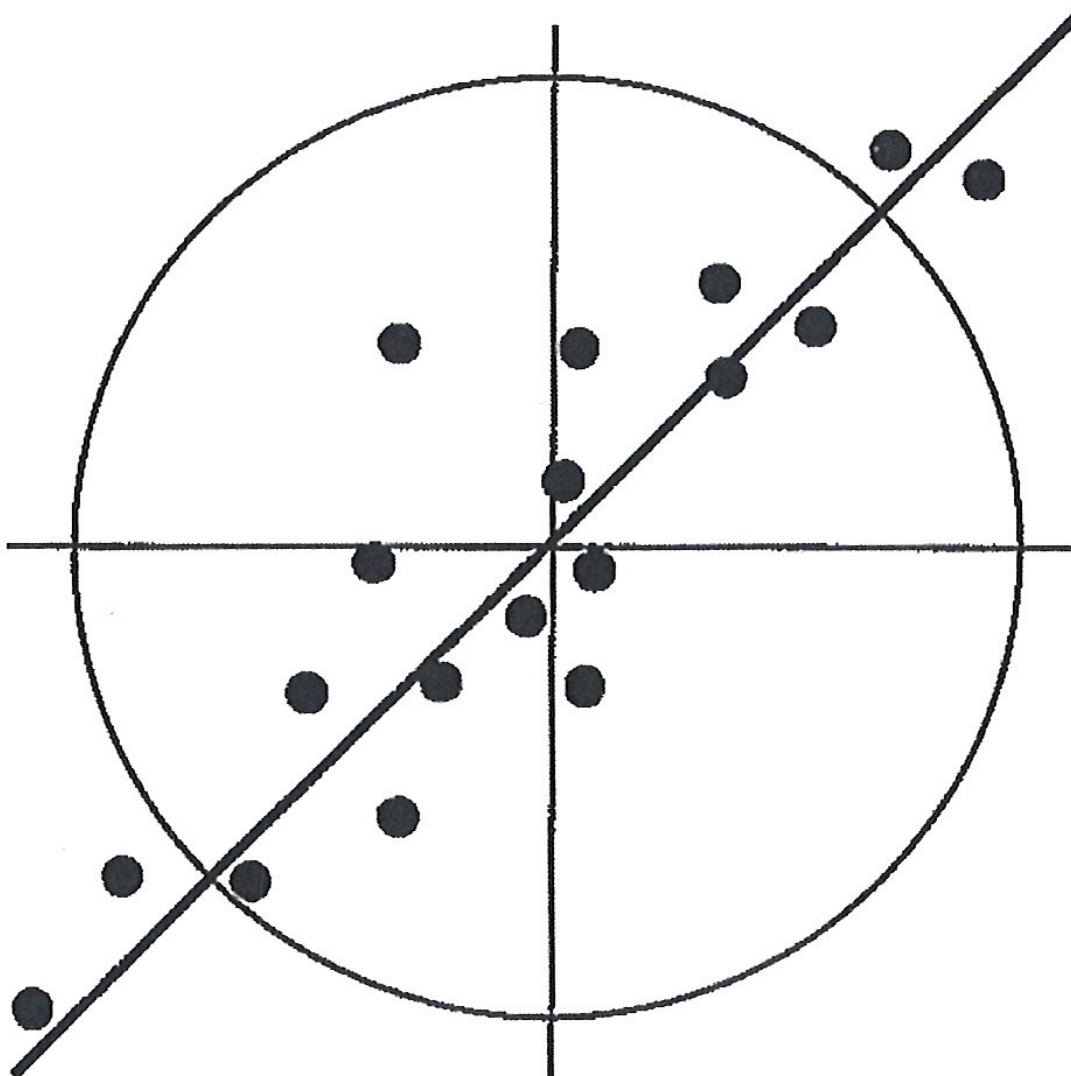


Sammenlignende  
laboratorieprøving (SLP)  
Kommunalt avløpsslam

SLAM 0812



**Hovedkontor**

Gaustadalleen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Midt-Norge**

Postboks 1264 Pirsenteret  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 73 87 10 34 / 44  
Telefax (47) 73 87 10 10

Tittel Prøvningsammenligning nr. 12 for kommunalt avløpsslam, 2009	Løpenr. (for bestilling) 5778-2009	Dato 2009-04-17
	Prosjektnr. Undernr. O-29008	Sider Pris 79
Forfatter(e) Håvard Hovind	Fagområde Kjemisk analyse	Distribusjon
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) NIVA	Oppdragsreferanse
--------------------------	-------------------

Sammendrag: I desember 2008 - januar 2009 ble det gjennomført en prøvningsammenligning for laboratorier som ønsker å utføre kontrollanalyser av slam fra kommunale avløpsanlegg. Både tungmetaller og nyttestoffer ble bestemt i en prøve av avvannet slam fra Oset renseanlegg, og en prøve av kompostert slam fra VEAS renseanlegg. Resultatene var jevnt over bra, spesielt for kobber og sink hvor henholdsvis 93 og 100 % av resultatene var akseptable både i prøve A og B. Totalt sett var kvaliteten i resultatene denne gangen sammenlignbar med tidligere prøvningsammenligninger, i gjennomsnitt var 77 % av resultatene akseptable. Ett av laboratoriene oppnådde at alle deres rapporterte resultater for tungmetaller var akseptable. I alt åtte av laboratoriene hadde mer enn 80 % akseptable resultater for tungmetallene, dvs. resultater innenfor medianverdien av laboratorienes resultater  $\pm 20\%$ , og to laboratorier hadde 60 - 80 % akseptable resultater. Fire laboratorier hadde bare 43 - 57 % akseptable resultater. Laboratorier som har avvikende resultater må snarest igangsette tiltak for å forbedre kvaliteten på bestemmelsene, før de kan utføre rutinemessige kontrollanalyser av slam.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kommunalt slam</li> <li>2. Tungmetaller</li> <li>3. Slp</li> <li>4. Kvalitetssikring</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Municipal sludge</li> <li>2. Heavy metals</li> <li>3. Intercomparison</li> <li>4. Quality assurance</li> </ol>
--	---

*Håvard Hovind*

**Håvard Hovind**  
Prosjektleder

*Torgunn Sætre*

**Torgunn Sætre**  
Seksjonsleder

*Jarle Nygard*

**Jarle Nygard**  
Ansvarlig



O - 29008

**Prøvingssammenligning nr. 12**

**for kommunalt avløpsslam,**

**2009**



## Forord

En nasjonal akkrediteringsordning for laboratorier ble opprettet i 1991. Ansvar for gjennomføring av ordningen er tillagt Norsk Akkreditering (NA) som er en egen etat under Nærings- og handelsdepartementet. Ved akkreditering etter NS-EN ISO/IEC 17025 står kravet til sporbarhet av målingene sentralt. For analyselaboratorier innebærer dette at nøyaktigheten av resultatene må dokumenteres gjennom deltakelse i sammenlignende laboratorieprøvnings (slp), ofte omtalt som ringtester.

Fra 1992 har NIVA arrangert sammenlignende laboratorieprøvnings knyttet til løpende kontroll av kommunalt avløps slam som er tenkt brukt som jordforbedringsmiddel. Statens forurensningstilsyn (SFT) har gjort kjent at man ønsker å kvalitetssikre de analyser som utføres for etaten, og vil derfor benytte akkrediterte laboratorier.

De sammenlignende laboratorieprøvningsene er åpne for alle interesserte og finansieres i sin helhet av de deltakende laboratorier. Deltakeravgiften er for tiden kr 4 500.- pluss moms pr. slp, uavhengig av hvilke eller hvor mange analyser laboratoriene velger å utføre.

Oslo, 17. april 2009

*Håvard Hovind*

---



# Innhold

Sammendrag	5
1. Bakgrunn	6
2. Gjennomføring	6
2.1 Deltakere	6
2.2 Slamprøver	6
2.3 Analysevariable og metoder	6
2.4 Prøveutsendelse og resultatrapportering	7
2.5 Behandling av analysedata	7
3. Resultater	7
3.1 Kvikksølv	9
3.2 Kadmium	9
3.3 Bly	10
3.4 Krom	10
3.5 Kopper	11
3.6 Nikkel	11
3.7 Sink	11
3.8 Kalsium	12
3.9 Magnesium	12
3.10 Aluminium	12
3.11 Jern	12
3.12 Mangan	13
3.13 Kalium	13
3.14 Totalfosfor	13
3.15 Nitrogen	13
3.16 Totalt organisk karbon	50
3.17 Totalt tørrstoffinnhold	50
3.18 Glødetap	50
3.19 pH i vannuttrekk	50
3.20 Ammonium i vannuttrekk	51
4. Vurdering av resultatene	51
5. Henvisninger	56
<b>Tillegg</b>	57
<b>Tillegg 1</b> Innholdsdeklarasjon av slam	58
<b>Tillegg 2</b> Alfabetisk oversikt over deltakerne	59
<b>Tillegg 3</b> Analyseresultatene fra de enkelte deltakerne	60

---





## Sammendrag

Arbeidet med å regulere bruken av slam fra kommunale renseanlegg har ført til forskrifter for bruken av slikt slam som jordforbedringsmiddel. En følge av dette er at det jevnlig må kontrolleres at konsentrasjonen av tungmetaller i slammet er lavere enn de angitte grenser. Samtidig ønsker man en analysedeklarasjon som gir informasjon om nyttestoffene i slammet.

Fra 1992 har NIVA arrangert sammenlignende laboratorieprøvnings (slp, eller også omtalt som ringtester) knyttet til løpende kontroll av kommunalt avløpslam som er tenkt brukt som jordforbedringsmiddel. Statens forurensningstilsyn (SFT) har gjort kjent at man ønsker å kvalitetssikre de analyser som utføres for etaten, og vil derfor benytte akkrediterte laboratorier. Nøyaktigheten til resultatene fra slike laboratorier kan dokumenteres gjennom deltakelse i slik prøvningssammenligning.

Årets prøvningssammenligning ble gjennomført i løpet av desember 2008 - januar 2009, og det ble benyttet en avvannet slamprøve fra Oset renseanlegg (prøve A), og et kompostert slam fra VEAS renseanlegg (prøve B). Følgende analysevariable ble bestemt i begge prøvene: kvikksølv, kadmium, bly, krom, kobber, nikkel, sink, kalsium, kalium, totalfosfor, Kjeldahl-nitrogen, totalt organisk karbon, totalt tørrstoffinnhold og glødetap av dette, samt pH og ammonium i et vannuttrekk av det avvannede slammet (prøve A). Denne gangen ble det etter oppfordring fra noen av laboratoriene tatt med magnesium, aluminium, jern og mangan som en forsøksordning, og dette ser ut til å fungere tilfredsstillende. Derimot ser ammonium i vannuttrekk av det avvannede slammet til å ha tvilsom verdi da spredningen mellom laboratoriene er så stor.

De enkelte laboratorienes middelveier for hver enkelt analysevariabel og prøve ble lagt til grunn for vurderingen av laboratorienes prestasjoner. Ved vurderingen av analyseresultatene ble medianverdien av de beregnede middelveier fra hvert enkelt laboratorium brukt som "sann verdi". De laboratorier som rapporterte resultater der middelveier lå innenfor medianverdien  $\pm 20\%$ , ble karakterisert som akseptable, og har derfor en beregnet Z-faktor som er mindre eller lik  $\pm 2$ . For pH ble 0,25 pH-enheter benyttet som akseptansgrense. Det var gjennomgående best resultater for kobber og sink med henholdsvis 93 og 100 % akseptable resultater i begge prøvene.

Ett av laboratoriene oppnådde 100 % akseptable middelveier for sine innsendte metallresultater, og det hadde rapportert resultater for alle de etterspurte analysevariable. Åtte laboratorier hadde mer enn 80 % akseptable resultater for tungmetallene, og to laboratorier hadde 60 - 80 % akseptable resultater. Fire laboratorier hadde bare 43 - 57 % akseptable resultater og disse prestasjonene er altfor svake. Systematisk arbeid med metodene må til for å forbedre kvaliteten ved analysene, som kan dokumenteres ved bruk av referanse-materialer. Dette må også omfatte oppslutningstrinnet i analyseprosessen.

To laboratorier har utelatt bestemmelse av tungmetallene ved prøvningssammenligningen. Disse anbefales å utvide analyseprogrammet til å omfatte alle variable som er aktuelle ved kontroll av kommunalt avløpslam.

# 1. Bakgrunn

Arbeidet med å regulere bruken av slam fra kommunale renseanlegg har pågått i lang tid, og det er utarbeidet forskrifter for bruken av kommunalt avløpsslam som jordforbedringsmiddel (1). Dette medfører at det skal utføres jevnlig kontrollanalyser av slikt slam, noe som skal gjennomføres før slammet kjøres ut til brukeren. Det skal først og fremst kontrolleres at konsentrasjonen av tungmetaller ligger under de angitte grenseverdier, men samtidig ønsker man en "vare-deklarasjon" som gir informasjon om nyttestoffene i slammet, se Tillegg 1.

Etter ønske fra Statens Forurensningstilsyn organiseres det sammenlignende laboratorieprøvinger for alle laboratorier som kunne tenke seg å utføre kontrollanalyser av kommunalt slam. Prøvingssammenligningen ble gjennomført desember 2008 - januar 2009.

## 2. Gjennomføring

### 2.1 Deltakere

Det ble sendt ut en invitasjon til å delta i prøvingssammenligningen til alle offentlige og private laboratorier som kunne tenkes å være interesserte i å utføre slike analyser. Omtrent 45 laboratorier ble invitert til å delta. 18 svarte positivt til dette, og 17 av disse laboratoriene sendte inn resultater for enkelte eller alle analysevariable. En alfabetisk oversikt over hvilke laboratorier som deltok i denne slp'en er gjengitt i Tillegg 2.

### 2.2 Slamprøver

Det ble sendt ut to prøver til deltakerne. Prøve A var avvannet slam fra Bekkelaget renseanlegg, mens prøve B var en kompostert slamprøve fra VEAS renseanlegg. De fuktige prøvene ble blandet godt mekanisk før passende porsjoner ble overført til glassbeholdere og tett lukket. Prøvene ble sendt til deltakerne i begynnelsen av januar 2009.

### 2.3 Analysevariable og metoder

Deltakerne ble bedt om å utføre tre parallelle bestemmelser for hver enkelt analysevariabel, slik at det var mulig å beregne et standardavvik for bestemmelsene internt på hvert laboratorium, i tillegg til standardavviket som beregnes mellom laboratoriene. Begge prøvene skulle analyseres med hensyn på både tungmetaller og nyttestoffer.

Deltakerne ble bedt om å bestemme følgende metaller i begge prøvene: kvikksølv, kadmium, bly, krom, kobber, nikkel og sink. I tillegg skulle følgende analysevariable bestemmes ("nyttestoffer"): kalsium, kalium, totalfosfor, Kjeldahlnitrogen, totalt organisk karbon, totalt tørrstoffinnhold og glødetap av dette, samt pH og ammonium i et vannuttrekk av den våte prøven. Etter ønske fra flere laboratorier ble det denne gangen også gitt mulighet for å rapportere resultater for flere metaller: magnesium, aluminium, jern og mangan. Alle

resultater for tungmetaller skulle angis i mikrogram pr. gram tørrstoff, og i prosent av tørrstoffet for de øvrige analysevariable. Tørrstoffinnholdet ble angitt i prosent av innveid prøve. Generelt ble laboratoriene anbefalt å anvende Norsk Standard ved bestemmelsene, men de ble allikevel stilt fritt til å kunne benytte den analysemetoden de anvender rutinemessig.

## 2.4 Prøveutsendelse og resultatrapportering

De våte prøvene ble overført til glassbeholdere etter grundig omrøring. Det ble sendt ut henimot 100 g av begge prøvene. De ble sendt til deltakerne 12. januar 2009, og ankom til laboratoriene i løpet av den påfølgende uken. Deltakerne ble bedt om å analysere prøvene så raskt som mulig, og sende inn resultatene ikke senere enn 30. januar 2009. Med ulike begrunnelser ba noen få laboratorier om en mindre forskyvning av rapporteringsfristen, noe som også ble innvilget. Etter at resultatene var mottatt fra praktisk talt alle laboratoriene, ble det sendt ut en oversikt over foreløpige sanne verdier.

## 2.5 Behandling av analysedata

For hvert enkelt laboratorium ble det for hver analysevariabel og prøve beregnet middelveidi og standardavvik av de innsendte resultatene. For laboratorier som bare hadde sendt inn resultater for en eller to parallelle bestemmelser, er kun middelveidi beregnet.

For hver enkelt analysevariabel og prøve er medianverdien av alle laboratorienes middelveidi bestemt, dessuten ble også middelveidi og standardavviket av disse beregnet. Laboratorier med middelveidi som avviker mer enn  $\pm 50\%$  fra medianverdien ble utelatt ved beregning av nye middelveidi og standardavvik som ble benyttet ved de endelige statistiske beregninger. Forkastede resultater er gjengitt i parentes i tabellene i Tillegg 3.

Medianverdien av deltakernes middelveidi for de respektive analysevariable, bestemt etter at avvikende middelveidi var forkastet, ble brukt som "sann" verdi ved vurdering av de enkelte deltakernes resultater. Medianverdien benyttes fordi den påvirkes i mindre grad av sterkt avvikende resultater enn middelveidi.

# 3. Resultater

Laboratorienes enkeltresultater er gjengitt i tabellene 6 - 25 i Tillegg 3, hvor også den beregnede middelveidi og standardavvik ved de enkelte laboratorier er gjengitt for hver analysevariabel og prøve. Medianverdien for laboratorienes middelveidi er også gitt i disse tabellene, i tillegg til middelveidi og standardavviket mellom laboratorienes middelveidi. Resultater som avviker for mye fra medianverdien (den sanne verdi), er utelatt fra de endelige beregningene og er derfor satt i parentes i tabellene 6 - 25. Tabell 1 gir et sammendrag av resultatene ved denne sammenlignende laboratorieprøvingen.

Resultatene fra deltakerne er framstilt grafisk i figurene 1 - 28. Middelveidi av det enkelte laboratoriums resultater er plottet som funksjon av laboratoriets nummer. Middelveidi er

markert med en kort strek, og vertikalt på denne er plassert en strek som angir standardavviket for de tre resultatene laboratoriet har rapportert. Den vannrette heltrukne streken i figuren representerer den "sanne" verdi (medianverdien til alle laboratorienes middelerverdier). Beliggenheten til laboratoriets middelerverdi i forhold til denne linjen viser i hvilken grad laboratoriets resultater er påvirket av systematiske feil, og lengden på den vertikale streken gir et bilde av de tilfeldige feil innen laboratoriet for denne analysen. Noen få resultater som avviker altfor mye fra de sanne verdier kommer ikke med i figurene.

**Tabell 1. Oversikt over medianverdier (m) og middelerverdier ( $\bar{x}$ ) for de to prøvene A og B, samt standardavviket (s), antall resultater benyttet ved de statistiske beregningene (n), og antall resultater som ble utelatt ved de statistiske beregningene (u).**

Parameter, enhet	Prøve A					Prøve B				
	m	x	s	n	u	m	x	s	n	u
Hg, µg/g	0,723	0,725	0,149	10	2	0,565	0,603	0,189	10	2
Cd, µg/g	0,853	0,895	0,165	12	2	0,600	0,628	0,155	12	2
Pb, µg/g	21,9	22,4	2,7	14	0	16,0	17,0	3,6	14	0
Cr, µg/g	22,78	23,88	4,62	12	1	13,46	13,38	2,21	13	0
Cu, µg/g	361,2	360,9	30,2	14	0	269,4	275,2	37,3	14	0
Ni, µg/g	19,38	19,68	2,53	12	1	11,05	11,27	1,24	12	1
Zn, µg/g	464,7	459,3	35,8	14	0	295,0	294,6	31,0	14	0
Ca, %	2,188	2,244	0,237	13	0	16,42	16,68	0,80	12	1
Mg, mg/g	3,90	3,93	0,46	12	0	4,36	4,30	0,59	12	0
Al, mg/g	22,87	23,36	3,32	12	0	22,11	22,42	2,33	12	0
Fe, %	8,66	8,56	0,68	12	0	3,23	3,22	0,30	11	1
Mn, mg/g	0,199	0,198	0,019	10	1	0,141	0,140	0,014	10	1
K, %	0,219	0,236	0,081	13	0	0,187	0,197	0,058	13	0
TOT-P, %	2,94	2,92	0,155	12	0	1,76	1,74	0,143	12	0
TOT-N, %	3,43	3,39	0,285	10	0	2,14	2,12	0,164	10	0
TOC, %	26,7	27,0	0,9	4	0	18,4	18,4	1,3	4	0
TTS, %	29,38	29,44	0,60	15	0	51,03	51,34	0,79	15	0
TGT, %	55,5	54,5	3,0	11	3	37,0	37,1	0,8	11	3
pH	8,09	8,09	0,20	9	2					
NH <sub>4</sub> -N, %	0,837	0,976	0,525	7	0					

Resultater som ligger innenfor den beregnede medianverdi  $\pm 20\%$ , er karakterisert som akseptable i denne rapporten, og laboratorienes middelerverdier for hver analysevariabel og prøve er benyttet ved bedømmelsen. I Tabell 2 er gjengitt en evaluering av middelerverdien fra de enkelte laboratorier, og her har man gjennomført sammenligningen ved at medianverdien fra alle ikke forkastede laboratorier benyttes som "sann" verdi. Som et mål for graden av overensstemmelse med medianverdiene er det benyttet en Z-faktor. Denne er beregnet på følgende måte:

$$A = (\text{Laboratoriets resultat} - \text{“sann” verdi}) \times 100 / \text{“sann” verdi},$$

hvor A er laboratoriets avvik fra den “sanne” verdi i prosent. Hvis vi sier at akseptansegrensen ved slp'en er X %, og at tallverdien til Z skal være  $\leq 2$  for at resultatet skal bedømmes som akseptabelt, da blir

$$Z = A / (X/2)$$

Når Z-verdien er mindre eller lik 1, anses resultatet som meget bra. Hvis Z-verdien ligger mellom 2 og 3 anses resultatet som tvilsomt og uakseptabelt, og hvis Z er større enn 3 bedømmes resultatet som fullstendig uakseptabelt. Ved denne slp'en ble avvik opp til  $\pm 20$  % vurdert som akseptable. For pH i vannuttrekket av prøve A er  $\pm 0,25$  pH-enheter benyttet som akseptansegrense, og da beregnes  $Z = (\text{Laboratoriets resultat} - \text{“sann” verdi}) / 0,125$ .

### **3.1 Kvikksølv**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 6, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 1 og 2. 12 av 17 laboratorier sendte inn resultater for kvikksølv i disse prøvene. To av laboratoriene rapporterte resultater som avviker så mye fra de sanne verdier at de ble forkastet før de endelige statistiske beregninger ble gjennomført.

Nesten alle laboratoriene har angitt at de benyttet kalddamp atomabsorpsjon ved bestemmelse av kvikksølv, mens ett laboratorium benyttet røntgenfluorescens (EDXRF). Praktisk talt alle laboratoriene foretok reduksjon med tinnklorid, med unntak av ett som benyttet natrium borhydrid. Dette fikk systematisk for høye resultater for begge prøvene.

For prøve A og B var henholdsvis 50 og 58 % av resultatene akseptable, dvs den andelen av resultatene som ligger innenfor medianverdien  $\pm 20$  %. Blant mulige årsaker til systematiske avvik kan være feilaktig blindprøvekorreksjon, som kan føre til at resultatene blir gjennomgående systematisk for høye eller for lave. Ufullstendig tørking av prøvene vil kunne føre til for lave resultater. Ett laboratorium (nr. 1) rapporterte resultater mindre enn deteksjonsgrensen for prøve A, og ble derfor utelatt ved de statistiske beregningene.

Det er varierende overensstemmelse mellom laboratoriens resultatene for prøve A og B, og presisjonen ved de enkelte laboratoriene er svært varierende. Det er de systematiske avvik som er dominerende mellom laboratoriene, selv om spredningen mellom enkeltresultatene kan være stor hos enkelte deltakere.

### **3.2 Kadmium**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 7, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 3 og 4. Alle deltakerne unntatt tre sendte inn resultater for kadmium, og fire av disse benyttet ICP-AES til selve bestemmelsen. Åtte laboratorier benyttet atomabsorpsjon med grafittovn under bestemmelsen, og ett laboratorium (nr. 13) benyttet flamme atomabsorpsjon og fikk akseptable resultater for begge prøvene. Ett

laboratorium (nr.1) benyttet EDXRF til bestemmelsen, men denne metoden er for lite følsom til å kunne bestemme de konsentrasjonene av kadmium som er i disse prøvene.

Som det fremgår av Tabell 2 er henholdsvis 79 og 71 % av middelverdiene definert som akseptable for prøvene A og B. Laboratorium nr. 6 rapporterte altfor høye resultater for kadmium i begge prøver. Dette laboratoriet benyttet oppslutning med kongeavn i mikrobølgeovn, mens de øvrige laboratoriene (unntatt nr. 1) benyttet oppslutning med salpetersyre, de fleste i autoklav. Presisjonen innen laboratoriet varierer noe fra ett laboratorium til et annet, selv om få laboratorier har spesielt stor spredning i sine resultater. De systematiske avvik dominerer, og fører til at presisjonen mellom laboratoriene blir mindre bra.

