



RAPPORT LNR 4987-2005

Prøvningsammenligning
nr. 9 for kommunalt
avløpsslam, 2004



Illustrasjon: Petter Wang

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 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. 9 for kommunalt avløpslam, 2004	Løpenr. (for bestilling) 4987-2005	Dato 2005-03-16
	Prosjektnr. Undernr. O-92017	Sider Pris 67
Forfatter(e) Håvard Hovind	Fagområde Kjemisk analyse	Distribusjon
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

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

Sammendrag: I november 2004 - januar 2005 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 tørket og knust slamprøve fra Sellikdalen renseanlegg og en prøve av avvannet slam fra Kløfta renseanlegg. Resultatene var jevnt over meget bra, spesielt for kopper hvor henholdsvis 100 og 94 % av resultatene var akseptable i de to prøvene. Totalt sett var kvaliteten i resultatene noe bedre denne gangen i forhold til tidligere prøvningsammenligninger. Ett av laboratoriene oppnådde at alle deres rapporterte resultater var akseptable. I alt 11 av 18 resultatsett inneholdt mer enn 80 % akseptable resultater for tungmetallene, dvs. resultater innenfor medianverdien av laboratorienes resultater $\pm 20\%$, og 3 laboratorier hadde 60 - 80 % akseptable resultater. 3 laboratorier hadde bare 30 - 50 % 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"> Kommunalt slam Tungmetaller Slp Kvalitetssikring 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Municipal sludge Heavy metals Intercomparison Quality assurance
--	---


Håvard Hovind
Prosjektleder


Torgunn Sætre
Seksjonsleder


Øyvind Sørensen
Ansvarlig

O - 92017

Prøvingssammenligning nr. 9

for kommunalt avløpsslam,

2004

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 17025 står kravet til sporbarhet av målingene sentralt. For analyse-laboratorier 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 avløpsslam 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 4 000.- pluss moms pr. slp, uavhengig av hvilke eller hvor mange analyser laboratoriene velger å utføre.

Oslo, 16. mars 2005

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 Kalium	12
3.10 Totalfosfor	12
3.11 Nitrogen	13
3.12 Totalt organisk karbon	13
3.13 Totalt tørrstoffinnhold	13
3.14 Glødetap	13
3.15 pH i vannuttrekk	44
4. Vurdering av resultatene	44
5. Henvisninger	49
Tillegg 1 Innholdsdeklarasjon av slam	50
Tillegg 2 Alfabetisk oversikt over deltakerne	51
Tillegg 3 Analyseresultatene fra de enkelte deltakerne	52

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 avløpsslam 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 november 2004 - januar 2005, og det ble benyttet en tørket og homogenisert slamprøve fra Sellikdalen renseanlegg (prøve A), samt en avvannet slamprøve fra Kløfta renseanlegg (prøve B). Følgende analysevariable ble bestemt i begge prøvene: kvikksølv, kadmium, bly, krom, kopper, nikkel, sink, kalsium, kalium, totalfosfor, kjeldahl-nitrogen, totalt tørrstoffinnhold og glødetap av dette, samt pH og ammonium i et vannuttrekk av det avvannede slammet (prøve B).

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 for 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 ± 2 . Andelen av akseptable resultater varierte mye mellom de ulike analysevariable, men også mellom prøvene. Det var gjennomgående best resultater for kopper (henholdsvis 100 og 94 % akseptable resultater), samt sink i prøve A (88 %).

Ett av laboratoriene oppnådde 100 % akseptable middelveier for sine innsendte resultater, og dette laboratoriet hadde rapportert resultater for alle de etterspurte analysevariable. 11 av 18 resultatsett hadde mer enn 80 % akseptable resultater for tungmetallene, og 3 laboratorier hadde 60 - 80 % akseptable resultater. 3 laboratorier hadde bare 30 - 50 % akseptable resultater og disse prestasjonene er ikke tilfredsstillende. Systematisk arbeid med metodene må til for å forbedre kvaliteten ved analysene, som kan dokumenteres ved bruk av referansematerialer. Dette må også omfatte oppslutningstrinnet i analyseprosessen. Det ble ikke observert noen forskjell i resultatene etter oppslutning med mikrobølgeovn eller autoklav. Som et ledd i dokumentasjon av analysekvalitet ved slamanalyser i forbindelse med akkreditering, er det aktuelt å gjennomføre nye prøvningssammenligninger med jevne mellomrom.

Tre laboratorier har utelatt ett eller flere metaller ved prøvningssammenligningen. Disse anbefales å utvide analyseprogrammet til å omfatte alle variable som er aktuelle ved kontroll av kommunalt avløpsslam.

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. Prøvningsammenligningen ble gjennomført november 2004 - januar 2005.

2. Gjennomføring

2.1 Deltakere

Det ble sendt ut en invitasjon til å delta i prøvingsammenligningen til alle fylkeslaboratorier, samt andre offentlige og private laboratorier som kunne tenkes å være interesserte i å utføre slike analyser. Omtrent 50 laboratorier ble invitert til å delta, og 21 svarte positivt til dette. Av disse sendte senere 18 laboratorier 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 en tørket og homogenisert slamprøve fra Sellikdalen renseanlegg, mens prøve B var avvannet slam fra Kløfta renseanlegg. Prøve A ble tørket ved 105 °C og homogenisert ved knusing i mølle før den ble fordelt på prøveglass. Den fuktige prøven B ble blandet godt mekanisk før passende porsjoner ble overført til glassbeholdere og tett lukket. Prøvene ble sendt til deltakerne i slutten av november 2004.

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 standard avvik 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. 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 som de anvender rutinemessig.

2.4 Prøveutsendelse og resultatrapportering

Det tørkede slammet ble delt opp i delprøver og overført til små prøvebeholdere. Det ble sendt ut ca. 25 g av det tørkede slammet (A), og ca. 100 g av den våte prøven (B). Prøvene ble sendt til deltakerne 21. november 2004, 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 28. januar 2005. Med ulike begrunnelser ba noen få laboratorier om en mindre forskyvning av rapporteringsfristen, noe som ble innvilget. Etterat resultatene var mottatt fra nesten alle laboratoriene ble det sendt ut en oversikt over laboratorienes resultater, samt foreløpige sanne verdier.

2.5 Behandling av analysedata

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

For hver enkelt analysevariabel og prøve er medianverdien av alle laboratorienes middelerdier bestemt, dessuten ble også middelerdien og standardavviket av disse beregnet. Laboratorier med middelerdier som avviker mer enn $\pm 50\%$ fra medianverdien ble utelatt ved beregning av nye middelerdier og standardavvik. Deretter ble laboratorier med middelerdier som avviker mer enn ± 3 standardavvik (medmindre $3s < 20\%$) utelatt fra de endelige statistiske beregninger. Forkastede resultater er gjengitt i parentes i tabellene i Tillegg 3.

Medianverdien av deltakernes middelerdier for de respektive analysevariable, bestemt etter at avvikende middelerdier 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 middelerdien.

3. Resultater

Laboratorienes enkeltresultater er gjengitt i tabellene 6 - 21 i Tillegg 3, hvor også den beregnede middelerdien og standardavviket for hver analysevariabel og prøve ved de enkelte laboratorier er gjengitt. Medianverdien for laboratorienes middelerdier er også gitt i disse tabellene, i tillegg til middelerdien og standardavviket mellom laboratorienes middelerdier. Resultater som avviker for mye fra medianverdien, er utelatt ved beregningene og er derfor satt i parentes i tabellene 6 - 21. Tabell 1 gir et sammendrag av resultatene ved denne sammenlignende laboratorieprøvningen.

Resultatene fra deltakerne er framstilt grafisk i figurene 1 - 30. Middelverdien av det enkelte laboratoriums resultater er plottet som funksjon av laboratoriets nummer. Middelverdien 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 middelverdier). Beliggenheten til laboratoriets middelverdi 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.

Tabell 1. Oversikt over medianverdier (m) og middelverdier for de to slamprøvene 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	1,99	2,02	0,39	14	1	0,192	0,200	0,075	13	1
Cd, µg/g	3,49	3,54	0,60	16	1	1,00	0,99	0,16	16	1
Pb, µg/g	147,7	148,4	13,2	16	1	8,56	9,46	3,5	14	3
Cr, µg/g	32,2	32,0	9,1	17	0	11,8	11,1	3,0	17	0
Cu, µg/g	715	714	47,5	17	0	79,3	78,7	8,4	16	1
Ni, µg/g	21,2	20,4	3,6	16	1	10,1	10,5	1,5	16	1
Zn, µg/g	1397	1400	59	15	2	158,0	157,3	9,8	14	3
Ca, %	0,992	0,991	0,076	14	2	16,4	16,3	1,9	14	2
K, %	0,079	0,081	0,010	13	3	0,188	0,172	0,060	16	0
TOT-P, %	1,92	1,91	0,10	13	1	0,832	0,828	0,077	13	1
TOT-N, %	2,33	2,33	0,07	14	0	2,53	2,50	0,15	13	1
TOC, %	18,8	18,0	9,5	5	0	12,4	15,3	5,1	5	0
TTS, %	96,2	96,3	0,8	17	0	28,8	28,8	1,2	17	0
TGT, %	50,5	50,7	0,86	15	0	45,0	44,8	2,2	15	1
pH						12,42	12,48	0,21	15	0
NH4-N, %						0,127	0,133	0,046	11	0

Resultater som ligger innenfor den beregnede medianverdi $\pm 20\%$, er karakterisert som akseptable i denne rapporten, og laboratorienes middelverdier for hver analysevariabel og prøve er benyttet ved bedømmelsen. I tabell 2 er gjengitt en evaluering av middelverdien fra de enkelte laboratorier, og her har man foretatt sammenligningene 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 ≤ 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 uakseptabelt og tvilsomt, og hvis Z er større enn 3 bedømmes resultatet som fullstendig uakseptabelt. Ved denne slp'en ble avvik opp til ± 20 % vurdert som akseptable. For pH i vannuttrekket av prøve B er $\pm 0,2$ pH-enheter benyttet som akseptansegrense.

3.1 Kvikksølv

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 6, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 1 og 2. 15 av 18 laboratorier sendte inn resultater for kvikksølv i disse prøvene. Nesten alle laboratoriene har angitt at de benyttet ulike teknikker for kalddamp atomabsorpsjon ved bestemmelse av kvikksølv, mens to laboratorier benyttet atomfluorescens og ett laboratorium EDXRF. Sistnevnte laboratorium rapporterte alle resultater som "mindre enn", noe som viser at denne metoden ikke er tilstrekkelig følsom for bestemmelse av kvikksølv i disse prøvene. Alle laboratoriene unntatt tre foretok reduksjon med tinnklorid. Det ene av de to laboratoriene som benyttet NaBH_4 til reduksjonen har fått spesielt høyt resultat for den ene prøven. For øvrig ser det ut til at det ikke er noen markert forskjell mellom de ulike metodene som er benyttet.

For de to prøvene var henholdsvis 86 og 71 % av resultatene akseptable, dvs den andelen av resultatene som ligger innenfor medianverdien ± 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 føre til for lave resultater, spesielt for prøve B. Ett laboratorium (nr. 6) rapporterte bare resultater mindre enn deteksjonsgrensen og ble derfor utelatt ved de statistiske beregningene, og laboratorium nr. 11 hadde altfor høye resultater for prøve B og kommer derfor ikke med på figur 2.

Det er gjennomgående god overensstemmelse mellom resultatene for begge prøvene, men presisjonen er noe dårligere for prøve B der konsentrasjonen var lavest. Det er de systematiske avvik som er dominerende mellom laboratoriene. Spredningen mellom enkeltresultatene er spesielt stor ved enkelte laboratorier, og når standardavviket innen laboratoriet er vesentlig større enn mellom laboratoriene, bør laboratoriet undersøke årsaken til dette.

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 ett laboratorium

sendte inn resultater for kadmium, og vel halvparten av disse benyttet atomabsorpsjon med grafittovn under bestemmelsen. Av disse benyttet nesten alle Zeeman bakgrunnskorreksjon. Fire laboratorier anvendte ICP-AES, og ett laboratorium benyttet ICP-MS til bestemmelsen. De tre laboratoriene som benyttet flamme atomabsorpsjon har gjennomgående oppnådd systematisk noe lave resultater, med ett unntak.

Som det fremgår av Tabell 2 er henholdsvis 82 og 75 % av middelverdiene definert som akseptable for prøvene A og B. Laboratorium nr. 6 rapporterte $< 1 \mu\text{g/l}$ for kadmium i prøve B, og er derfor ikke kommet med i figur 4. Presisjonen innen laboratoriet varierer ganske mye fra ett laboratorium til et annet, noe som framgår tydelig av tabell 7. 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. 17 av deltakerne sendte inn resultater for bly. Fem av laboratoriene bestemte bly med grafittovn, og fem benyttet flamme atomabsorpsjon. Av de øvrige laboratorier benyttet fem ICP-AES og ett laboratorium bestemte bly med ICP-MS. Ett laboratorium som benyttet EDXRF fikk systematisk for lave resultater 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 94 og 47 % for prøve A og B, spredningen i resultater mellom laboratoriene er langt større for prøve B enn for prøve A. Tre laboratorier (nr. 3, 8 og 13) har spesielt høye resultater for prøve B, selv om resultatene for prøve A er akseptable. Presisjonen ved de enkelte laboratorier var svært variabel ved bestemmelse av dette metallet, med et relativt standard avvik som varierte fra $< 1 \%$ til mer enn 10 %, særlig for prøve B. Med få unntak er det relativt god overensstemmelse mellom laboratorienes resultater, og det ser ikke ut til å være 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. 17 laboratorier sendte inn resultater for krom i begge slamprøvene. Ti laboratorier bestemte krom med ICP-AES. Grafittovn ble benyttet av fire laboratorier, mens bare to laboratorier benyttet flamme atomabsorpsjon, hvorav det ene (nr. 11) fikk systematisk lave resultater. Ett laboratorium (nr. 6) bestemte krom med EDXRF, og fikk systematisk lave resultater.

For prøvene A og B ble henholdsvis 59 og 65 % av middelverdiene bedømt som akseptable, og dette er et noe svakere resultat enn ved tidligere slam-slp'er. Kromkonsentrasjonen var noe høyere i prøve A enn i prøve B, allikevel er spredningen mellom laboratoriene større for prøve A enn for prøve B. Dette kan indikere at forskjellen i matriks mellom de to prøvene påvirker kvaliteten av analysene, prøve B er et kalkfelt slam. Interferenser under bestemmelsen kan være en sannsynlig årsak til avvikende resultater, selv om de fleste har angitt at de benyttet bakgrunnskorreksjon eller interferenskorreksjon.

Presisjonen innen hvert enkelt laboratorium var noe varierende. Oppslutningstrinnet kan være en av årsakene til spredningen mellom resultatene for dette metallet, men resultatene fra et laboratorium som benyttet kongevann ved oppslutningen ble ikke noe høyere enn de som oppsluttet med salpetersyre alene.

