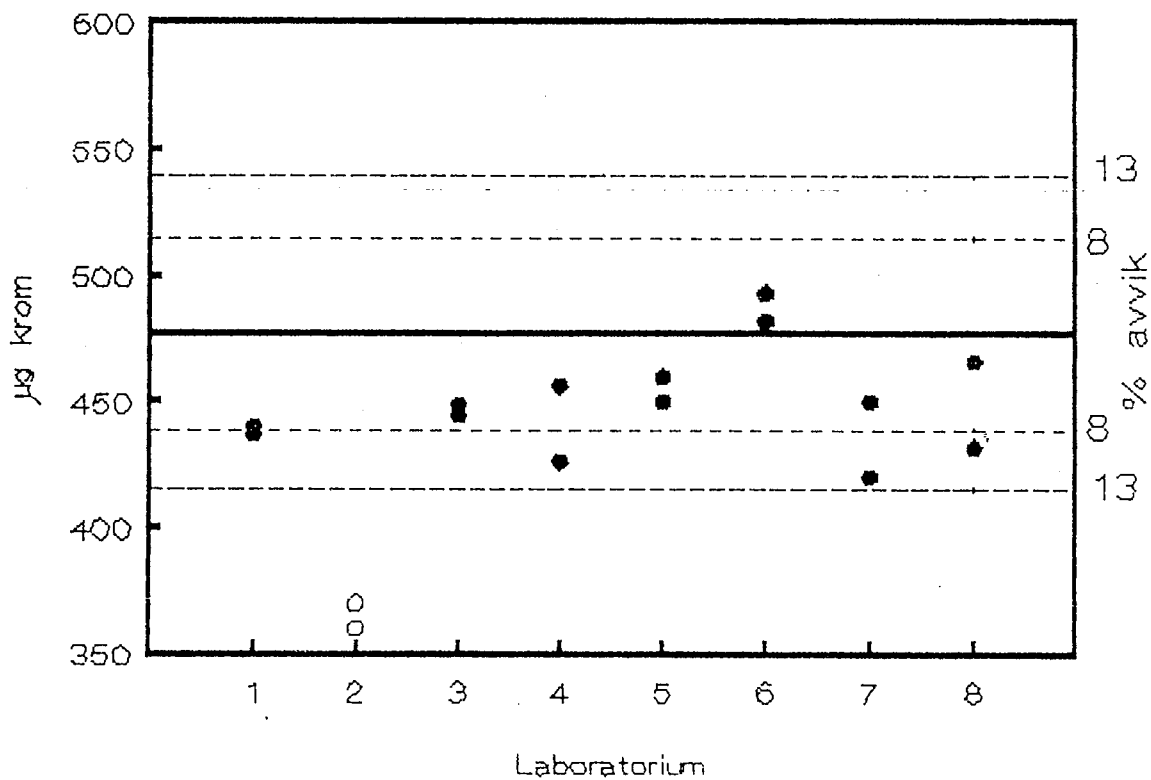
REFERANSEFILTER – KROM

Figur C.1.6.



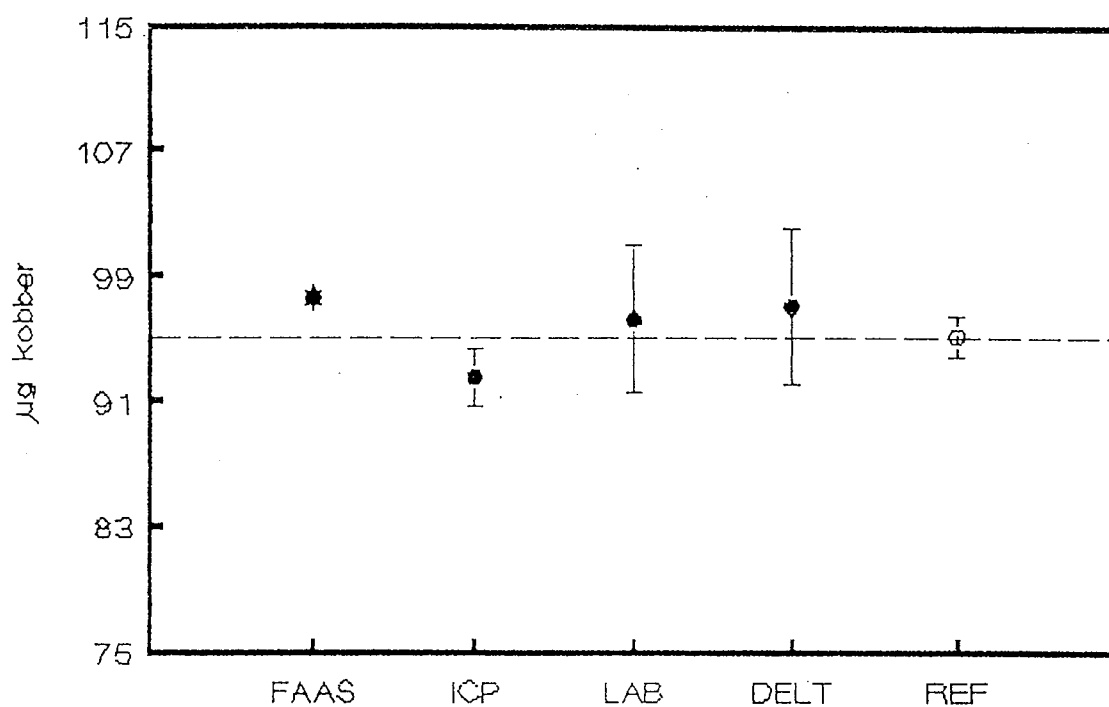
REFERANSEVERDI: 477 µg

Figur C.2.6.



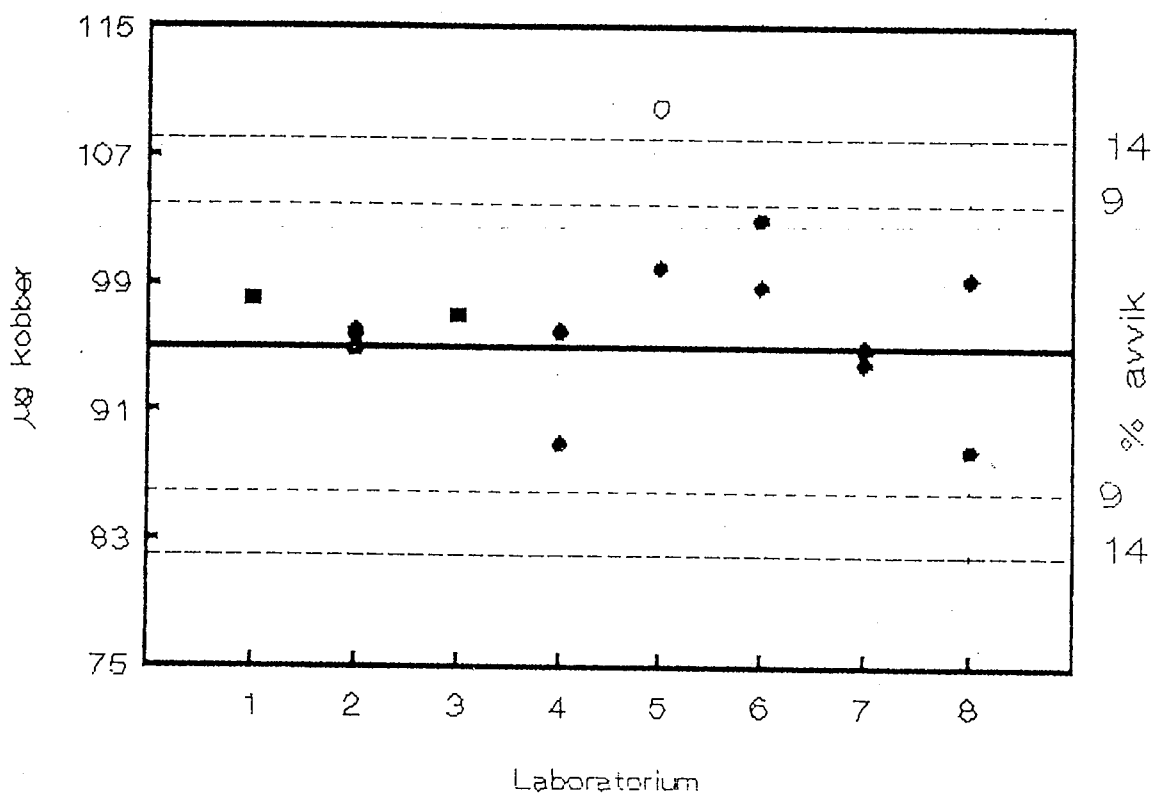
REFERANSEFILTER - KOBBER

Figur C.1.7.



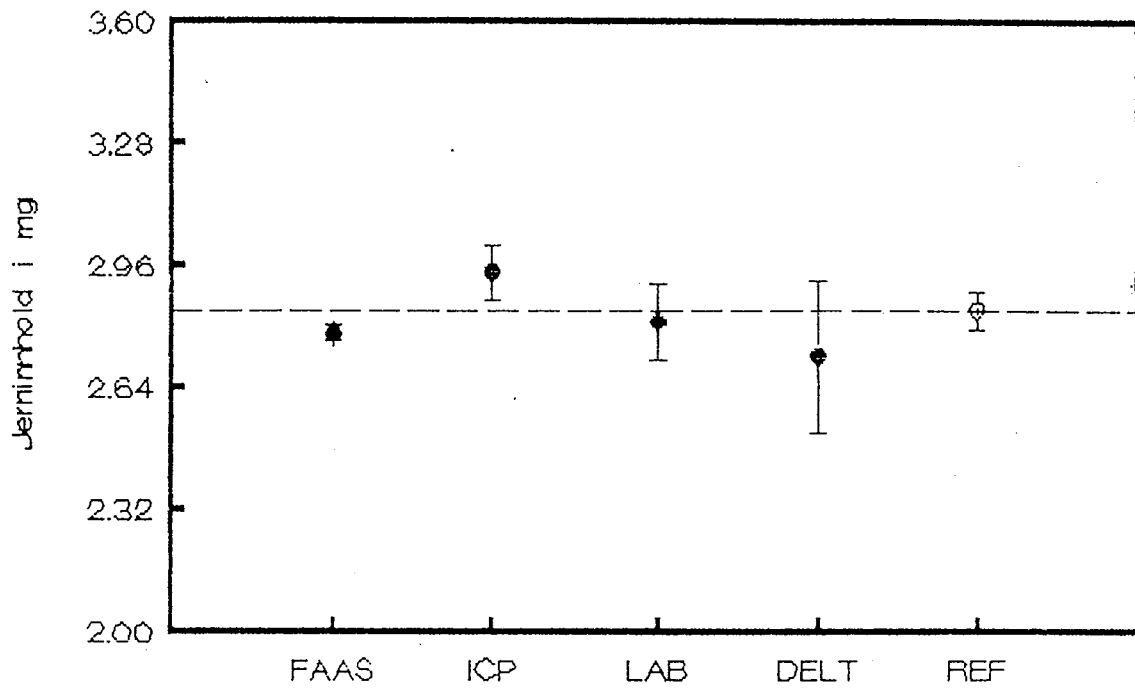
REFERANSEVERDI: 95 µg

Figur C.2.7.



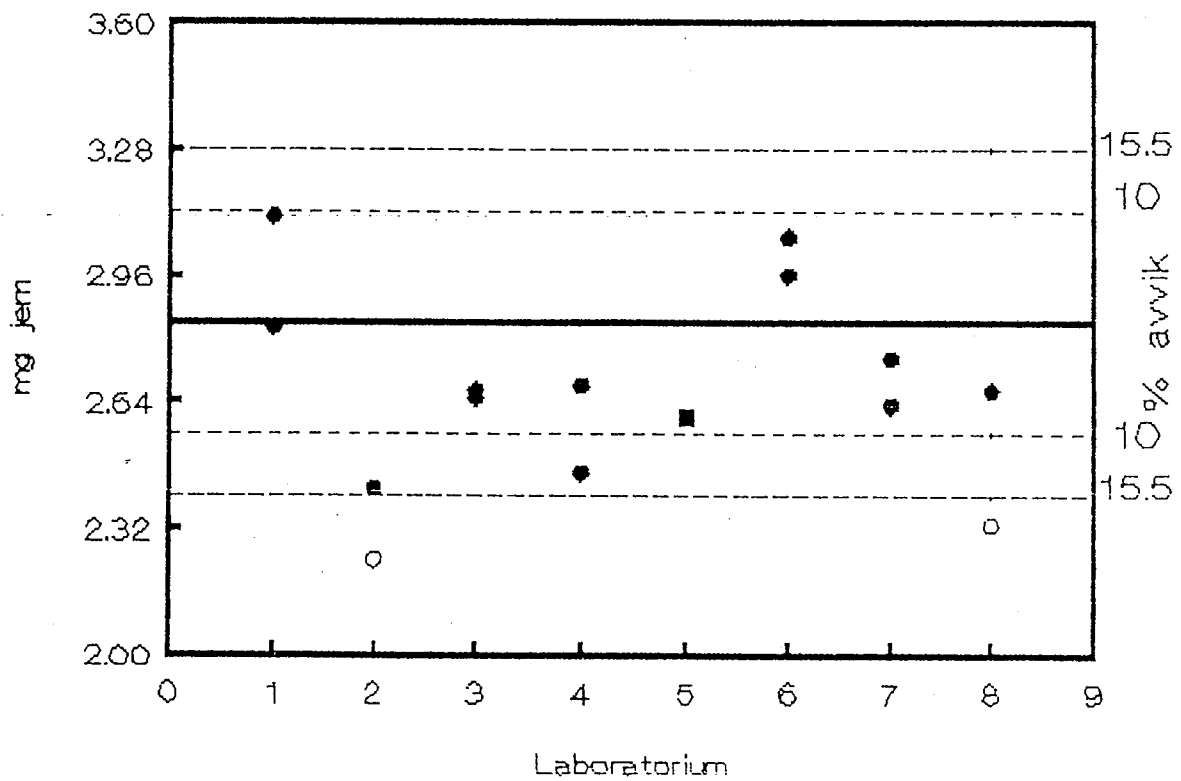
REFERANSEFILTER – JERN

Figur C.1.8.