Både de laboratorier som benytter ICP-AES og de som anvender grafittovn ved selve bestemmelsen må vurdere om mulige interferenser ved bestemmelsen kan være årsak til avvikene, og om bakgrunnskorreksjonen er riktig utført. Ved såvidt lave konsentrasjoner som det er i disse prøvene, er det meget viktig at man benytter en metode som er tilstrekkelig følsom.

### **3.3 Bly**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 8, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 5 og 6. 14 av deltakerne sendte inn resultater for bly. Fem av laboratoriene bestemte bly med grafittovn, og ett laboratorium benyttet flamme atomabsorpsjon (nr. 13) med gode resultater. De øvrige laboratorier benyttet ICP-AES. Ett laboratorium (nr. 1) som benyttet EDXRF fikk akseptable resultater for prøve A, men altfor høyt i prøve B. De av deltakerne som har rapportert altfor avvikende resultater må vurdere om interferenser ved bestemmelsen er under kontroll, og om blindprøvekorreksjonen fungerer riktig.

Andel akseptable resultater for denne bestemmelsen er henholdsvis 86 og 71 % for prøve A og B. Spredningen i resultater mellom laboratoriene er sammenlignbare for begge prøvene. Presisjonen ved de enkelte laboratorier er gjennomgående sammenlignbar ved bestemmelse av dette metallet, med et relativt standard avvik som stort sett varierer mellom 1 og 10 %. Det ser ikke ut til å være store systematiske forskjeller mellom de ulike bestemmelsesmetodene.

### **3.4 Krom**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 9, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 7 og 8. 13 laboratorier sendte inn resultater for krom i begge prøvene. De aller fleste laboratoriene bestemte krom med ICP-AES. Laboratorium nr. 13 og 15 benyttet flamme atomabsorpsjon og fikk systematisk lave resultater. Grafittovn ble benyttet av to laboratorier, og begge fikk akseptable resultater. Ett laboratorium (nr. 1) bestemte krom med EDXRF, og fikk systematisk altfor lavt resultat for prøve A, mens resultatet for prøve B var akseptabelt.

For prøvene A og B ble henholdsvis 62 og 77 % av middelverdiene bedømt som akseptable, og dette er i gjennomsnitt omtrent som ved siste slam-slp, selv om noen resultater er altfor lave. Interferenser under bestemmelsen kan være en mulig årsak til avvikende resultater.

Oppslutningstrinnet kan være en av årsakene til spredningen mellom laboratoriene for dette metallet, men alle unntatt tre benyttet oppslutning i salpetersyre med autoklav.

### **3.5 Kopper**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 10, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 9 og 10. 14 av 17 laboratorier sendte inn resultater for kopper i slamprøvene, med jevnt over meget gode resultater for begge prøvene, der 93 % av middelverdiene ble bedømt som akseptable for begge prøvene.

De aller fleste av laboratoriene bestemte kopper med ICP-AES denne gangen. Fire laboratorier benyttet flamme atomabsorpsjon, alle med gode resultater. Ett laboratorium benyttet EDXRF med meget bra resultater.

### **3.6 Nikkel**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 11, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 11 og 12. 13 av de deltakende laboratorier sendte inn resultater for nikkel. De fleste laboratoriene benyttet ICP-AES til bestemmelsen, grafittovn ble benyttet av to laboratorier, og to laboratorier anvendte flamme atomabsorpsjon der ett resultat ble for høyt.

85 % av de rapporterte middelverdier var akseptable for de to prøvene, og det er omtrent som tidligere. Hos de laboratorier som har rapportert avvikende resultater er det ingen klar sammenheng med hvilken metode som er benyttet. Interferenser kan være sannsynlig årsak til de systematisk avvikende resultater.

### **3.7 Sink**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 12, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 13 og 14. 14 laboratorier sendte inn resultater for sink, og alle resultater var akseptable i begge prøvene, slik at resultatene for dette metallet er meget tilfredsstillende. De fleste laboratoriene anvendte ICP-AES ved bestemmelsen, fire benyttet flamme atomabsorpsjon. Ett laboratorium som benyttet EDXRF og fikk gode resultater for begge prøver. Det er de systematiske feilene som dominerer mellom laboratorienes resultater.

### **3.8 Kalsium**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 13, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 15 og 16. For kalsium ble det mottatt resultater fra 13



av deltakerne. For dette metallet var andelen akseptable resultater 100 % i begge prøvene, og dette er meget bra.

Nesten alle laboratoriene benyttet ICP-AES ved bestemmelsen, mens tre laboratorier benyttet flamme atomabsorpsjon. Ett laboratorium benyttet EDXRF med bra resultat. Det er ingen påvisbar forskjell mellom resultatene for de ulike metodene.

### **3.9 Magnesium**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 14, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 17 og 18. For magnesium ble det mottatt resultater fra 12 av deltakerne. For dette metallet var andelen akseptable resultater henholdsvis 92 og 83 % i prøve A og B, og dette er akseptabelt.

Nesten alle laboratoriene benyttet ICP-AES ved bestemmelsen, mens to laboratorier benyttet flamme atomabsorpsjon. Ett laboratorium benyttet EDXRF, og det ene resultatet var akseptabelt. Det er ingen påvisbar forskjell mellom resultatene for de ulike metodene.

### **3.10 Aluminium**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 15, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 19 og 20. 12 av de deltakende laboratorier sendte inn resultater for aluminium. De fleste laboratoriene benyttet ICP-AES til bestemmelsen, mens to laboratorier anvendte flamme atomabsorpsjon, og begge fikk ett for høyt resultat. Ett laboratorium benyttet EDXRF, og det ene resultatet var akseptabelt.

Henholdsvis 83 og 92 % av de rapporterte middelveier var akseptable for de to prøvene.

### **3.11 Jern**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 16, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 21 og 22. 12 av de deltakende laboratorier sendte inn resultater for jern. De fleste laboratoriene benyttet ICP-AES til bestemmelsen, mens to laboratorier anvendte flamme atomabsorpsjon. Ett laboratorium benyttet EDXRF, og begge resultater var akseptable.

Alle de rapporterte middelveier var akseptable for de to prøvene, og det er meget bra.

### **3.12 Mangan**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 17, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 23 og 24. 11 av de deltakende laboratorier sendte inn resultater for mangan. De fleste laboratoriene benyttet ICP-AES til bestemmelsen, mens to laboratorier anvendte flamme atomabsorpsjon.

Henholdsvis 100 og 90 % av de rapporterte middelverdier var akseptable for de to prøvene, og det er meget bra.

### **3.13 Kalium**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 18, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 25 og 26. Det ble mottatt resultater for kalium fra 13 av laboratoriene. Resultatene for kalium er omtrent like gode som ved siste slp, med 77 % akseptable middelverdier for begge prøvene. Blant de avvikende verdier var det både systematisk for høye og for lave resultater.

Nesten alle laboratoriene benyttet ICP-AES ved bestemmelsen, mens to benyttet flamme atomabsorpsjon. Ett laboratorium benyttet EDXRF med systematisk altfor høye resultater for begge prøvene og kommer ikke med på figurene. Laboratorium nr. 6 benyttet kongevann ved oppslutningen og har systematisk for høye resultater for begge prøver, mens laboratorium nr. 8 har systematisk for lave resultater for kalium.

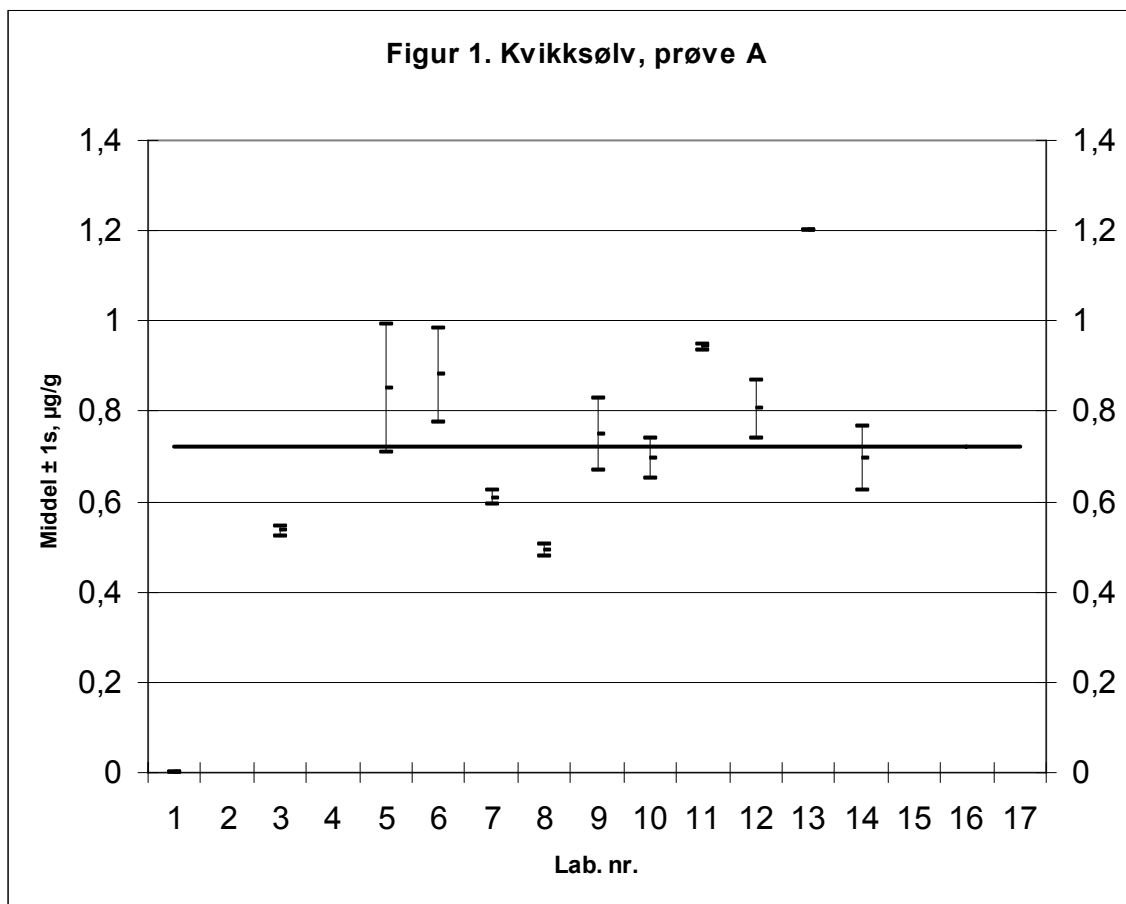
### **3.14 Totalfosfor**

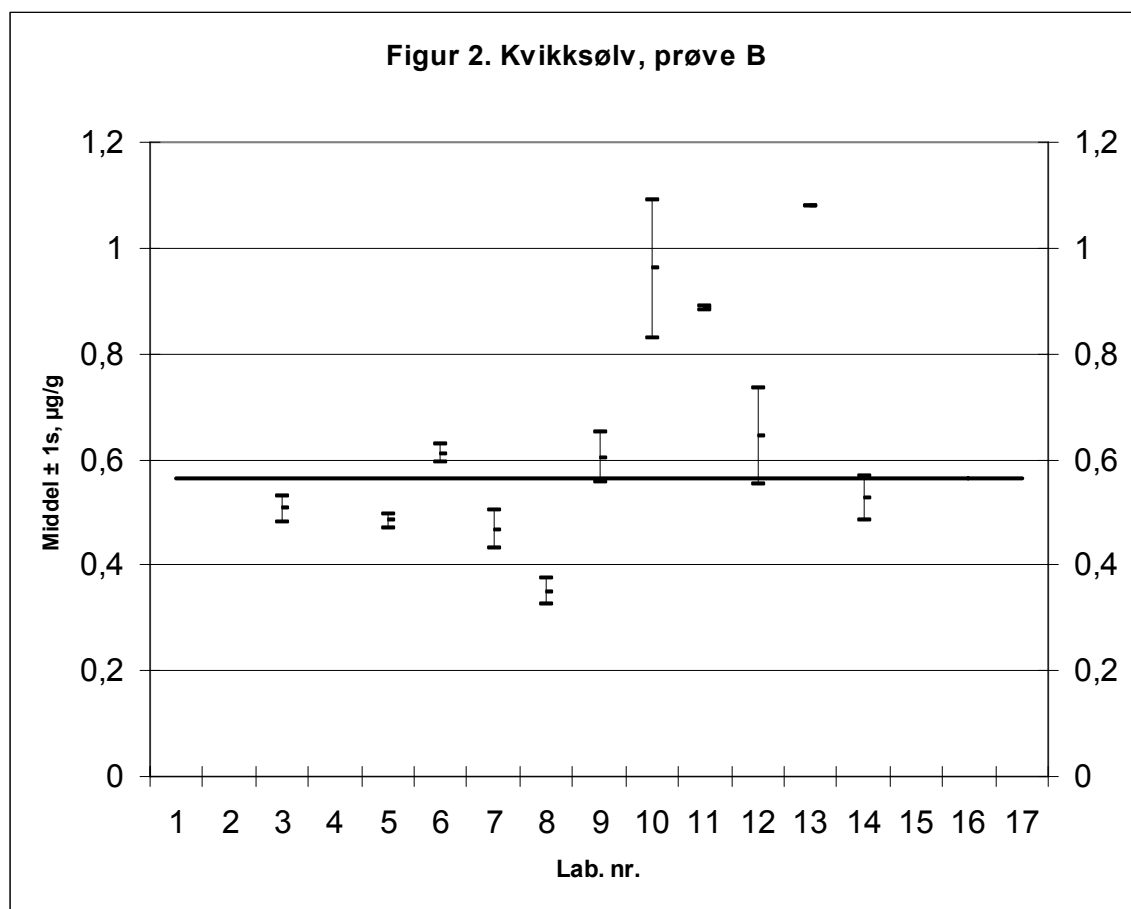
Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 19, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 27 og 28. 12 laboratorier rapporterte resultater for totalfosfor, og alle resultatene i begge prøver var akseptable. Syv laboratorier rapporterte at de bestemte totalfosfor med ICP-AES, mens fire laboratorier benyttet en automatisert spektrofotometrisk metode. Ett laboratorium benyttet EDXRF med akseptable resultater.

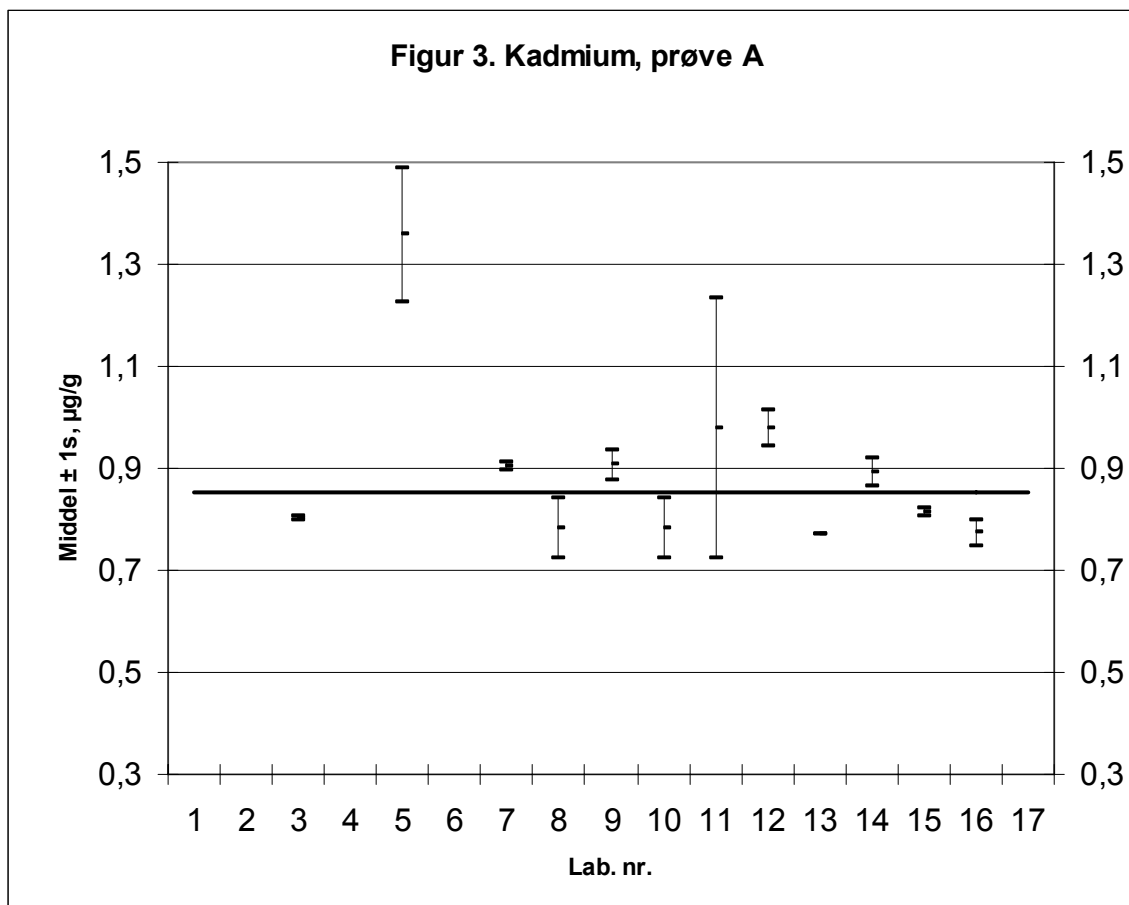
### **3.15 Nitrogen**

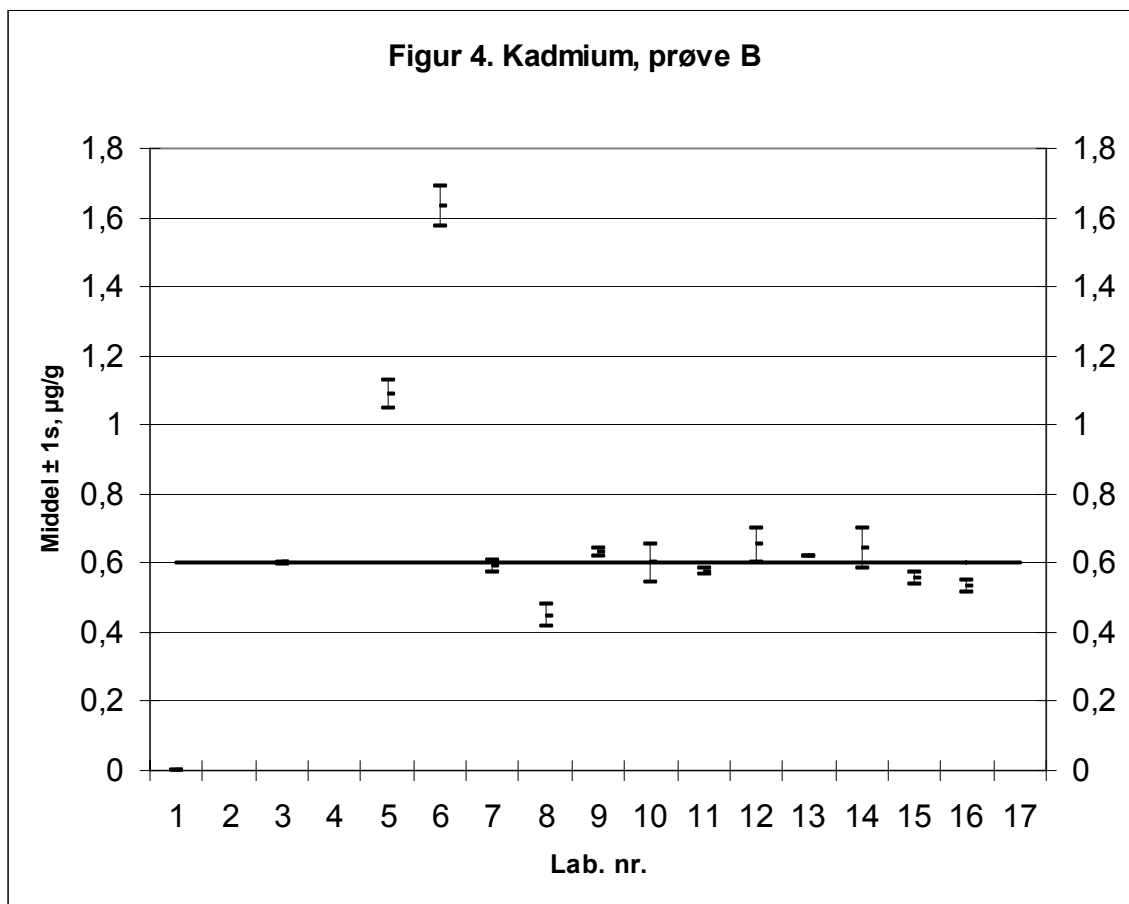
Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 20, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 29 og 30. For bestemmelsen av nitrogen ble det mottatt 10 resultatsett for begge prøvene. De fleste laboratoriene benyttet Kjeldahlmetoden til denne bestemmelsen, mens to laboratorier benyttet elementanalysator med høytemperatur forbrenning. Alle middelverdiene lå innenfor den generelle akseptansegrensen på  $\pm 20$  %, noe som er meget bra.