3.5 Kopper

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 10, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 9 og 10. Alle unntatt ett laboratorium sendte inn resultater for kopper i slamprøvene, med jevn over meget gode resultater for begge prøvene, der henholdsvis 100 og 94 % av middelverdiene ble bedømt som akseptable. Laboratorium nr. 6, som benyttet EDXRF, har rapportert så lave resultater for prøve B at de ikke er kommet med i figur 10.

Hele 10 laboratorier bestemte kopper med ICP-AES denne gangen, mens seks laboratorier benyttet flamme atomabsorpsjon.

3.6 Nikkel

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 11, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 11 og 12. 17 av de deltakende laboratorier sendte inn resultater for nikkel. Ni laboratorier benyttet ICP-AES til bestemmelsen, mens grafittovn ble benyttet av fire laboratorier. Blant de resterende laboratoriene benyttet tre flamme atomabsorpsjon. Ett laboratorium benyttet EDXRF og fikk systematisk altfor lave resultater for begge prøvene.

Henholdsvis 75 og 82 % av de rapporterte middelverdier var akseptable for de to prøvene, og det er omtrent det samme som tidligere. Systematisk for lave resultater dominerer blant de sterkt avvikende middelverdiene. 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. 17 laboratorier sendte inn resultater for sink, og det var meget høy andel akseptable resultater, henholdsvis 88 % og 82 % i prøvene A

og B, slik at resultatene for dette metallet kan anses for å være meget tilfredsstillende. Ti laboratorier anvendte ICP-AES ved bestemmelsen, mens av de øvrige benyttet seks flamme atomabsorpsjon. Ett laboratorium benyttet EDXRF og fikk så lavt resultat for prøve B at det ikke kommer med i figur 14. Laboratorium nr. 13 og 17 rapporterte svært høye resultater for sink i prøve A og har derfor ikke kommet med i figur 14, mens laboratorium nr. 8 og 11 har svært lave resultater for prøve A og har derfor ikke kommet med i figur 13.

3.8 Kalsium

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 13, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 15 og 16. For kalsium ble det mottatt resultater fra 16 av deltakerne. For dette metallet var andelen akseptable resultater henholdsvis 88 og 81 % i prøvene A og B, og dette er akseptabelt.

Elleve laboratorier benyttet ICP-AES ved bestemmelsen, mens et flamme atomabsorpsjon ble benyttet av tre laboratorier. Det er ingen påvisbar forskjell mellom resultatene for disse metodene. Noen laboratorier har rapportert spesielt lave resultater, dette gjelder nr. 5 og 11 for prøve A, og nr. 1 og 6 for prøve B. Laboratorier med spesielt stor spredning mellom de parallelle bestemmelsene må undersøke hva årsaken til dette kan være, dette gjelder spesielt prøve B.

3.9 Kalium

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 14, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 17 og 18. Det ble mottatt resultater for kalium fra 16 av laboratoriene. Resultatene for kalium er noe svakere enn ved siste slp, med henholdsvis 69 og 75 % akseptable middelveier for prøvene A og B. Blant de avvikende verdier var det både systematisk for høye og for lave resultater.

Ti laboratorier bestemte kalium med ICP, mens blant de øvrige benyttet fire flamme atomabsorpsjon. Ett laboratorium benyttet grafittovn til bestemmelsen, og ett laboratorium anvendte EDXRF.

3.10 Totalfosfor

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 15, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 19 og 20. 14 laboratorier rapporterte resultater for totalfosfor, og andel akseptable resultater i begge prøvene var 93 % som er meget bra resultat. Syv laboratorier rapporterte at de bestemte totalfosfor med ICP-AES, mens de øvrige syv laboratoriene stort sett benyttet en automatisert spektrofotometrisk metode. Begge metoder er representert ved de største avvikene.

3.11 Nitrogen

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 16, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 21 og 22. For bestemmelsen av nitrogen ble det mottatt 14 resultatsett for begge prøvene. De fleste laboratoriene benyttet Kjeldahl-metoden til denne bestemmelsen, mens ett laboratorium benyttet oppslutning med en blanding av svovelsyre og salpetersyre. To laboratorier har benyttet en automatisert fotometrisk metode til sluttbestemmelsen. Henholdsvis 100 og 93 % av middelveierne lå innenfor den generelle akseptansegrensen på ± 20 %, noe som er meget bra resultat.

3.12 Totalt organisk karbon

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 17. Det er bare rapportert fem resultater for hver av de to prøvene, og de enkelt laboratoriers resultater er framstilt grafisk i figurene 23 og 24. Det er til dels stor forskjell mellom laboratorier som benyttet ulike metoder ved bestemmelsen. To laboratorier bestemte karboninnholdet ved høytemperatur forbrenning i elementanalysator, mens de andre benyttet ulike TOC-analysatorer med katalytisk forbrenning.

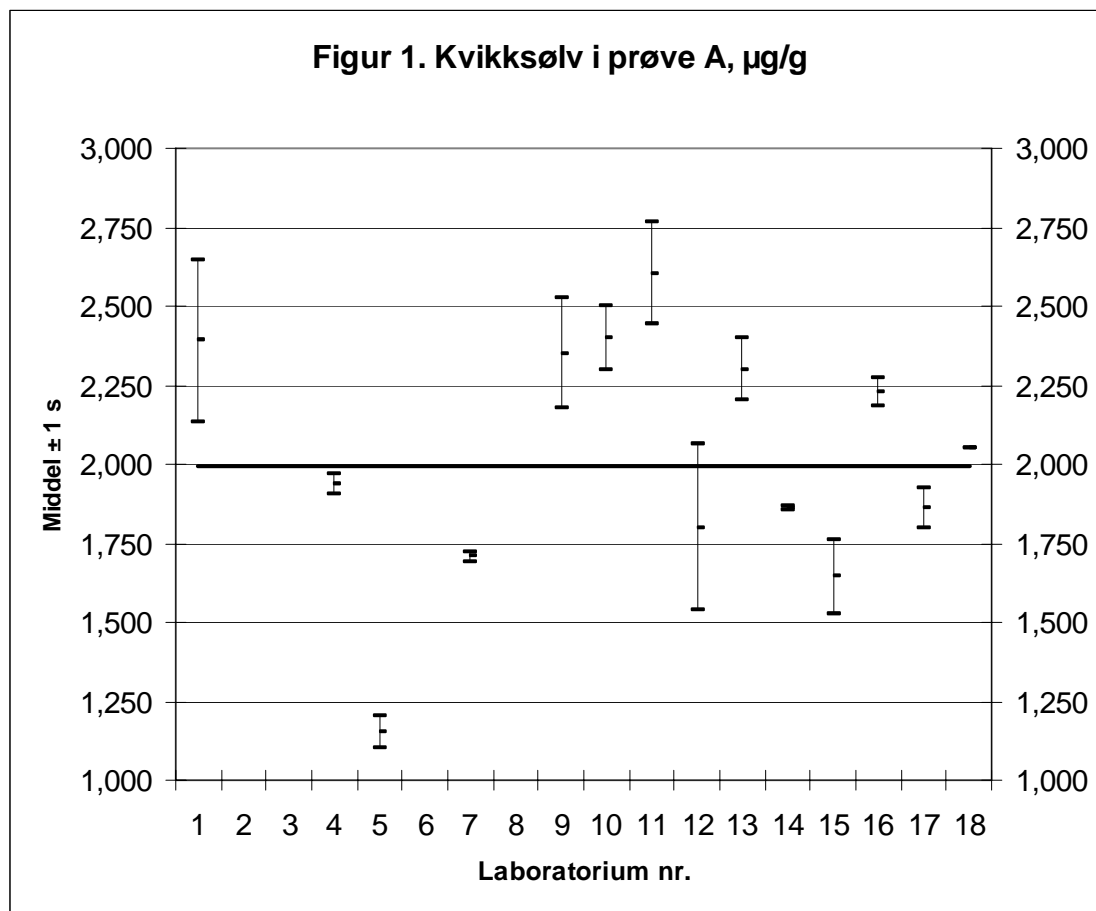
3.13 Totalt tørrstoffinnhold

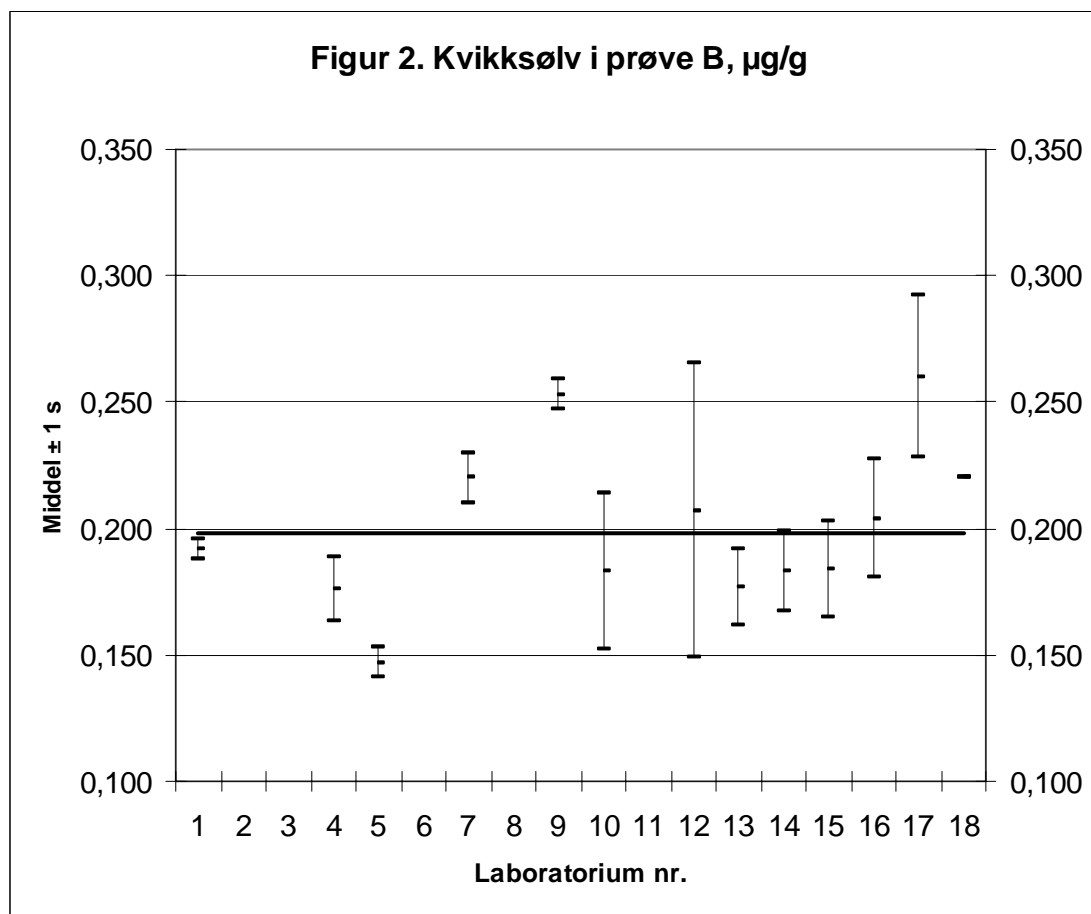
Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 18, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 25 og 26. Det ble mottatt resultater for totalt tørrstoffinnhold fra alle unntatt ett laboratorium. Det er noe varierende resultater hos noen av laboratoriene, og dette vil være 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 ± 20 %. Forskjellen mellom laboratoriene er gjennomgående innenfor ± 5 % for prøve A og ± 10 % for prøve B.