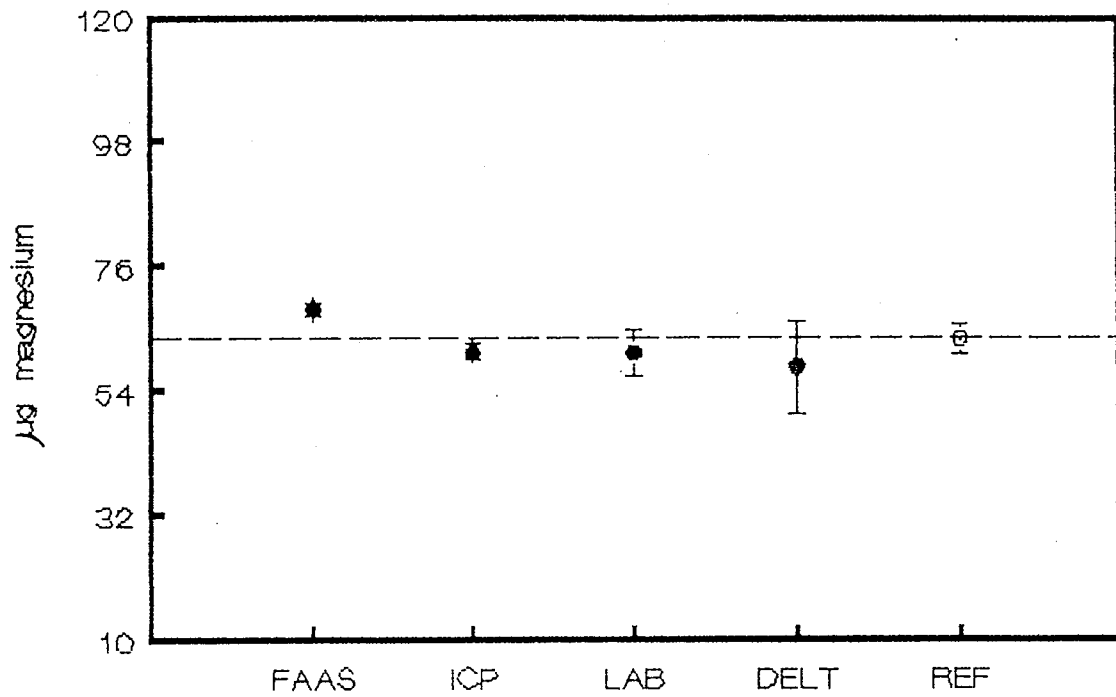


REFERANSEVERDI: 2.84 mg

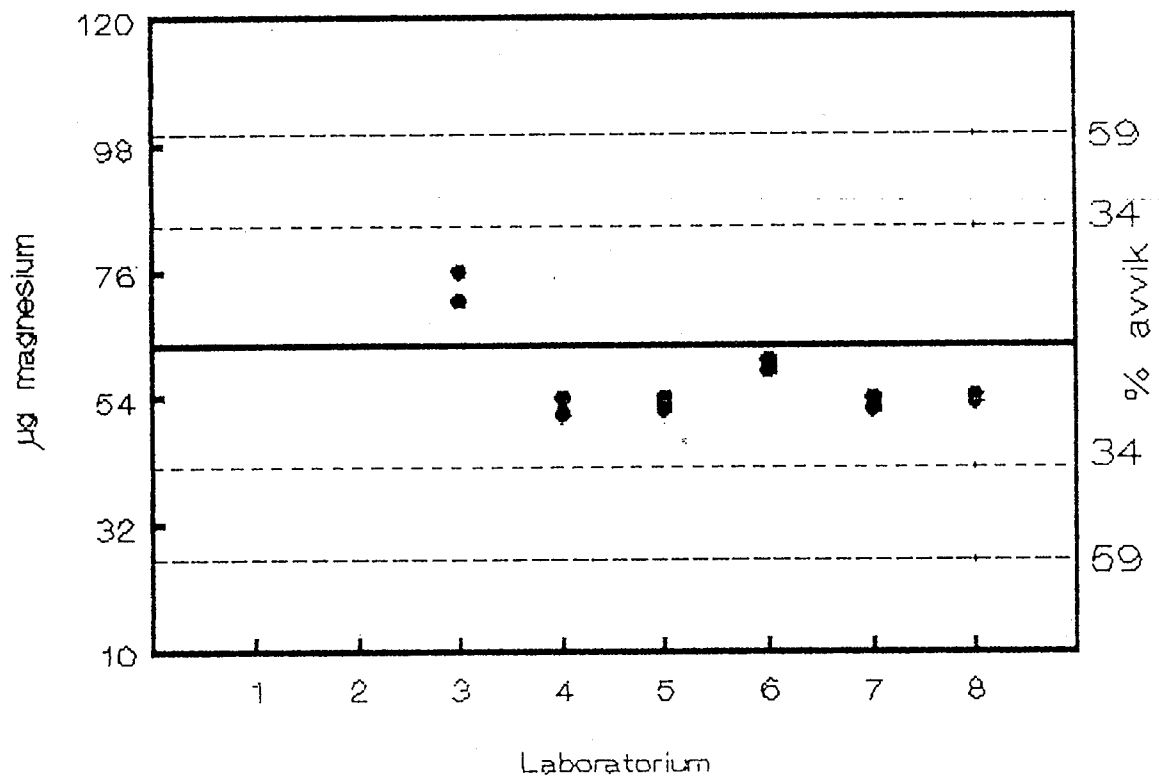
Figur C.2.8.



REFERANSEFILTER – MAGNESIUM
Figur C.1.9.

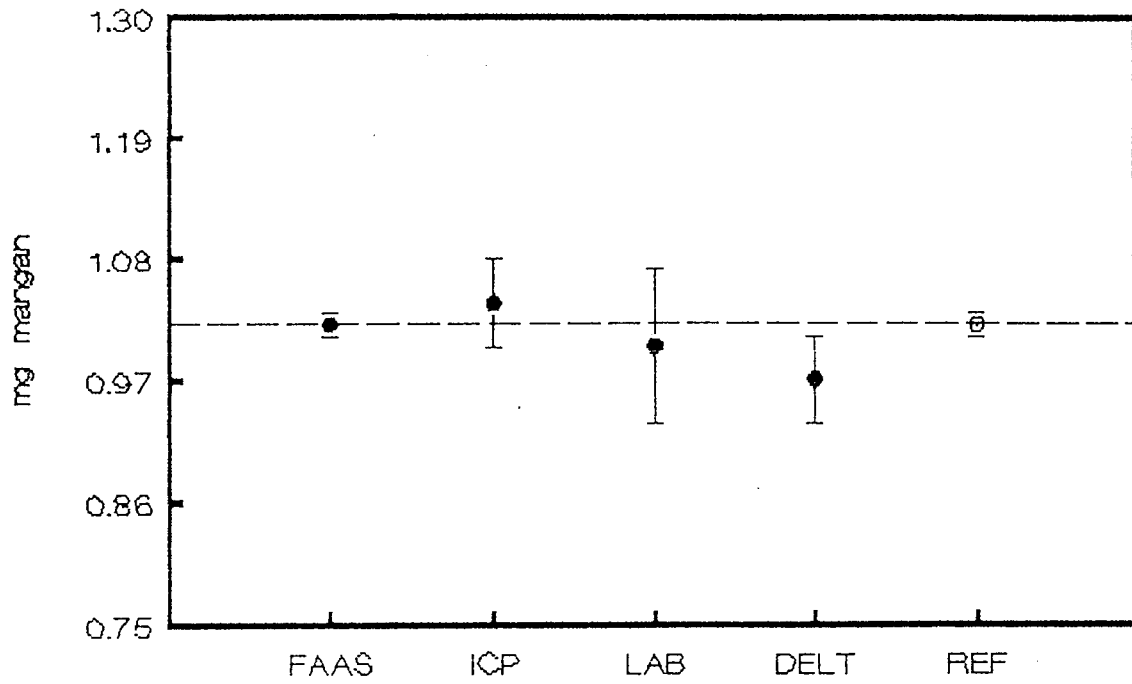


REFERANSEVERDI: 63 µg
Figur C.2.9.



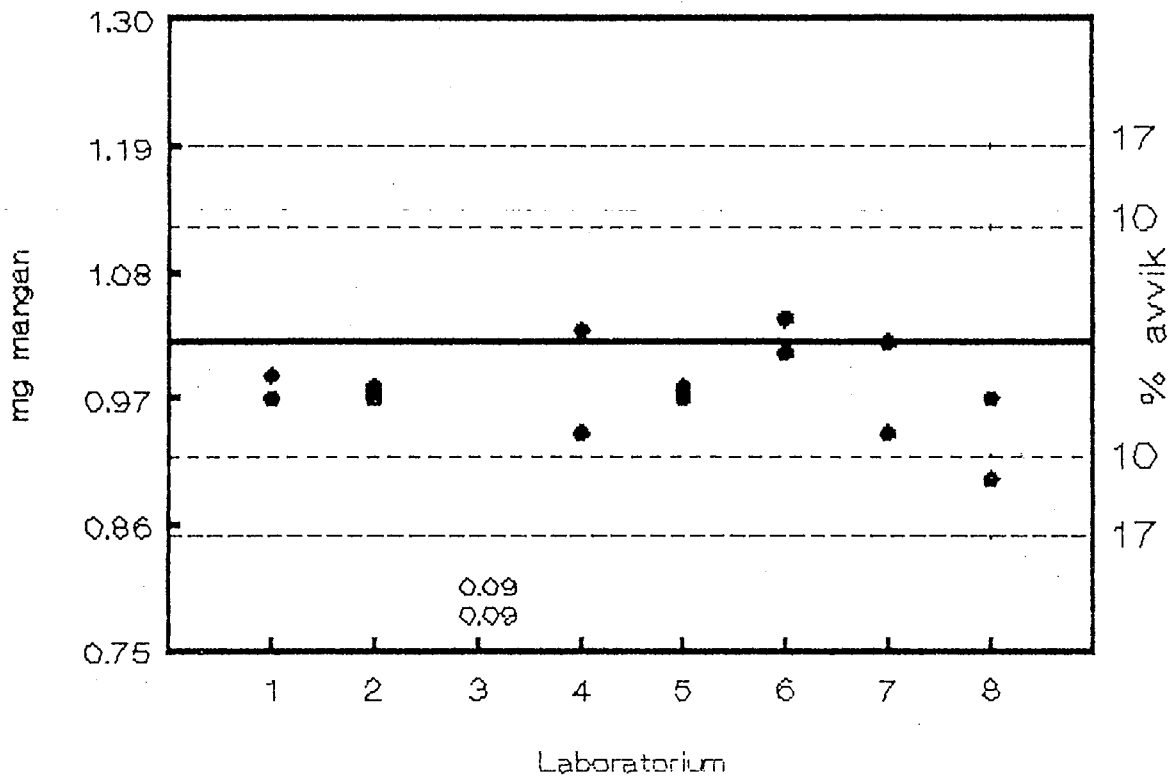
REFERANSEFILTER – MANGAN

Figur C.1.10.