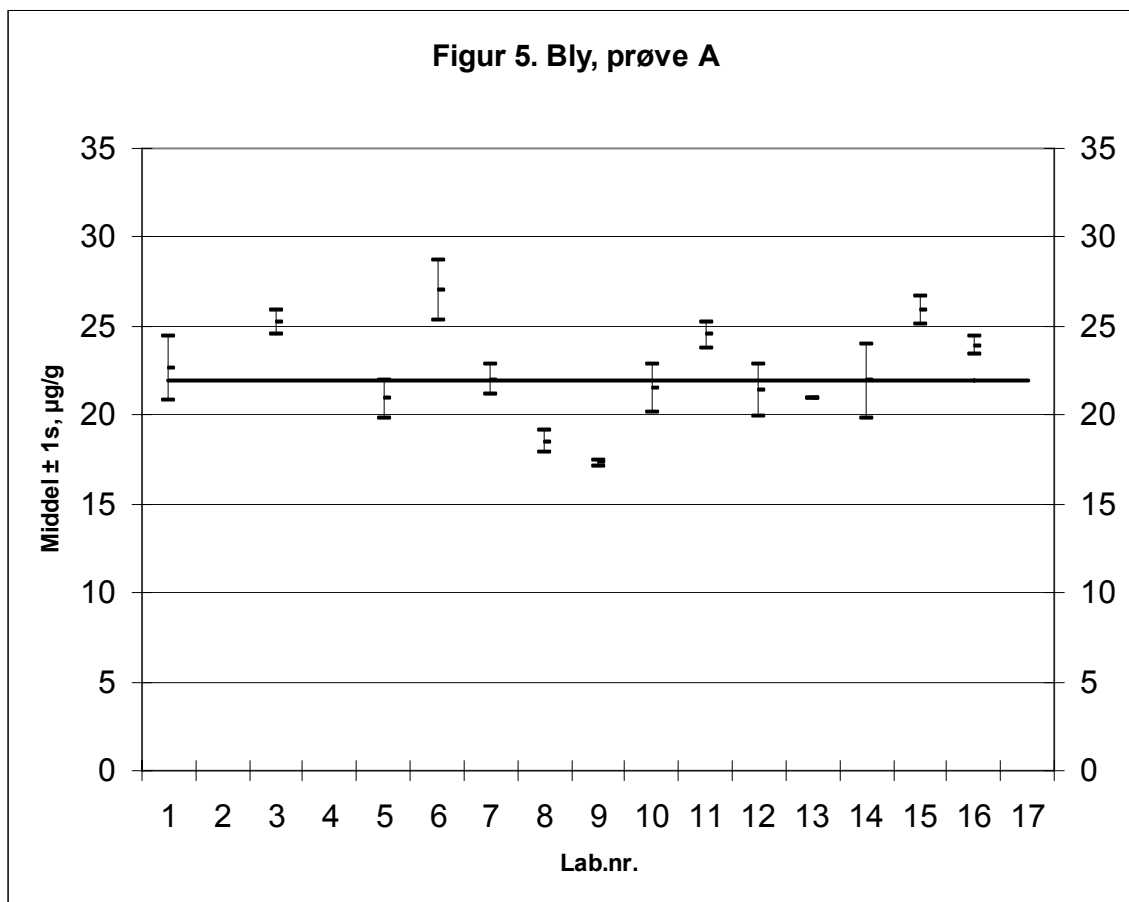
**Forts. side 50**

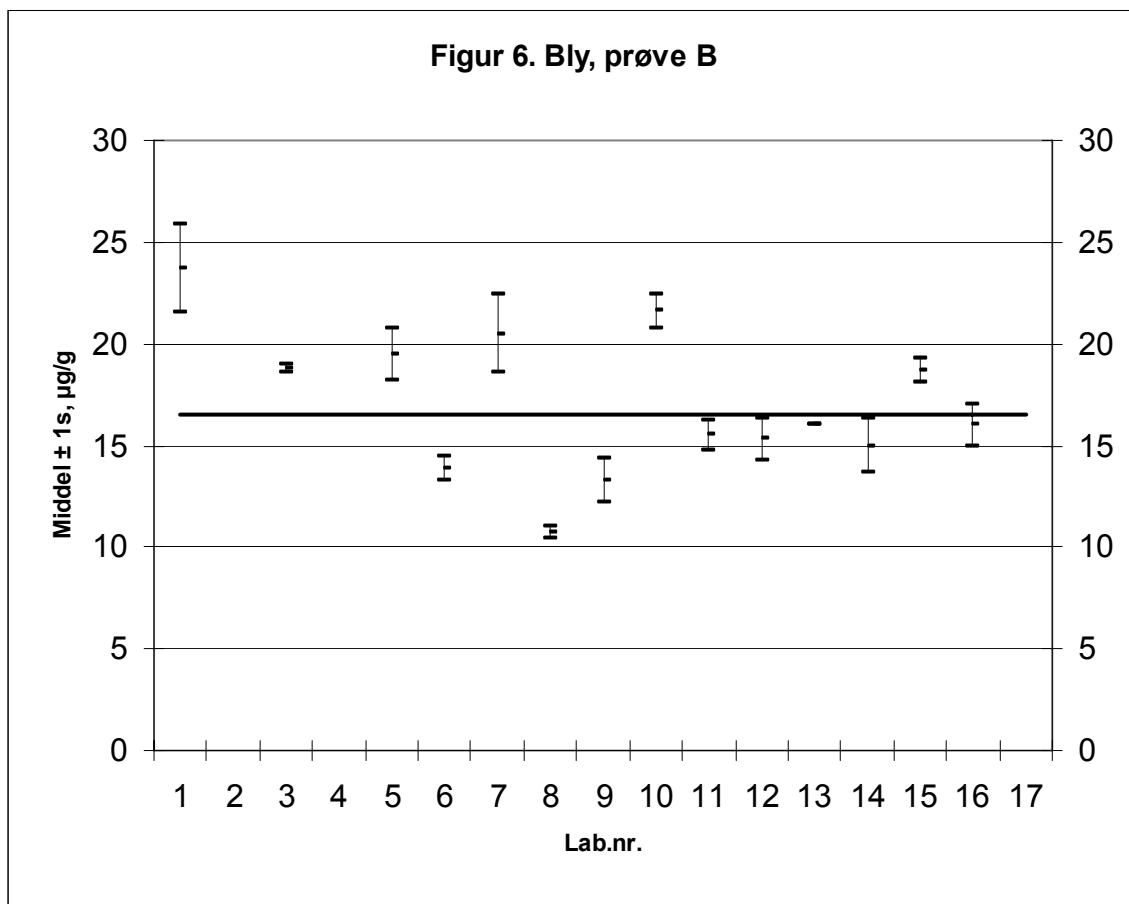




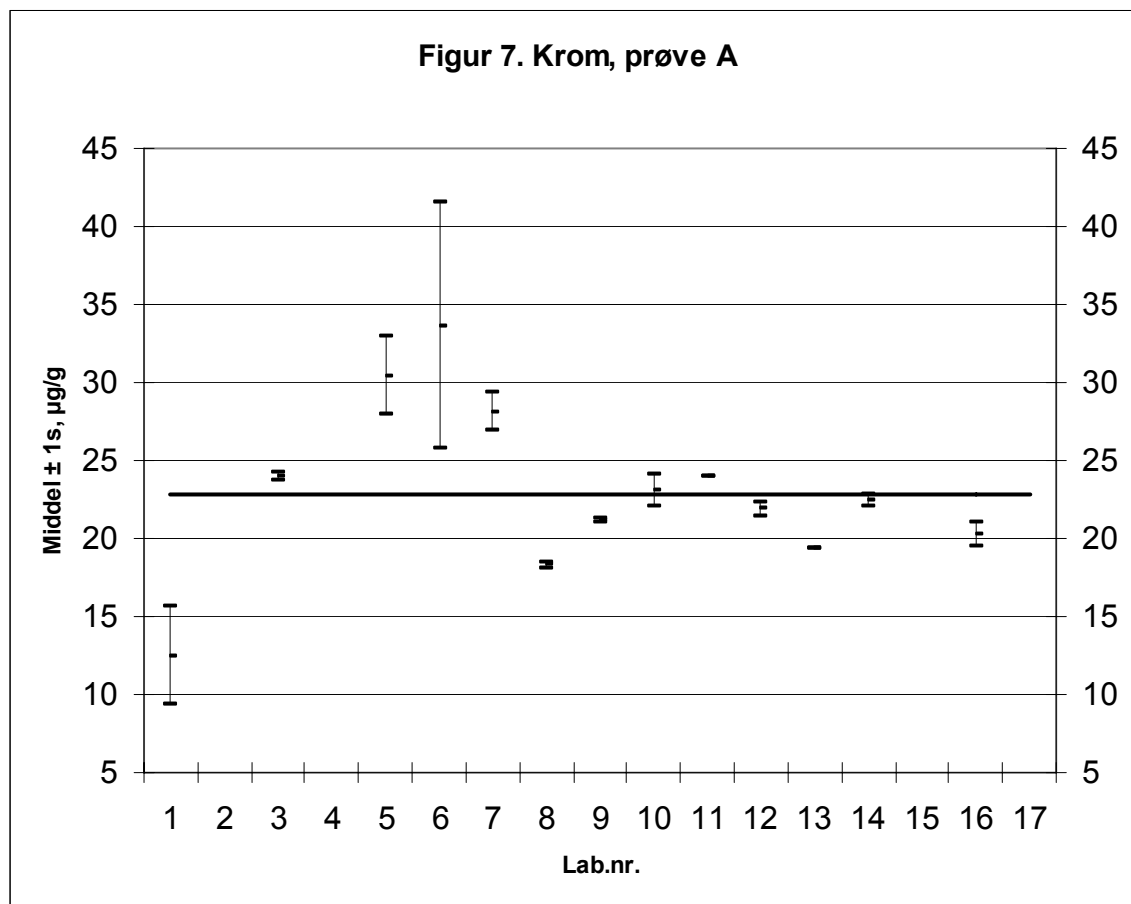


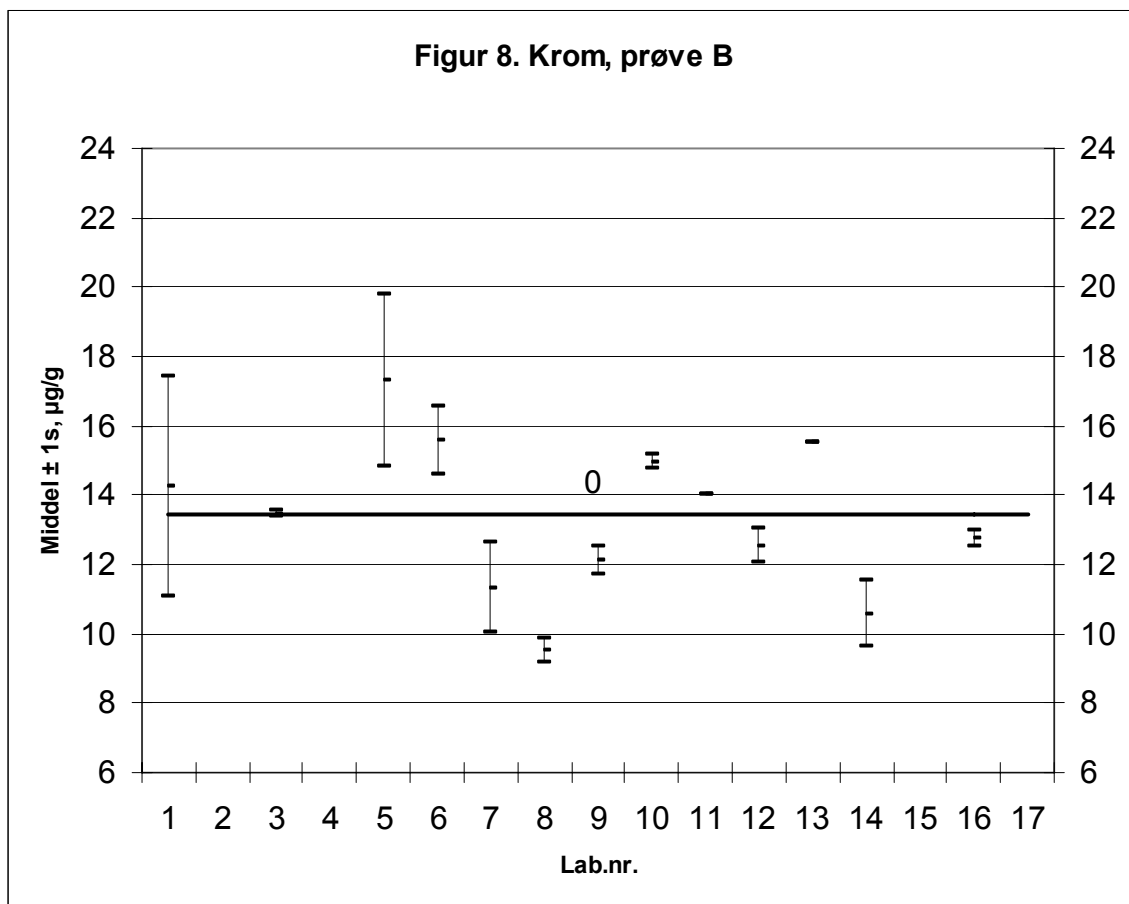


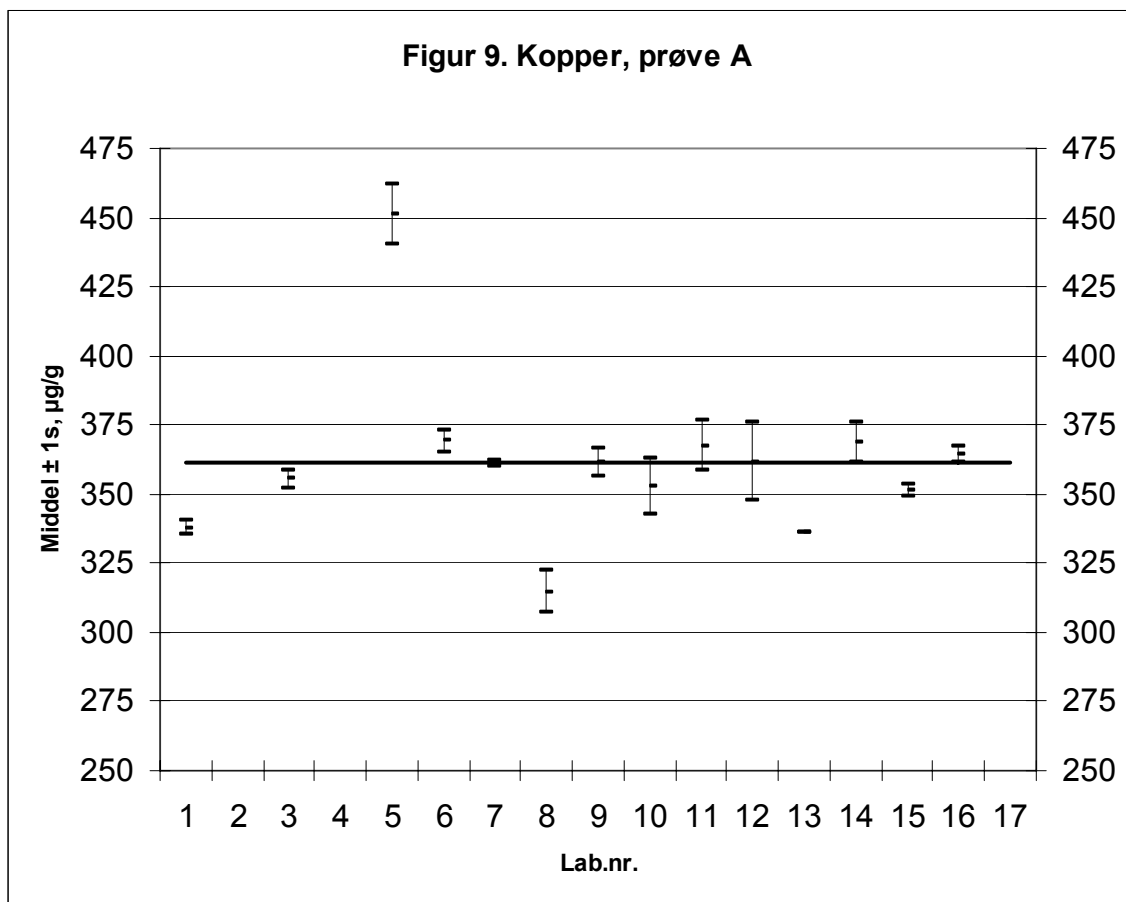


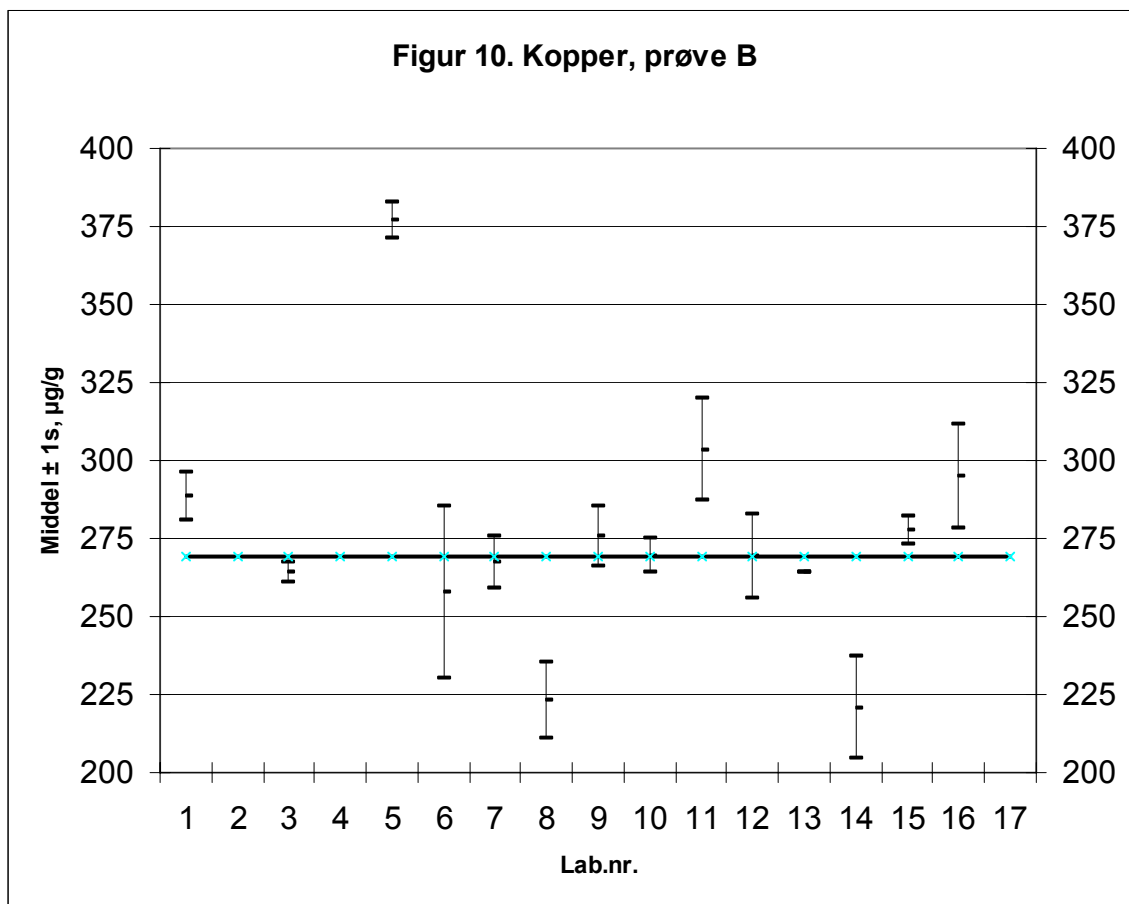


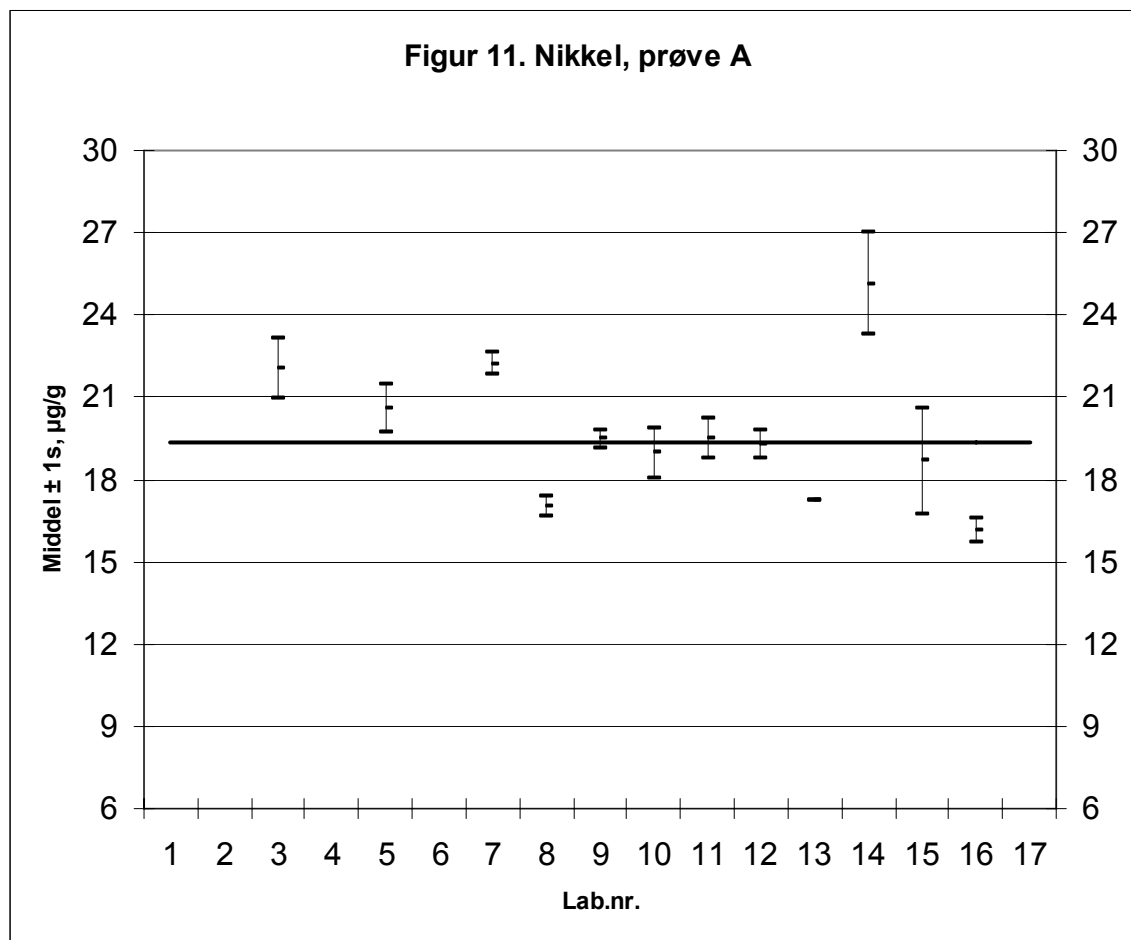


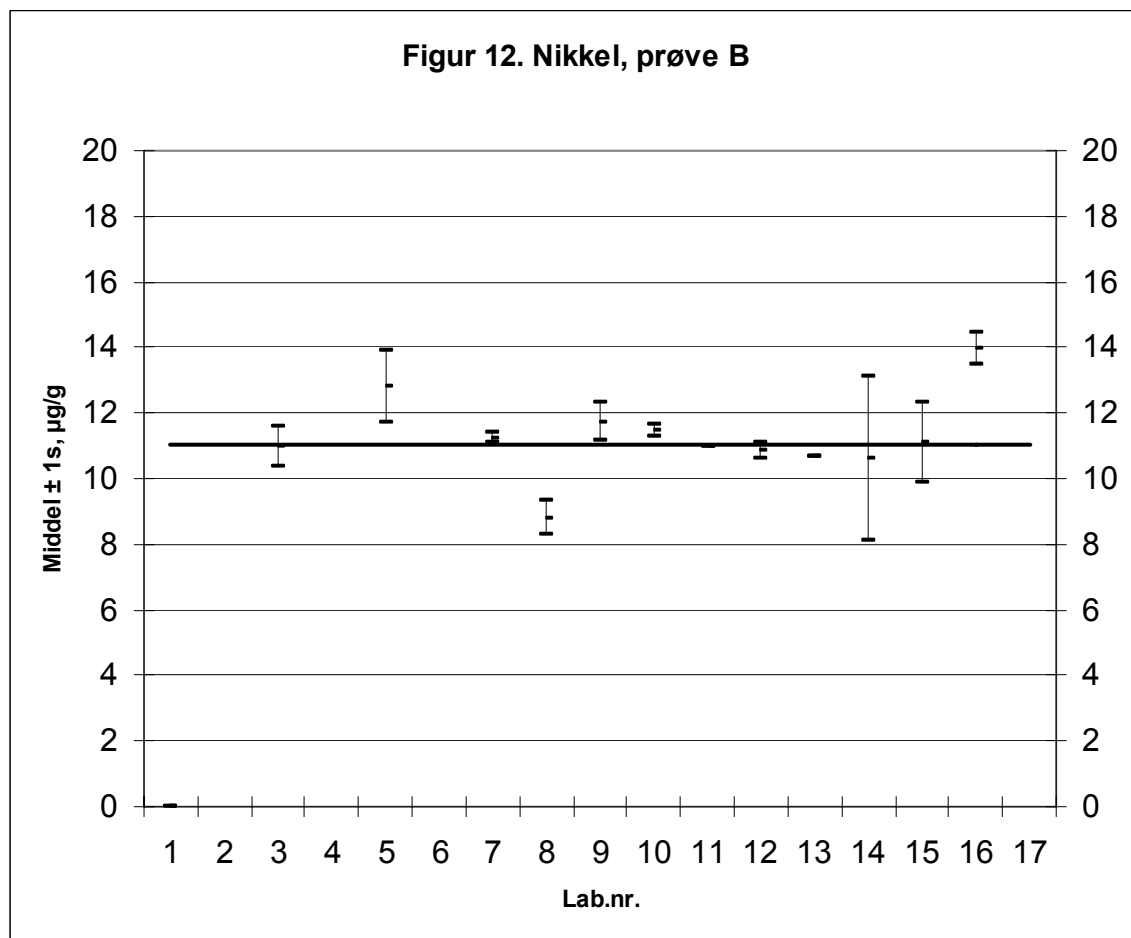


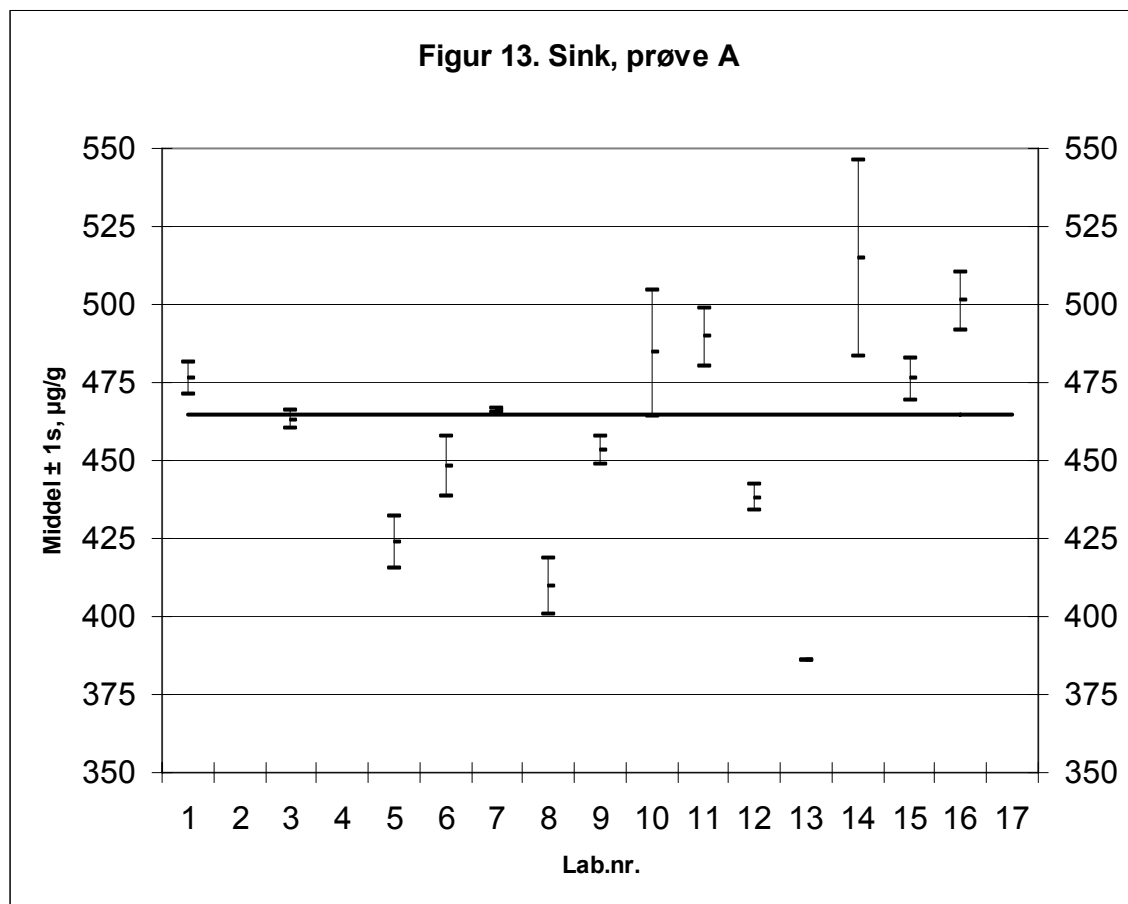


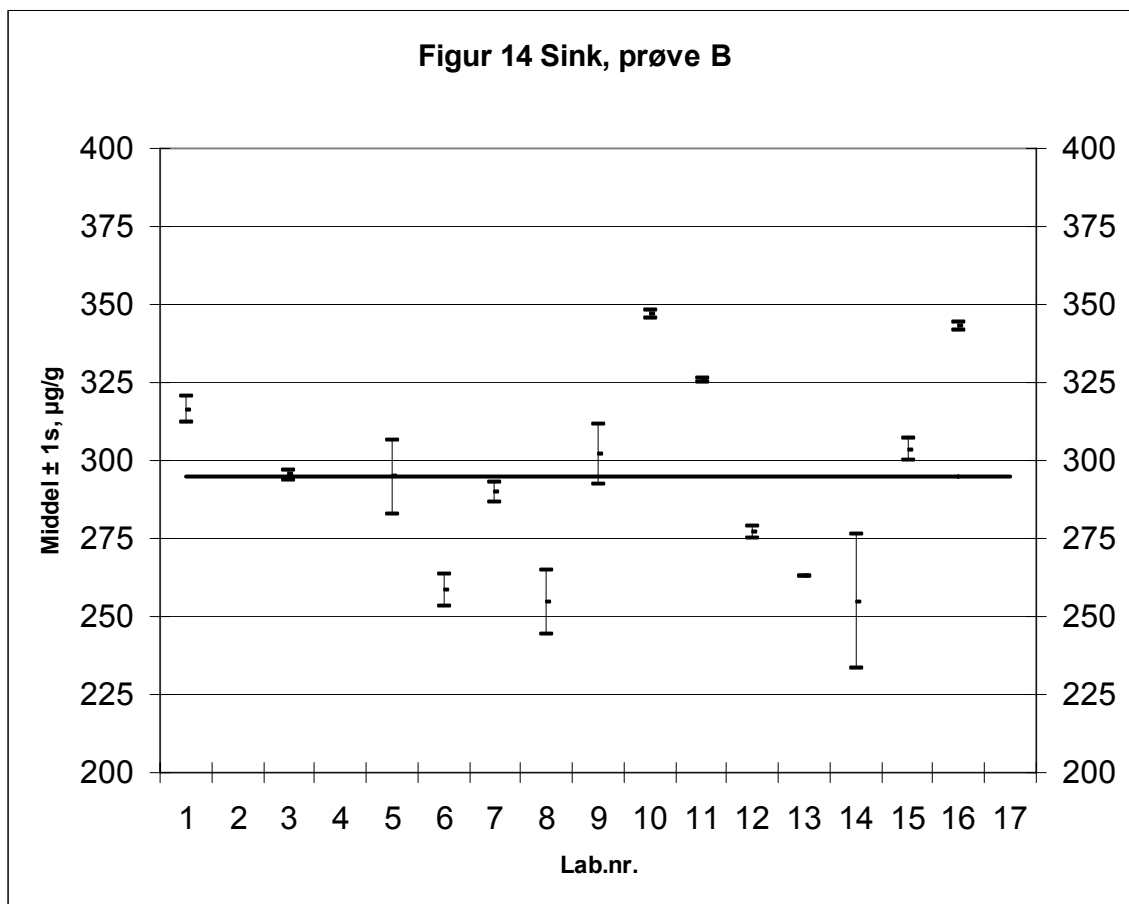