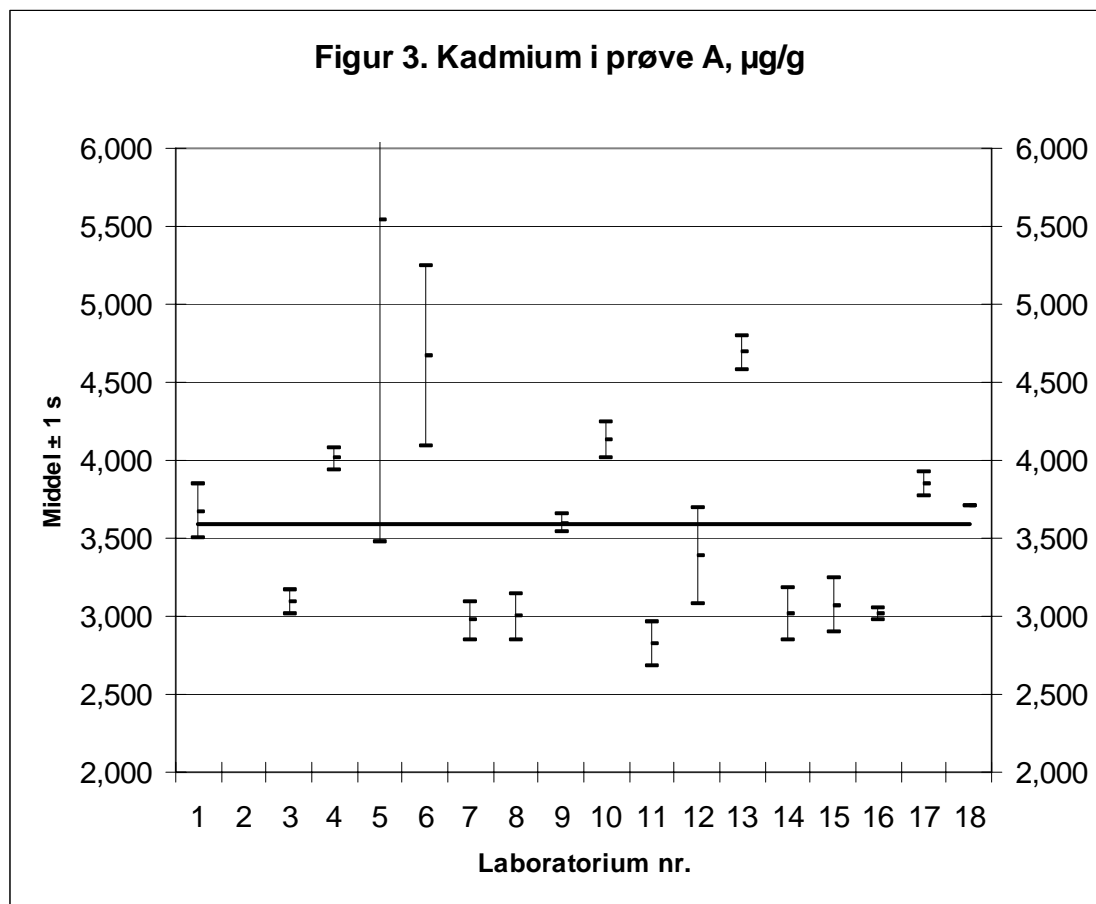
3.14 Glødetap

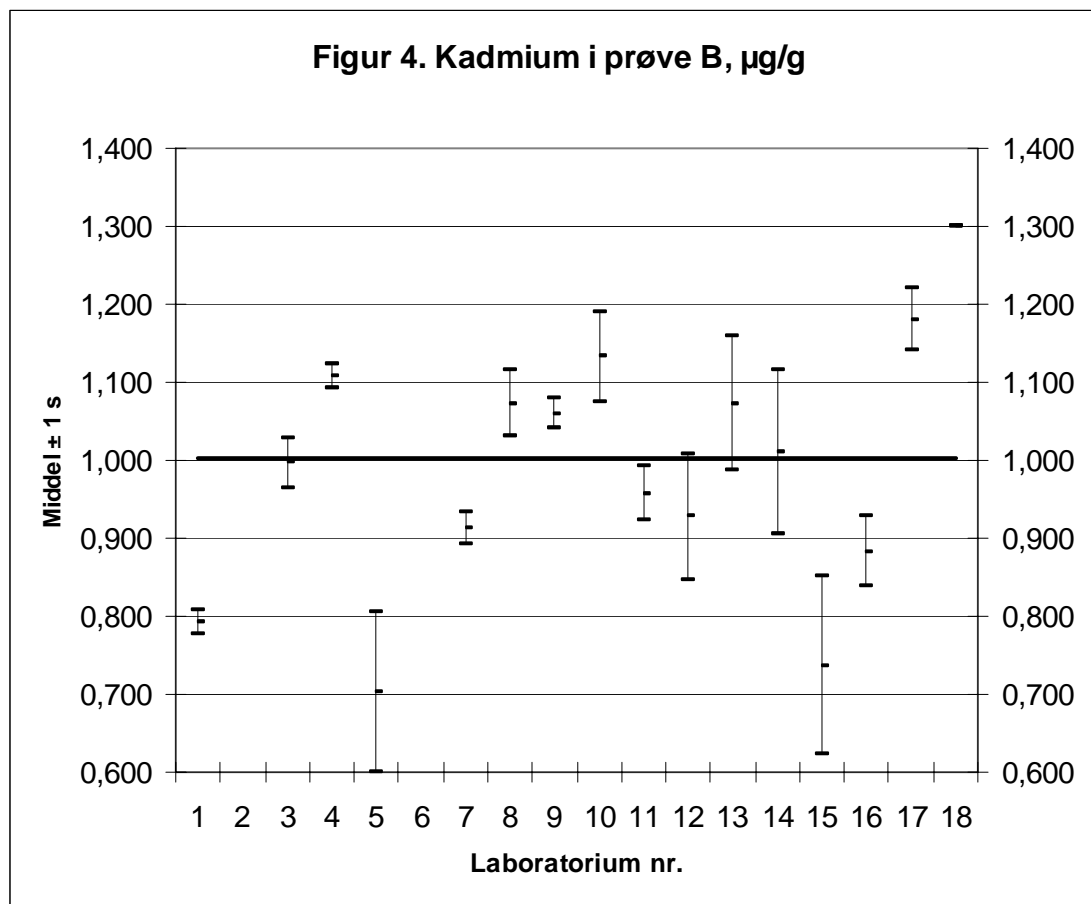
Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 19, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 27 og 28. Henholdsvis 15 og 16 laboratorier bestemte glødetapet i prøvene A og B. Alle resultatene unntatt ett er akseptable for begge prøver når man benytter en akseptansegrense på ± 20 % av medianverdien. Laboratorium nr. 5 har systematisk altfor lavt resultat i prøve B, og må finne årsaken til dette.