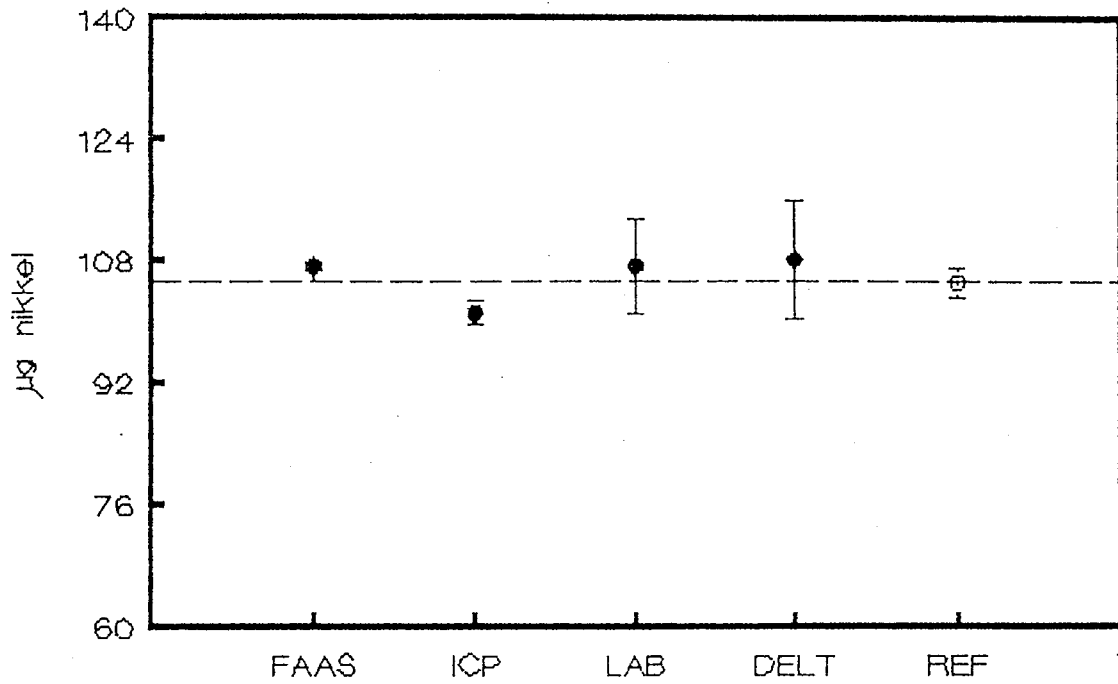
REFERANSEVERDI: 1.02 mg

Figur C.2.10.



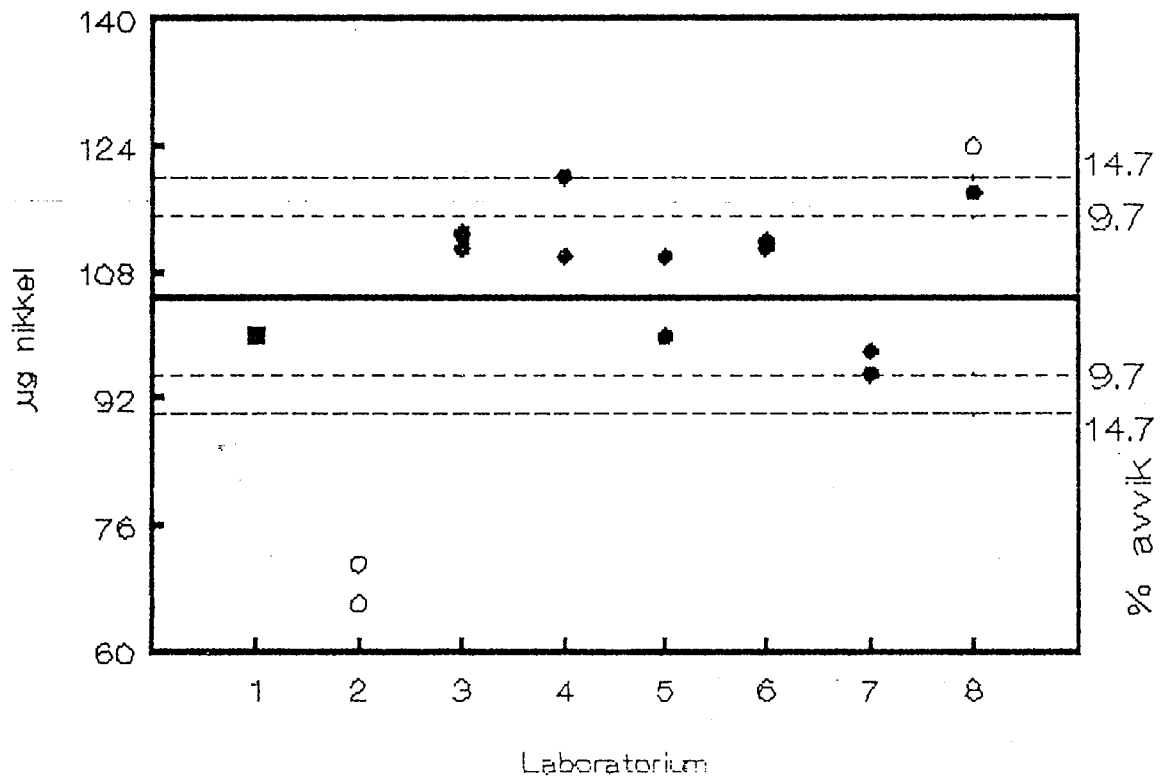
REFERANSEFILTER – NIKKEL

Figur C.1.11.



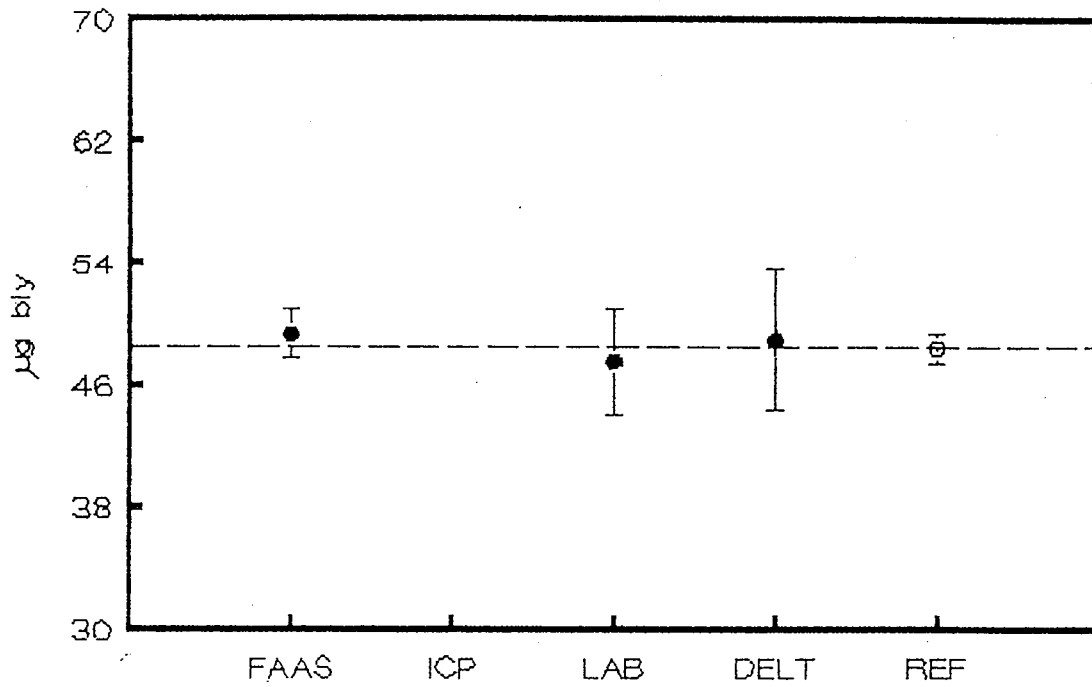
REFERANSEVERDI: 105 µg

Figur C.2.11.



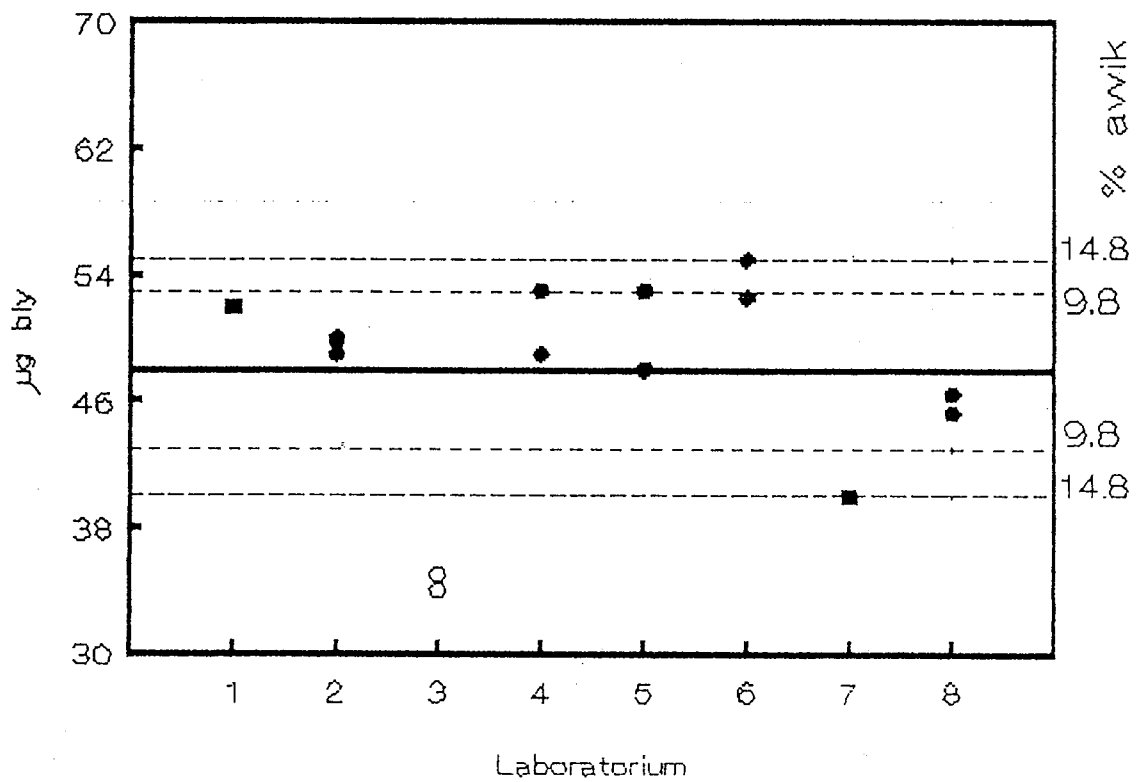
REFERANSEFILTER - BLY

Figur C.1.12.



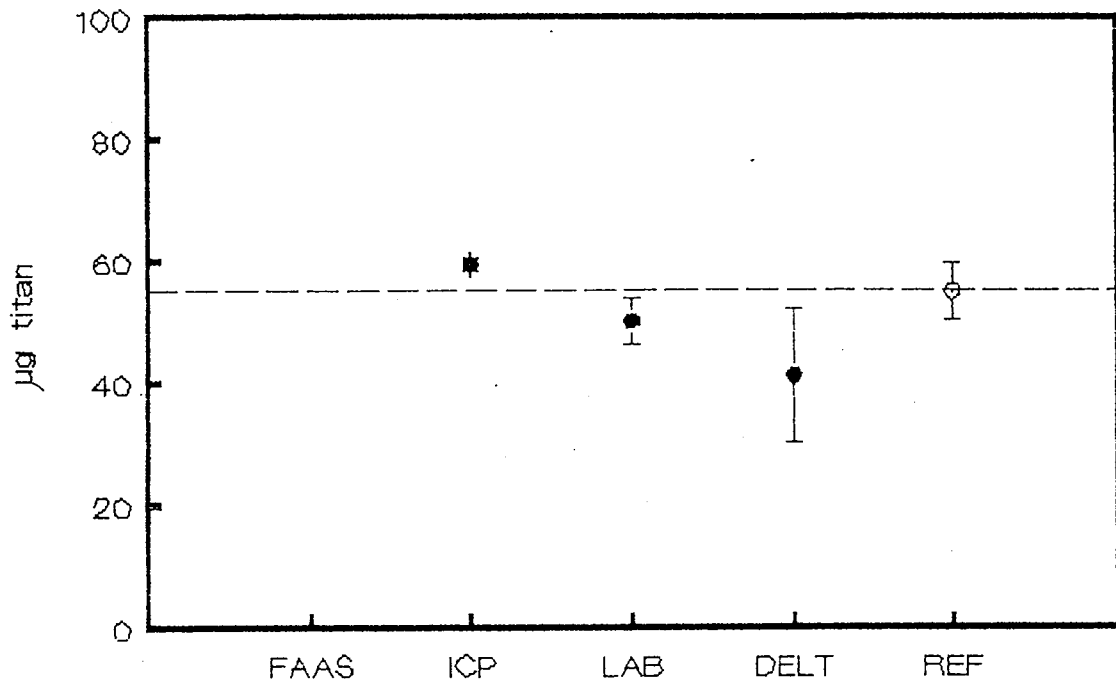
REFERANSEVERDI: 48 µg

Figur C.2.12.