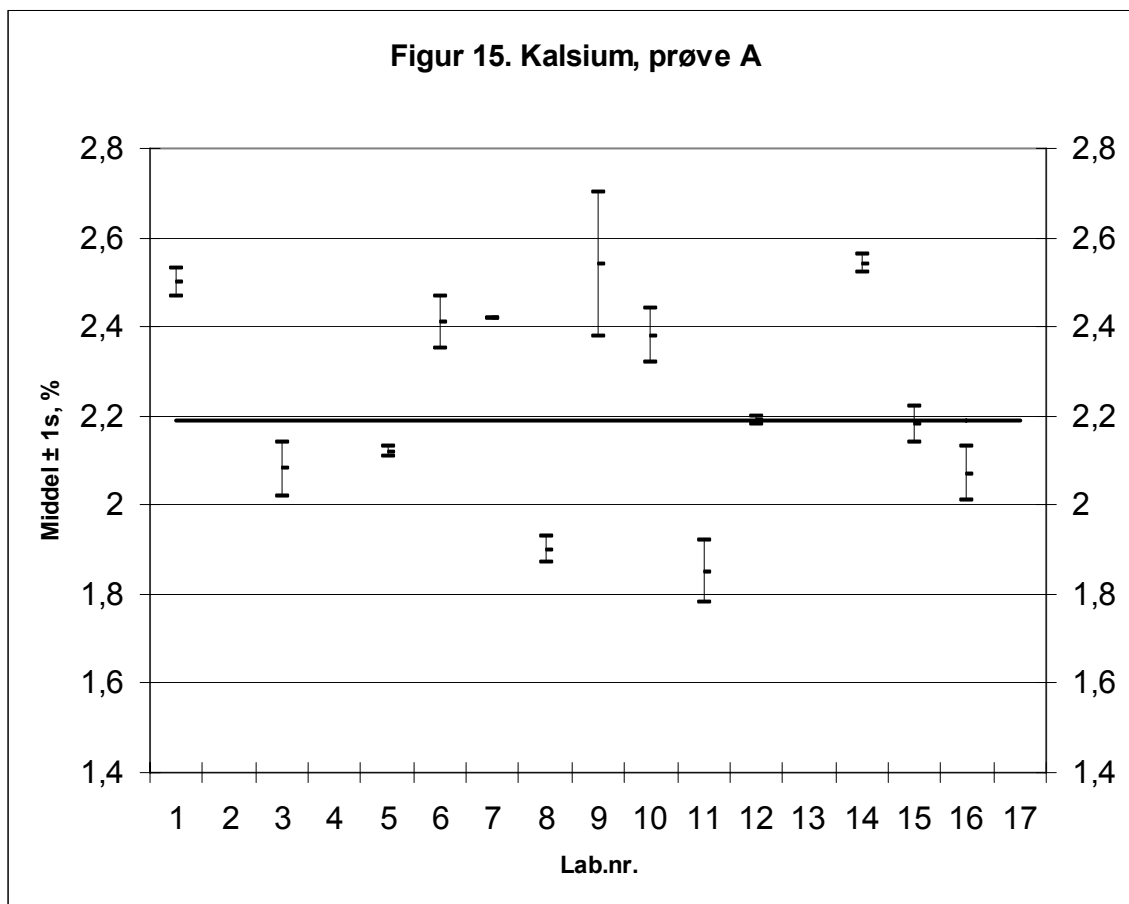


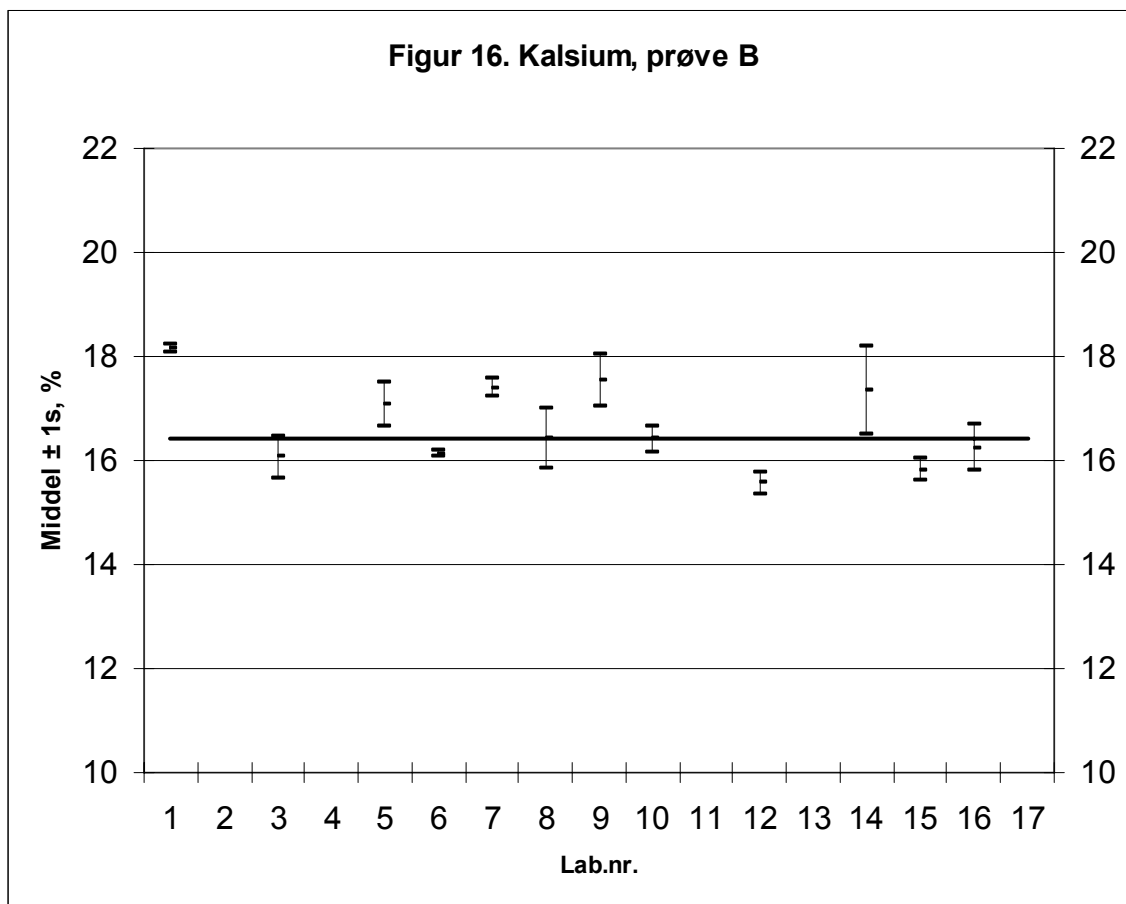


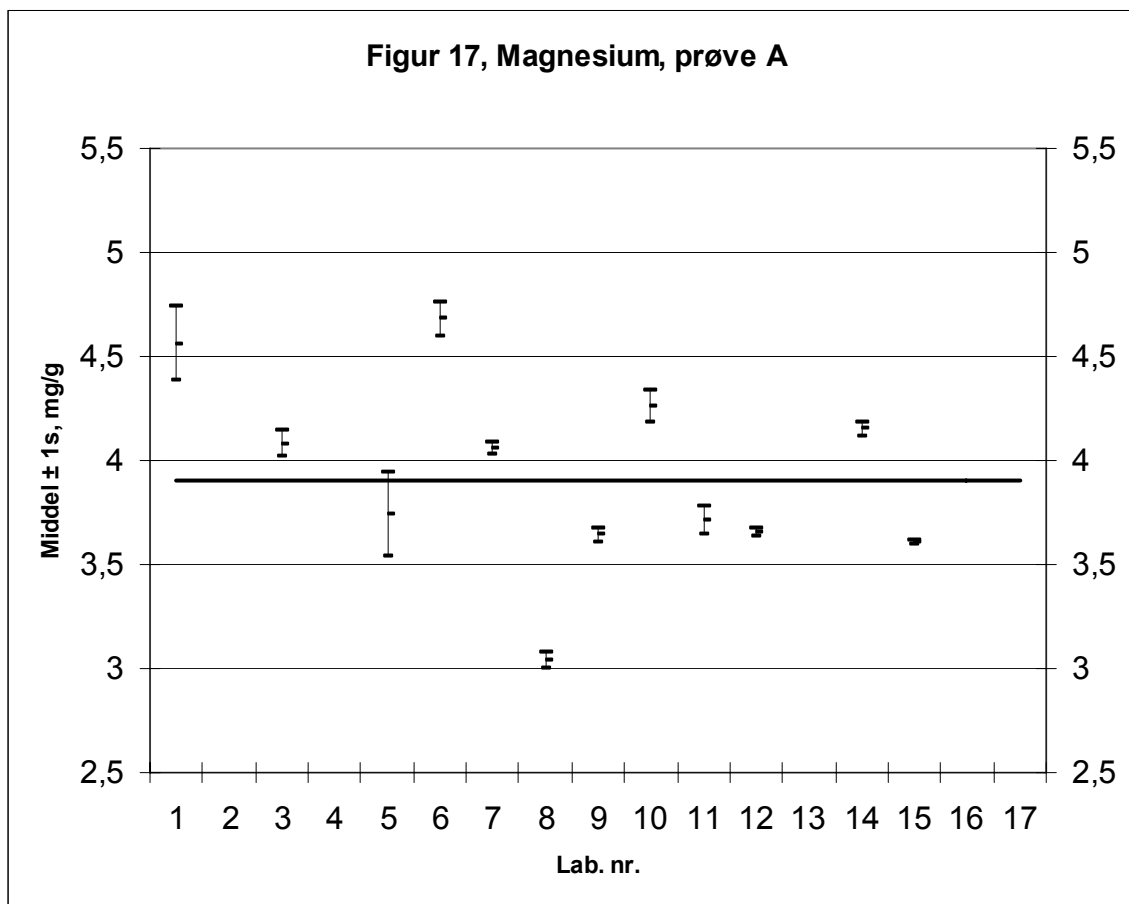


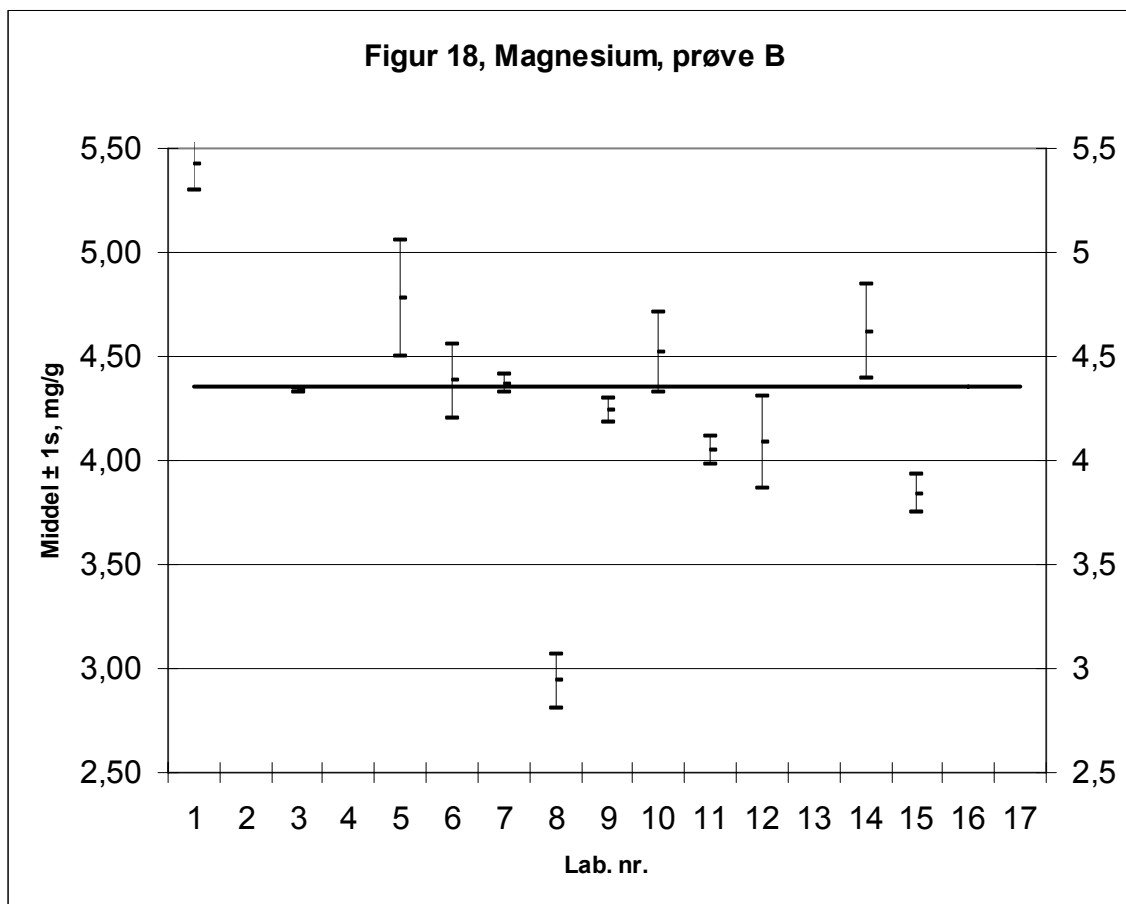


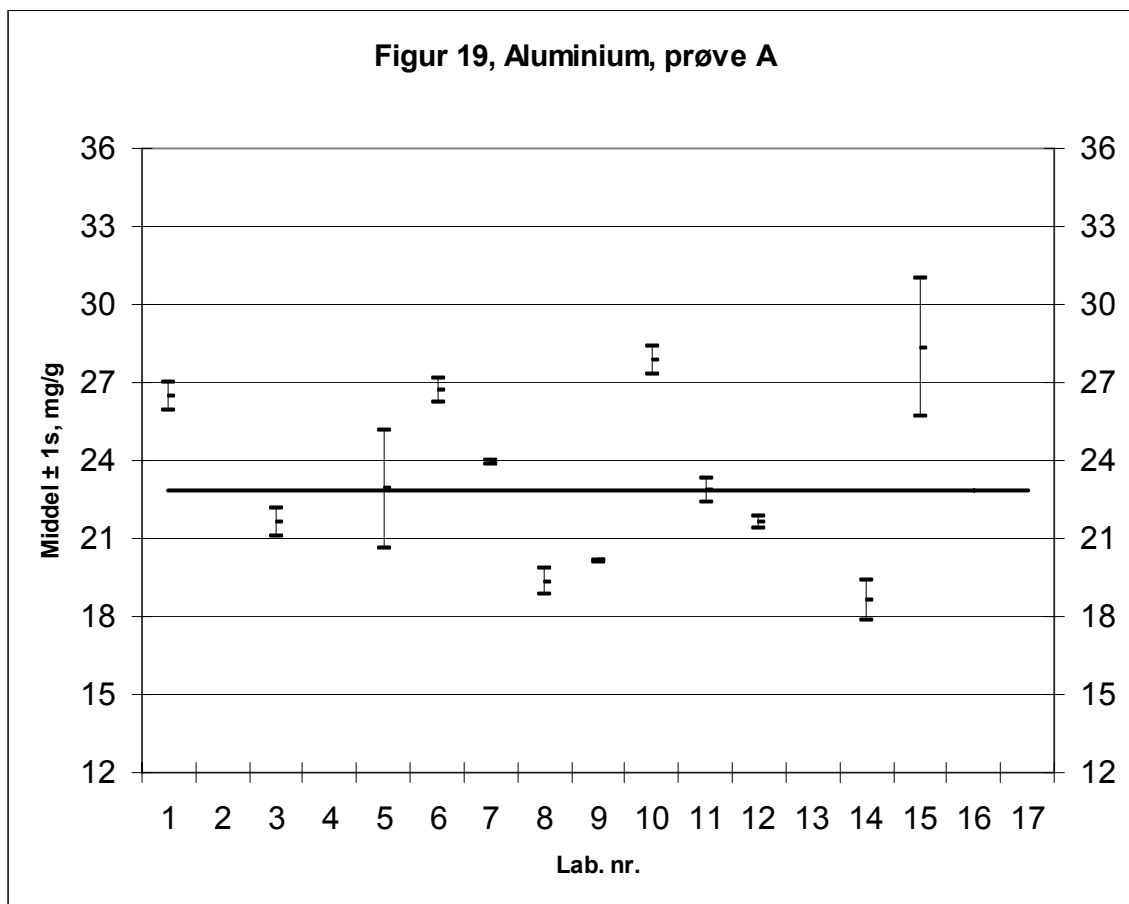


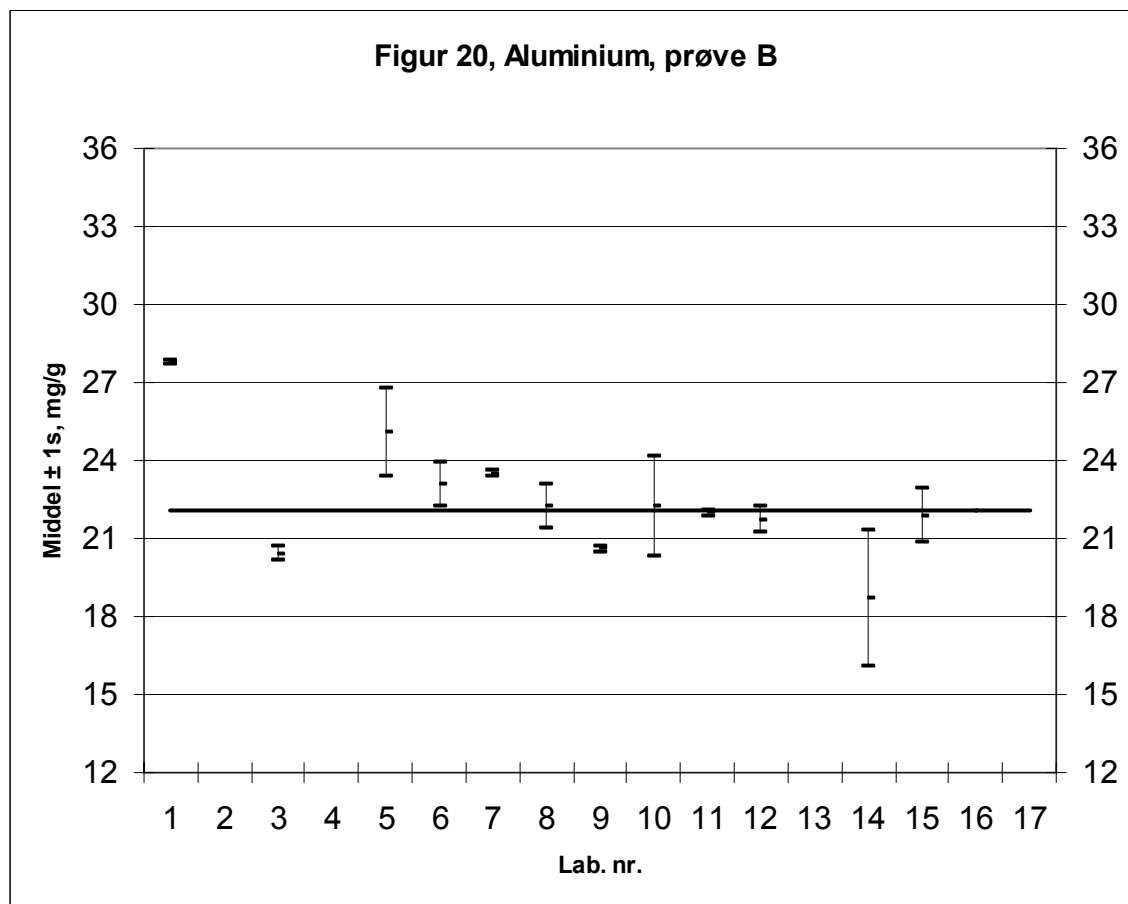


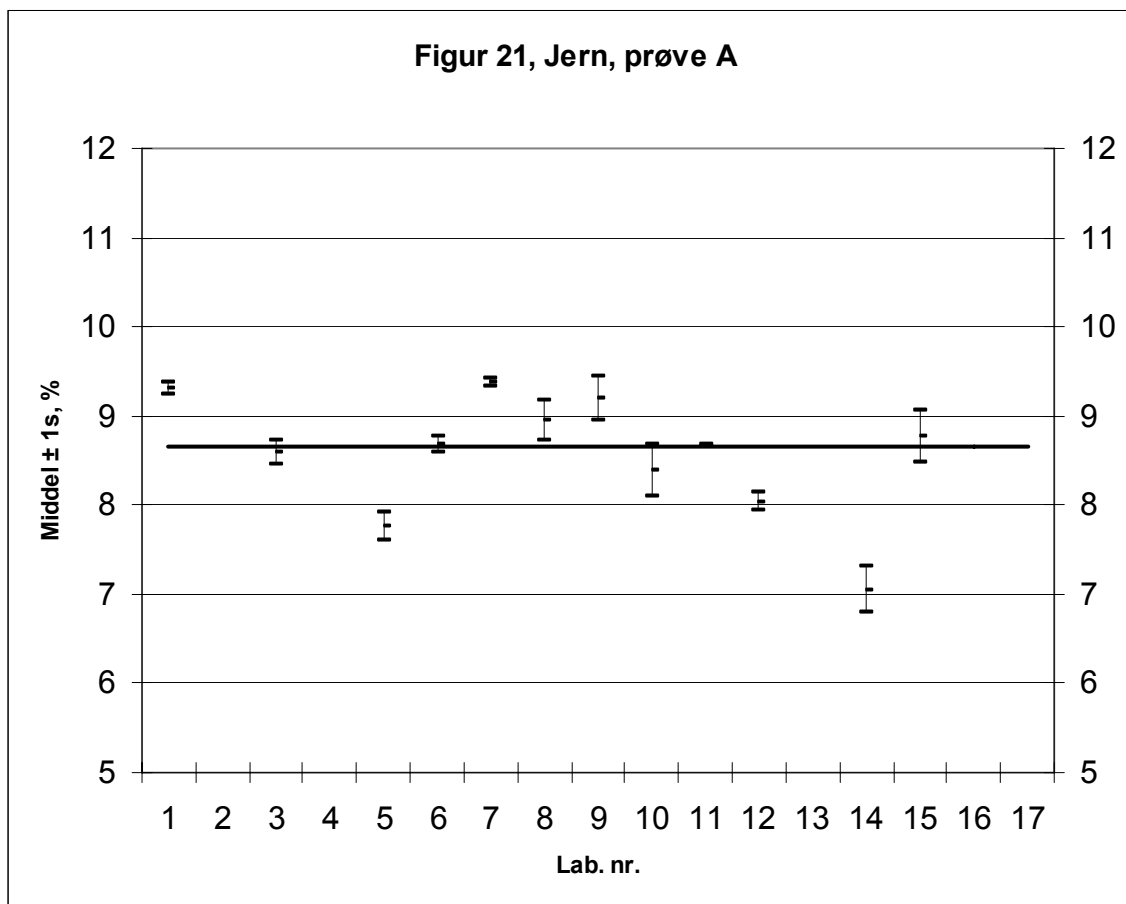


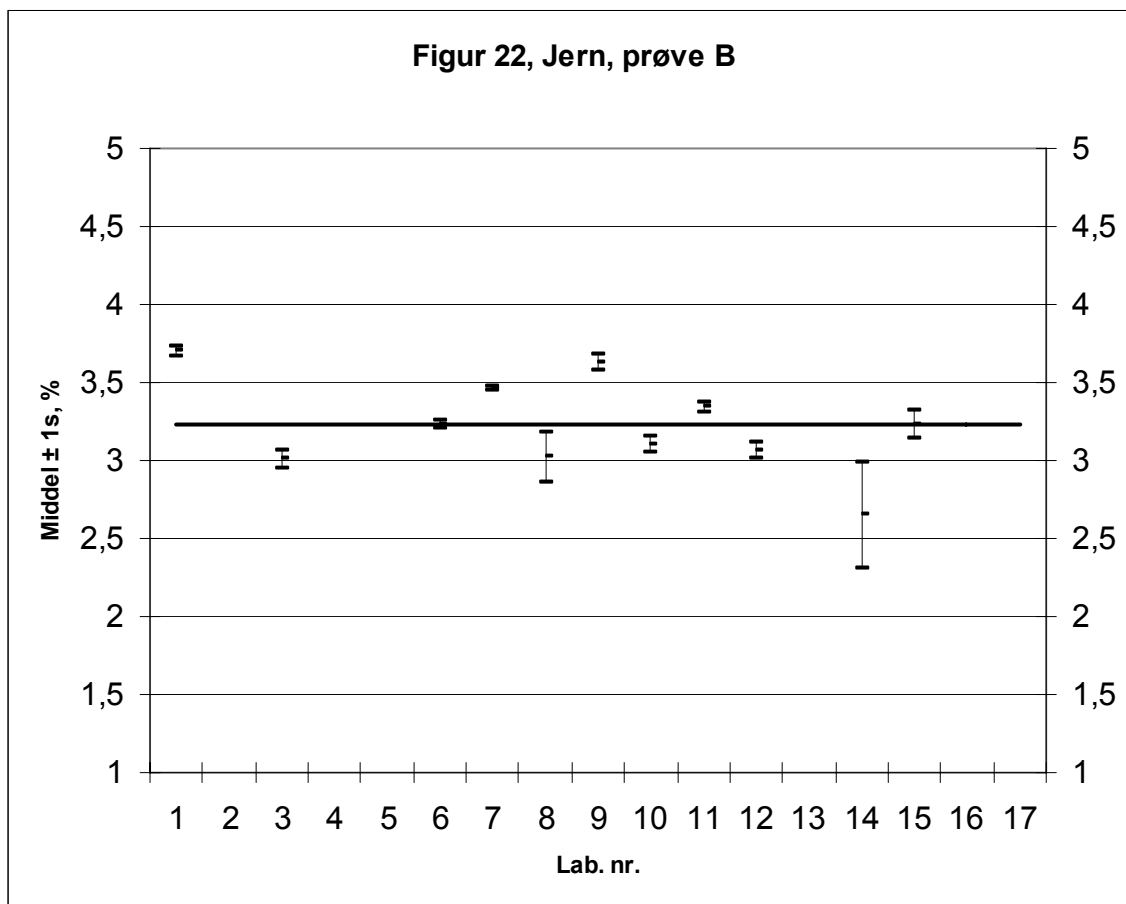




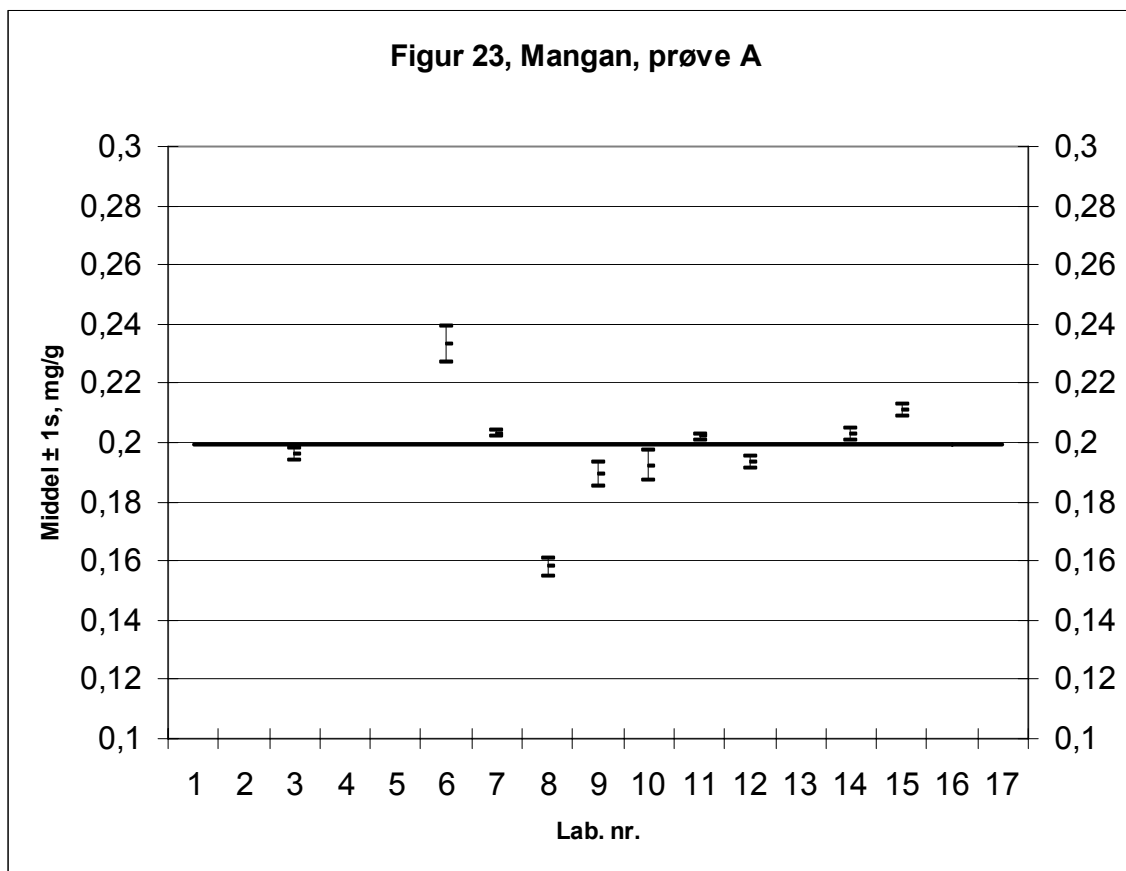


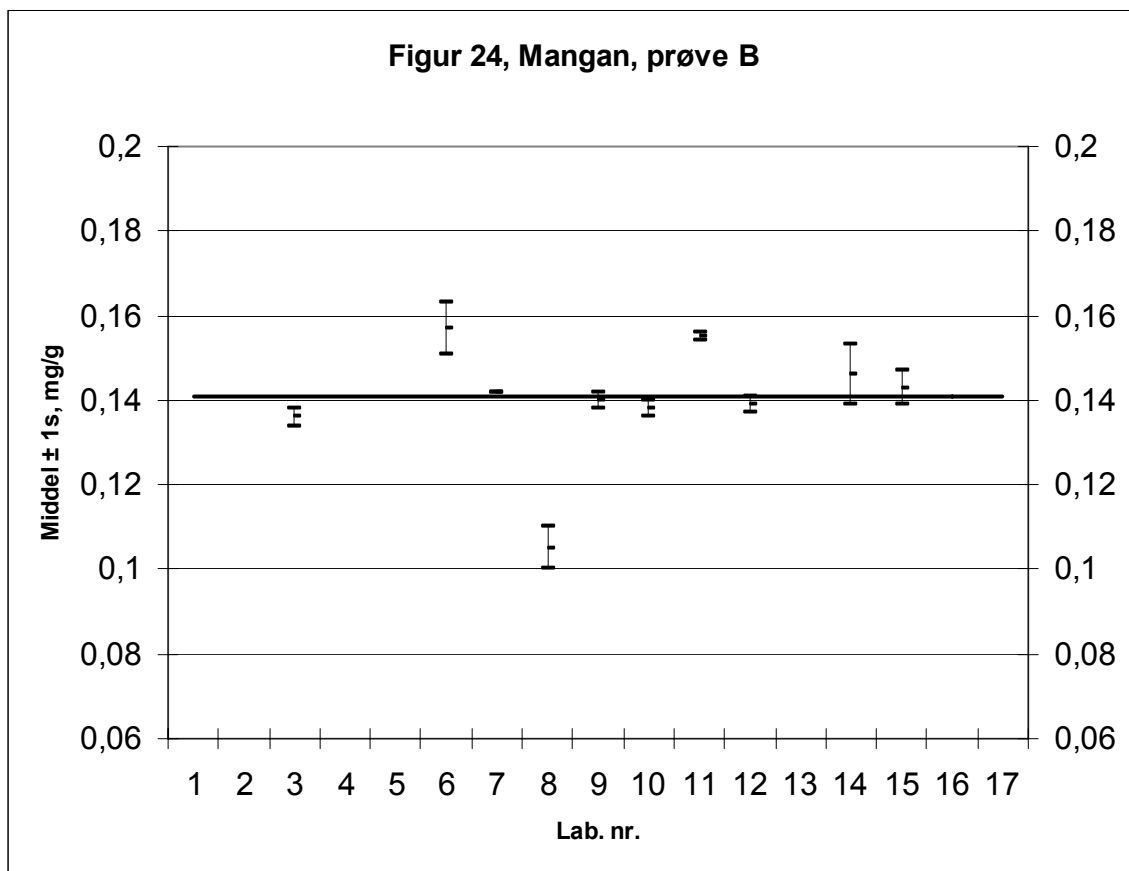


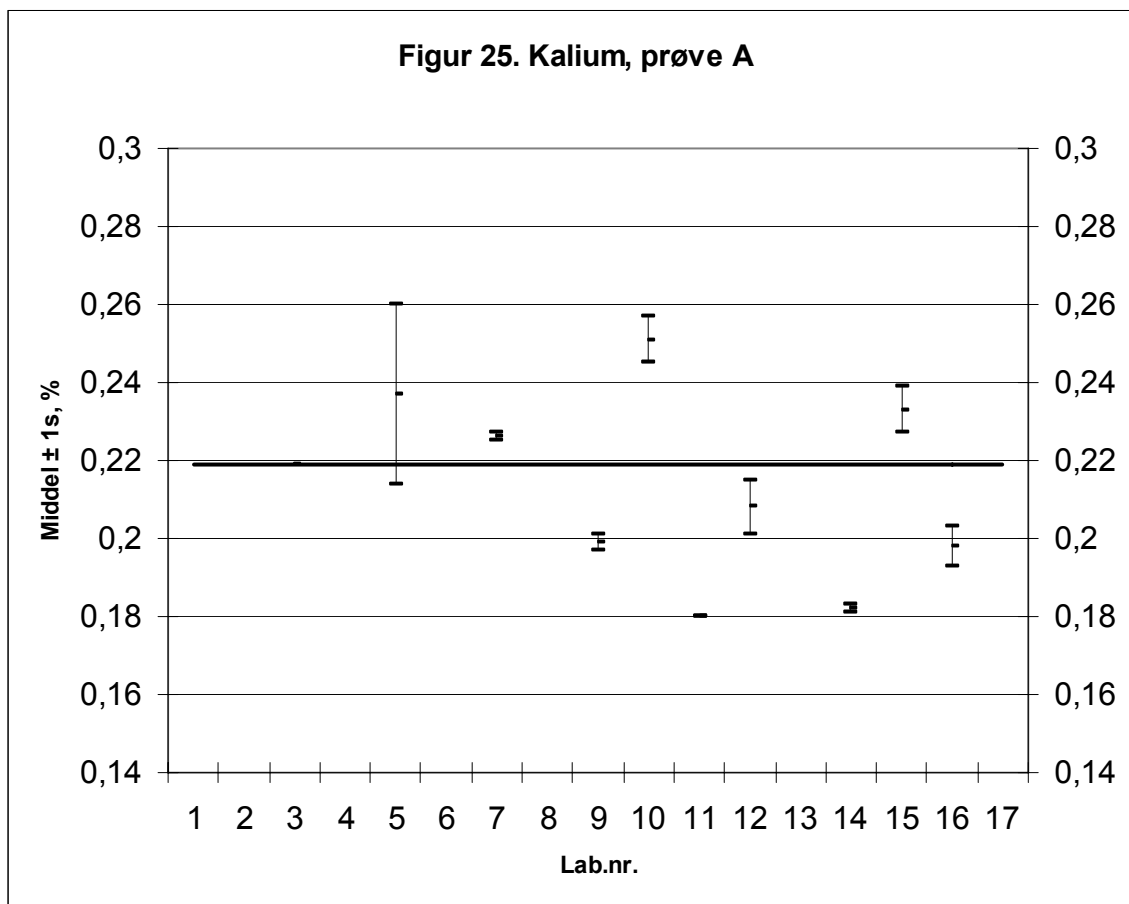