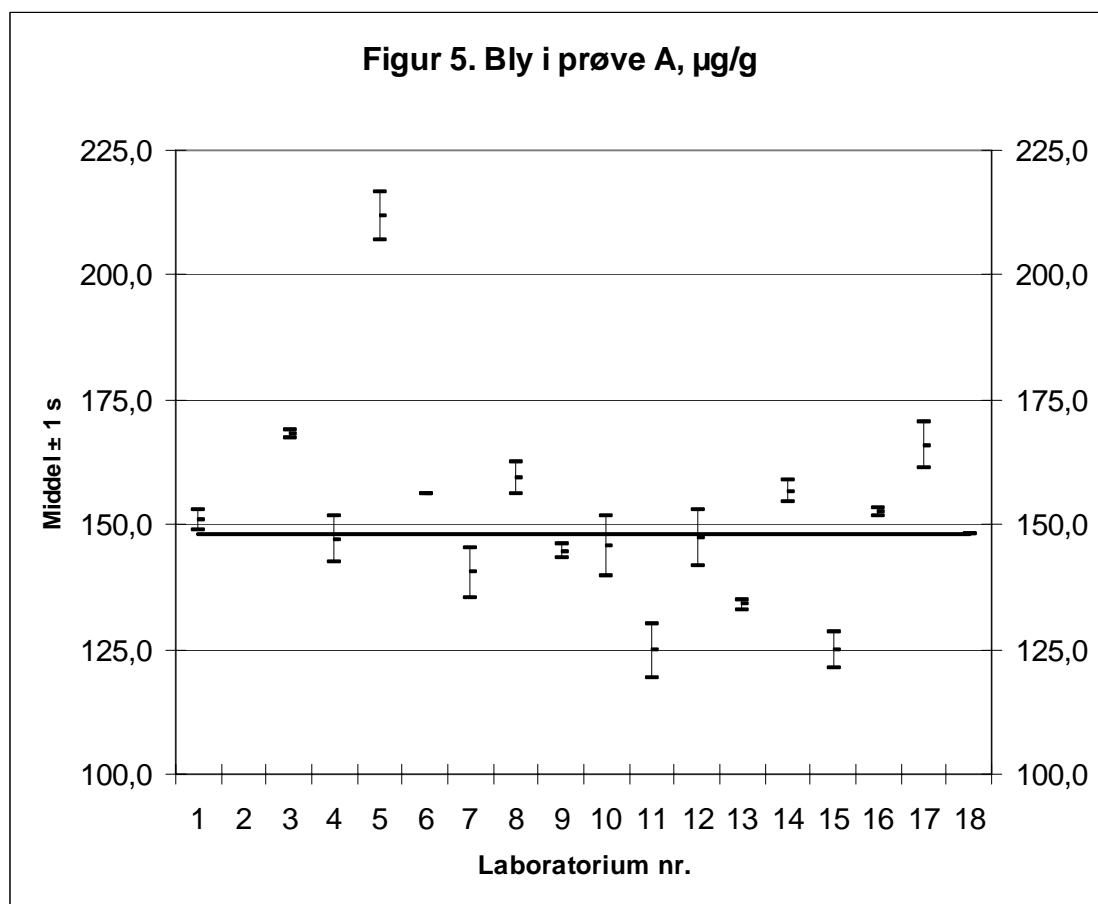
Forts. side 44

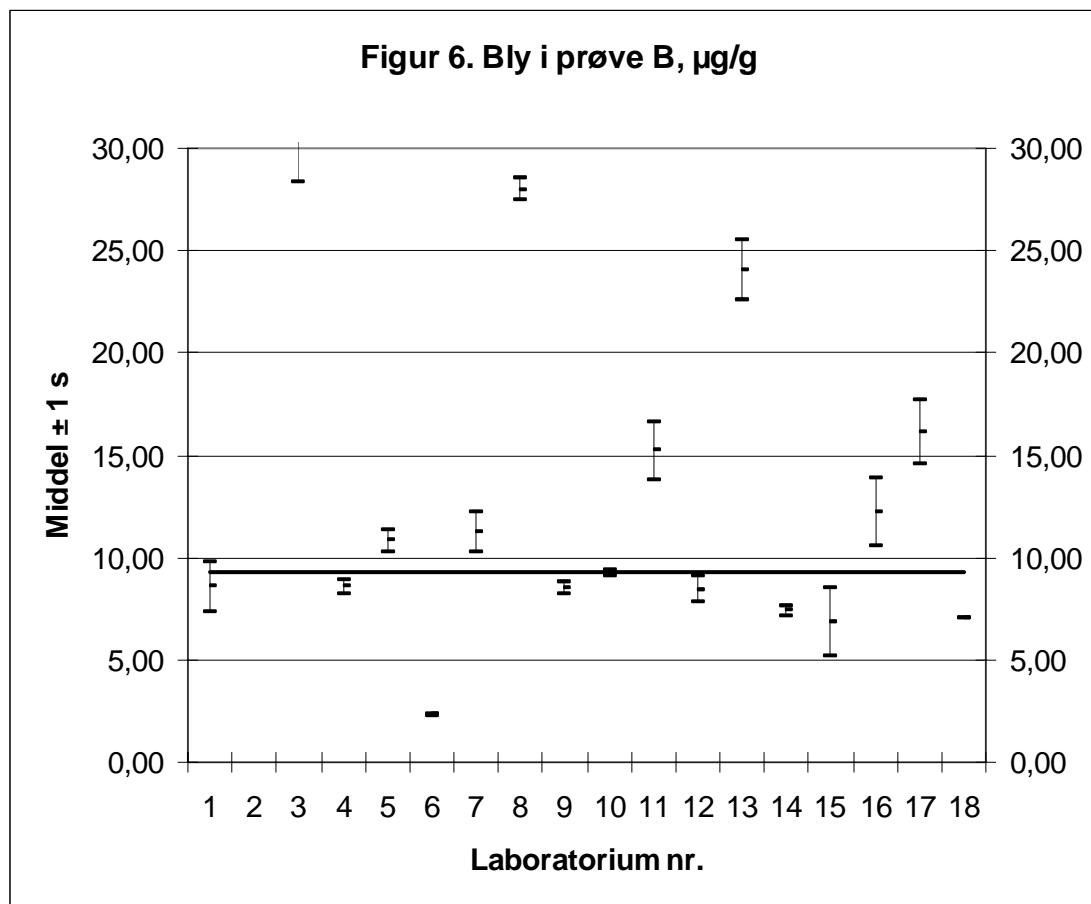


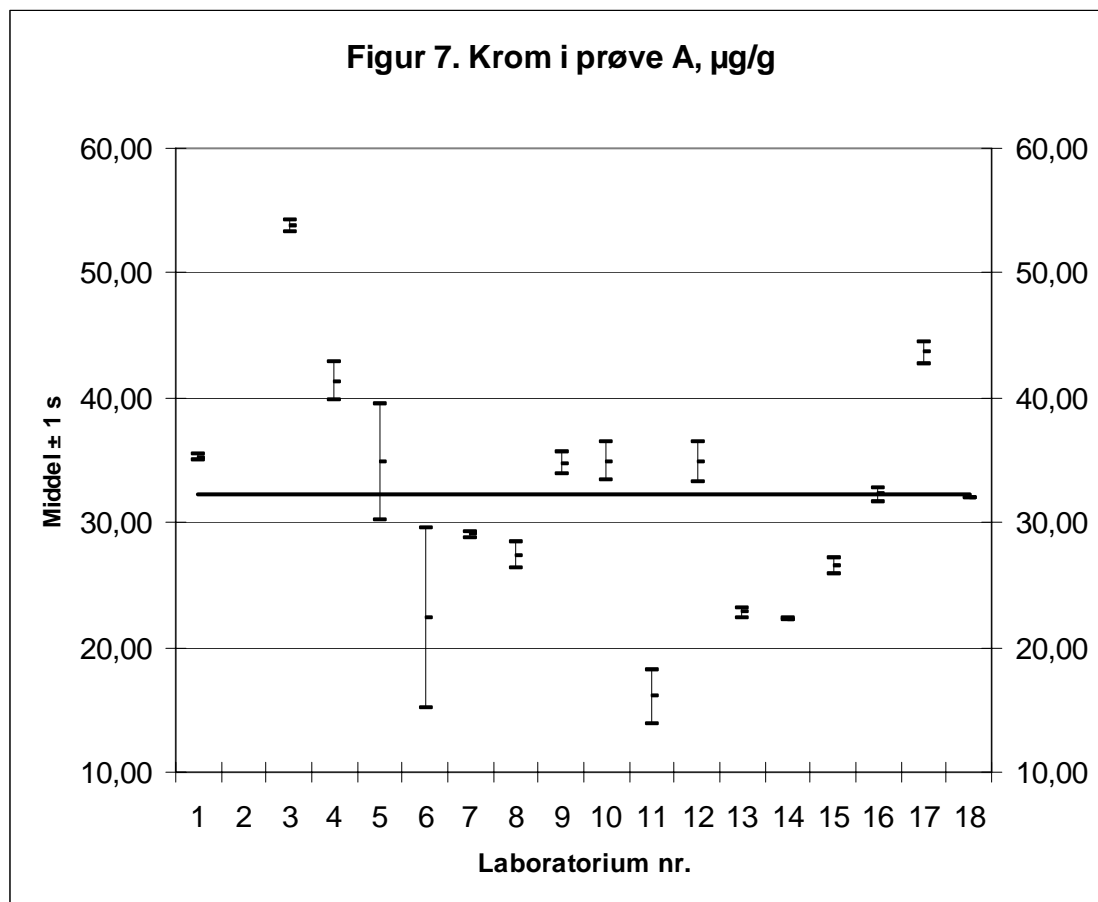


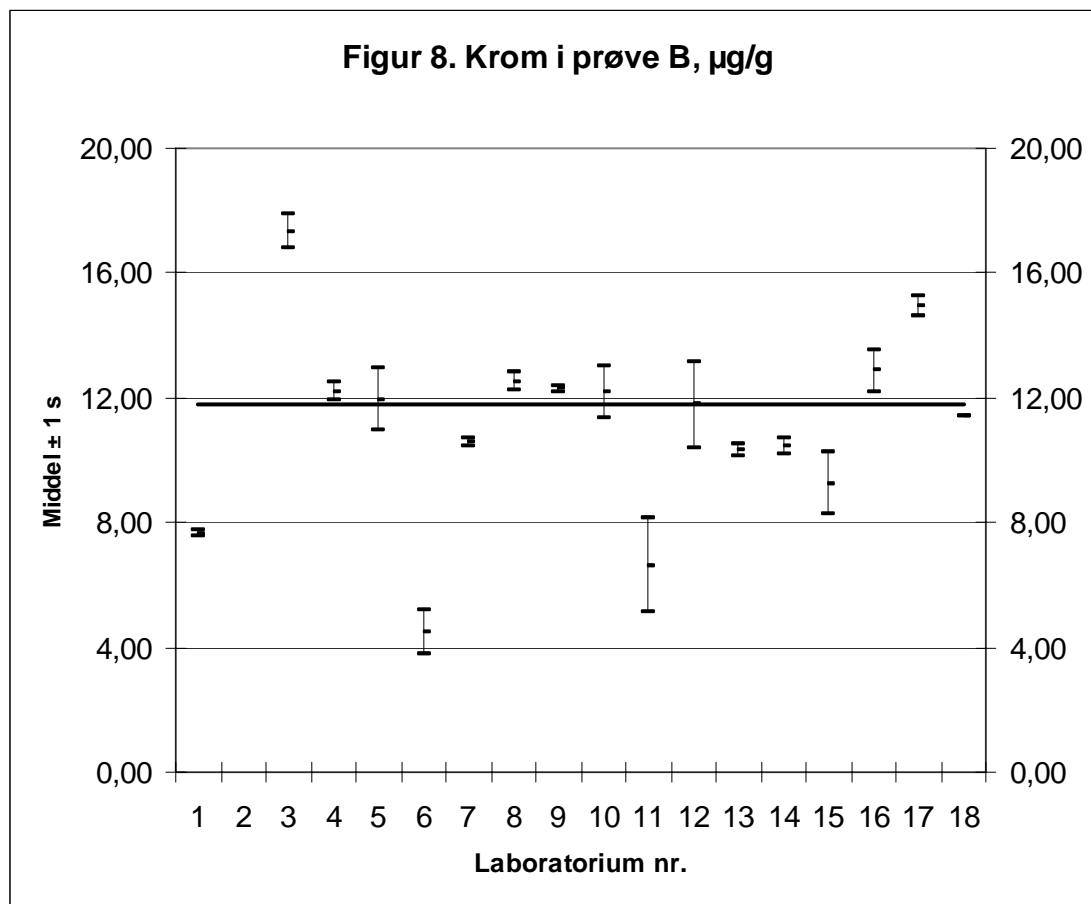


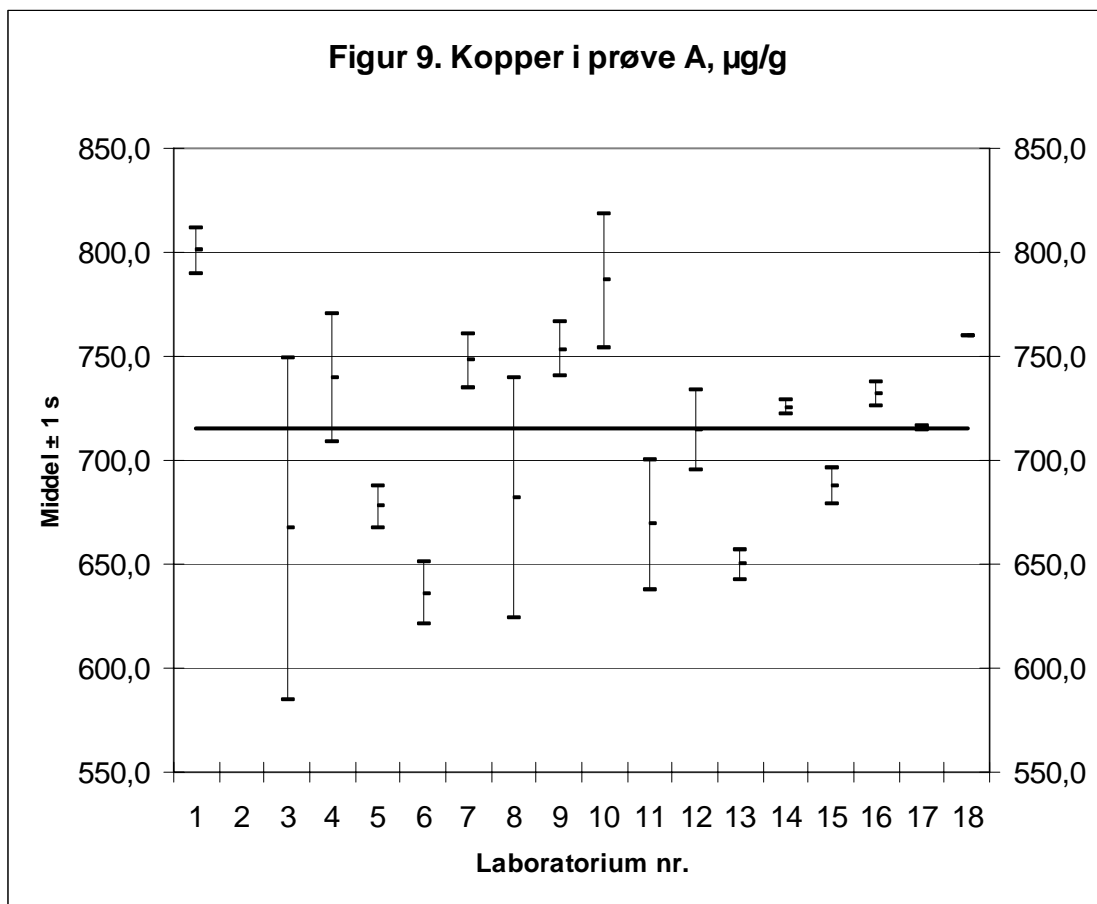


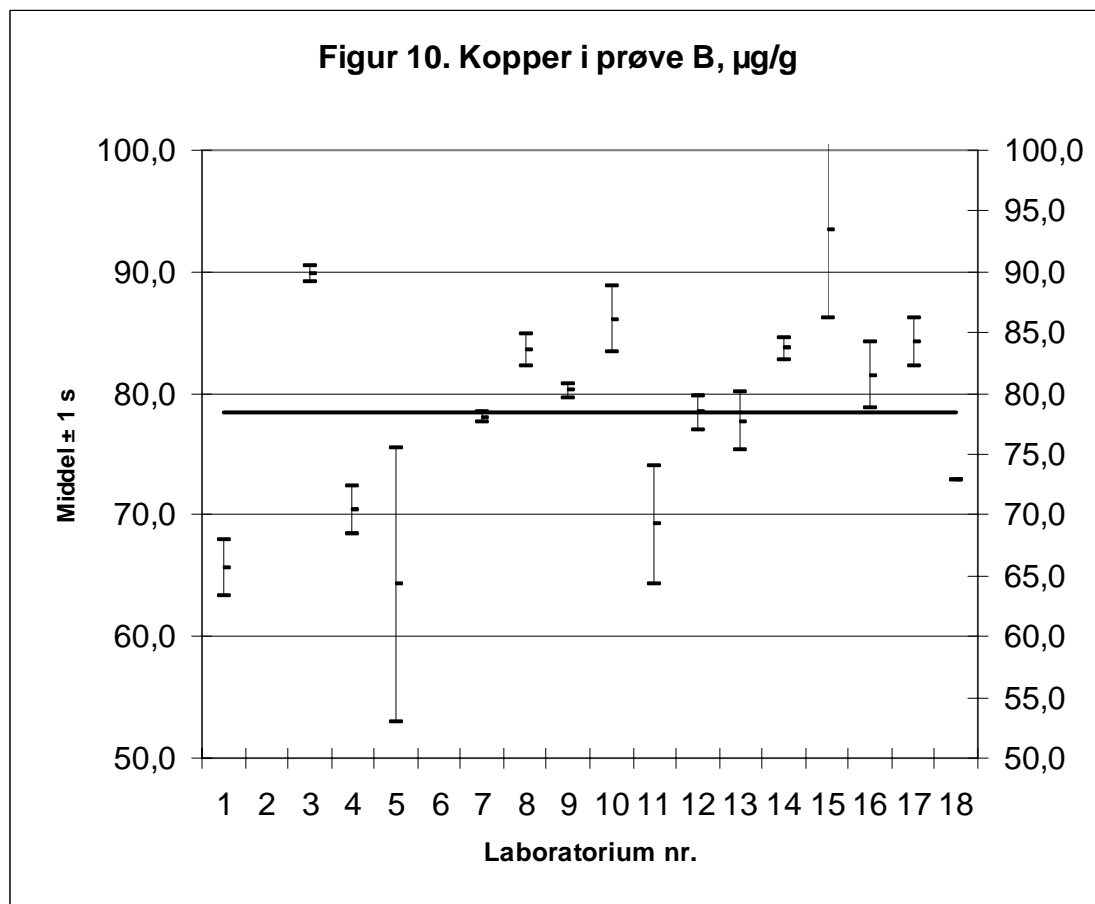


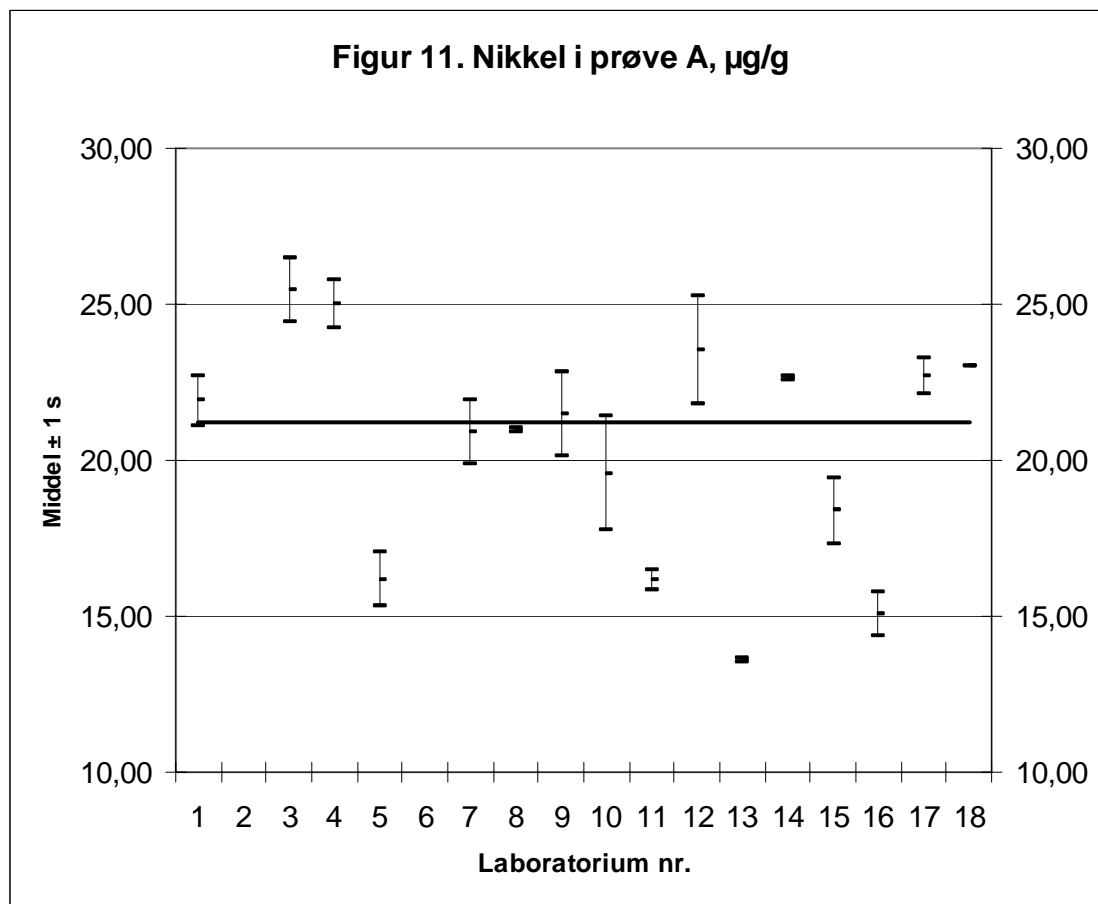


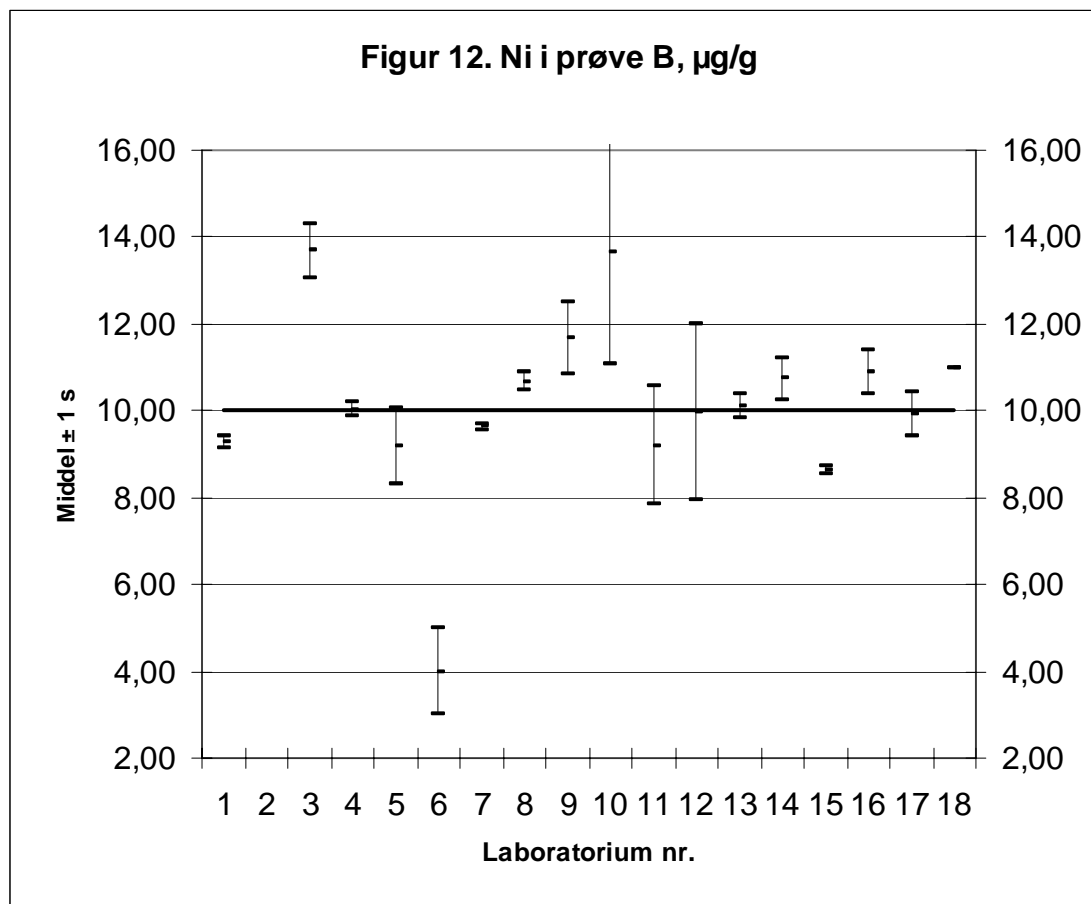


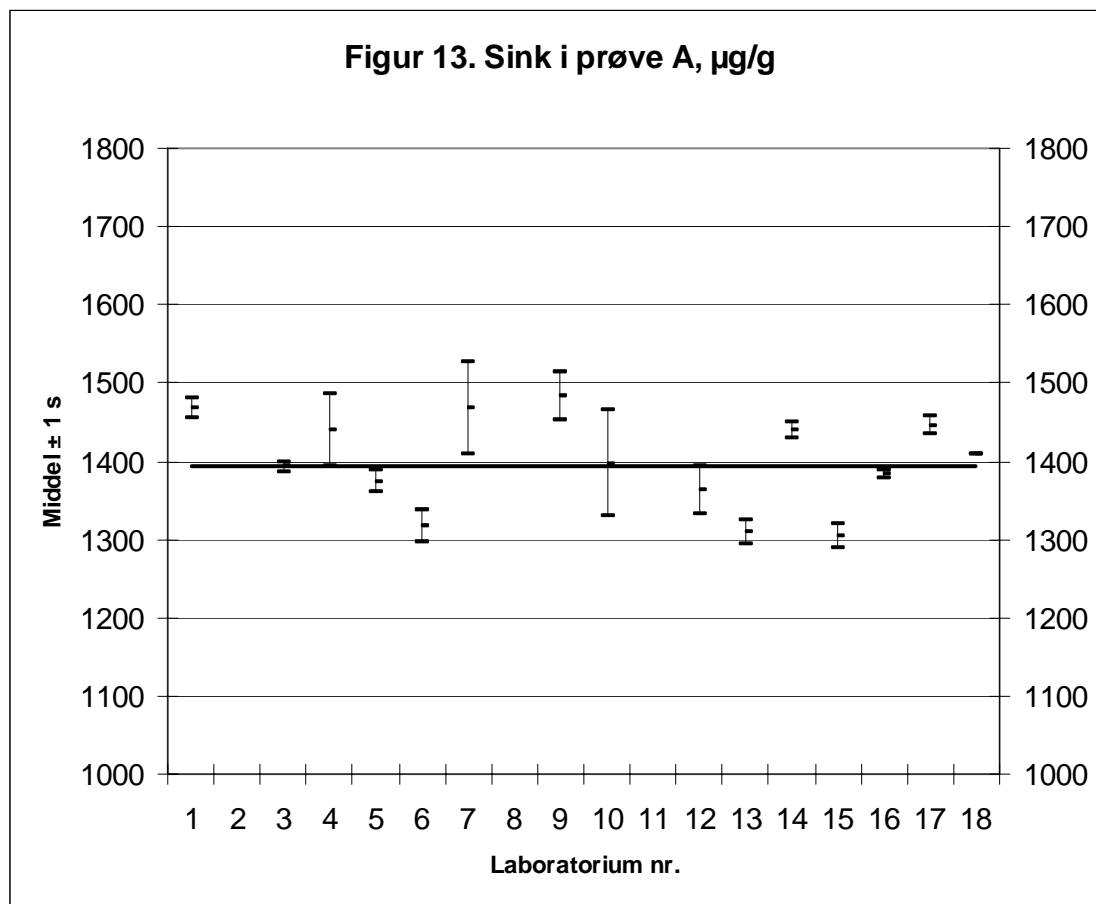


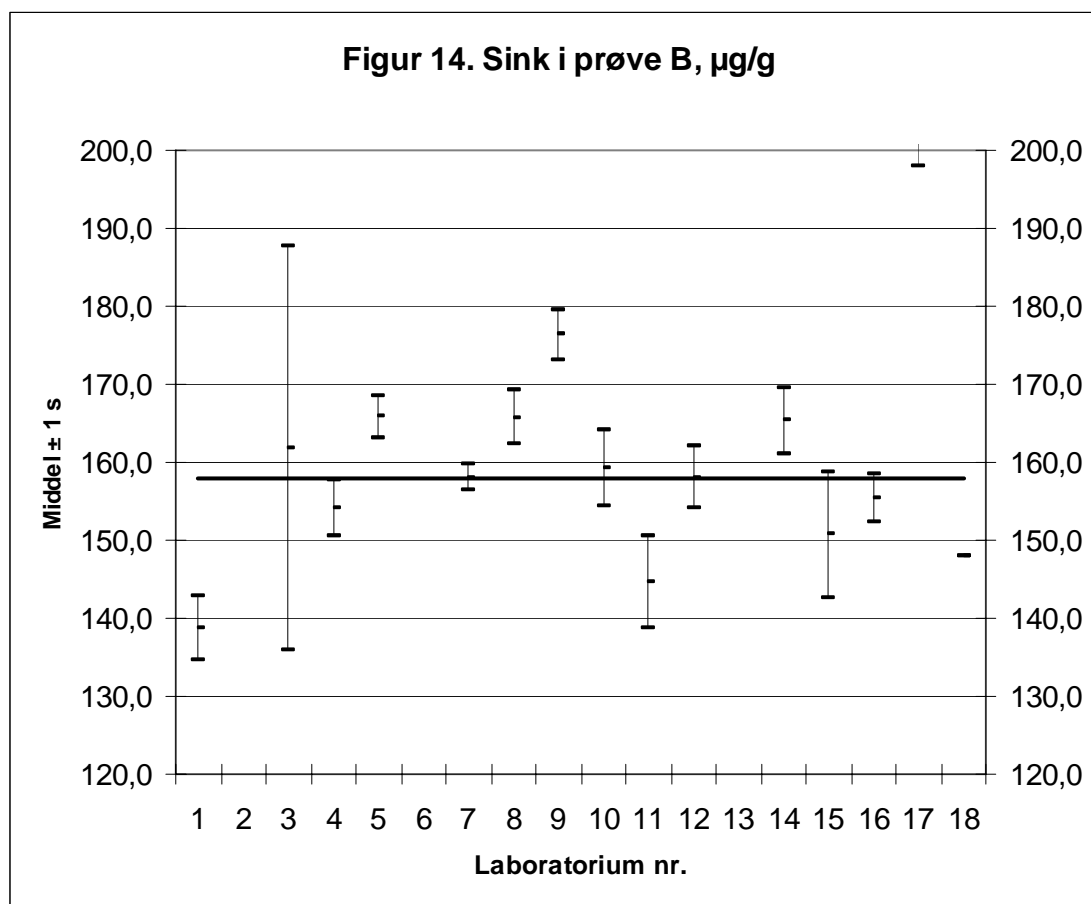


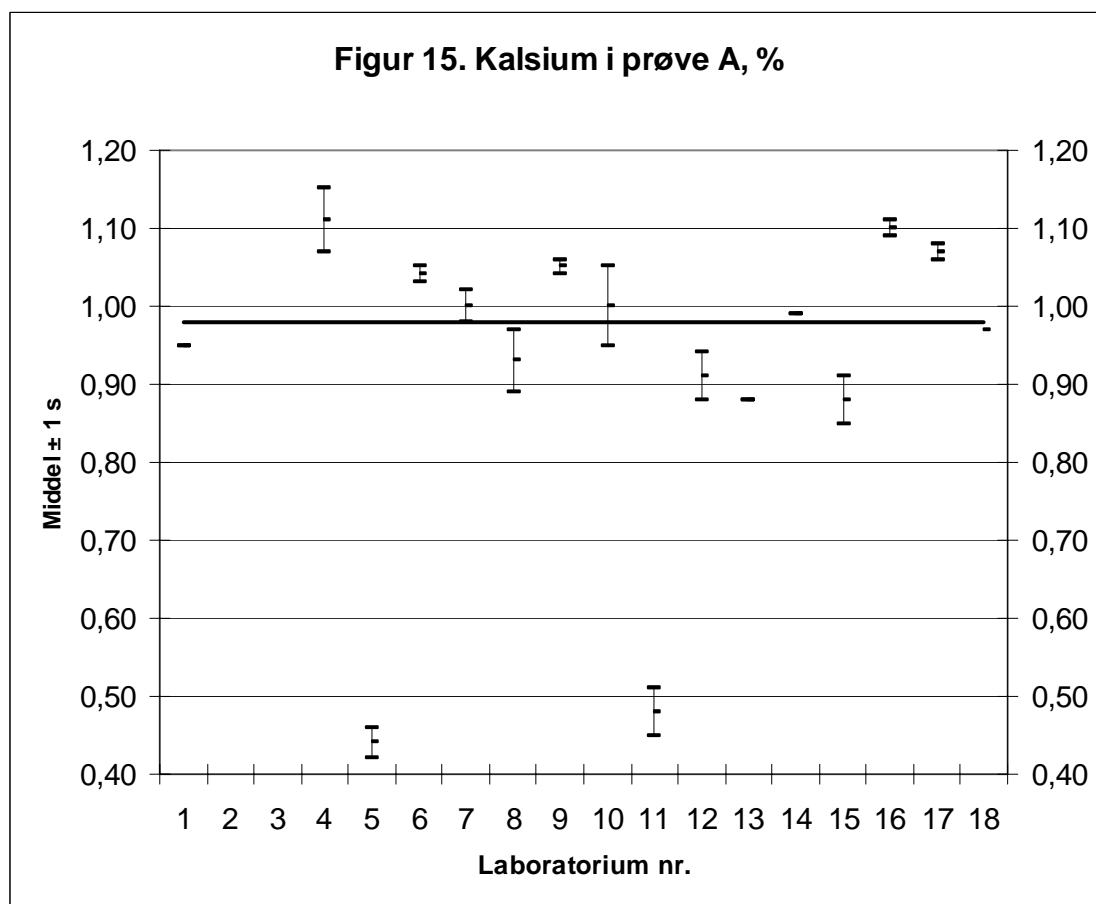


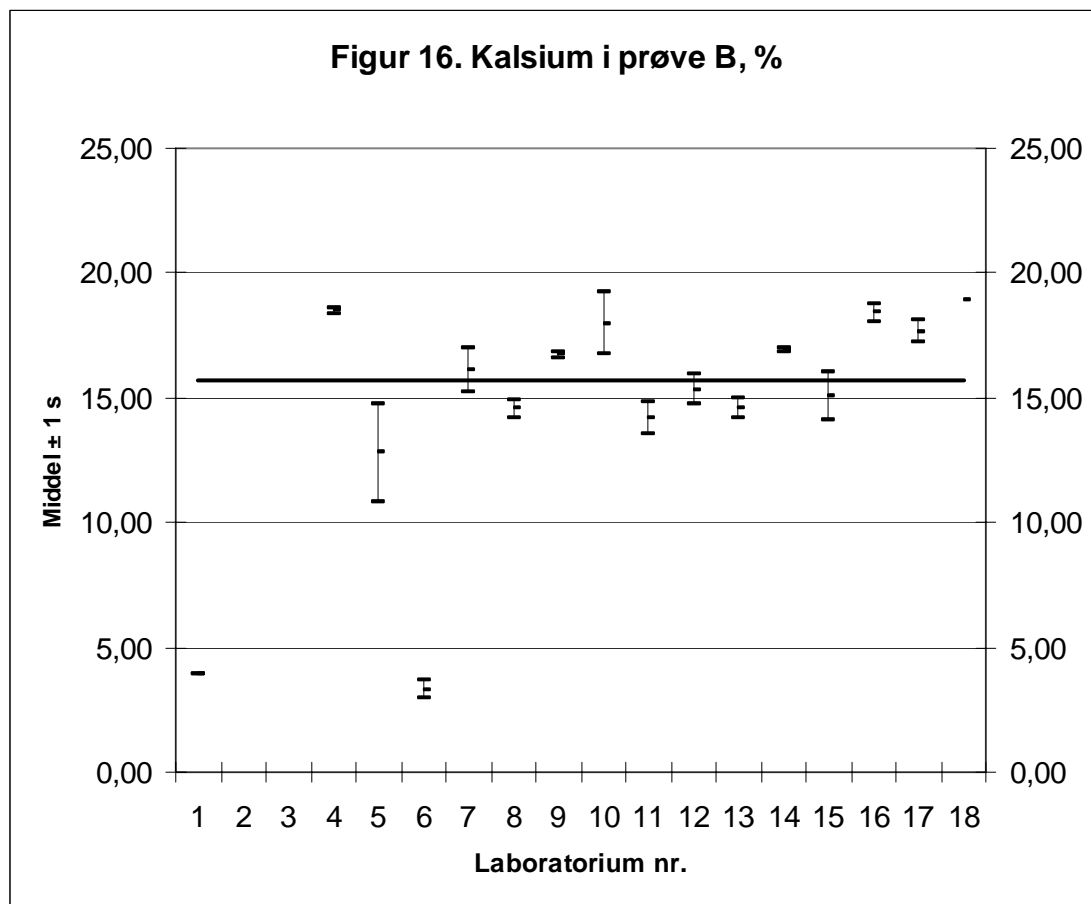


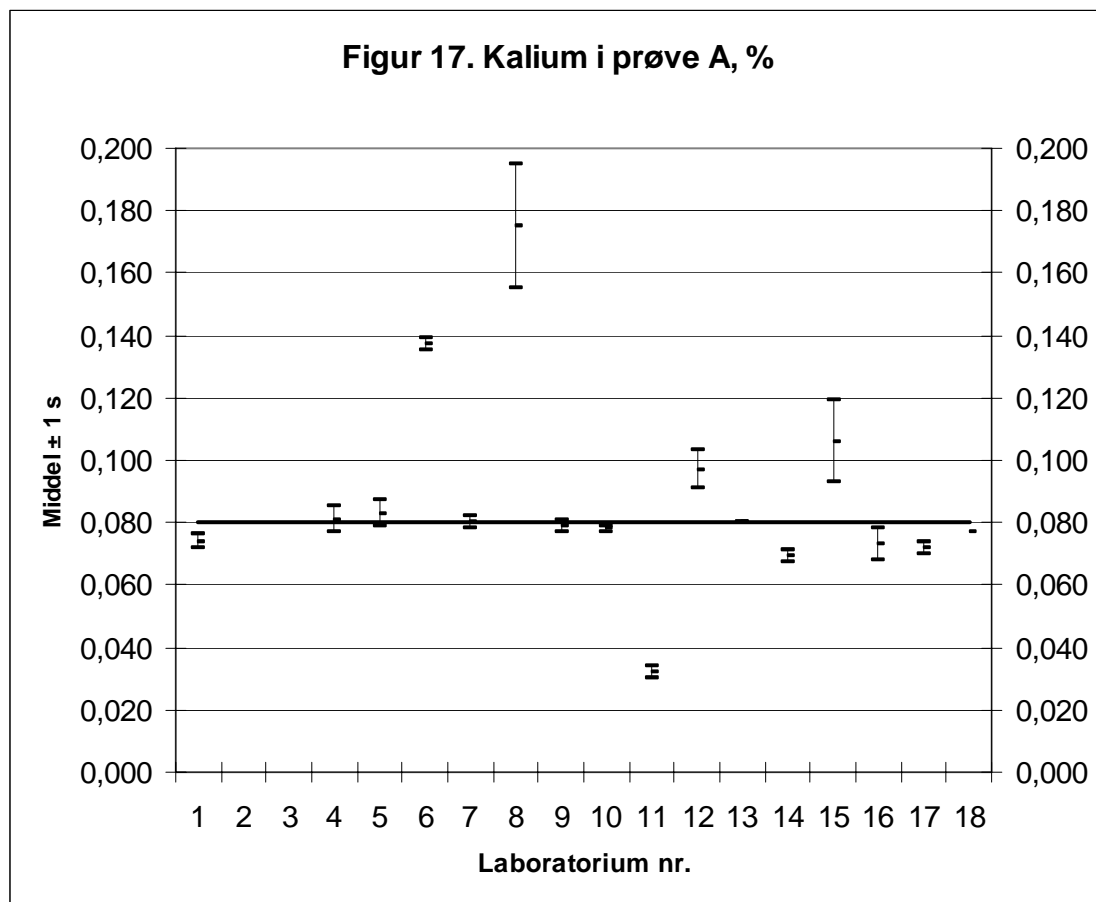


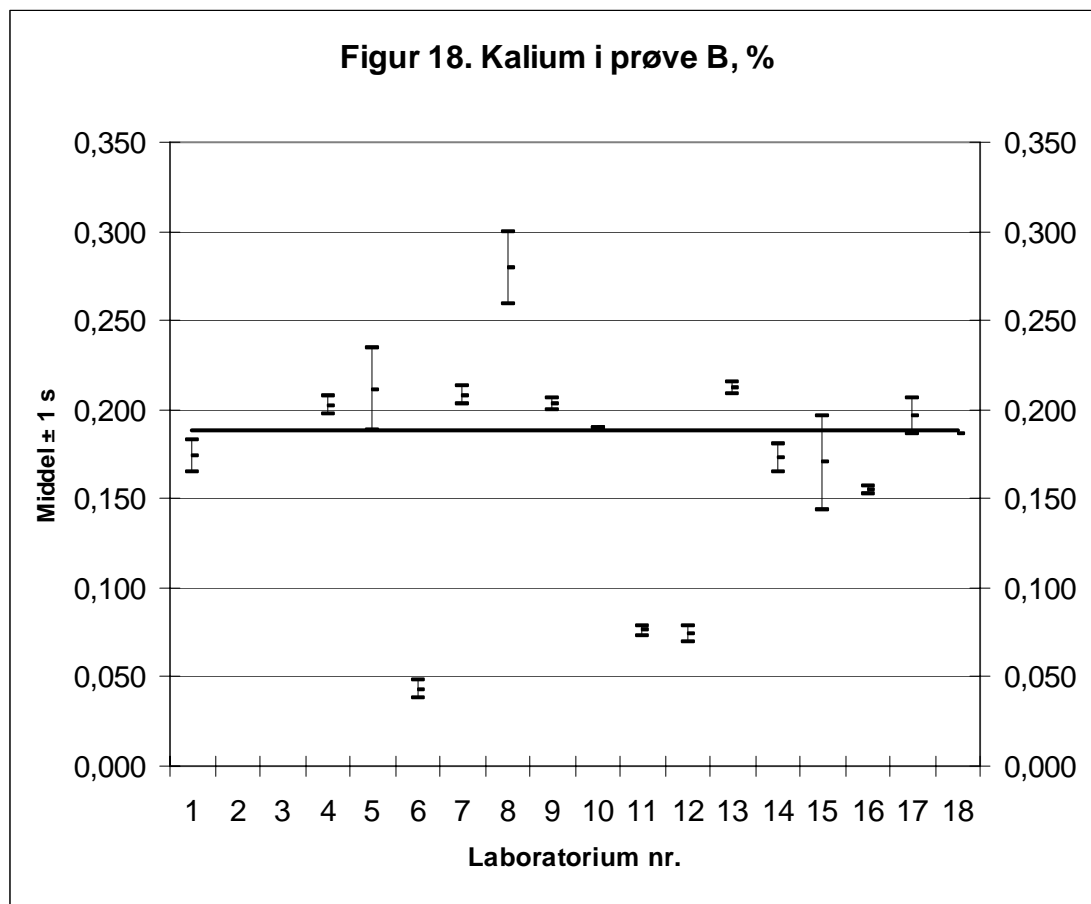


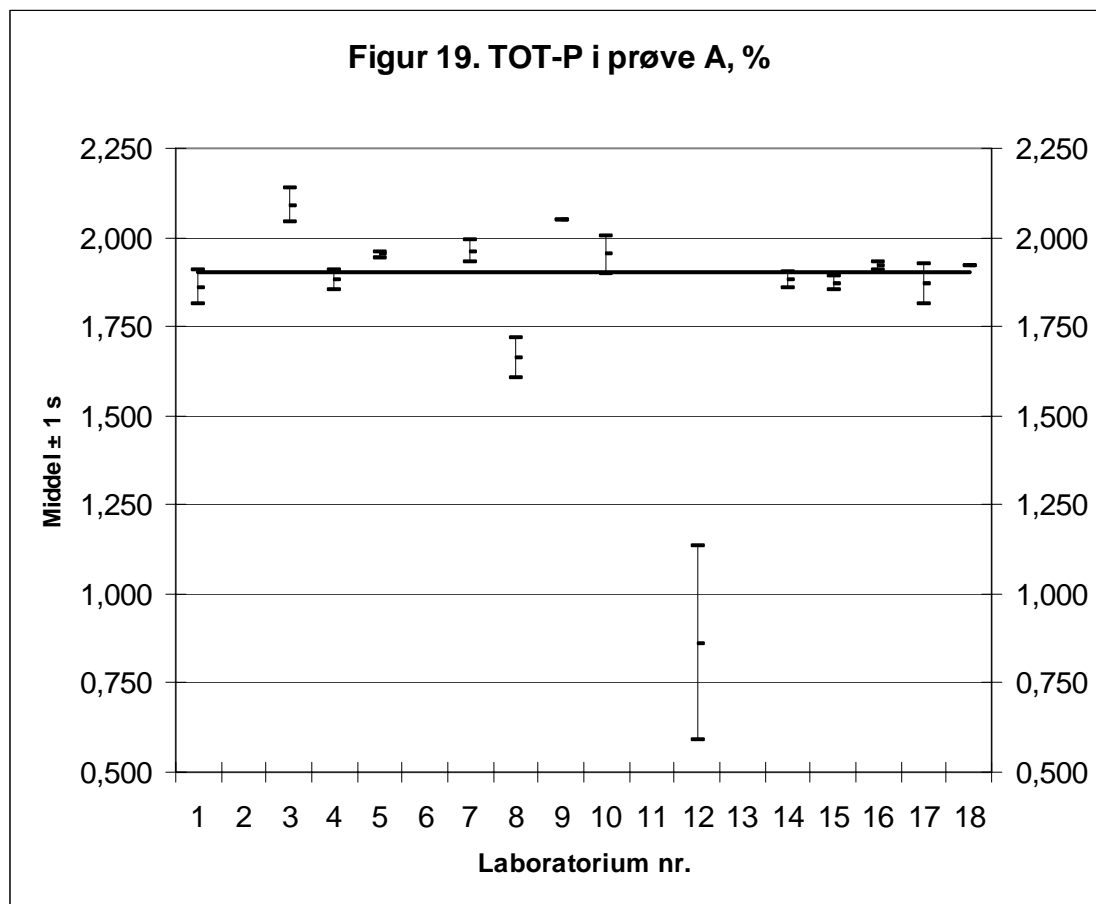


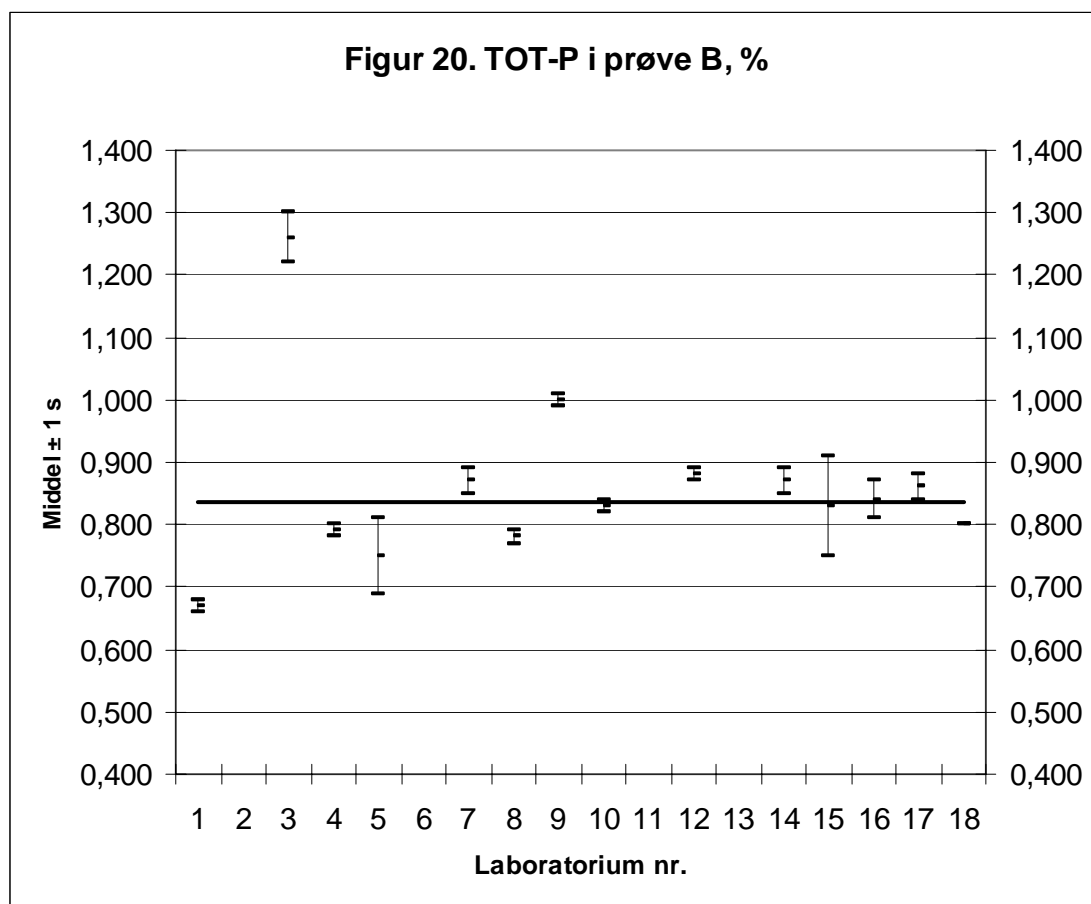


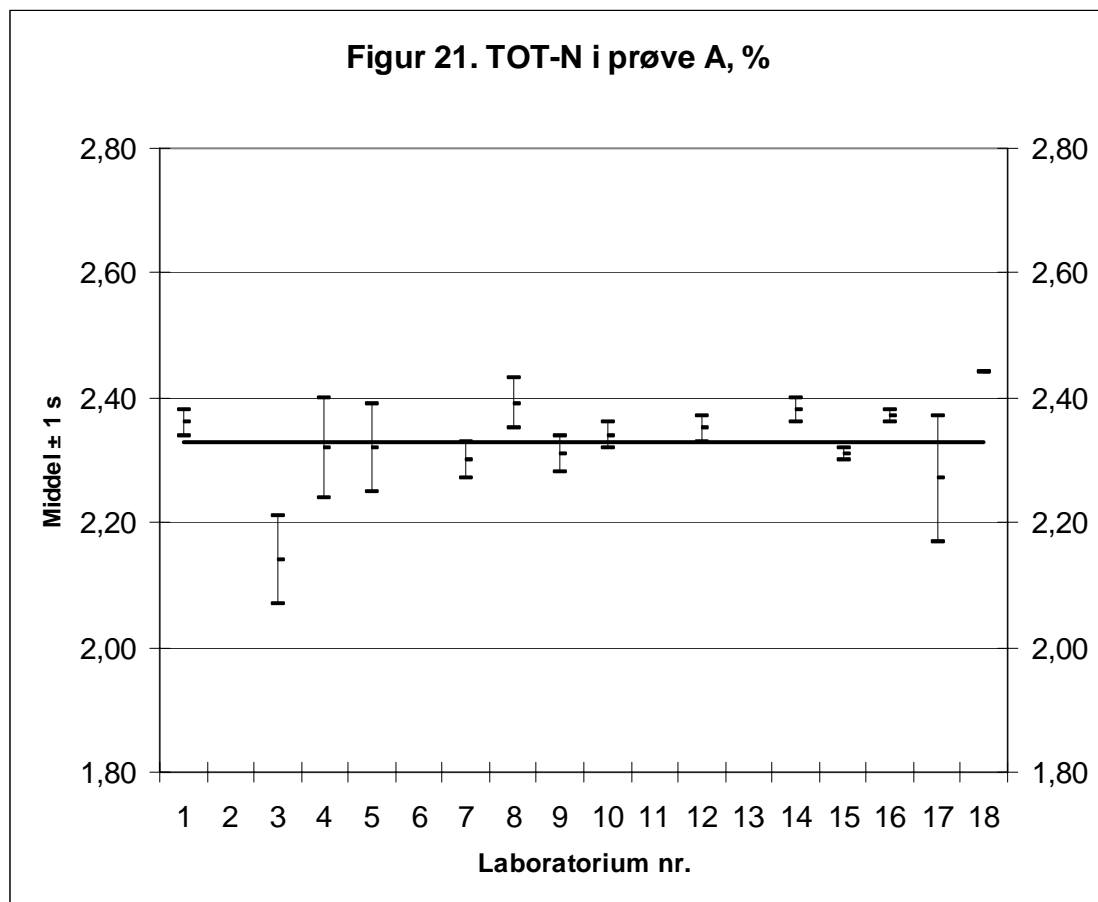


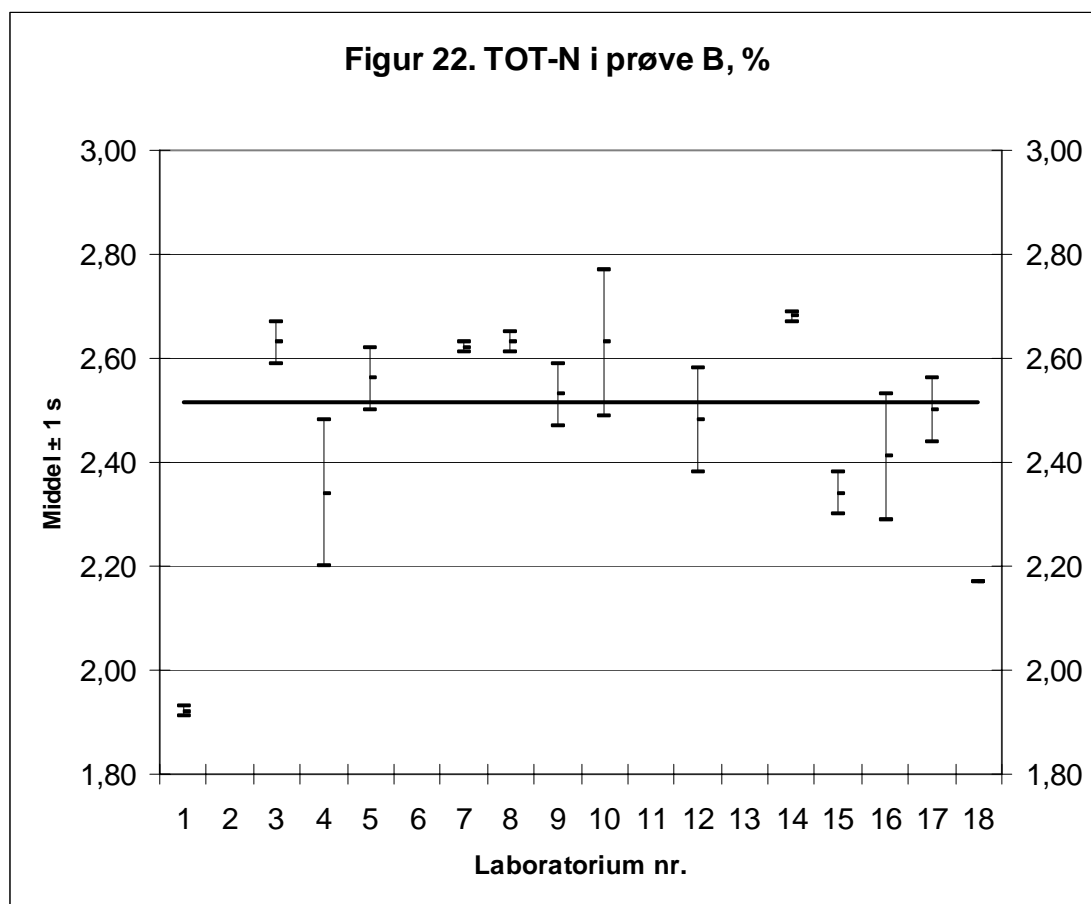


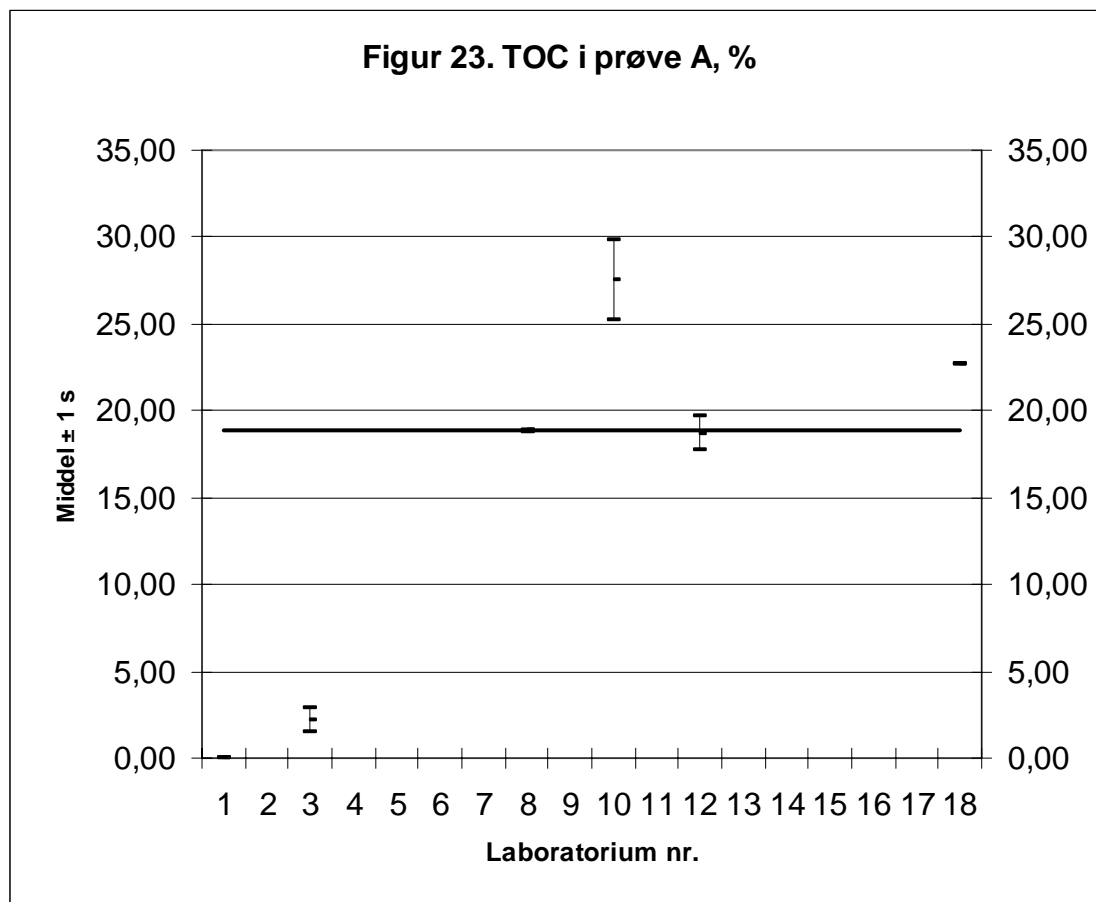


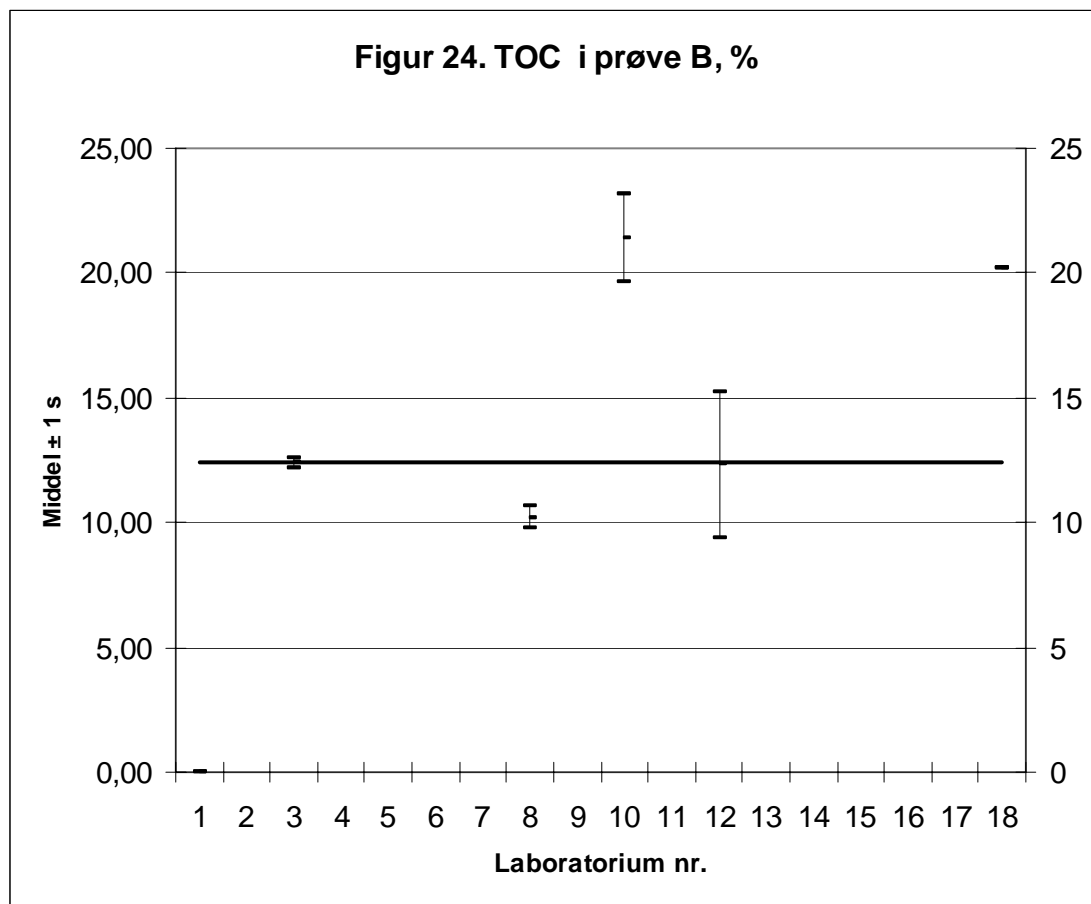


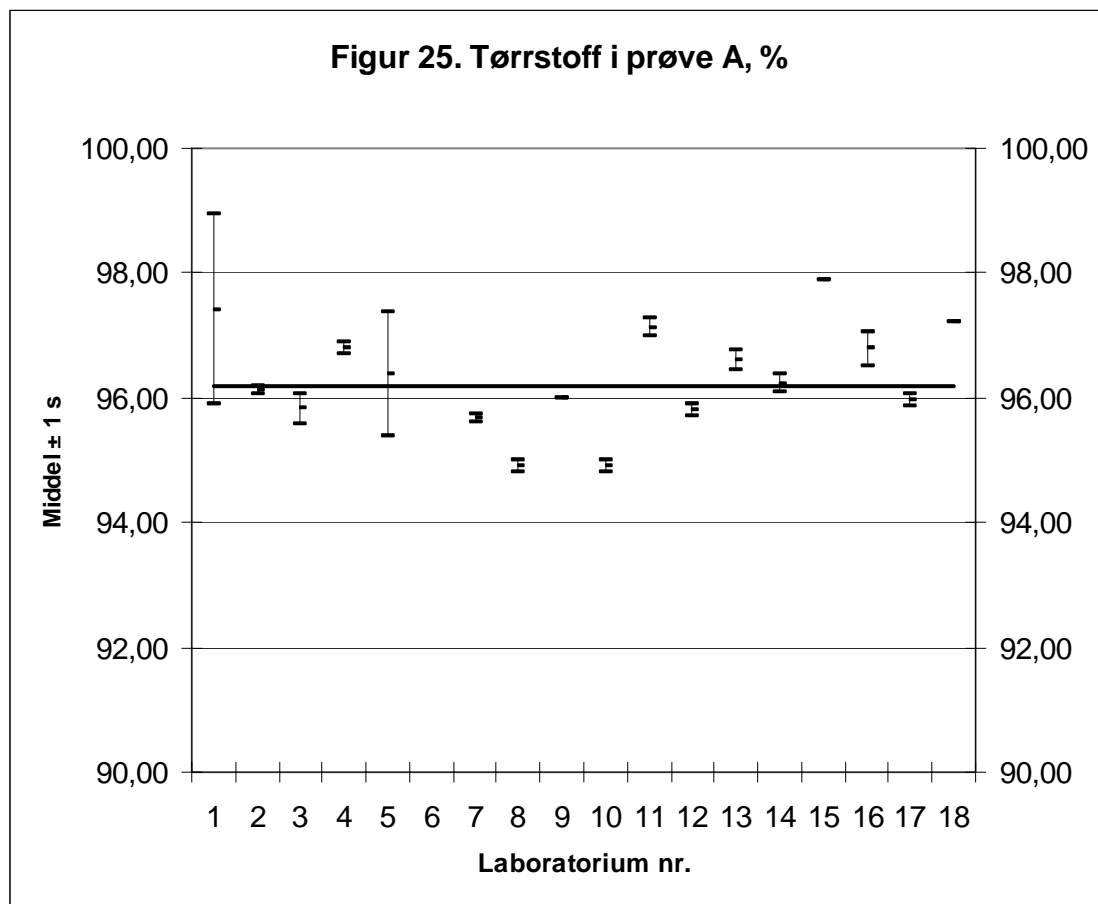


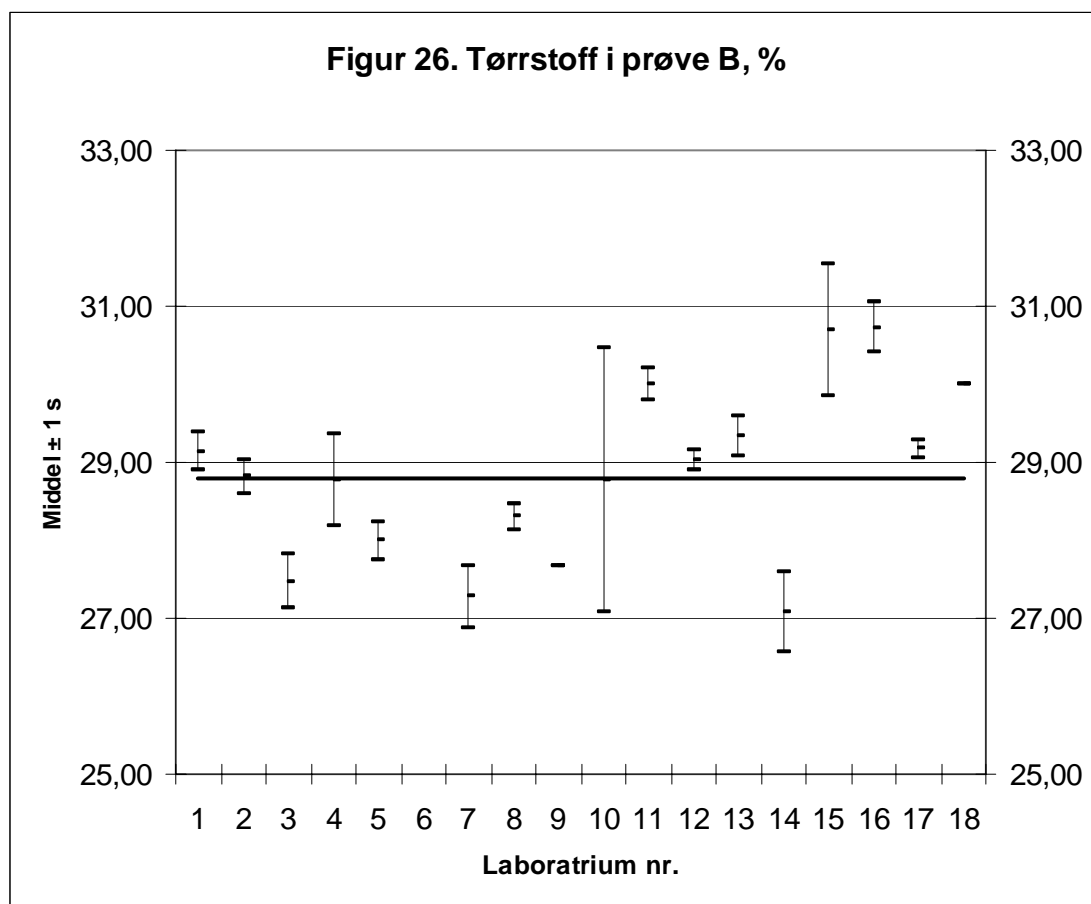


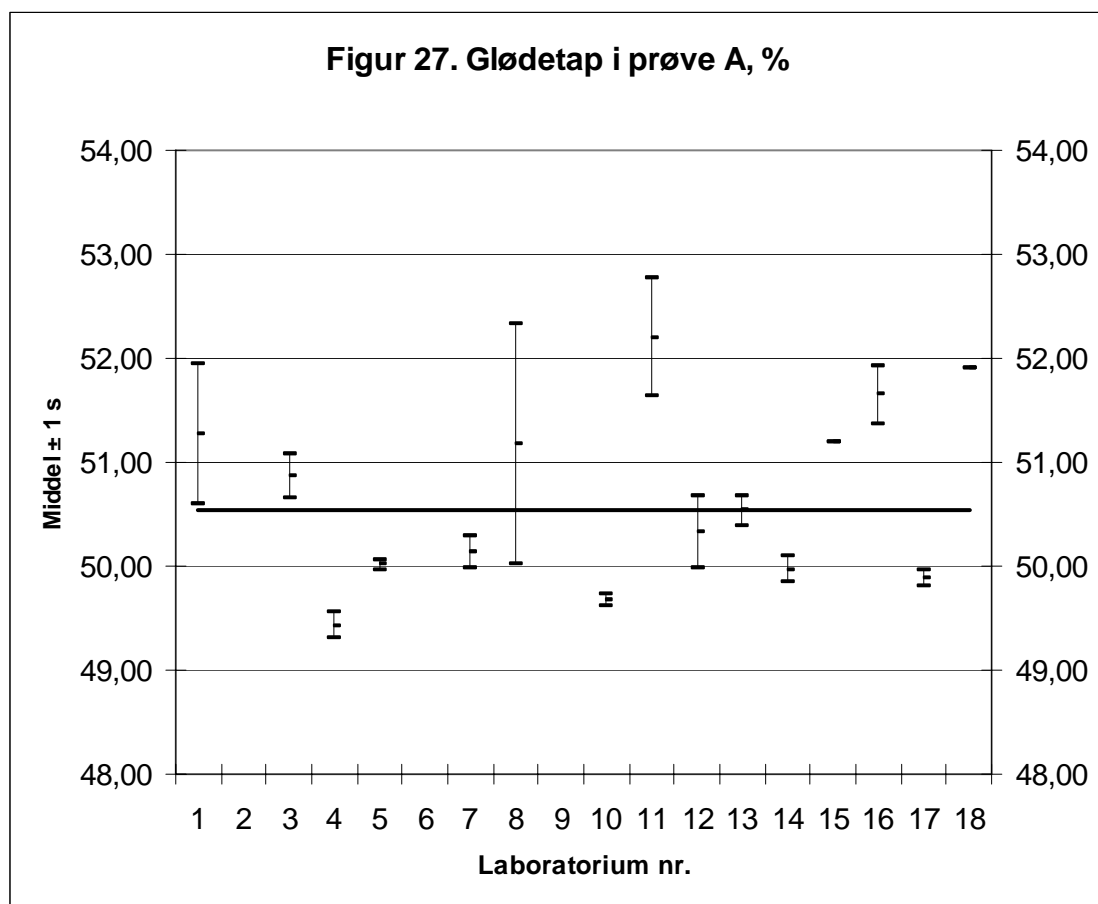


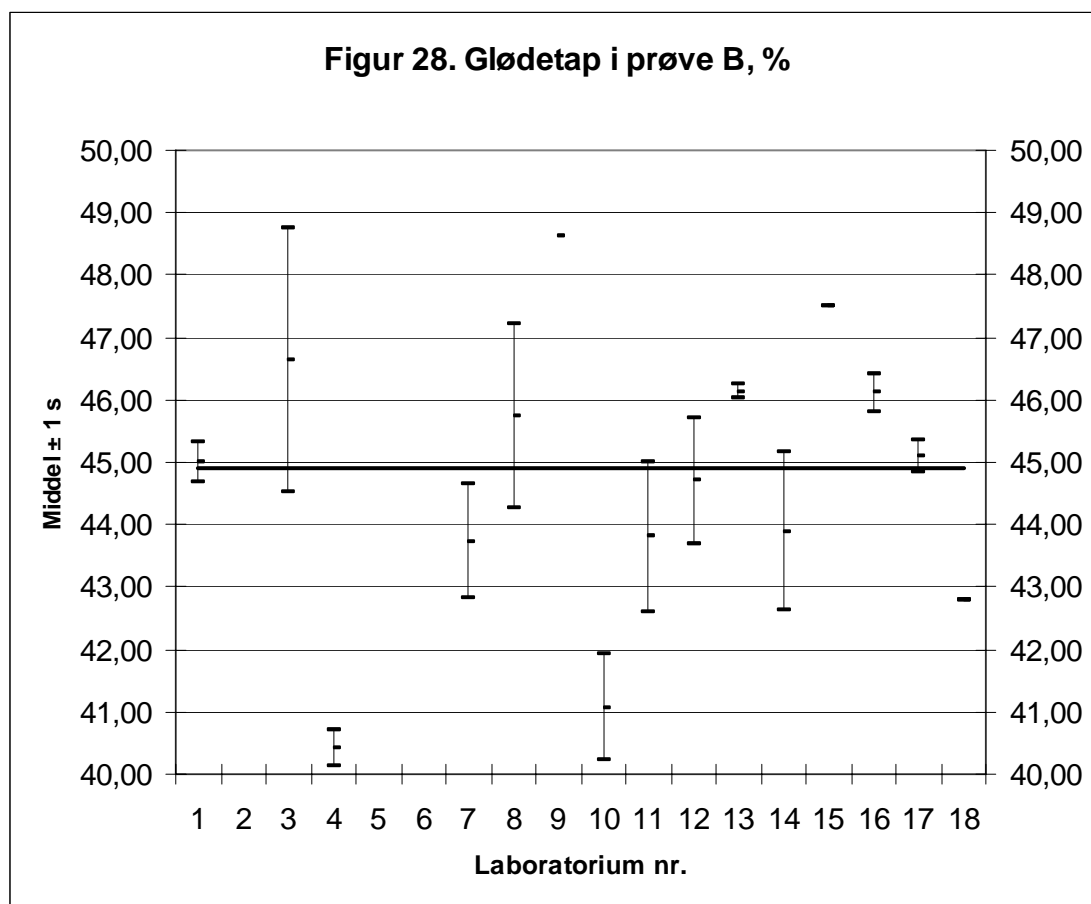


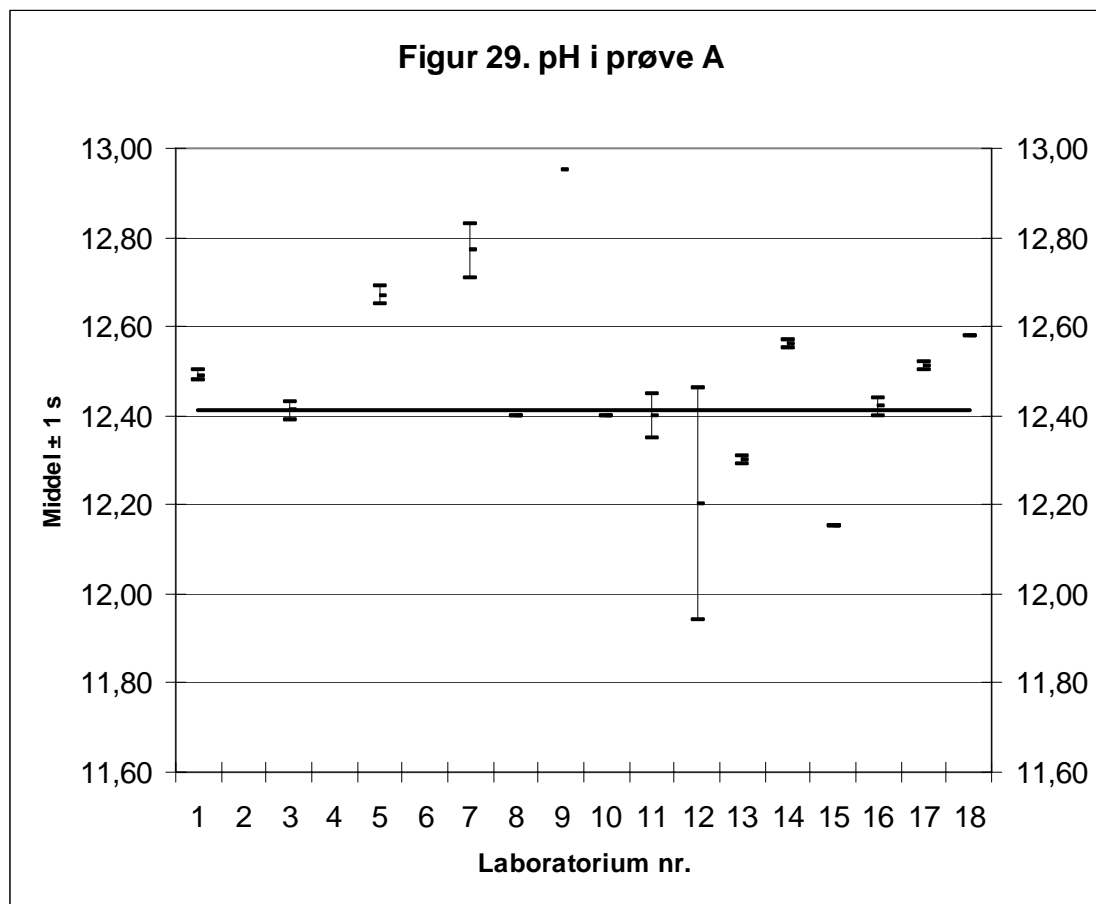