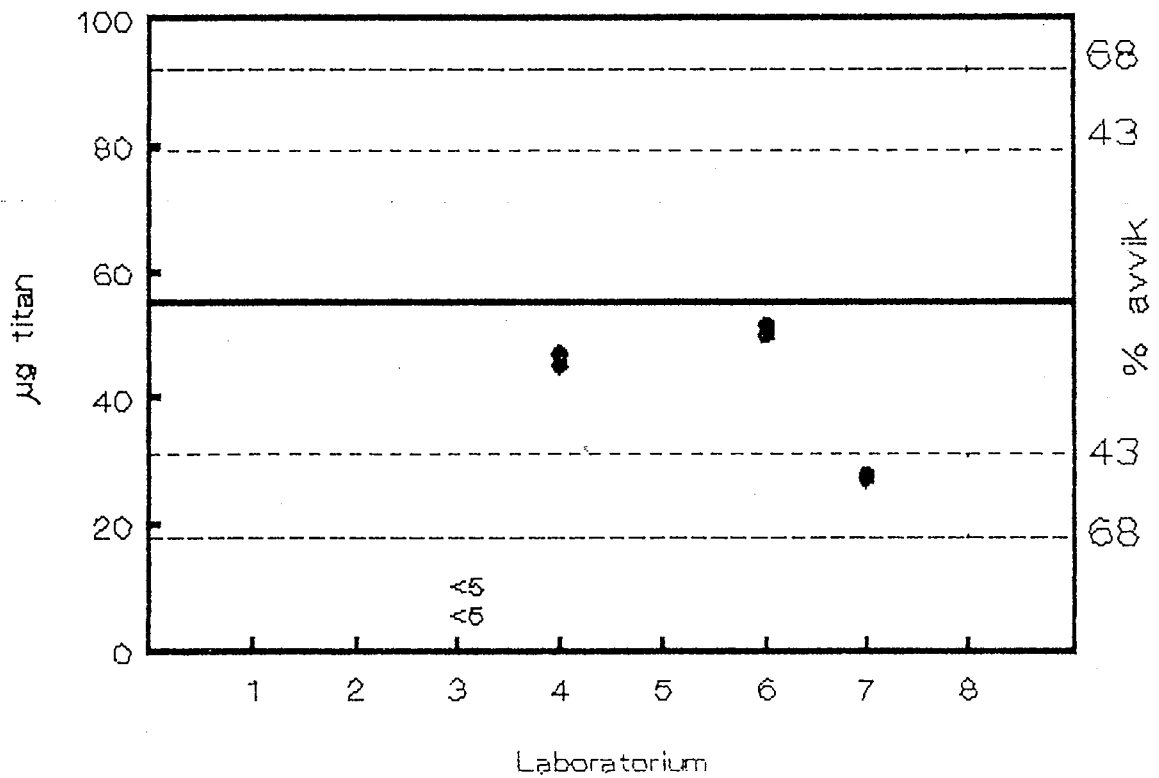
REFERANSEFILTER – TITAN

Figur C.1.13.



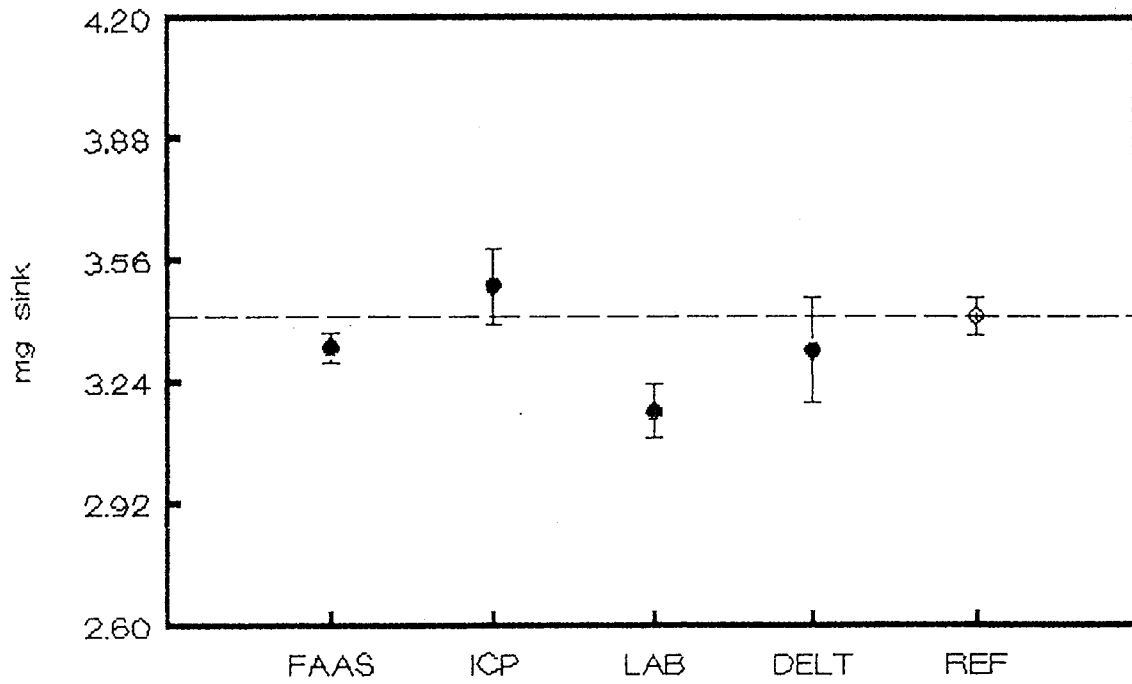
REFERANSEVERDI: 55 µg

Figur C.2.13.



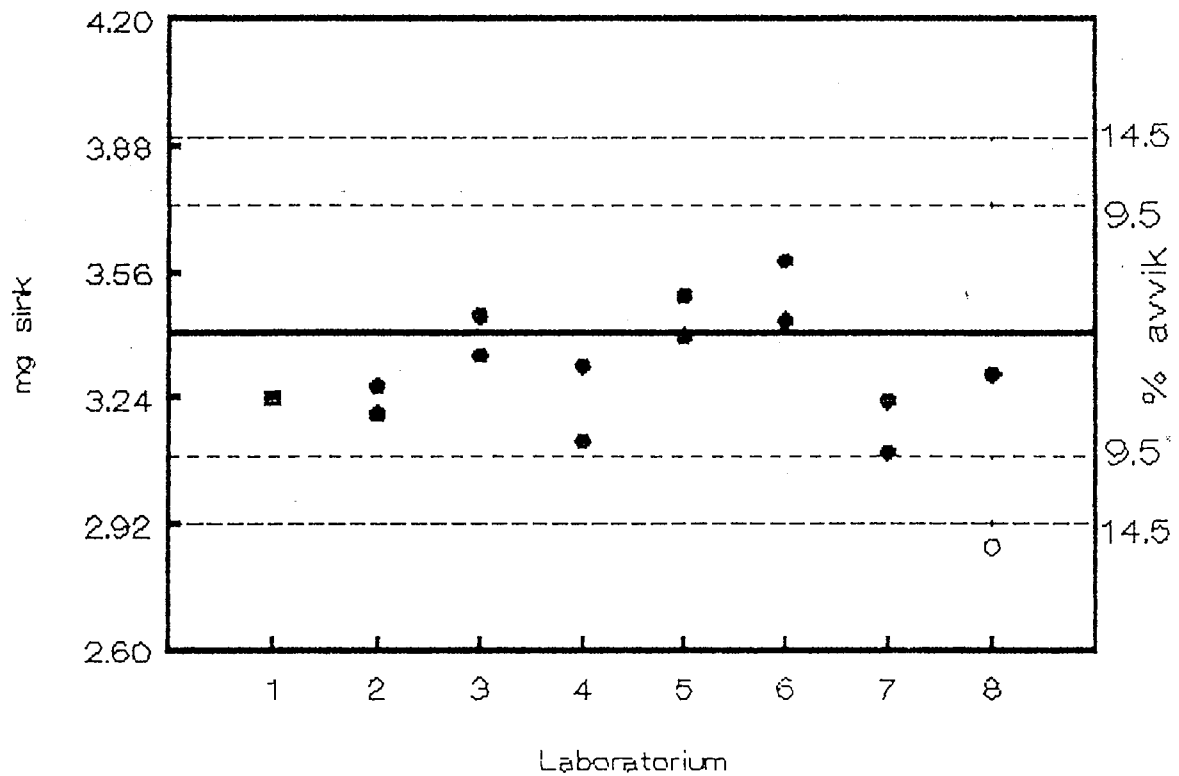
REFERANSEFILTER - SINK

Figur C.1.14.



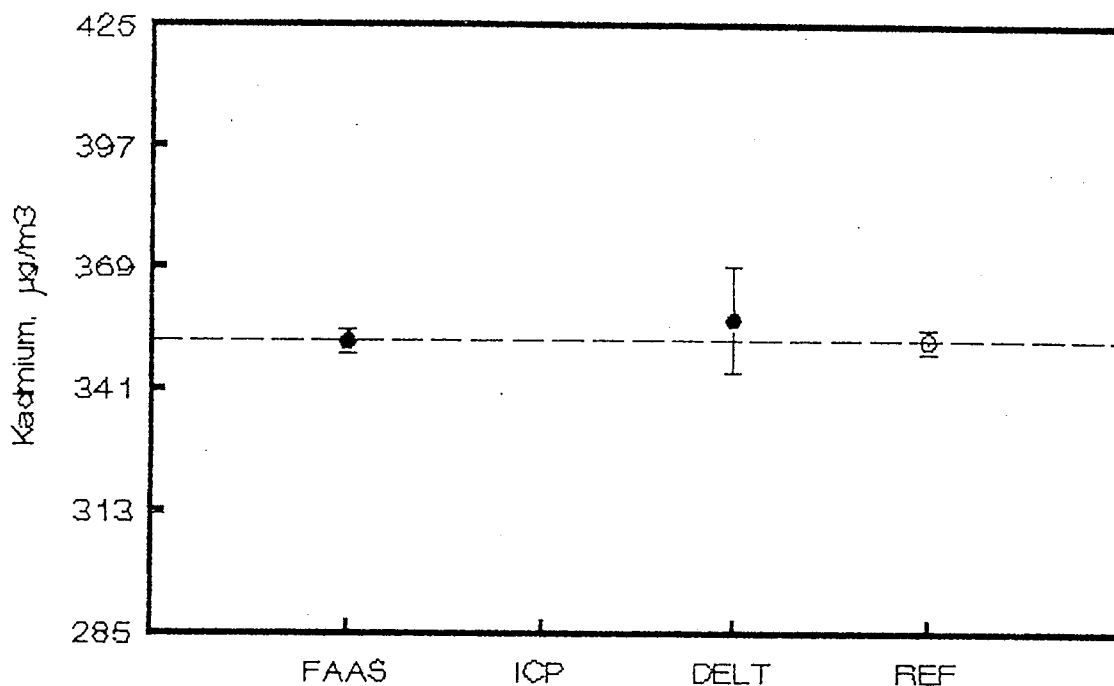
REFERANSEVERDI: 3.41 mg

Figur C.2.14.



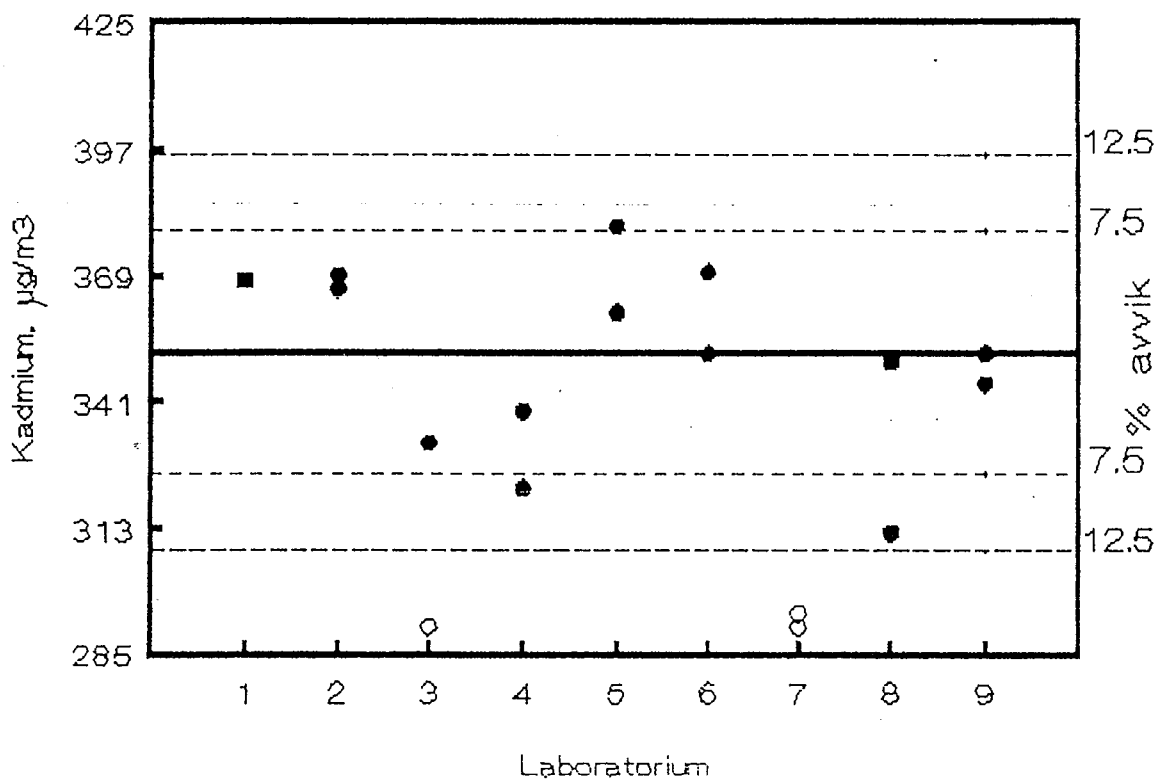
SVEISERØYK - KADMIIUM

Figur C.1.15.