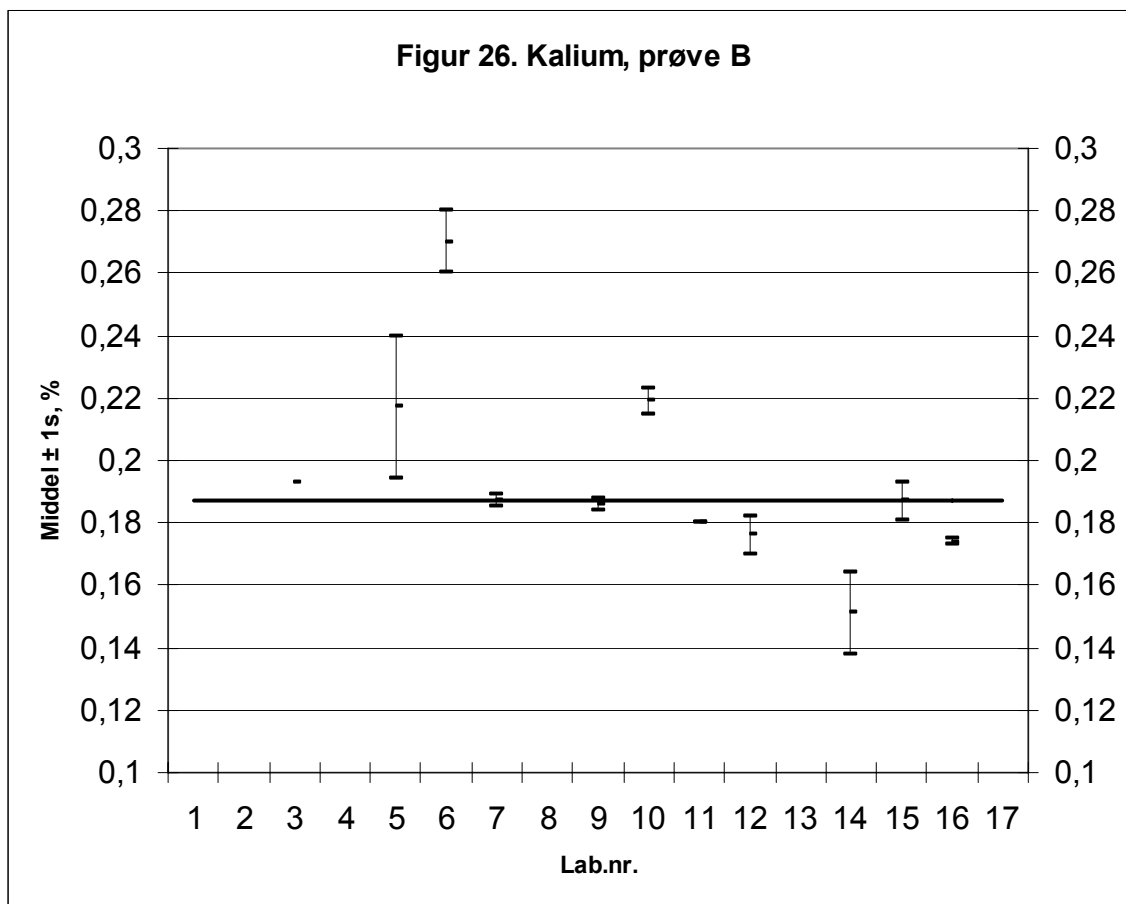


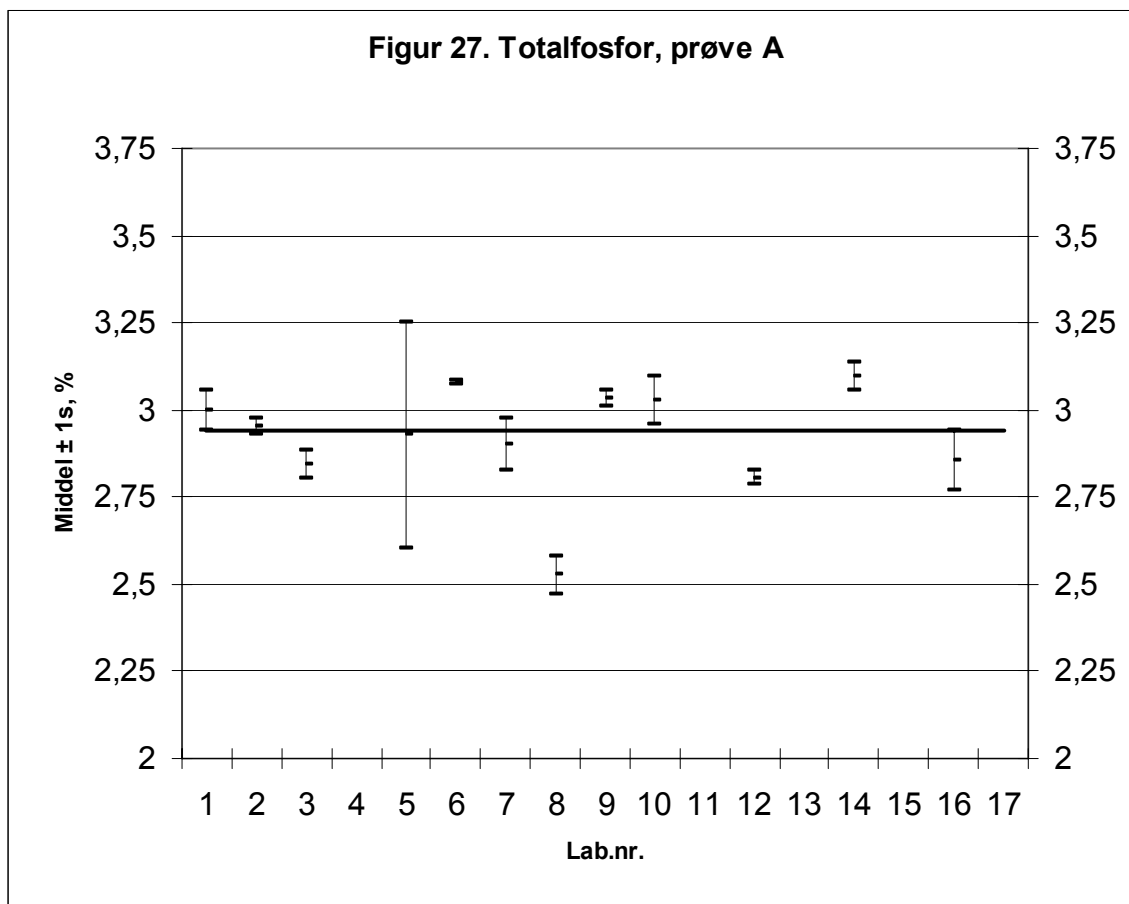


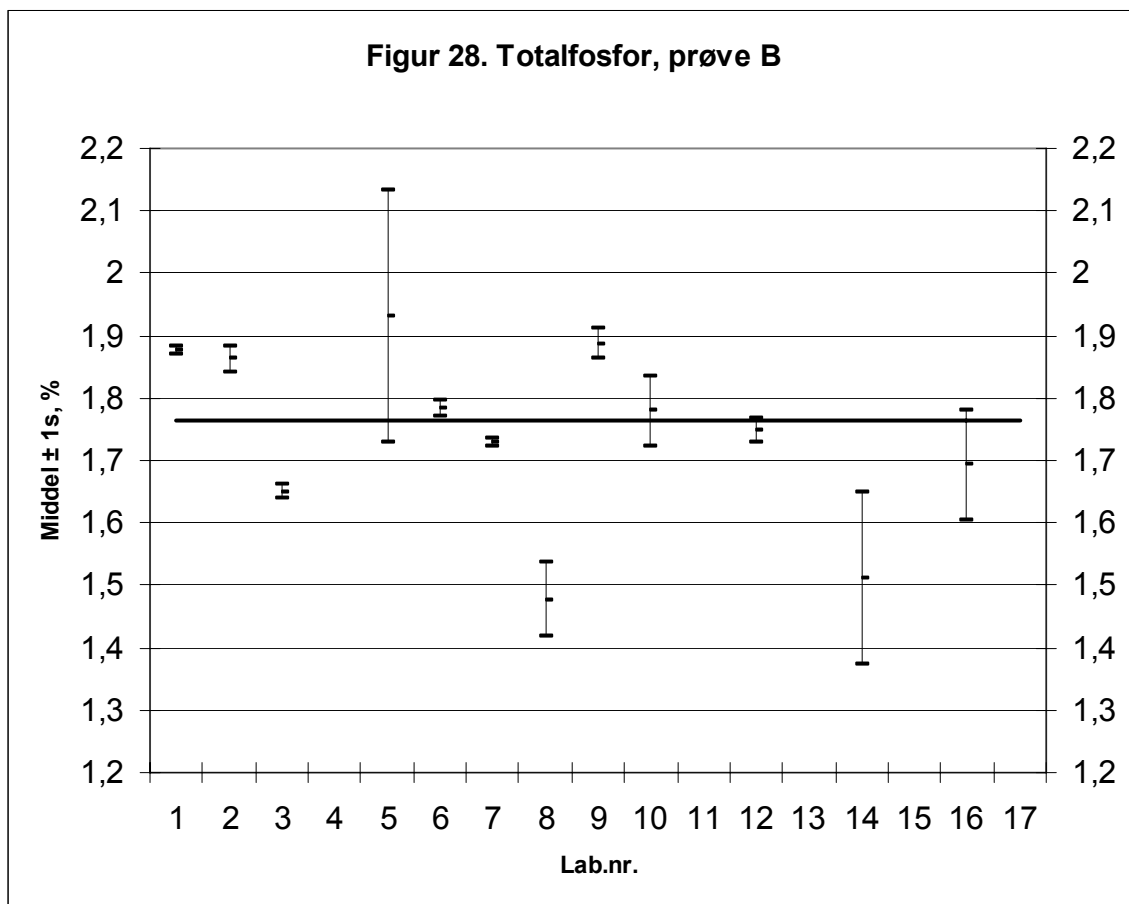


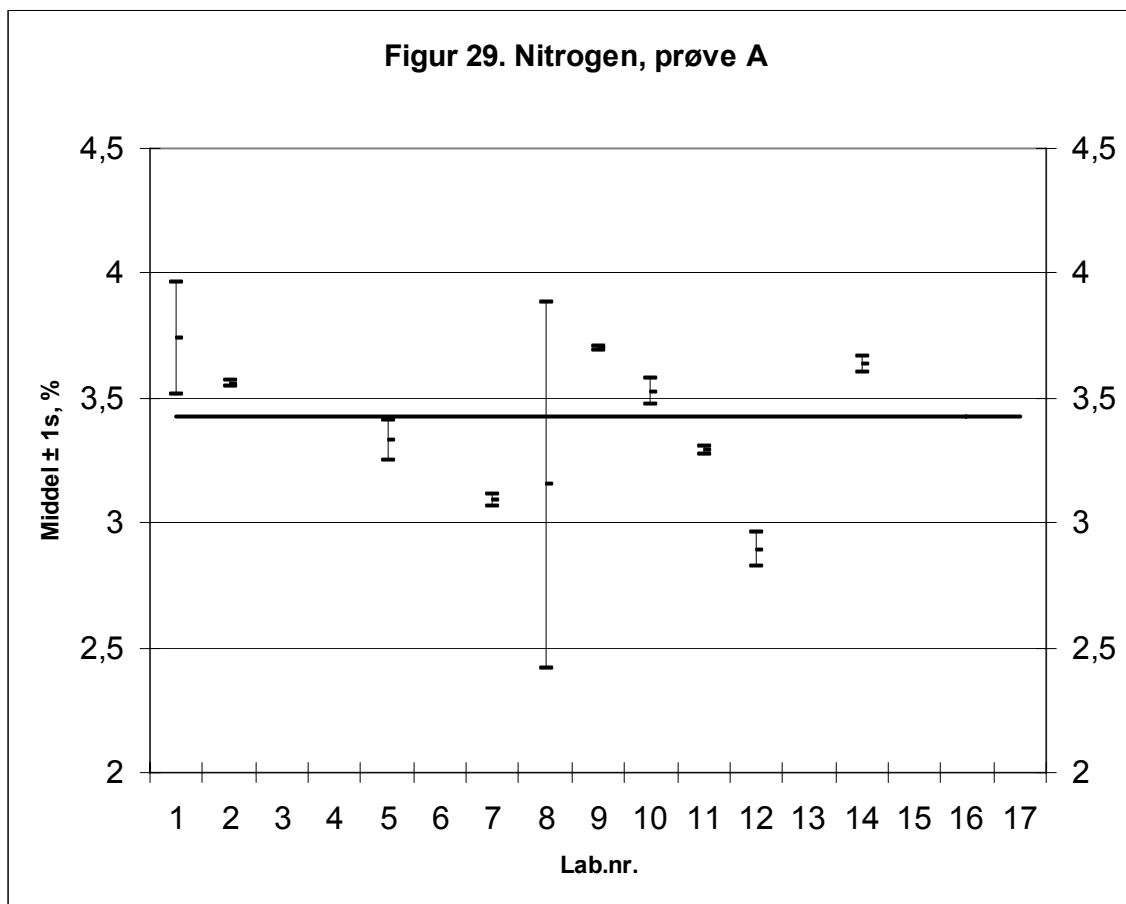


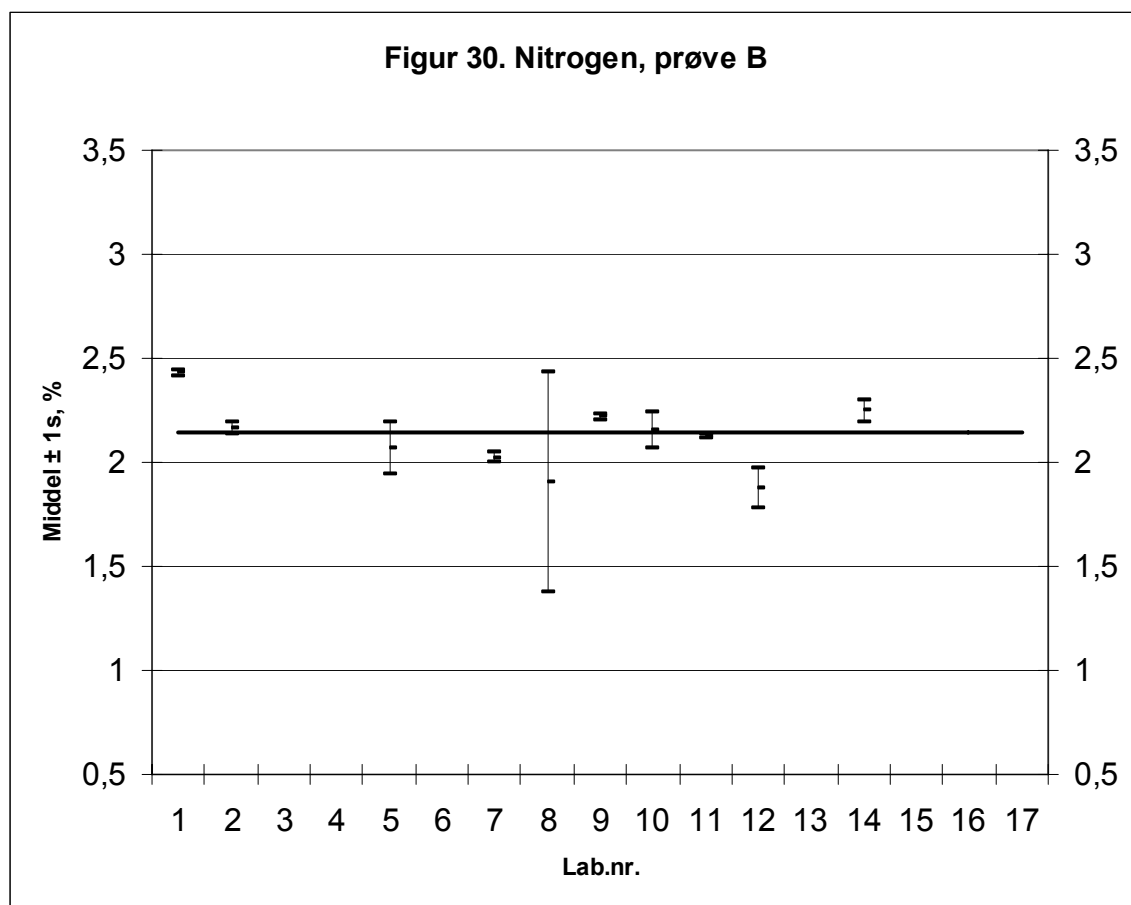




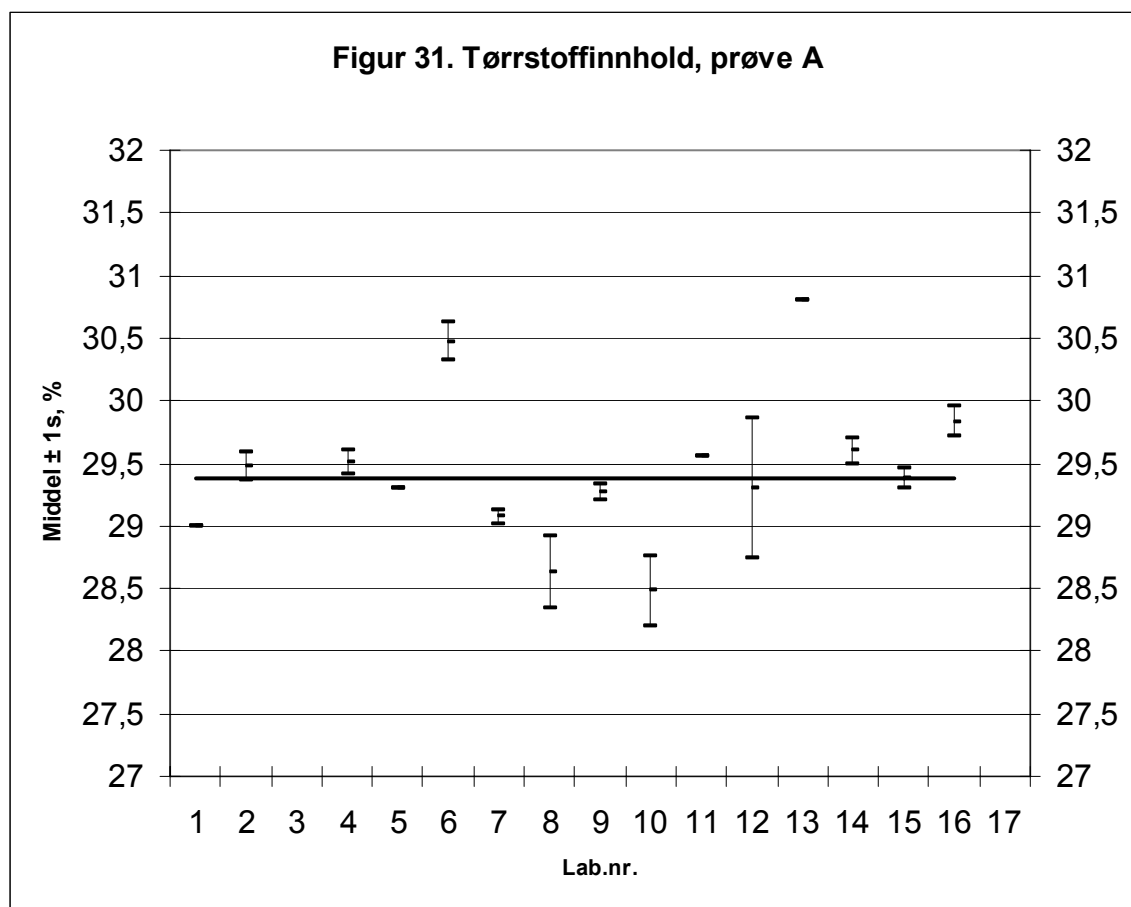


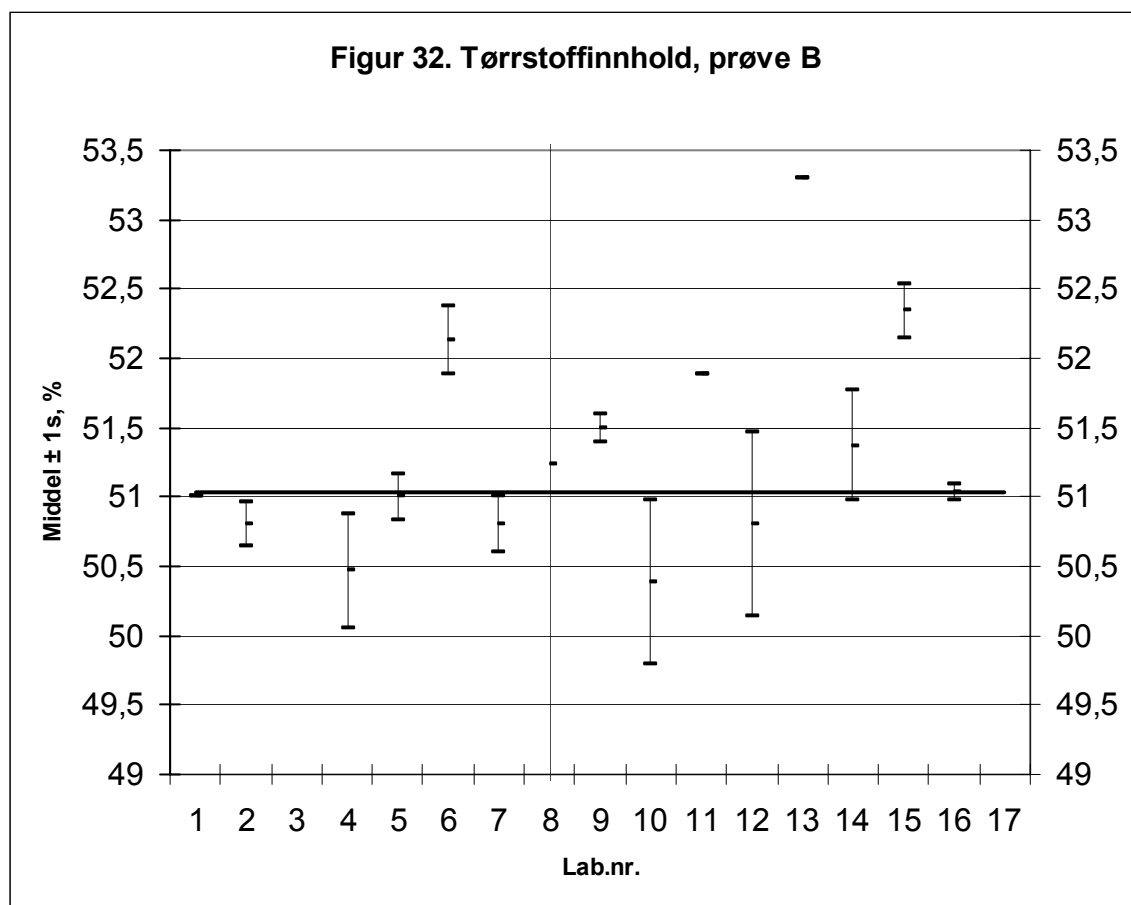


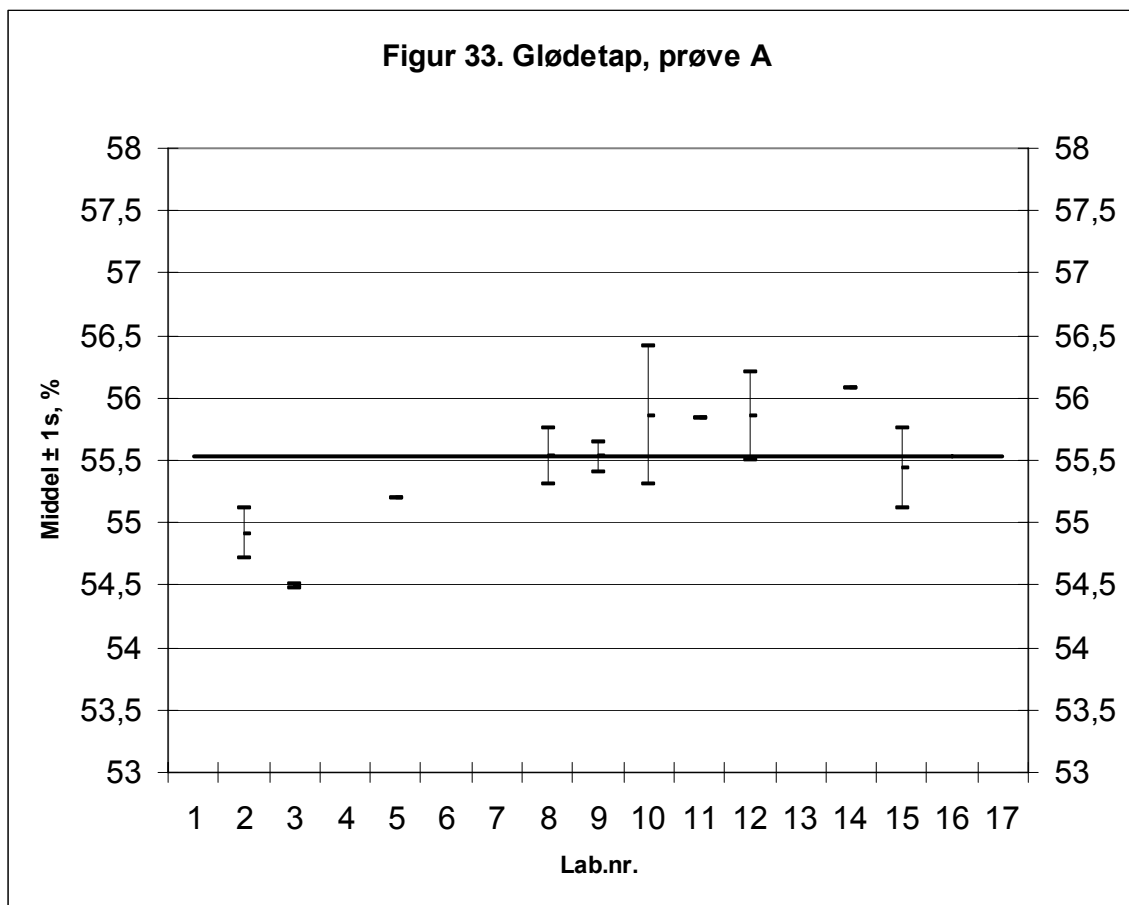


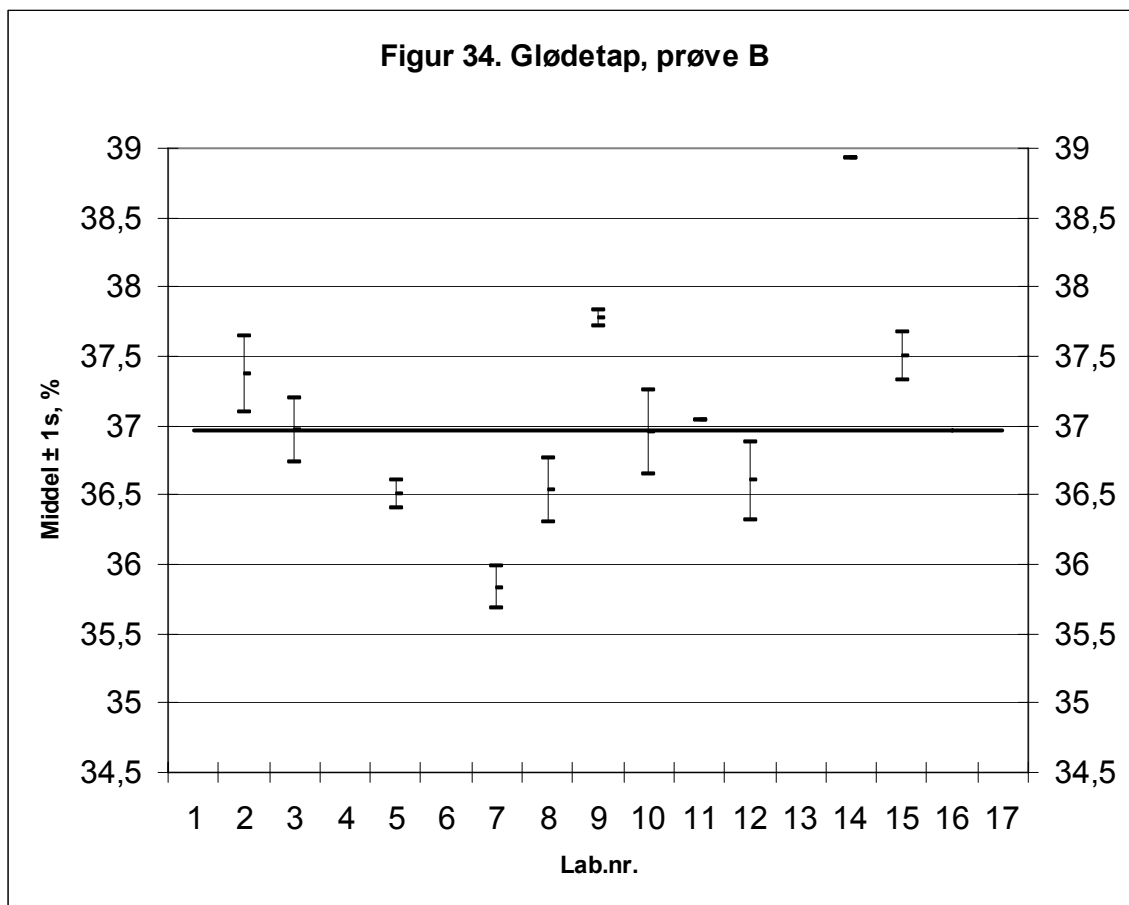


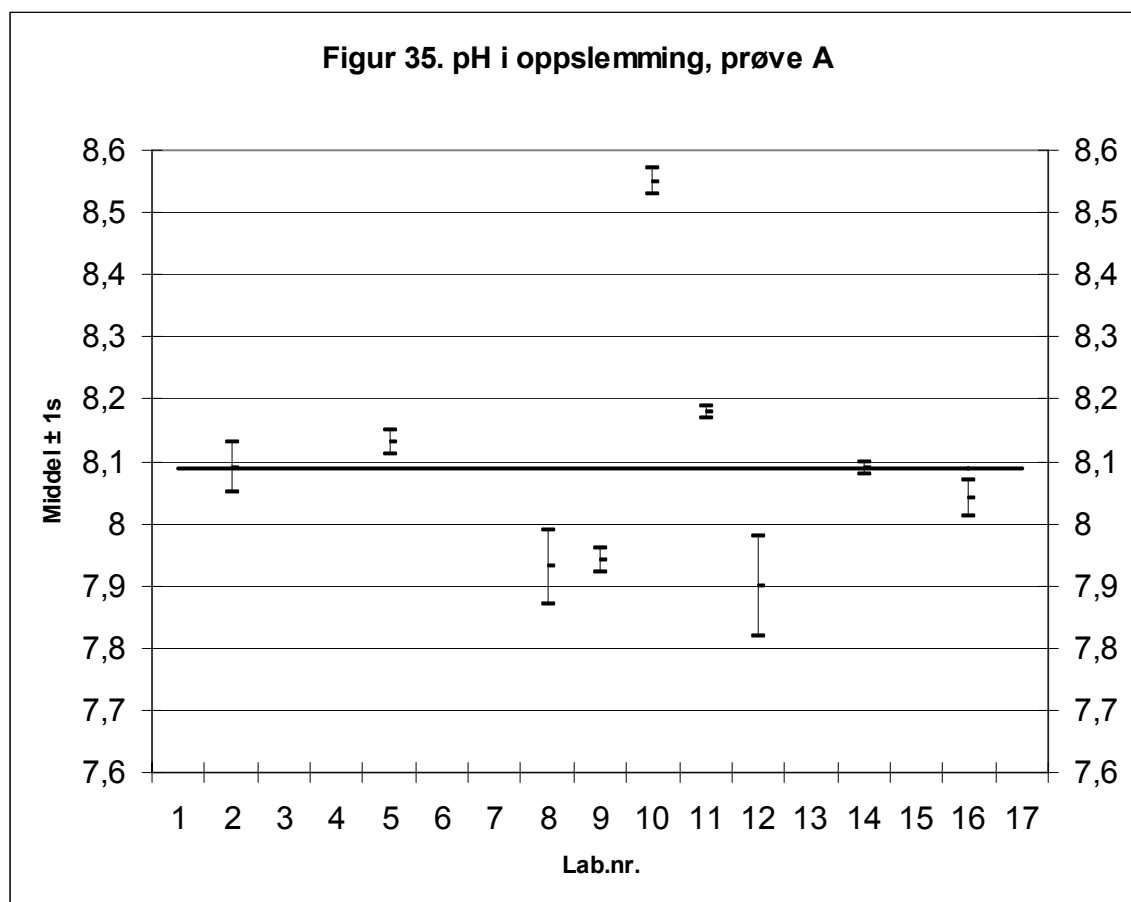


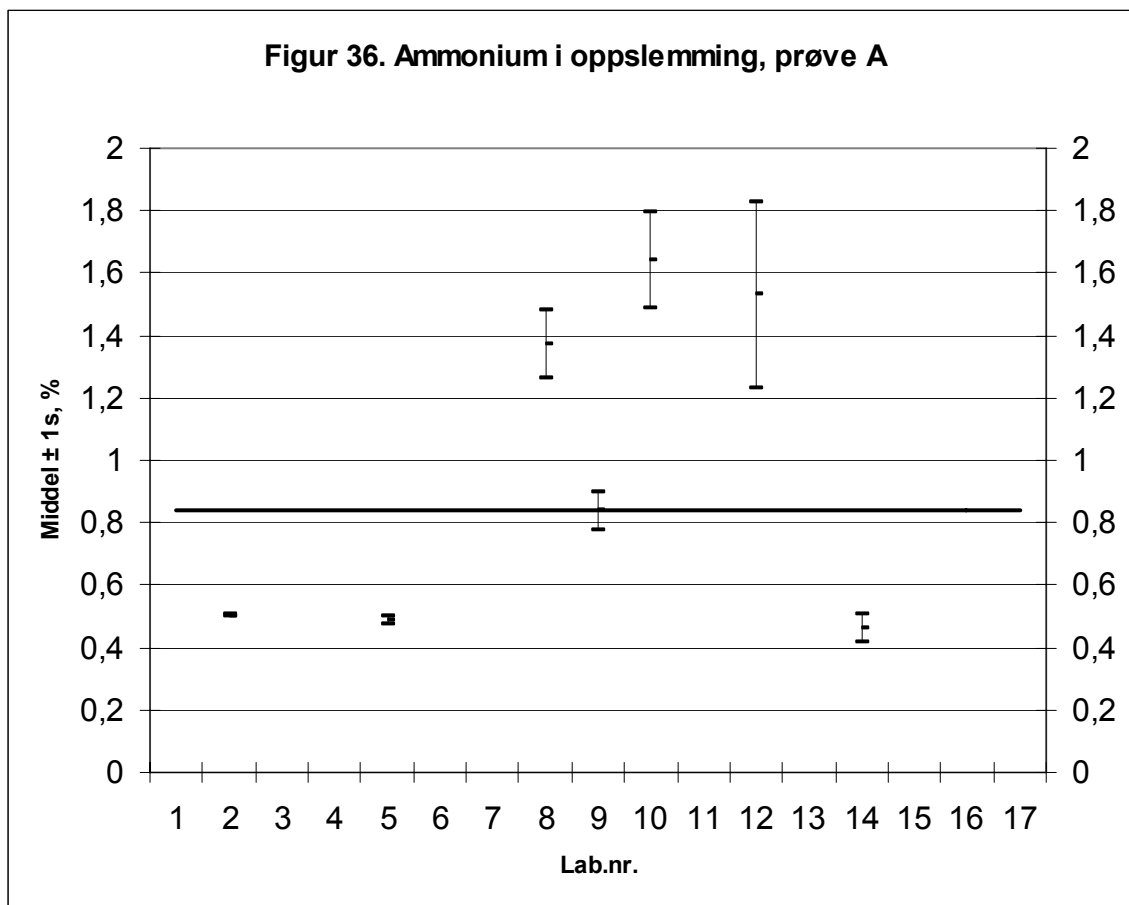












### 3.16 Totalt organisk karbon

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 21. Det er kun rapportert resultater fra fire laboratorier for hver av de to prøvene. Med så få resultater har det ingen hensikt å framstille dette grafisk, og ettersom det ikke er mulig å evaluere disse resultatene er denne parameteren heller ikke tatt med i tabell 2. Laboratoriene bestemte karboninnholdet ved høytemperatur forbrenning med sammenlignbare resultater.