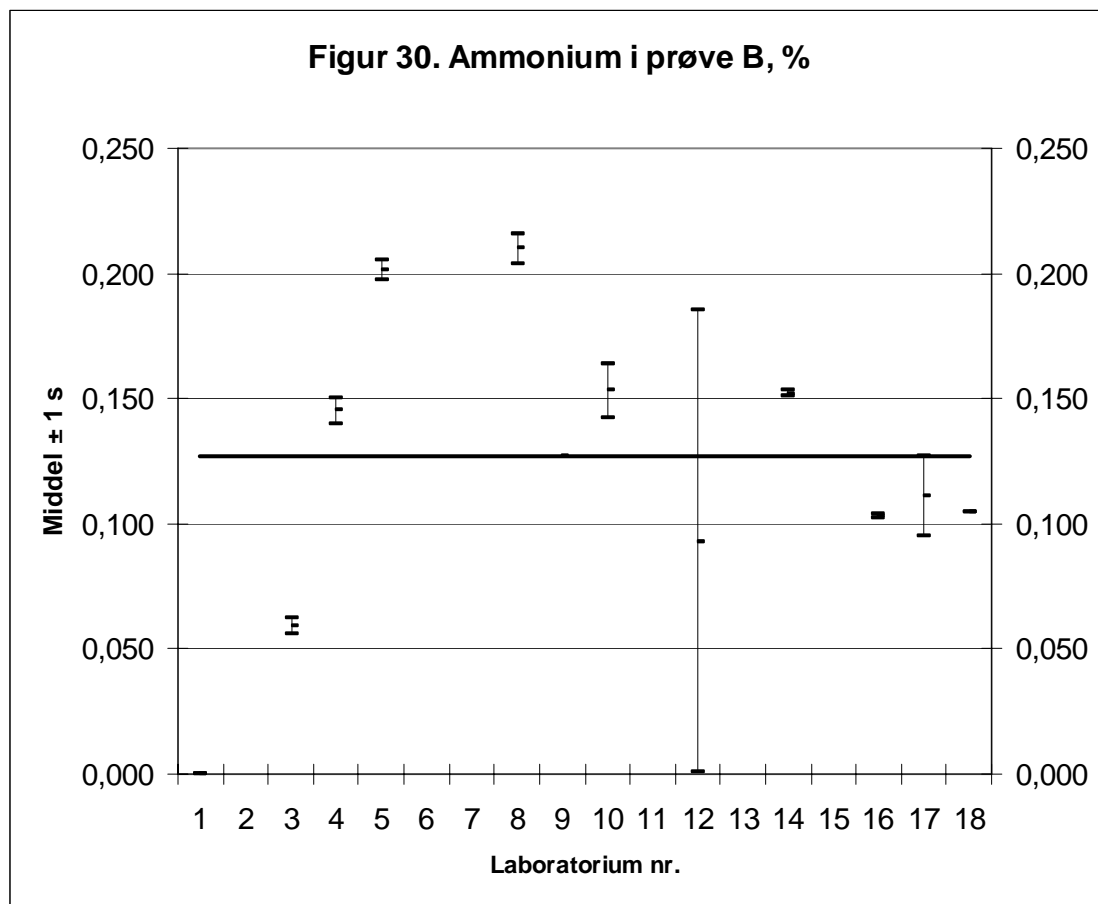












3.15 pH i vannuttrekk

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 20, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 29. 15 laboratorier rapporterte pH for et vannuttrekk av slamprøve B. De fleste har angitt at de rystet ut 5 gram slam i vann til 50 ml, eller tilsvarende mengdeforhold, mens noen få har fulgt standarden NS-EN 12176, hvor 5 g slam rystes ut til 100 g suspensjon. Ulikheter i forbehandlingen kan være årsaken til enkelte avvikende resultater.

3.16 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 21, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 30. I alt elleve laboratorier har sendt inn resultater for denne variabelen, og 64 % av middelverdiene er vurdert som akseptable i forhold til en akseptansegrense på ± 20 %. Laboratorium nr. 12 har rapportert svært ulike resultater for ammonium, og vi har i dette tilfelle valgt å ta med alle tre verdiene i beregningen, derfor blir spredningen meget stor. Laboratorium nr. 3 har systematisk for lavt resultat, og laboratorium nr. 5 og 8 har systematisk for høye resultater for ammonium i vannuttrekket.