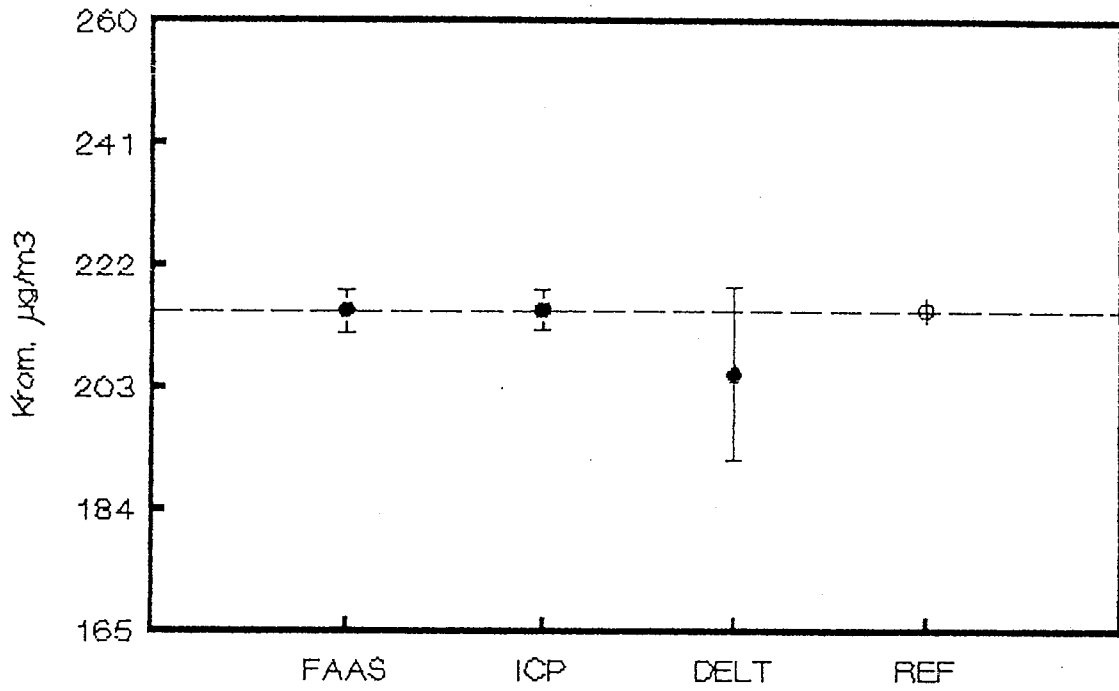
REFERANSEVERDI: 352 µg/m³

Figur C.2.15.



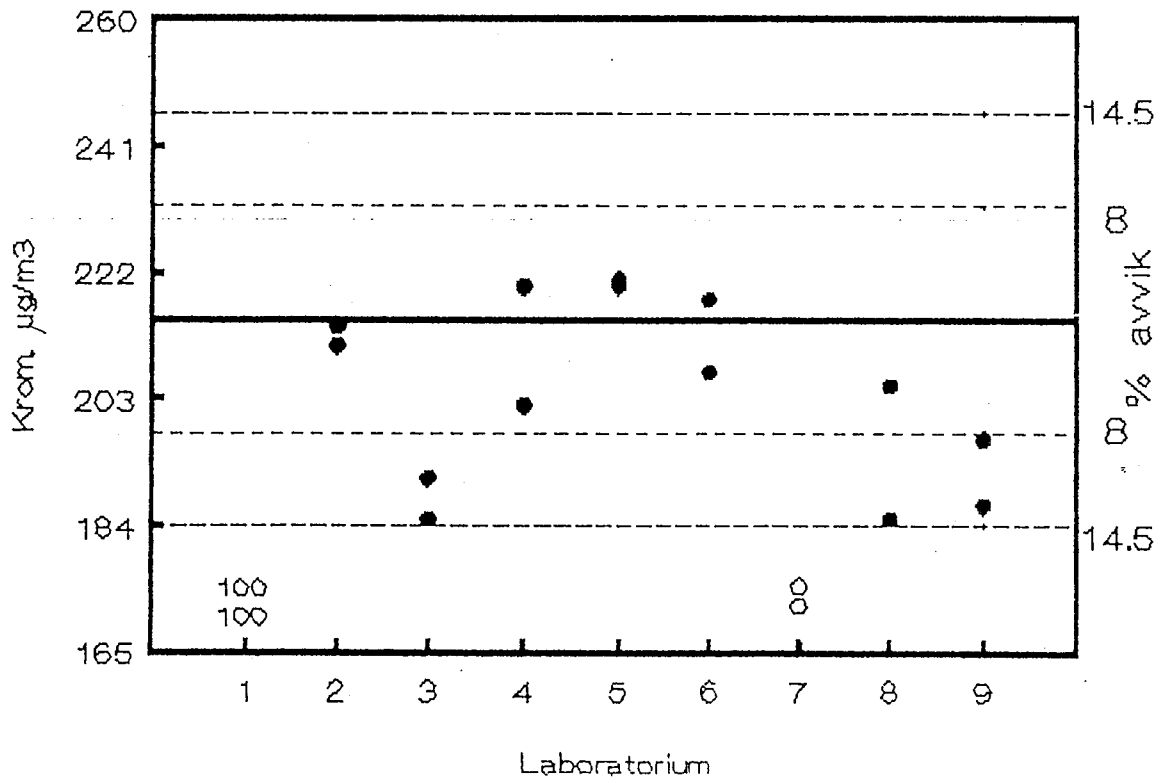
SVEISERØYK - KROM

Figur C.1.16.



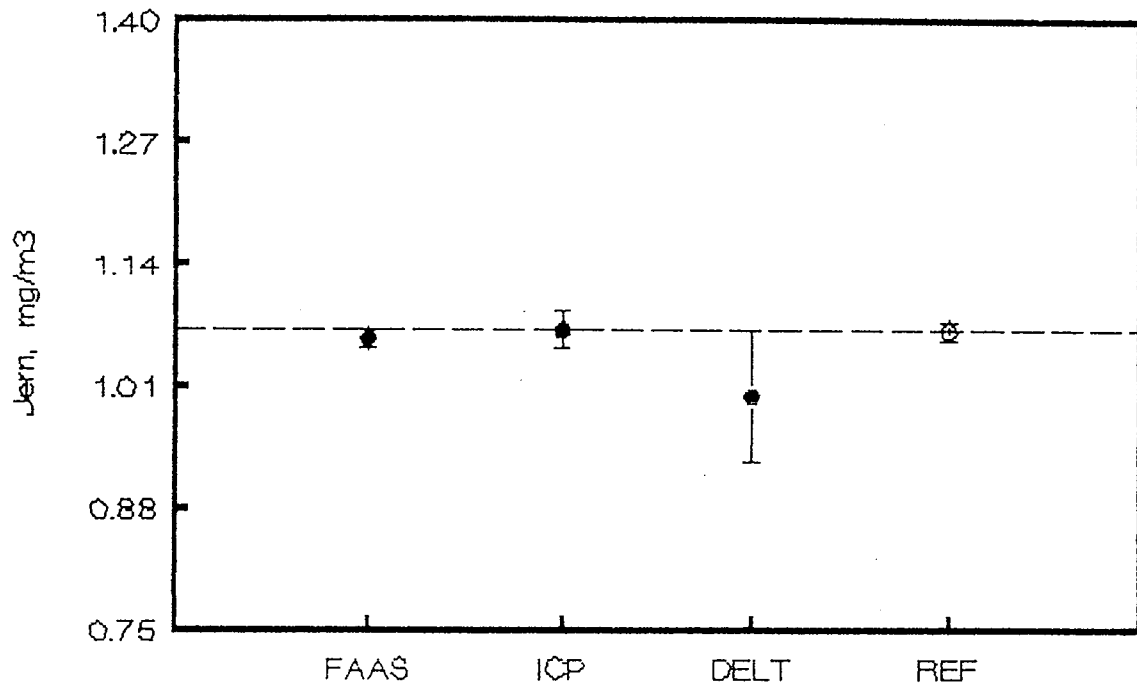
REFERANSEVERDI: 215 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Figur C.2.16.



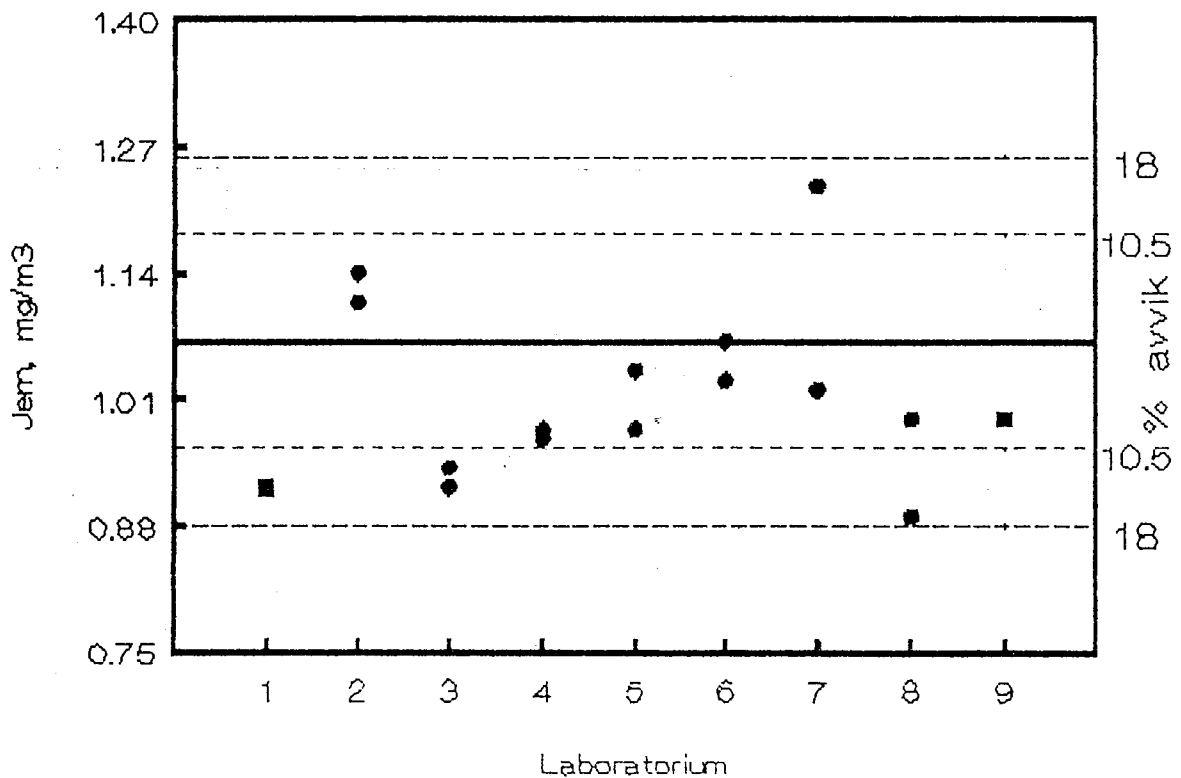
SVEISERØYK – JERN

Figur C.1.17.



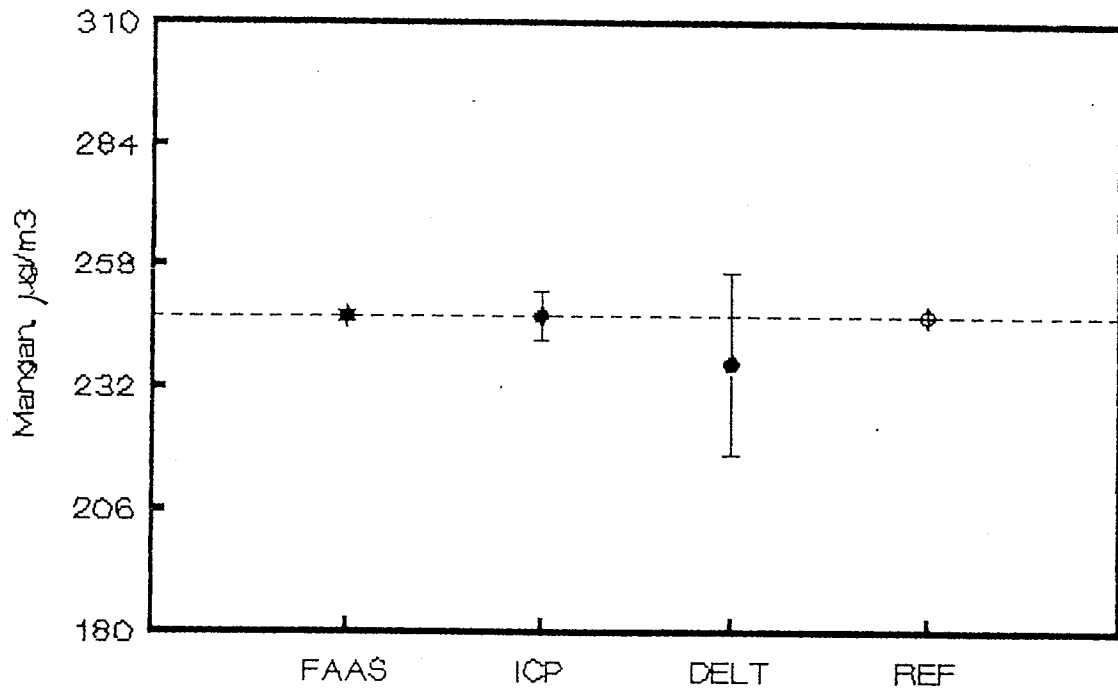
REFERANSEVERDI: 1.07 mg/m³

Figur C.2.17.