### 3.17 Totalt tørrstoffinnhold

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 22, mens de enkelte laboratoriers middelerverdier er framstilt grafisk i figur 31 og 32. Det ble mottatt resultater for totalt tørrstoffinnhold fra alle laboratoriene unntatt to. Det er noe varierende resultater hos noen av laboratoriene, og dette vil være med å påvirke resultatet fra de andre bestemmelsene som er gjennomført for prøvene, fordi resultatet beregnes i forhold til innholdet av tørrstoff. Det er gjennomgående liten spredning i resultatene, og alle resultatene er akseptable i forhold til en akseptansegrense på  $\pm 20\%$ . Laboratorium nr. 8 hadde langt større spredning mellom enkeltresultatene enn de andre deltakerne. Et par laboratorier hadde åpenbart rapportert vanninnholdet i prøvene istedenfor tørrstoffinnholdet, men dette ble korrigert av laboratoriene etter rapporteringen. Forskjellen mellom laboratoriene er gjennomgående innenfor  $\pm 2\%$  for begge prøvene. Med akseptansegrenser på  $\pm 20\%$  er alle resultatene akseptable for prøve A og B.

### 3.18 Glødetap

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 23, mens de enkelte laboratoriers middelerverdier er framstilt grafisk i figur 33 og 34. 14 laboratorier rapporterte resultater for glødetapet i prøvene A og B. Tre av laboratoriene har rapportert resultater som tyder på at det er gløderesten som er rapportert istedenfor glødetapet. Dette gjelder laboratorium nr. 1, 13 og 16. Med akseptansegrenser på  $\pm 20\%$  er 79 % av resultatene akseptable for både prøve A og B.

### 3.19 pH i vannuttrekk

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 24, mens de enkelte laboratoriers middelerverdier er framstilt grafisk i figur 35. 11 laboratorier rapporterte pH for et vannuttrekk av slamprøve A. De fleste har angitt at de rystet ut 5 gram slam i vann til 50 ml, eller tilsvarende mengdeforhold. Noen få har benyttet et annet forhold, et laboratorium rystet ut 2,5 g i 100 ml vann, mens et annet laboratorium rystet ut 7,5 g i 50 ml vann. Ulikheter i forbehandlingen kan være årsaken til enkelte avvikende resultater. Av de rapporterte resultater lå tre middelerverdier utenfor sann verdi  $\pm 0,25$  pH-enheter, som tilsvarer 73 % akseptable resultater, noe som er relativt bra. Ved beregning av Z-score for pH er det benyttet en akseptansegrense på 0,25 enheter, som tilsvarer  $Z = 2$ .

### 3.20 Ammonium i vannuttrekk

Det har kommet som et ønske fra flere av deltakerne at ammonium i et vannuttrekk burde være med i denne slp'en. Derfor er denne analysevariabelen tatt med denne gangen. Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 25, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 36. I alt syv laboratorier har sendt inn resultater for denne variabelen, men spredningen mellom resultatene var så stor at bare ett resultat havnet innenfor medianverdien  $\pm 20\%$ . Det at laboratoriene benyttet nokså ulike forhold mellom mengde prøve og mengde vann under utvaskingen kan være en av årsakene til den store spredningen. Ulik utvaskingstid kan være en annen årsak.

## 4. Vurdering av resultatene

En vurdering av om et analyseresultat er akseptabelt eller ikke, er avhengig av hva det skal brukes til. Ved fastsettelse av akseptansegrensene ved denne prøvningssammenligningen har vi valgt å bruke generelle krav til den totale feil som ofte anvendes internasjonalt:  $\pm 20\%$  av medianverdien av de innsendte resultater. For pH ble det valgt å benytte en absoluttverdi på  $\pm 0,25$  pH-enheter som akseptansegrense. Til denne vurderingen har vi brukt medianverdien av de innsendte resultater som et uttrykk for den "sanne" verdi. Vi kjenner strengt tatt ikke den sanne verdi, og vet derfor ikke hvor "riktige" resultatene er. Det vi finner et uttrykk for ved denne vurderingen er hvor god sammenlignbarhet det er mellom deltakernes resultater. Benyttes en metode som avviker fra de andre laboratoriene, kan man risikere at resultatet blir bedømt som ikke akseptabelt fordi denne metoden gir resultater som er systematisk forskjellig fra en annen metode. Et eksempel på dette er bestemmelse av metaller etter totaloppløsning med flussyre, eller oppløsning med kongeavn som også gir noe høyere resultater for enkelte metaller sett i forhold til oppløsning med 7 mol/l salpetersyre. Det er ingen signifikant forskjell mellom resultatene der oppløsningen er foretatt med mikrobølgeovn i forhold til oppløsning i autoklav. For noen metaller blir resultatene systematisk for høye, uten at dette nødvendigvis betyr at man får medbestemt alt av de enkelte metallene.

Til vurdering av resultatene ved denne slp'en er det beregnet en Z-faktor (se Tabell 2, side 44-45), og Z-verdier mindre eller lik 2 bedømmes som akseptable. En Z-verdi lik 2 tilsvarer en feil på  $\pm 20\%$  (eller  $\pm 0,25$  enheter for pH). Når Z-verdien er mindre eller lik 1, anses resultatet som meget bra. Hvis Z-verdien er større enn 2, bedømmes resultatet som uakseptabelt. Av Tabell 2 og 3 fremgår hvilke laboratoriers resultater som er akseptable i henhold til dette kriteriet.

Ett laboratorium (nr. 1) hadde denne gangen benyttet EDXRF ved bestemmelse av metallene og det ser ut til at denne metoden jevnt over fungerer meget tilfredsstillende for de fleste metaller, men ga systematisk altfor høye resultater for kalium, og metoden var ikke tilstrekkelig følsom til bestemmelse av kvikksølv, kadmium og nikkel. Forøvrig er det ingen analysemetode som skiller seg spesielt ut fra de andre når det gjelder andelen akseptable resultater, forutsatt at konsentrasjonen er høy nok til at metoden kan anvendes direkte. Ved lave konsentrasjoner må man som en generell regel ha muligheten for å velge en tilstrekkelig

Forts. side 54



**Tabell 2. Evaluering av laboratorienes resultater ved analyse av slamprøvene. Oversikt over laboratorienes Z-faktor, beregnet i forhold til medianverdien. % akseptable (% ok) er beregnet i forhold til antall innsendte resultater for hver variabel. < angir at resultatet var rapportert som mindre enn deteksjonsgrensen, og u angir at resultatet var utelatt ved de statistiske beregningene.**

Lab.nr	Hg A	Hg B	Cd A	Cd B	Pb A	Pb B	Cr A	Cr B	Cu A	Cu B	Ni A	Ni B	Zn A	Zn B	Ca A	Ca B	Mg A	Mg B	
1	<	u	<	<	0,3	4,4	u	0,4	-0,6	0,8	<	<	0,2	0,7	1,4	1,1	1,7	2,4	
2																			
3	-2,6	-0,5	-0,6	0,0	1,5	1,4	0,4	-0,2	-0,2	-0,2	1,3	0,0	0,0	0,0	-0,5	-0,2	0,5	0,0	
4																			
5	1,8	-0,9	5,9	8,1	-0,4	1,8	3,2	2,6	2,5	4,0	0,6	1,6	-0,9	0,0	-0,3	0,4	-0,4	1,0	
6	2,2	1,4	u	u	2,3	-1,6	4,5	1,3	0,2	-0,4			-0,4	-1,2	1,0	-0,2	2,0	0,1	
7	-1,6	-1,3	0,6	-0,2	0,0	2,4	2,2	-1,8	0,0	0,0	1,4	0,2	0,0	-0,2	1,0	0,6	0,4	0,0	
8	-3,2	-3,5	-0,8	-2,6	-1,6	-3,5	-2,1	-3,1	-1,3	-1,7	-1,3	-2,0	-1,2	-1,4	-1,4	0,0	-2,2	-3,2	
9	0,4	1,3	0,6	0,5	-2,1	-1,9	-0,9	-1,2	0,0	0,3	0,0	0,6	-0,3	0,2	1,6	0,7	-0,7	-0,3	
10	-0,4	8,0	-0,8	0,0	-0,2	3,1	0,0	0,9	-0,2	0,0	-0,3	0,4	0,4	1,8	0,9	0,0	0,9	0,4	
11	3	6,6	1,5	-0,4	1,2	-0,6	0,4	0,2	0,2	1,3	0,0	0,0	0,5	1,0	-1,6	u	-0,5	-0,7	
12	1,1	2,0	1,5	0,9	-0,2	-0,7	-0,5	-0,9	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,6	-0,6	0,0	-0,5	-0,7	-0,6	
13	u	u	-1,0	0,3	-0,5	-0,3	-1,6	1,3	-0,7	-0,2	-1,2	-0,3	-1,7	-1,1					
14	-0,7	-0,1	0,5	0,7	0,0	-0,9	-0,3	-2,3	0,2	-1,8	2,9	-0,4	1,1	-1,4	1,6	0,6	0,7	0,6	
15			-0,5	-0,7	1,8	1,3			-0,3	0,3	-0,4	0,0	0,2	0,3	-0,1	-0,4	-0,8	-1,2	
16			-0,9	-1,1	0,9	-0,3	-1,2	-0,7	0,1	1,0	-1,7	2,6	0,8	1,6	-0,6	-0,1			
17																			
% ok	50	58	79	71	86	71	62	77	93	93	85	85	100	100	100	100	92	83	

Tabell 2 forts.

Lab.nr.	A1A	A1B	Fe A	Fe B	Mn A	Mn B	K A	K B	T-P A	T-P B	T-N A	T-N B	TTS A	TTS B	TGT A	TGT B	pH A	NH4 A
1	1,6	2,6	0,7	1,4			8,9	7,8	0,2	0,6	1,2	1,4	-0,1	0,0	u	u		
2									0,0	0,6	0,7	0,2	0,0	-0,1	-0,1	0,1	0,0	-4,0
3	-0,6	-0,8	-0,1	-0,7	-0,1	-0,4	-0,2	0,3	-0,3	-0,6					-0,2	0,0	-14,4	
4													0,0	-0,1				
5	0,0	1,4	-1,0				0,6	1,6	0,0	0,9	0,0	-0,3	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,3	-4,2
6	1,7	0,4	0,0	0,0	1,7	1,0	7,3	4,4	0,5	0,1			0,4	0,2				
7	0,5	0,6	0,8	0,7	0,2	0,0	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,7	-0,5	-0,1	-0,1	-1,8	-0,3		
8	-1,5	0,1	0,3	-0,7	-2,0	-2,6	-4,2	-5,3	-1,4	-1,6	-0,5	-1,0	-0,3	0,0	0,0	-0,1	-1,3	6,4
9	-1,2	-0,7	0,6	1,2	-0,5	-0,1	-1,1	0,0	0,3	0,7	1,1	0,4	0,0	0,1	0,0	0,2	-1,2	0,0
10	2,2	0,1	-0,3	-0,4	-0,3	-0,3	1,3	1,7	0,3	0,1			-0,3	-0,2	0,1	0,0	3,7	9,6
11	0,0	-0,1	0,0	0,3	0,1	0,9	-1,9	-0,4			-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,7	
12	-0,5	-0,2	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,7	-0,6	-0,5	-0,1	-1,3	-1,2	0,0	-0,1	0,1	-0,1	-1,5	8,3
13													0,5	0,4	u	u	12,2	
14	-1,8	-1,6	-1,9	-1,8	0,2	0,3	-1,8	-1,9	0,5	-1,4	0,9	0,6	0,1	0,0	0,1	0,5	0,0	-4,5
15	2,4	-0,1	0,1	0,0	0,6	0,1	0,5	0,0					0,0	0,2	0,0	0,1		
16							-1,1	-0,7	-0,3	-0,4			0,2	0,0	u	u	-0,4	
17																		
%ok	83	92	100	100	100	90	77	77	100	100	100	100	100	100	79	79	73	14

følsom metode til selve sluttbestemmelsen. Ved kontrollanalyse av kommunalt avløpsslam burde ikke dette representere noe stort problem. For de fleste laboratorier vil kontroll av kontaminering og korreksjon for mulige interferenser være det vesentligste for kvaliteten av analyseresultatene.

For bestemmelse av kvikksølv var kalddamp atomabsorpsjon praktisk talt enerådende teknikk. For de øvrige metallene benyttet opp til 9 laboratorier ICP-AES til selve sluttbestemmelsen, og det er en klar tendens til at dette er en teknikk som tas i bruk av et økende antall laboratorier. Fire laboratorier anvendte atomabsorpsjon i flamme, selv om grafittovn ble brukt ved åtte laboratorier til bestemmelse av kadmium, og i noen tilfeller også ved bestemmelse av bly, nikkel og krom.

Av Tabell 2 fremgår det at det er en viss forskjell i andel akseptable resultater mellom de enkelte analysevariable. I tillegg til at enkelte metaller er tilstede i lave konsentrasjoner, kan dette også skyldes at enkelte metaller er mer utsatt for interferenseffekter under bestemmelsen enn andre. Således er resultatene for kopper og sink generelt lite påvirket av interferenser, og resultatene for disse metallene er meget bra ved denne slp'en. Disse metallene er dessuten til stede i høye konsentrasjoner sett i forhold til de anvendte metodenes deteksjonsgrenser. Det er en gjennomgående tendens til at andel akseptable resultater er høyere for prøve A enn for prøve B, blant annet er andel akseptable resultater for bly, kopper, nikkel og sink i prøve A over 80 %.

Ved vurdering av de enkelte laboratoriers resultater for tungmetallene er andelen akseptable resultater beregnet både i prosent av det totale antall metallresultater laboratoriet har sendt inn, og i prosent av det mulige antall resultater som kunne sendes inn. Dette er gjort fordi noen laboratorier kan delta med noen få analysevariable, og således oppnå en høy andel akseptable resultater selv om mange viktige analysevariable ikke er bestemt. Dette representerer ikke noe stort problem ved denne slp'en. Det ideelle er et høyt prosenttall i begge tilfeller. Denne oversikten er gjengitt i Tabell 3. Av denne fremgår det at 8 av laboratoriene har mer enn 80 % akseptable middelverdier blant sine innsendte analyseresultater for *tungmetallene*, og et av disse hadde akseptable resultater for alle sine innsendte verdier, noe som er meget bra! To laboratorier har mellom 60 og 80 % akseptable resultater, mens 4 laboratorier har bare 43 til 57 % akseptable resultater. Tre laboratorier rapporterte ikke resultater for metallene, i tillegg til et laboratorium (nr. 17) som ikke rapporterte resultater i det hele tatt.

Miljøgiftene kadmium og kvikksølv er de analysevariable som det legges mest vekt på ved kontroll av kommunalt avløpsslam. Derfor er også de strengeste kontrollkravene knyttet til disse metallene. Det er åpenbart en vanskelig oppgave å bestemme så lave konsentrasjoner som det ofte er av disse metallene i norsk kommunalt avløpsslam, med høy grad av nøyaktighet.

I Tabell 4 er gitt en oversikt over myndighetenes krav til tillatte maksimalkonsentrasjoner av de enkelte tungmetaller, slik de er gitt i Norsk Standard NS 9421 (2). Til sammenligning er de konsentrasjoner som ble bestemt i de to slamprøvene (medianverdien av laboratorienes resultater) også gjengitt. Alle resultatene for det avvannede slammet og det komposterte slammet ligger under myndighetenes maksimumsverdier.

**Tabell 3. Vurdering av de enkelte laboratoriers resultater for tungmetallene ved slamslp nr. 12, 2008, dette gjelder de metallene det er stilt krav til: Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Ni og Zn. Ved beregning av antall prosent akseptable resultater for hvert enkelt laboratorium er det foretatt en beregning både i forhold til antall resultater det enkelte laboratorium har sendt inn, og i forhold til totalt antall mulige resultater (14).**

Lab.nr.	Antall innsendte resultater	Antall akseptable resultater	% akseptable av innsendte resultater	% akseptable av antall mulige
1	14	6	43	43
2				
3	14	13	93	93
4				
5	14	8	57	57
6	12	7	58	50
7	14	12	86	86
8	14	8	57	57
9	14	13	93	93
10	14	12	86	86
11	14	12	86	86
12	14	14	100	100
13	14	12	86	86
14	14	12	86	86
15	10	10	100	71
16	12	11	92	78
17				
<b>Middel</b>	13,4	10,7	80,2	76,6

For slamtyper der metallkonsentrasjonene er meget lave i forhold til kravgrensen, kan en akseptansegrense på  $\pm 20\%$  bli altfor streng, da dette i mange tilfeller ville kreve at man benytter en mer følsom analysemetode enn det som strengt tatt er nødvendig for å oppnå tilstrekkelig kontroll av slammet. Dette må ses i forhold til hensikten med slamanalysene som er å kontrollere om konsentrasjonen av de aktuelle tungmetaller ligger lavere enn de grenseverdier myndighetene har satt som kvalitetskrav til slam som skal brukes som jordforbedringsmiddel.

De laboratorier som har ulike typer avvik for en gitt analysevariabel i de to prøvene, må undersøke hva som kan være årsaken til de tilfeldige variasjonene. Her må det vurderes om ulike matriser kan være delvis årsak til dette fenomenet. Det er fortsatt et behov for å avklare hvordan man best kan redusere interferenseffekter for flere metaller i ulike slamtyper.

Nok en gang må det understrekes at de laboratorier som har oppnådd resultater bedømt som ikke akseptable, må gjennomgå metodene grundig - også forbehandlingsmetodene - for å finne årsaken til avvikene. Framgangsmåten ved rutineanalysene må forbedres til

analysekvaliteten blir tilfredsstillende. Til kontroll av dette arbeidet kan benyttes referansematerialer med sertifiserte verdier. Det anbefales at man benytter en type referansemateriale som er mest mulig sammenlignbar med de prøvene som skal analyseres, både med hensyn til konsentrasjonsnivået av de aktuelle elementene og matrisen i prøven. Dermed kan man til enhver tid kontrollere om bestemmelsen fungerer tilfredsstillende, og disse kontrollresultatene kan brukes som dokumentasjon av kvaliteten til resultatene ved rutinemessig analyse av slam.

**Tabell 4. Oversikt over tillatte maksimalkonsentrasjoner ( $\mu\text{g/g}$ ) for tungmetaller i kommunalt slam som skal brukes som jordforbedringsmiddel (2). Medianverdiene for prøvene A og B ved denne prøvingsammenligningen er også gjengitt.**

Metall	Tillatt maksimalinnhold		Medianverdier	
	Jordbruks-areal	Grøntareal	Prøve A	Prøve B
Hg	3	5	0,73	0,57
Cd	2	5	0,85	0,60
Pb	80	200	21,9	16,0
Cr	100	150	22,8	13,5
Cu	650	1000	361	269
Ni	50	80	19,4	11,1
Zn	800	1500	465	295

## 5. Henvisninger

1. Miljøverndepartementet: Forskrift om avløpsslam. Faststtt av Sosial- og helsedepartementet og Miljøverndepartementet 2. januar 1995 med endringer av 27. september 1996). T - 1075. ISBN 82-457-0035-5.
2. Norsk Standard NS 9421. Krav til prøvetaking og analyse av slam. 1. utgave, mars 1998.

## **TILLEGG**

- Tillegg 1 Eksempel på utfylt innholdsdeklarasjon av slam
- Tillegg 2 Alfabetisk oversikt over deltakerne
- Tillegg 3 Analyseresultatene fra de enkelte deltakerne

## TILLEGG 1

## Tillegg C (informativt)

## Eksempel på utfyllt innholdsdeklarasjon av slam

Renseanlegg:	A/S Renseanlegget
Slambehandlingsmetode:	Kjemisk (aluminiumsfelling)
Slamtype:	Avvannet slam
Prøvetype:	Månedsblandprøve
Prøvetakingsperiode:	November 1996
Analyseperiode:	Desember 1996

Tabell C.1 - Analyse på fysiske egenskaper og næringsstoffer

Parameter (enhet)	Metode	Usikkerhet	Resultat
Surhetsgrad, pH	prEN 12176	±10 %	7,1
Tørrstoff (TS), % av våtvekt	prEN 12879	±10 %	25
Organisk stoff, % av TS	prEN 12879	±10 %	52
Kjeldahl-nitrogen, % av TS	Egen metode	±10 %	1,7
Totalt fosfor, % av TS	Egen metode	±10 %	1,2
Kalium, % av TS	NS 4770:1994	±10 %	0,6
Totalt kalsium, % av TS	NS 4770:1994	±10 %	1,4

Tabell C.2 - Analyse på tungmetaller som skal deklarerer:

Parameter	Metode	Usikkerhet	Resultat	Krav <sup>4)</sup> - Jordbruksareal	Krav <sup>4)</sup> - Grøntareal
Kadmium, mgCd/kg TS	NS 4770:1994	±10 %	2,0	2,0 <sup>5)</sup>	5
Bly, mgPb/kg TS	NS 4770:1994	±10 %	54	80	200
Kvikksølv, mgHg/kg TS	NS 4768:1989	±15 %	0,5	3	5
Nikkel, mgNi/kg TS	NS 4770:1994	±10 %	36	50	80
Sink, mgZn/kg TS	NS 4770:1994	±10 %	320	800	1500
Kobber, mgCu/kg TS	NS 4770:1994	±10 %	95	650	1000
Krom, mgCr/kg TS	NS 4770:1994	±10 %	37	100	150

<sup>4)</sup> Se fotnote 4 på side 7.

<sup>5)</sup> Se fotnote 5 på side 7.

## TILLEGG 2. Oversikt over deltakerne

**Tabell 5. Alfabetisk oversikt over deltakerne ved prøvningssammenligning for analyse av slam 2008.**

Navn	Poststed
Eurofins Norsk Miljøanalyse	1506 MOSS
Hardanger Miljøsentor AS	5750 ODDA
Kystlab AS, Avd. Molde	6422 MOLDE
LabNett Skien	3702 SKIEN
NIVA	0349 OSLO
NOAH Holding	3081 HOLMESTRAND
NRV IKS, avd. NorAnalyse	2010 STRØMMEN
Oslo kommune, VAV	0506 OSLO
Molab AS	8607 MO
PFI AS	7491 TRONDHEIM
Prebio AS, avd. Namdal	7809 NAMSOS
Renor Brevik	3991 BREVIK
Teknologisk Institutt, Miljølaboratoriet	3601 KONGSBERG
Vannlaboratoriet AS	4604 KRISTIANSAND
VEAS	3470 SLEMMESTAD
Vestfoldlab AS	3170 SEM
ØMM-lab AS	1715 YVEN



**TILLEGG 3. Analyseresultatene (tørrvekt) fra de enkelte deltakere.**

Resultater i parentes er utelatt ved de endelige statistiske beregninger.