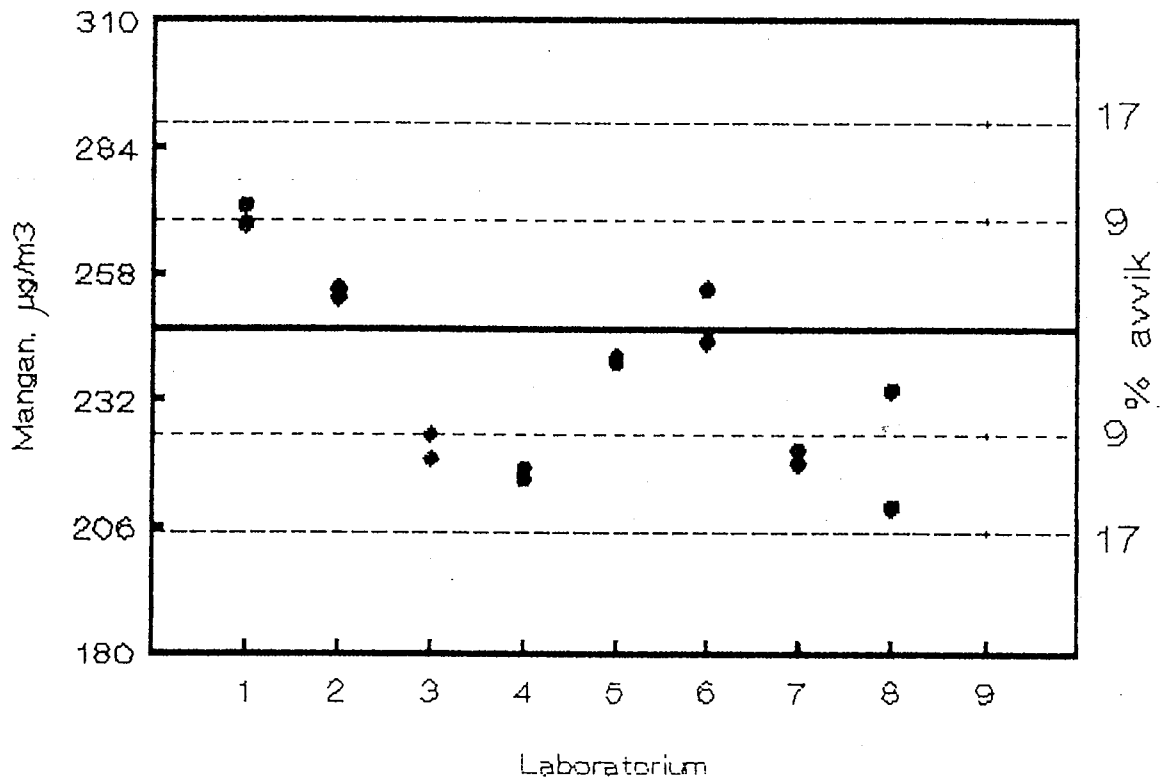
SVEISERØYK – MANGAN

Figur C.1.18.



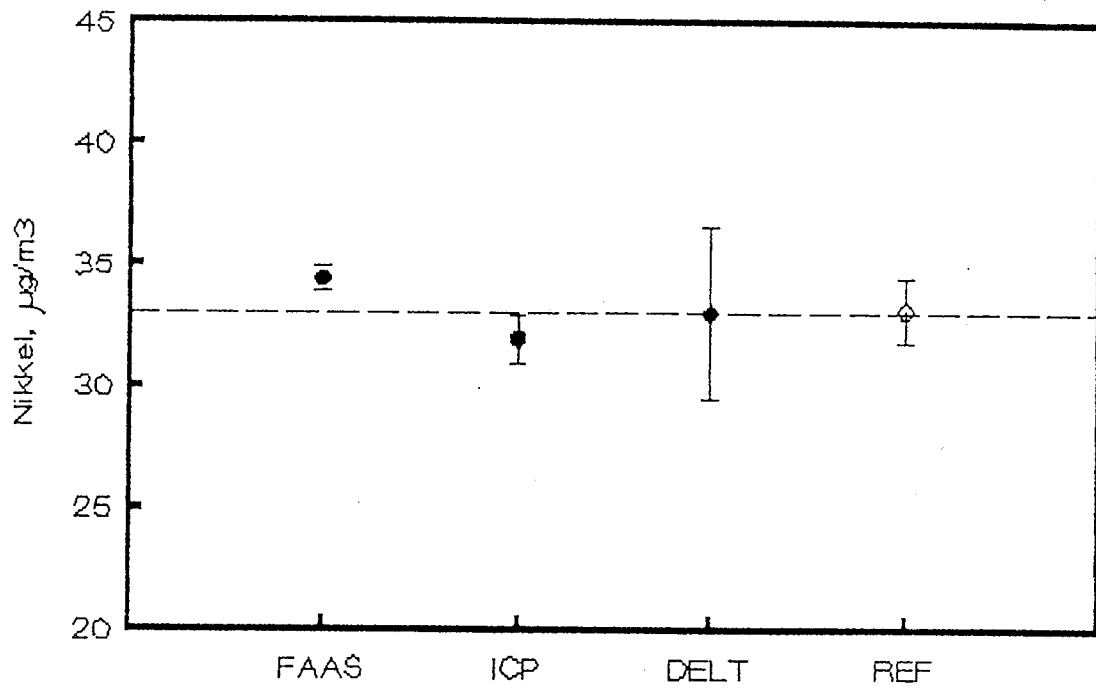
REFERANSEVERDI: 247 µg/m³

Figur C.2.18.



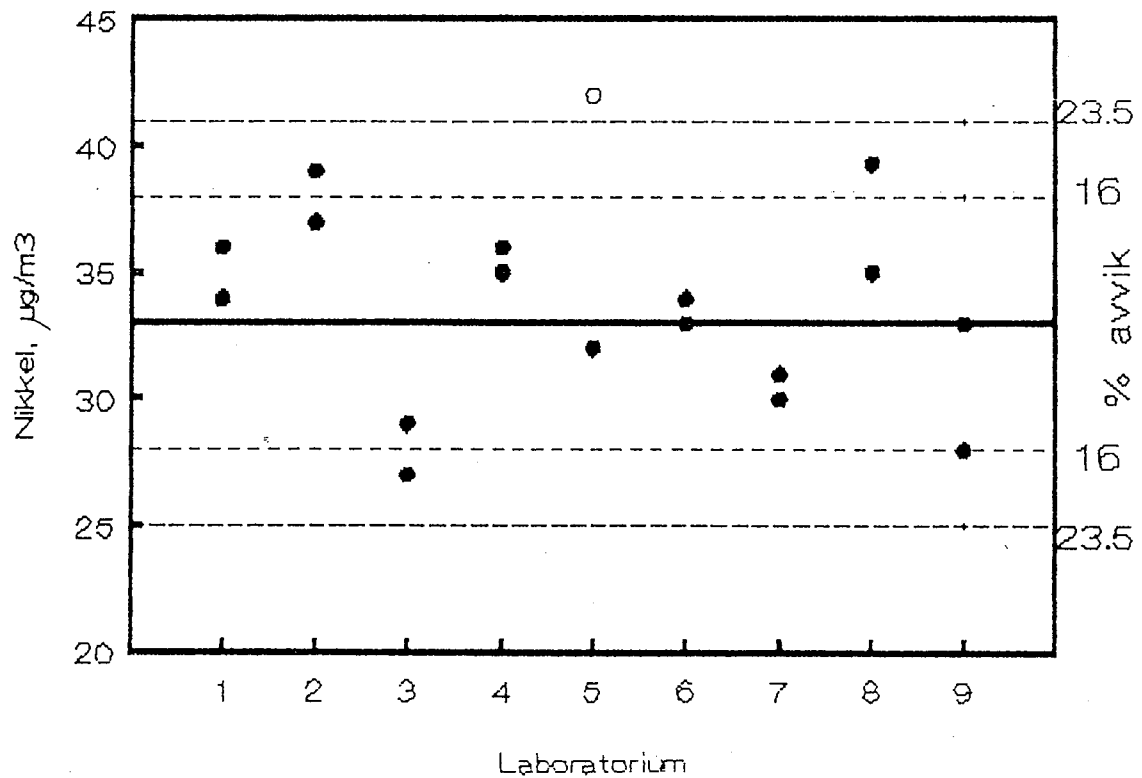
SVEISERØYK – NIKKEL

Figur C.1.19.

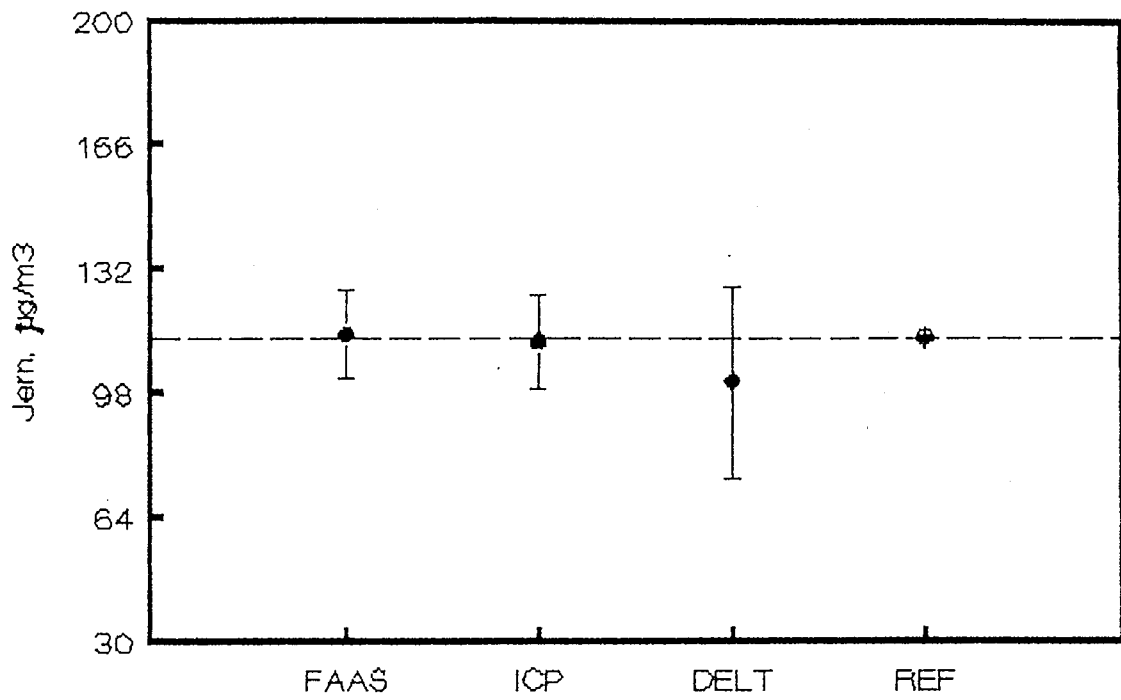


REFERANSEVERDI: 33 µg/m³

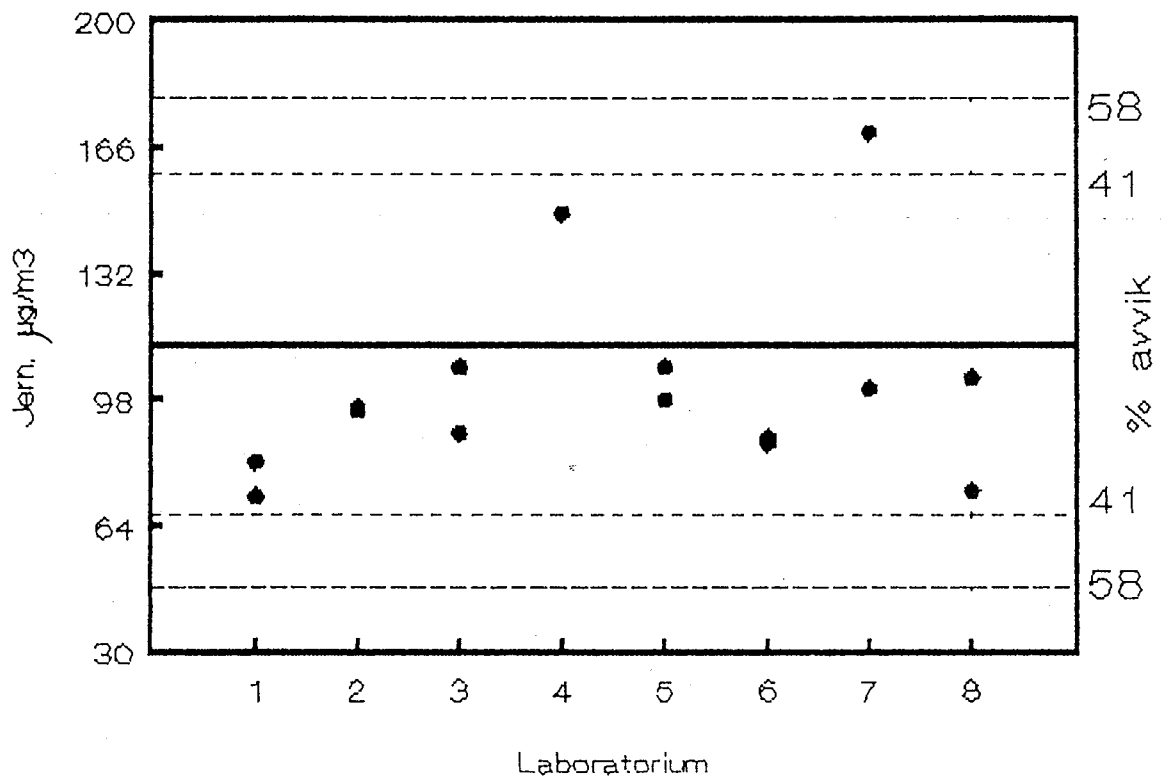
Figur C.2.19.



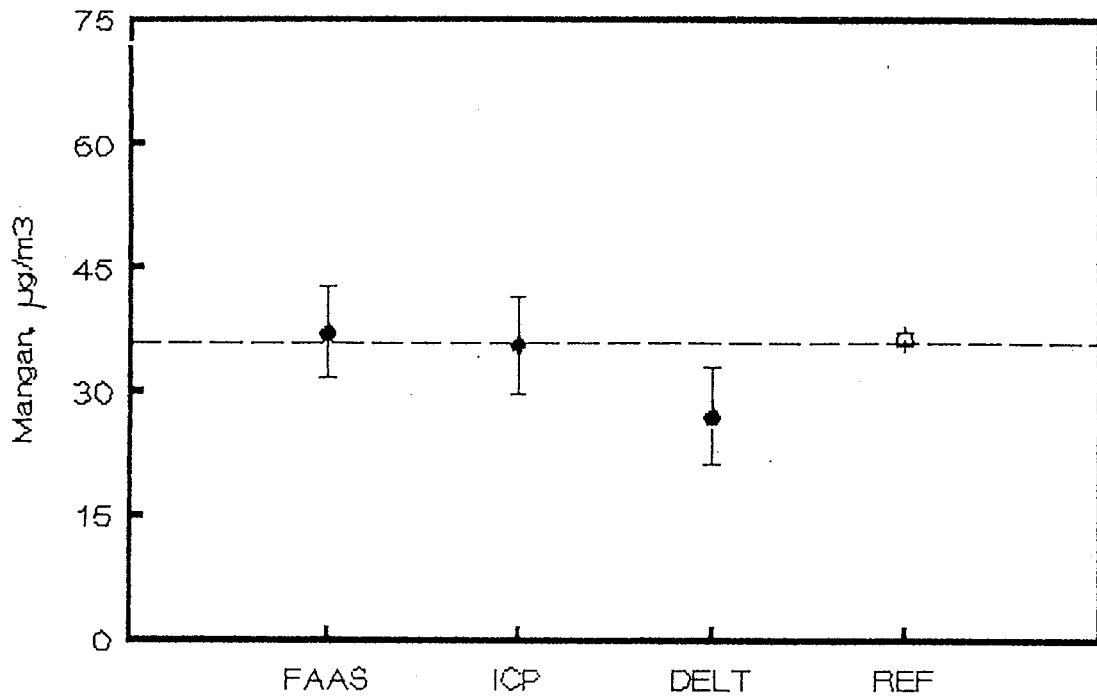
SMELTING AV SKRAPJERN - JERN
Figur C.1.20.



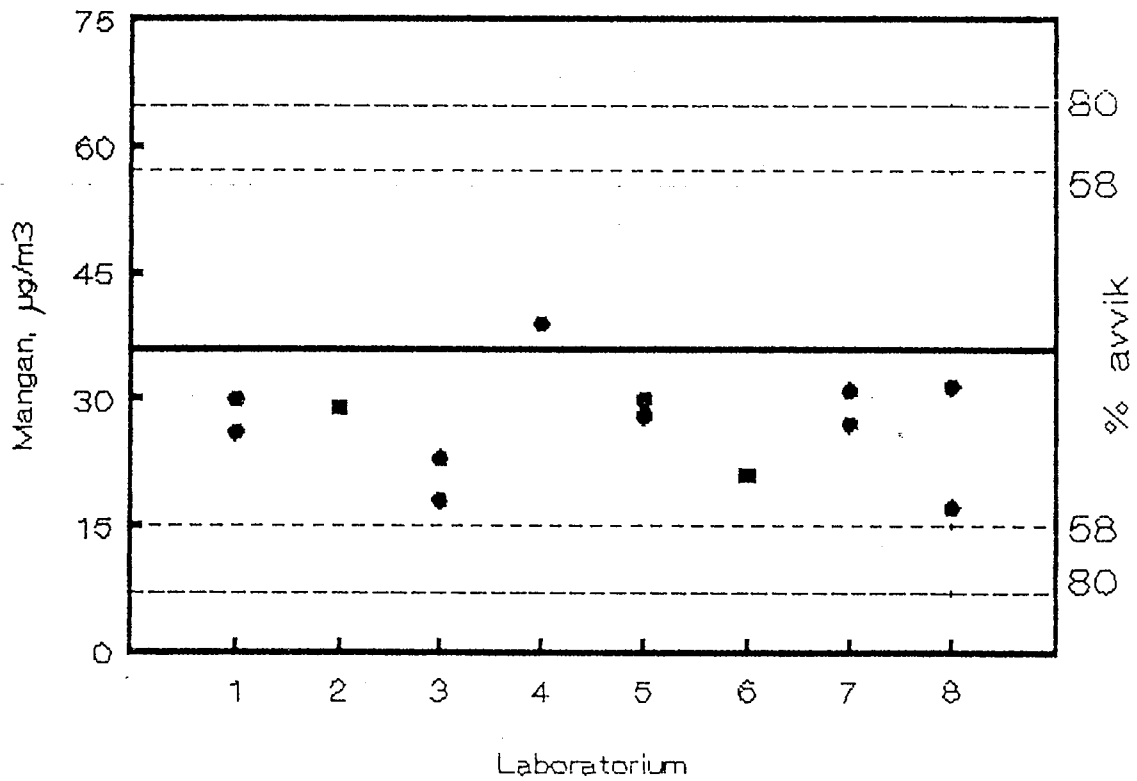
REFERANSEVERDI: 113 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Figur C.2.20.



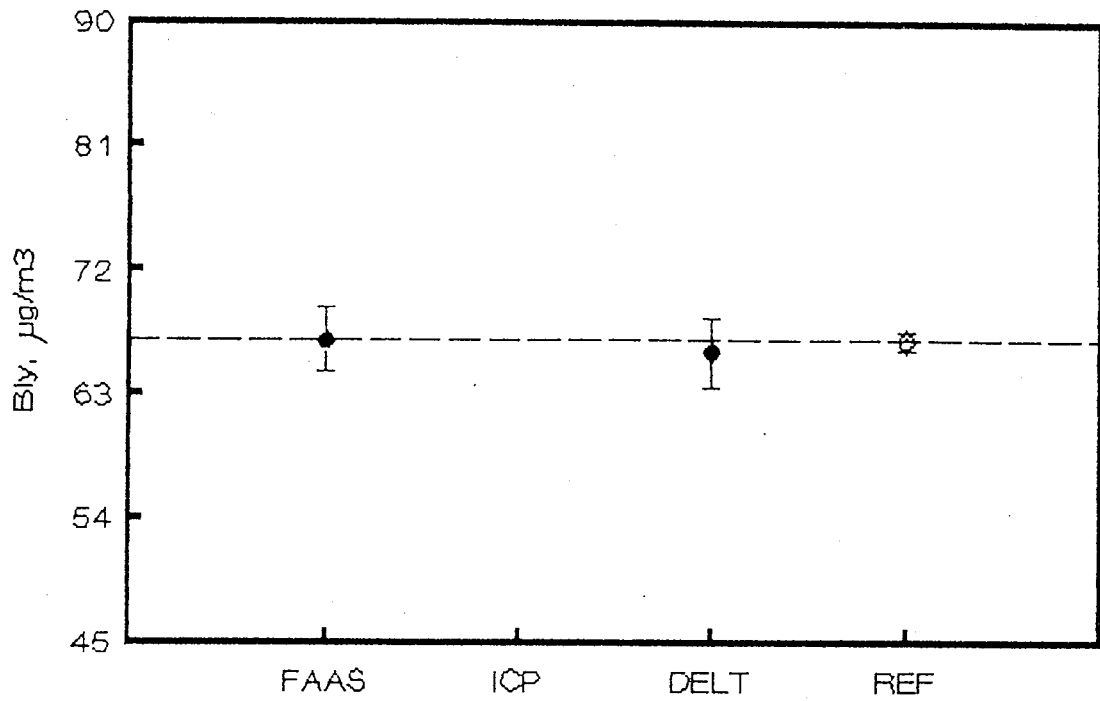
SMELTING AV SKRAPJERN - MANGAN
Figur C.1.21.



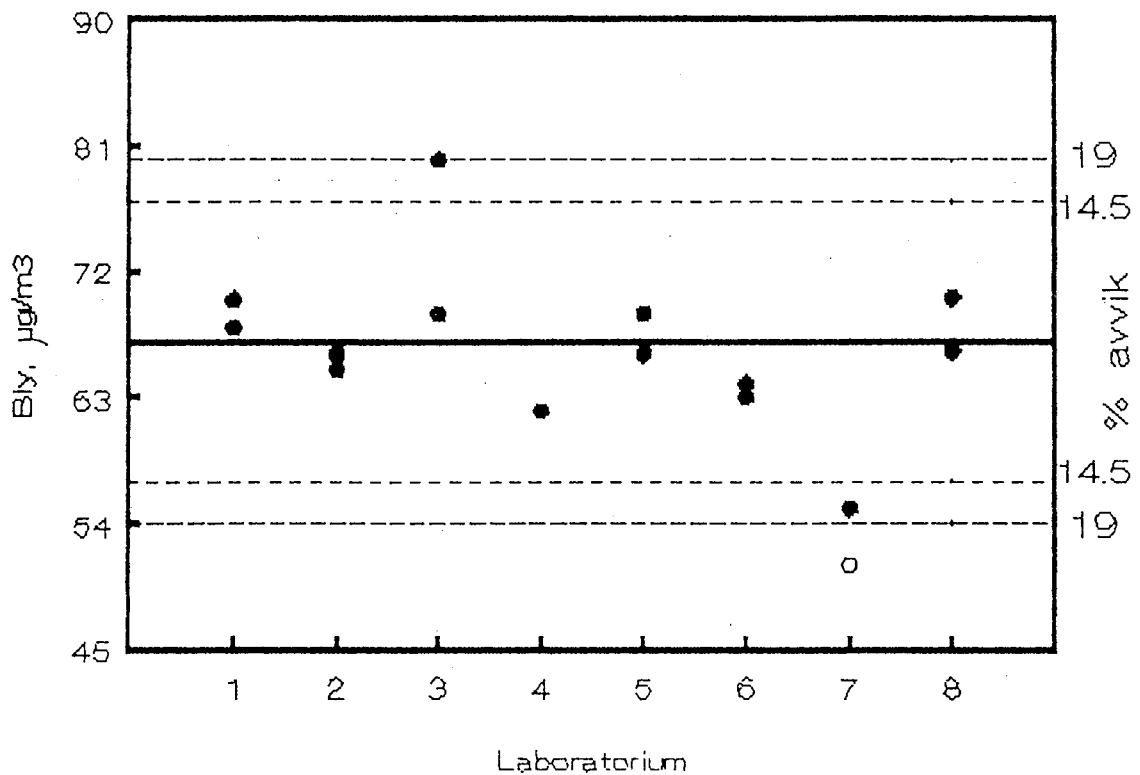
REFERANSEVERDI: 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Figur C.2.21.