**Tabell 6. Kvikksølv, µg/g**

Lab. nr.	Res.			Middel	Std.avvi		Res.			Middel	Std. avvik
	1	2	3		k	1	2	3			
1	< 6	< 6	< 6	(< 6)		7,0	7,2	5,0	(6,4)	1,217	
2											
3	0,540	0,522	0,543	0,535	0,011	0,488	0,523		0,506	0,025	
4											
5	0,98	0,87	0,70	0,850	0,141	0,49	0,47	0,49	0,483	0,012	
6	0,83	1,00	0,81	0,880	0,104	0,60	0,63	0,60	0,610	0,017	
7	0,596	0,625	0,605	0,609	0,015	0,497	0,427	0,474	0,466	0,036	
8	0,484	0,507	0,486	0,492	0,013	0,373	0,326	0,348	0,349	0,024	
9	0,67	0,83	0,75	0,750	0,080	0,55	0,64	0,62	0,603	0,047	
10	0,70	0,74	0,65	0,697	0,045	1,02	0,81	1,05	0,960	0,131	
11	0,946	0,938		0,942	0,006	0,884	0,889		0,887	0,004	
12	0,812	0,736	0,866	0,805	0,065	0,541	0,721	1	0,643	0,092	
13	1,20			(1,20)		1,080			(1,08)		
14	0,769	0,629	0,686	0,695	0,070	0,574	0,502	0,502	0,526	0,042	
15											
16											
17											
Medianverdi				0,723	0,055				0,565	0,036	
Middelverdi				0,725	0,055				0,603	0,150	
Standardavvik				0,149					0,189		
Antall				10	10				10	11	

**Tabell 7. Kadmium, µg/g**

Lab. nr.	Std.avvi					Std. avvik				
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	< 7	< 7	< 7	(< 7)		< 7	< 7	< 7	(< 7)	
2										
3	0,803	0,802	0,8	0,802	0,002	0,601	0,598	0,6	0,600	0,002
4										
5	1,21	1,40	1,46	1,357	0,131	1,12	1,10	1,04	1,087	0,042
6	4,3	4,4	4,2	(4,30)	0,100	1,6	1,6	1,7	(1,63)	0,058
7	0,907	0,894	0,908	0,903	0,008	0,586	0,610	0,576	0,591	0,017
8	0,76	0,74	0,85	0,783	0,059	0,47	0,46	0,41	0,447	0,032
9	0,89	0,89	0,94	0,907	0,029	0,62	0,63	0,64	0,630	0,010
10	0,79	0,72	0,84	0,783	0,060	0,66	0,59	0,55	0,600	0,056
11	1,16	0,80		0,980	0,255	0,58	0,57		0,575	0,007
12	0,94	1,00	1,00	0,980	0,035	0,66	0,70	0,60	0,653	0,050
13	0,77			0,770		0,62			0,620	
14	0,922	0,867	0,888	0,892	0,028	0,599	0,706	0,616	0,640	0,058
15	0,812	0,822	0,808	0,814	0,007	0,571	0,540	0,559	0,557	0,016
16	0,757	0,762	0,803	0,774	0,025	0,553	0,520	0,525	0,533	0,018
17										
Medianverdi				0,853	0,032				0,600	0,025
Middelverdi				0,895	0,061				0,628	0,030
Standardavvik				0,165					0,155	
Antall				12	12				12	12

**Tabell 8. Bly, µg/g**

Lab. nr.				Middel	Std.avvi					Middel	Std. avvik
	Res. 1	Res. 2	Res. 3		k	Res. 1	Res. 2	Res. 3			
1	24,1	20,6	23,0	22,6	1,8	21,2	24,5	25,4	23,7	2,2	
2											
3	25,14	24,50	25,96	25,2	0,7	18,99	18,70	18,75	18,8	0,2	
4											
5	21,1	19,8	21,9	20,9	1,1	20,7	18,2	19,7	19,5	1,3	
6	25,6	28,9	26,6	27,0	1,7	14,4	14,2	13,2	13,9	0,6	
7	21,4	22,9	21,6	22,0	0,8	22,0	21,2	18,4	20,5	1,9	
8	18,06	19,08	18,21	18,5	0,6	11,07	10,52	10,44	10,7	0,3	
9	17,5	17,3	17,2	17,3	0,2	14,5	12,5	12,9	13,3	1,1	
10	22,98	21,12	20,30	21,5	1,4	21,68	22,31	20,76	21,6	0,8	
11	25	24		24,5	0,7	15	16		15,5	0,7	
12	21,1	20,00	23,00	21,4	1,5	16,9	15,00	14,00	15,3	1,5	
13	20,9			20,9		16,0			16,0		
14	24,319	20,541	20,722	21,9	2,1	14,226	16,497	14,170	15,0	1,3	
15	26,3	26,5	25,0	25,9	0,8	19,4	18,4	18,2	18,7	0,6	
16	24,133	23,343	24,200	23,9	0,5	14,886	16,230	16,857	16,0	1,0	
17											
Medianverdi				21,9	0,8				16,0	1,0	
Middelverdi				22,4	1,1				17,0	1,0	
Standardavvik				2,7					3,6		
Antall				14	13				14	13	

Tabell 9. Krom, µg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvi		Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
					k						
1	14,7	10,3	(<8)	(12,50)	3,11		16,1	16,1	10,6	14,27	3,18
2											
3	23,99	24,15	23,70	23,95	0,23		13,53	13,46	13,40	13,46	0,07
4											
5	33,3	28,6	29,4	30,43	2,51		20,2	15,9	15,9	17,33	2,48
6	42,7	28,9	29,2	33,60	7,88		15,0	15,0	16,7	15,57	0,98
7	29,1	26,8	28,5	28,13	1,19		12,5	9,9	11,5	11,31	1,30
8	18,17	18,24	18,44	18,28	0,14		9,71	9,68	9,11	9,50	0,34
9	21,1	21,3	21,0	21,13	0,15		12,1	11,7	12,5	12,10	0,40
10	24,00	23,34	21,95	23,10	1,05		14,92	15,18	14,81	14,97	0,19
11	24	24		24,00	0,00		14	14		14,00	0,00
12	22,3	21,80	21,50	21,87	0,40		13,0	12,00	12,60	12,53	0,50
13	19,3			19,30			15,5			15,50	
14	22,584	22,061	22,723	22,46	0,35		10,010	11,659	10,064	10,58	0,94
15											
16	21,002	19,493	20,300	20,27	0,76		12,973	12,793	12,513	12,76	0,23
17											
Medianverdi				22,78	0,58					13,46	0,45
Middelverdi				23,88	1,48					13,38	0,88
Standardavvik				4,62						2,21	
Antall				12	12					13	12

**Tabell 10. Kopper, µg/g**

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvi		Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
					k						
1	338,2	335,2	340,1	337,8	2,5		289,4	295,9	280,4	288,6	7,8
2											
3	359	353	354	355,3	3,2		268	262	263	264,3	3,2
4											
5	463	442	449	451,3	10,7		371	378	382	377,0	5,6
6	374	367	367	369,3	4,0		263	228	282	257,7	27,4
7	361	362	360	361,0	1,0		276	266	260	267,3	8,1
8	307,3	313,4	322,5	314,4	7,6		218,0	236,9	214,0	223,0	12,2
9	357	360	367	361,3	5,1		287	270	270	275,7	9,8
10	363,1	351,9	342,7	352,6	10,2		274,9	264,1	269,1	269,4	5,4
11	361	374		367,5	9,2		292	315		303,5	16,3
12	378	355	352	361,7	14,2		254	274	280	269,3	13,6
13	336			336,0			264			264,0	
14	375,5	360,9	370,0	368,8	7,4		208,9	239,2	213,9	220,7	16,2
15	351	354	349	351,3	2,5		273	278	282	277,7	4,5
16	362,2	362,6	368,0	364,3	3,2		299,2	308,6	276,3	294,7	16,6
17											
Medianverdi				361,2	5,1					269,4	9,8
Middelverdi				360,9	6,2					275,2	11,3
Standardavvik				30,2						37,3	
Antall				14	13					14	13

**Tabell 11. Nikkel, µg/g**

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvi		Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
					k						
1	< 33	< 33	< 33	(< 33)			< 33	< 33	< 33	(< 33)	
2											
3	22,8	20,8	22,5	22,03	1,08		11,3	10,3	11,4	11,00	0,61
4											
5	21,2	19,6	21,0	20,60	0,87		14,0	11,9	12,5	12,80	1,08
6											
7	22,5	22,4	21,8	22,23	0,38		11	11	11	11,23	0,15
8	16,88	16,69	17,41	16,99	0,37		8,9	9,3	8,2	8,80	0,52
9	19,2	19,8	19,4	19,47	0,31		11,5	11,3	12,4	11,73	0,59
10	20,03	18,47	18,35	18,95	0,94		11,66	11,41	11,33	11,47	0,17
11	19,00	20,00		19,50	0,71		11,00	11,00		11,00	0,00
12	19,9	19,0	19,0	19,30	0,52		10,6	11,0	11,0	10,87	0,23
13	17,2			17,20			10,7			10,70	
14	27,18	23,56	24,61	25,12	1,86		9,17	13,51	9,14	10,61	2,51
15	16,7	18,7	20,6	18,67	1,95		10,6	12,5	10,2	11,10	1,23
16	16,089	16,569	15,700	16,12	0,44		14,205	14,258	13,413	13,96	0,47
17											
Medianverdi				19,38	0,71					11,05	0,52
Middelverdi				19,68	0,86					11,27	0,69
Standardavvik				2,53						1,24	
Antall				12	11					12	11

Tabell 12. Sink, µg/g

Lab. nr.				Std.avvi						
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	477,2	470,6	481,0	476,3	5,3	311,7	317,0	320,2	316,3	4,3
2										
3	463	466	460	463,0	3,0	295	297	294	295,3	1,5
4										
5	428	429	414	423,7	8,4	297	305	282	294,7	11,7
6	459	446	440	448,3	9,7	253	263	259	258,3	5,0
7	467	466	466	466,3	0,6	291	286	292	289,7	3,2
8	399,3	415,3	414,2	409,6	8,9	260,5	260,6	242,4	254,5	10,5
9	454	457	448	453,0	4,6	313	295	298	302,0	9,6
10	504,6	483,4	464,9	484,3	19,9	347,5	348,0	345,6	347,0	1,3
11	483	496		489,5	9,2	325	326		325,5	0,7
12	442	438	434	438,0	4,0	277	275	279	277,0	2,0
13	386			386,0		263			263,0	
14	550,6	494,1	499,3	514,7	31,2	238,8	278,9	246,0	254,6	21,4
15	475	483	470	476,0	6,6	300	307	303	303,3	3,5
16	491,33	501,95	510,00	501,1	9,4	341,86	344,73	342,34	343,0	1,5
17										
Medianverdi				464,7	8,4				295,0	3,5
Middelverdi				459,3	9,3				294,6	5,9
Standardavvik				35,8					31,0	
Antall				14	13				14	13

Tabell 13. Kalsium, %

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvi		Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
					k						
1	2,485	2,479	2,533	2,50	0,03		18,05	18,22	18,18	18,15	0,09
2											
3	2,01	2,12	2,12	2,08	0,06		16,3	15,6	16,3	16,07	0,40
4											
5	2,12	2,11	2,12	2,12	0,01		17,2	17,4	16,6	17,07	0,42
6	2,46	2,35	2,42	2,41	0,06		16,1	16,1	16,2	16,13	0,06
7	2,42	2,42	2,42	2,42	0,00		17,5	17,2	17,5	17,40	0,17
8	1,87	1,90	1,920	1,90	0,03		16,1	17,1	16,1	16,43	0,58
9	2,72	2,41	2,48	2,54	0,16		17,1	18,1	17,4	17,53	0,51
10	2,43	2,41	2,31	2,38	0,06		16,690	16,250	16,290	16,41	0,24
11	1,8	1,9		1,85	0,07		5,9	5,8		(5,85)	0,07
12	2,193	2,190	2,180	2,19	0,01		15,37	15,50	15,80	15,56	0,22
13											
14	2,53	2,53	2,56	2,54	0,02		16,68	18,30	17,04	17,34	0,85
15	2,13	2,20	2,20	2,18	0,04		15,58	15,96	15,91	15,82	0,21
16	2,004	2,085	2,110	2,07	0,06		15,862	16,162	16,712	16,25	0,43
17											
Medianverdi				2,188	0,040					16,42	0,24
Middelverdi				2,244	0,046					16,68	0,33
Standardavvik				0,237						0,80	
Antall				13	13					12	13



**Tabell 14. Magnesium,  
mg/g**

Lab. nr.						Std.avvi						
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik		
1	4,45	4,46	4,77	4,56	0,18	5,55	5,31	5,40	5,42	0,12		
2												
3	4,14	4,07	4,02	4,08	0,06	4,35	4,33	4,35	4,34	0,01		
4												
5	3,93	3,53	3,76	3,74	0,20	5,10	4,68	4,56	4,78	0,28		
6	4,76	4,61	4,66	4,68	0,08	4,54	4,18	4,43	4,38	0,18		
7	4,05	4,04	4,09	4,06	0,03	4,41	4,33	4,38	4,37	0,04		
8	3,00	3,03	3,08	3,04	0,04	3,02	3,02	2,79	2,94	0,13		
9	3,67	3,62	3,64	3,64	0,03	4,18	4,30	4,25	4,24	0,06		
10	4,32	4,29	4,17	4,26	0,08	4,69	4,56	4,32	4,52	0,19		
11	3,66	3,76		3,71	0,07	4,05	4,05		4,05	0,07		
12	3,636	3,670	3,630	3,65	0,02	4,062	4,050	4,170	4,09	0,22		
13												
14	4,151	4,127	4,186	4,15	0,03	4,442	4,872	4,536	4,62	0,23		
15	3,62	3,60	3,60	3,61	0,01	3,74	3,90	3,87	3,84	0,09		
16												
17												
Medianverdi				3,90	0,05				4,36	0,10		
Middelverdi				3,93	0,07				4,30	0,12		
Standardavvik				0,46					0,59			
Antall				12	12				12	12		

**Tabell 15. Aluminium, mg/g**

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvi		Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
					k						
1	26,13	26,14	27,05	26,44	0,53		27,88	27,67	27,76	27,77	0,11
2											
3	21,0	22,0	21,8	21,60	0,53		20,5	20,1	20,6	20,40	0,26
4											
5	24,5	21,3		22,90	2,26		26,3	23,9		25,10	1,70
6	27,2	26,4	26,4	26,67	0,46		23,5	22,1	23,6	23,07	0,84
7	23,9	23,9	24,0	23,93	0,06		23,6	23,4	23,4	23,47	0,12
8	18,8	19,4	19,8	19,33	0,50		21,8	23,2	21,7	22,23	0,84
9	20,2	20,1	20,1	20,13	0,06		20,5	20,6	20,7	20,60	0,10
10	27,5	28,5	27,6	27,87	0,55		23,8	22,8	20,1	22,23	1,91
11	22,53	23,16		22,85	0,45		21,89	22,07		21,98	0,13
12	21,49	21,90	21,50	21,63	0,23		21,20	21,70	22,20	21,70	0,50
13											
14	19,367	17,817	18,737	18,64	0,78		16,255	18,311	21,440	18,67	2,61
15	26,17	31,31	27,54	28,34	2,66		21,32	23,09	21,22	21,88	1,05
16											
17											
Medianverdi				22,87	0,52					22,11	0,67
Middelverdi				23,36	0,76					22,42	0,85
Standardavvik				3,32						2,33	
Antall				12	12					12	12

Tabell 16. Jern, %

Lab. nr.						Std.avvi					
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik	
1	9,244	9,285	9,375	9,30	0,07	3,658	3,722	3,708	3,70	0,03	
2											
3	8,43	8,70	8,65	8,59	0,14	3,05	2,94	3,04	3,01	0,06	
4											
5	7,86	7,65		7,76	0,15	34,50	31,70		(33,1)	1,98	
6	8,76	8,59	8,67	8,67	0,09	3,20	3,24	3,26	3,23	0,03	
7	9,35	9,38	9,42	9,38	0,04	3,46	3,47	3,46	3,46	0,01	
8	9,18	8,75	8,91	8,95	0,22	2,96	3,20	2,90	3,02	0,16	
9	8,91	9,38	9,29	9,19	0,25	3,58	3,67	3,65	3,63	0,05	
10	8,74	8,21	8,22	8,39	0,30	3,09	3,06	3,16	3,10	0,05	
11	8,66	8,65		8,66	0,01	3,32	3,36		3,34	0,03	
12	8,12	8,04	7,93	8,03	0,10	3,114	3,02	3,06	3,06	0,05	
13											
14	7,243	6,759	7,135	7,05	0,25	2,353	2,570	3,017	2,65	0,34	
15	8,46	8,81	9,03	8,77	0,29	3,16	3,33	3,20	3,23	0,09	
16											
17											
Medianverdi				8,66	0,15				3,23	0,05	
Middelverdi				8,56	0,16				3,22	0,24	
Standardavvik				0,68					0,30		
Antall				12	12				11	12	

Tabell 17. Mangan, mg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvi		Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
					k						
1	231,6	239,1	249,1	(240)	8,78		176,8	196,6	182,3	(185)	10,22
2											
3	0,197	0,198	0,194	0,196	0,002		0,136	0,138	0,135	0,136	0,002
4											
5											
6	0,24	0,23	0,23	0,233	0,006		0,16	0,15	0,16	0,157	0,006
7	0,203	0,202	0,203	0,203	0,001		0,142	0,142	0,142	0,142	0,000
8	0,156	0,158	0,161	0,158	0,003		0,108	0,108	0,100	0,105	0,005
9	0,193	0,189	0,186	0,189	0,004		0,142	0,138	0,140	0,140	0,002
10	0,197	0,193	0,187	0,192	0,005		0,140	0,138	0,136	0,138	0,002
11	0,202	0,201		0,202	0,001		0,154	0,155		0,155	0,001
12	0,195	0,192	0,191	0,193	0,002		0,141	0,137	0,138	0,139	0,002
13											
14	0,203	0,202	0,205	0,203	0,002		0,140	0,154	0,144	0,146	0,007
15	0,212	0,211	0,209	0,211	0,002		0,143	0,147	0,140	0,143	0,004
16											
17											
Medianverdi				0,199	0,002					0,141	0,002
Middelverdi				0,198	0,800					0,140	0,932
Standardavvik				0,019						0,014	
Antall				10	11					10	11

**Tabell 18. Kalium,  
%**

Lab. nr.				Std.avvi					Std. avvik	
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	0,4228	0,4205	0,4187	0,421	0,002	0,3253	0,3376	0,3372	0,333	0,007
2										
3	0,220	0,220	0,218	0,219	0,001	0,195	0,193	0,192	0,193	0,002
4										
5	0,21	0,25	0,25	0,237	0,023	0,19	0,23	0,23	0,217	0,023
6	0,40	0,38	0,38	0,387	0,012	0,27	0,26	0,28	0,270	0,010
7	0,225	0,225	0,227	0,226	0,001	0,189	0,186	0,185	0,187	0,002
8	0,133	0,127	0,126	0,129	0,004	0,088	0,091	0,085	0,088	0,003
9	0,197	0,201	0,198	0,199	0,002	0,185	0,188	0,186	0,186	0,002
10	0,255	0,245	0,254	0,251	0,006	0,220	0,214	0,222	0,219	0,004
11	0,18	0,18		0,180	0,000	0,18	0,18		0,180	0,000
12	0,201	0,214	0,210	0,208	0,007	0,169	0,179	0,180	0,176	0,006
13										
14	0,183	0,181	0,183	0,182	0,001	0,140	0,165	0,147	0,151	0,013
15	0,24	0,23	0,23	0,233	0,006	0,19	0,18	0,19	0,187	0,006
16	0,192	0,199	0,202	0,198	0,005	0,174	0,175	0,173	0,174	0,001
17										
Medianverdi				0,219	0,004				0,187	0,004
Middelverdi				0,236	0,005				0,197	0,006
Standardavvik				0,081					0,058	
Antall				13	13				13	13

**Tabell 19. Totalfosfor, %**

Lab. nr.	Std.avvi					Std. avvik				
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	2,950	2,980	3,064	2,998	0,059	1,875	1,869	1,883	1,876	0,007
2	2,98	2,93	2,95	2,953	0,025	1,87	1,84	1,88	1,863	0,021
3	2,81	2,89	2,83	2,843	0,042	1,64	1,66	1,65	1,650	0,010
4										
5	3,30	2,77	2,71	2,927	0,325	2,16	1,85	1,78	1,930	0,202
6	3,08	3,08	3,07	3,077	0,006	1,79	1,77	1,79	1,783	0,012
7	2,832	2,895	2,977	2,901	0,073	1,723	1,725	1,736	1,728	0,007
8	2,47	2,53	2,58	2,527	0,055	1,50	1,52	1,41	1,477	0,059
9	3,01	3,04	3,05	3,033	0,021	1,89	1,91	1,86	1,887	0,025
10	2,95	3,08	3,05	3,027	0,068	1,79	1,83	1,72	1,780	0,056
11										
12	2,827	2,790	2,800	2,806	0,019	1,745	1,730	1,770	1,748	0,020
13										
14	3,060	3,085	3,139	3,095	0,040	1,413	1,670	1,453	1,512	0,138
15										
16	2,758	2,897	2,914	2,856	0,086	1,732	1,753	1,592	1,692	0,088
17										
Medianverdi				2,940	0,048				1,764	0,023
Middelverdi				2,920	0,068				1,744	0,054
Standardavvik				0,155					0,143	
Antall				12	12				12	12

Tabell 20. Nitrogen, %

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvi		Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
					k						
1	3,745	3,956	3,506	3,736	0,225		2,423	2,448	2,424	2,432	0,014
2	3,546	3,571	3,557	3,558	0,013		2,132	2,174	2,180	2,162	0,026
3											
4											
5	3,25	3,33	3,41	3,330	0,080		2,17	1,93	2,10	2,067	0,123
6											
7	3,06	3,09	3,11	3,087	0,025		2,01	2,01	2,05	2,023	0,023
8	3,89	3,13	2,43	3,150	0,730		2,15	2,27	1,30	1,907	0,529
9	3,69	3,70	3,71	3,700	0,010		2,23	2,21	2,21	2,217	0,012
10	3,473	3,528	3,574	3,525	0,051		2,216	2,195	2,059	2,157	0,085
11	3,28	3,30		3,290	0,014		2,12	2,13		2,125	0,007
12	2,97	2,83	2,88	2,893	0,071		1,77	1,90	1,96	1,877	0,097
13											
14	3,61	3,62	3,67	3,633			2,22	2,31	2,21	2,247	
15											
16											
17											
Medianverdi				3,428	0,051					2,141	0,026
Middelverdi				3,390	0,135					2,121	0,102
Standardavvik				0,285						0,164	
Antall				10	9					10	9

**Tabell 21. Totalt organisk karbon,  
%**

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvi		Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
					k						
1	28,52	28,28	28,22	28,34	0,16		19,32	18,66	19,12	19,03	0,34
3	26,7	27,1	27,0	26,93	0,21		17,8	17,8	17,8	17,80	0,00
8	26,9	26,2	26,3	26,47	0,38		19,5	19,8	20,4	19,90	0,46
12	26,2	25,8	27,0	26,33	0,61		14,9	17,5	18,3	16,90	1,78
Medianverdi				26,70	0,29					18,42	0,40
Middelverdi				27,0	0,3					18,4	0,6
Standardavvik				0,9	0,2					1,3	0,8
Antall				4	4					4	4



**Tabell 22. Totalt tørrstoff,  
%**

Lab. nr.					Std.avvi						Std. avvik
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel		
1	29			29,00		51			51,00		
2	29,46	29,60	29,38	29,48	0,11	50,65	50,78	50,96	50,80	0,16	
3											
4	29,44	29,61	29,47	29,51	0,09	50,72	50,70	50,00	50,47	0,41	
5	29,3	29,3	29,3	29,30	0,00	50,9	51,2	50,9	51,00	0,17	
6	30,3	30,5	30,6	30,47	0,15	52,4	52,1	51,9	52,13	0,25	
7	29,1	29,1	29,0	29,07	0,06	50,6	51,0	50,8	50,80	0,20	
8	28,3	28,8	28,8	28,63	0,29	51,2	48,5	54,0	51,23	2,75	
9	29,3	29,2	29,3	29,27	0,06	51,5	51,6	51,4	51,50	0,10	
10	28,25	28,40	28,79	28,48	0,28	50,04	50,07	51,07	50,39	0,59	
11	29,55			29,55		51,88			51,88		
12	29,2	28,8	29,9	29,30	0,56	51,4	50,9	50,1	50,80	0,66	
13	30,8			30,80		53,3			53,30		
14	29,6	29,5	29,7	29,60	0,10	51,8	51,0	51,3	51,37	0,40	
15	29,40	29,45	29,29	29,38	0,08	52,57	52,20	52,25	52,34	0,20	
16	29,9	29,9	29,7	29,83	0,12	51,1	51,0	51,0	51,03	0,06	
17											
Medianverdi				29,38	0,11				51,03	0,23	
Middelverdi				29,44	0,16				51,34	0,50	
Standardavvik				0,60					0,79		
Antall				15	12				15	12	

Tabell 23. Glødetap, %

Lab. nr.						Std.avvi						
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik		
1	76,13	76,10	75,40	(75,9)	0,41	68,37	68,11	68,14	(68,2)	0,14		
2	55,07	54,68	54,97	54,91	0,20	37,15	37,27	37,68	37,37	0,28		
3	54,48	54,50	54,49	54,49	0,01	36,75	37,21	36,92	36,96	0,23		
4												
5	55,2	55,2	55,2	55,20	0,00	36,6	36,5	36,4	36,50	0,10		
6												
7	45,8	45,3	45,8	45,63	0,29	35,8	36,0	35,7	35,83	0,15		
8	55,4	55,8	55,4	55,53	0,23	36,4	36,8	36,4	36,53	0,23		
9	55,4	55,6	55,6	55,53	0,12	37,8	37,8	37,7	37,77	0,06		
10	55,54	56,49	55,54	55,86	0,55	36,85	36,71	37,28	36,95	0,30		
11	55,83			55,83		37,04			37,04			
12		56,10	55,60	55,85	0,35		36,40	36,80	36,60	0,28		
13	43,3			(43,3)		61,8			(61,8)			
14	55,9	56,1	56,2	56,07		37,6	37,7	41,5	38,93			
15	55,8	55,3	55,2	55,43	0,32	37,6	37,6	37,3	37,50	0,17		
16	44,1	44,4	44,3	(44,3)	0,15	62,9	63,1	63,3	(63,1)	0,20		
17												
Medianverdi				55,53	0,23				36,96	0,20		
Middelverdi				54,58	0,24				37,09	0,20		
Standardavvik				3,00					0,81			
Antall				11	11				11	11		

**Tabell 24.**  
**pH**

A					
Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik
1					
2	8,09	8,12	8,05	8,09	0,04
3	6,26	6,31	6,31	(6,29)	0,03
4					
5	8,11	8,13	8,14	8,13	0,02
6					
7					
8	7,88	7,90	8,00	7,93	0,06
9	7,96	7,92	7,94	7,94	0,02
10	8,561	8,551	8,531	8,55	0,02
11	8,18	8,17		8,18	0,01
12	7,99	7,85	7,87	7,90	0,08
13	9,62			(9,62)	
14	8,08	8,10	8,09	8,09	0,01
15					
16	8,07	8,04	8,01	8,04	0,03
17					
Medianverdi				8,09	0,02
Middelverdi				8,09	0,03
Standardavvik				0,20	
Antall				9	10

**Tabell 25. Ammonium, µg/l****A**

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik
1					
2	0,500	0,503	0,504	0,502	0,002
3					
4					
5	0,48	0,48	0,50	0,487	0,012
6					
7					
8	1,250	1,440	1,430	1,373	0,107
9	0,90	0,78	0,83	0,837	0,060
10	1,770	1,470	1,680	1,640	0,154
11					
12	1,19	1,65	1,75	1,530	0,299
13					
14	0,494	0,481	0,407	0,461	0,047
15					
16					
17					
Medianverdi				0,837	0,060
Middelverdi				0,976	0,097
Standardavvik				0,525	
Antall				7	7