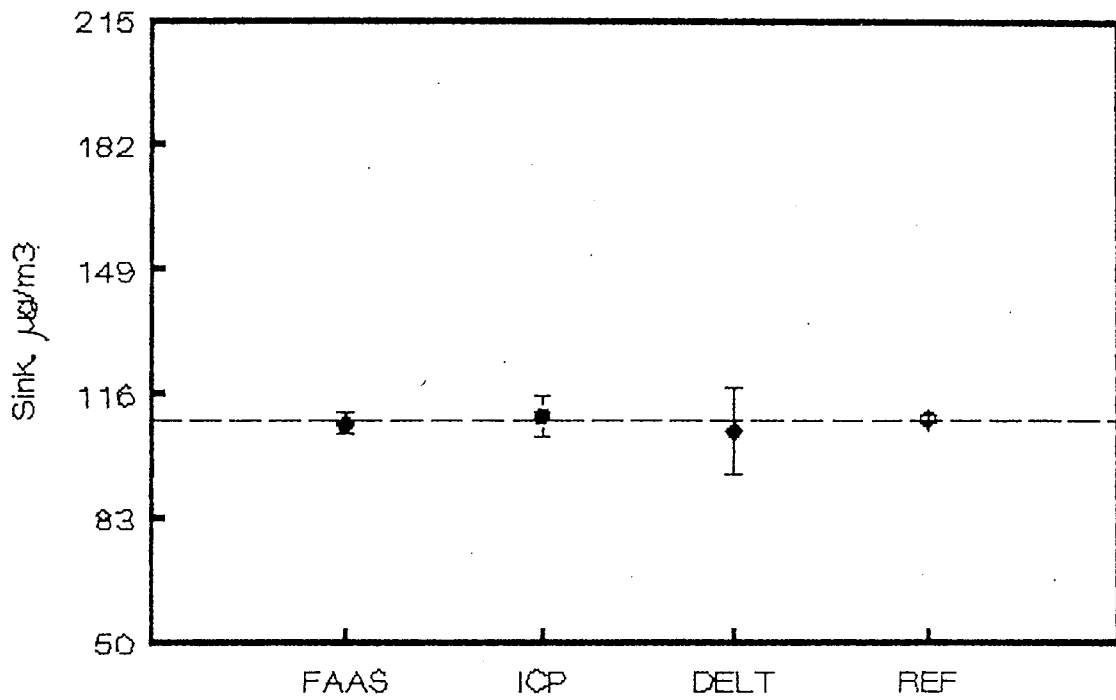
SMELTING AV SKRAPJERN - BLY
Figur C.1.22.



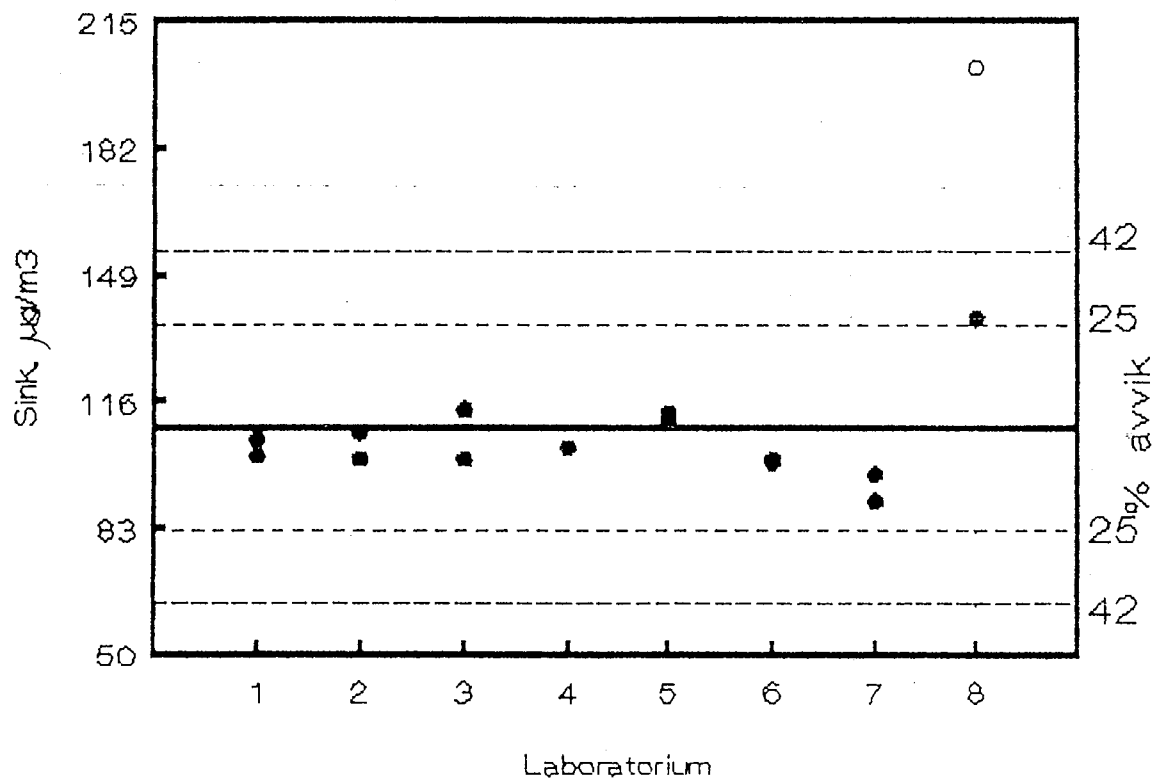
REFERANSEVERDI: $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Figur C.2.22.



SMELTING AV SKRAPJERN. - SINK
 Figur C.1.25.

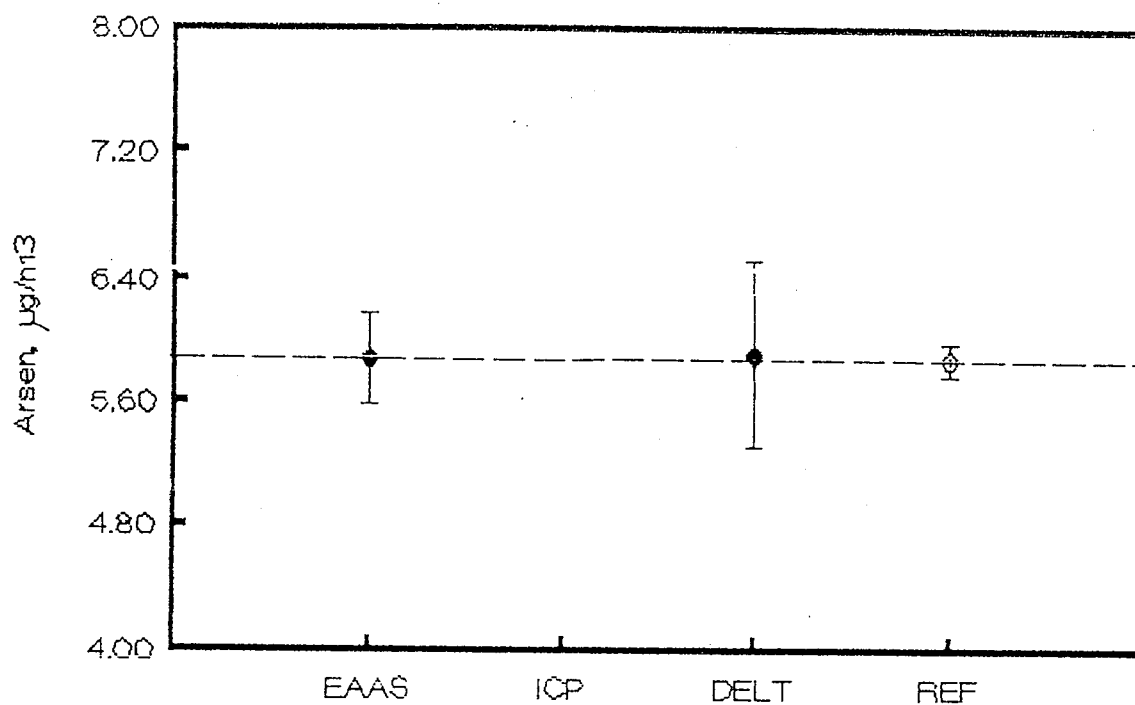


REFERANSEVERDI: 109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 Figur C.2.23.



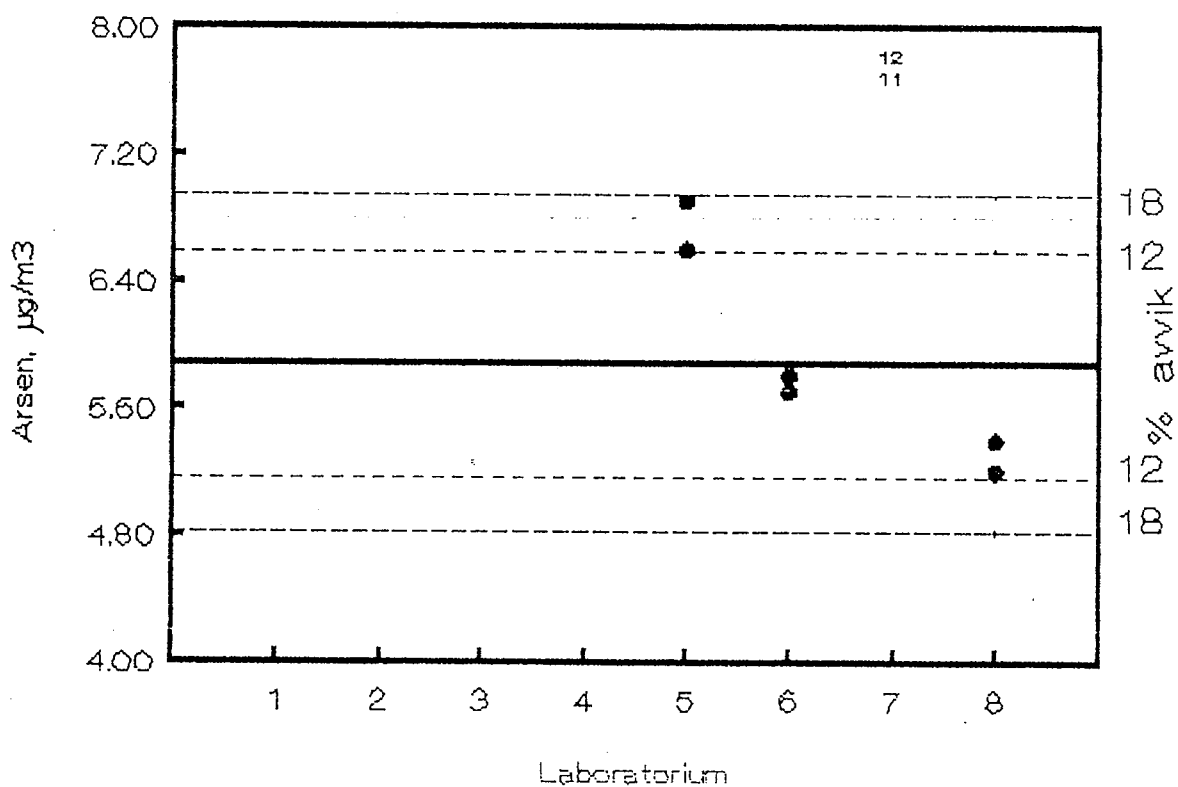
KRYSTALLPRODUKSJON - ARSEN

Figur C.1.24.



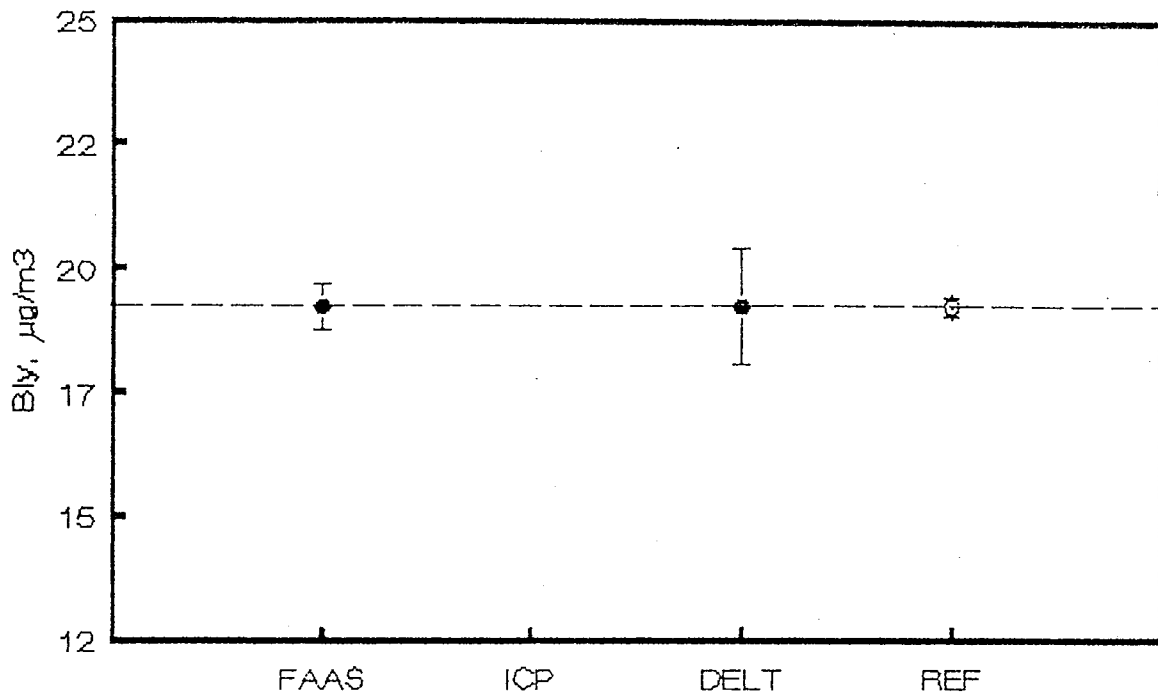
REFERANSEVERDI: 5.88 µg/m³

Figur C.2.24.



KRYSTALLPRODUKSJON - BLY

Figur C.1.25.



REFERANSEVERDI: 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Figur C.2.25.