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: ± 20 % av medianverdien av de innsendte resultater. Til denne vurderingen har vi brukt medianverdien av de innsendte resultater som et uttrykk for den "sanne" verdi. Men siden vi strengt tatt ikke kjenner den sanne verdi, vet vi 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 totaloppslutning med flussyre, eller oppslutning med kongeavn som også gir noe høyere resultater for enkelte metaller sett i forhold til oppslutning med 7 mol/l salpetersyre. Det er ingen registrerbar forskjell mellom resultatene der oppslutningen er foretatt med mikrobølgeovn i forhold til oppslutning i autoklav.

Til vurdering av resultatene ved denne slp'en er det beregnet en Z-faktor (se Tabell 2, side 46), og Z-verdier mindre eller lik 2 bedømmes som akseptable. En Z-verdi lik 2 tilsvarer en feil på ± 20 % (eller $\pm 0,2$ 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 hadde denne gangen benyttet EDXRF ved bestemmelse av metallene og det ser ut til at denne metoden ikke er følsom nok for enkelte av metallene som er tilstede i lave konsentrasjoner. For noen metaller blir dessuten resultatene systematisk for lave. 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 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 nesten enerådende teknikk, men to laboratorier har angitt at de benyttet atomfluorescens ved bestemmelsen. For de øvrige metallene benyttet opp til 11 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. Resten av laboratoriene brukte fortrinnsvis atomabsorpsjon i flamme, selv om grafittovn ble mye brukt ved bestemmelse av kadmium og bly, og i noen få tilfeller ved bestemmelse av nikkel og krom.

Av Tabell 2 fremgår 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, samt bly i prøve A, er dessuten tilstede i høye konsentrasjoner sett i forhold til de anvendte metodenes deteksjonsgrenser. Derimot er andel akseptable resultater for bly i prøve B spesielt lavt, og den større spredningen i resultatene her kan tyde på at det avvannede slammet kan være inhomogent. I så fall kan bly være bundet til visse fraksjoner av materialet, ettersom det ikke kan observeres en tilsvarende tendens for de andre metallene, selv om det er en generell tendens til at det er større andel akseptable resultater i prøve A enn i prøve B.

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 tatt. Dette representerer ikke noe stort problem ved denne slp'en. Det ideelle er et høyt prosenttall i begge tilfeller.

En oversikt over antall akseptable resultater og antall innsendte resultater for tungmetallene, og prosentvis andel akseptable resultater beregnet i forhold til det maksimale antall resultater som kunne sendes inn, samt i forhold til antall rapporterte resultater, er gjengitt i Tabell 3. Av denne fremgår det at 11 av 18 laboratorier har mer enn 80 % akseptable middelverdier blant sine innsendte analyseresultater for tungmetallene, og ett av disse hadde akseptable resultater for alle sine innsendte verdier. 3 laboratorier har mellom 60 og 80 % akseptable resultater, mens 3 laboratorier har bare 30 og 50 % akseptable resultater. Ett laboratorium rapporterte ikke resultater for metallene.

Tabell 2. Evaluering av laboratorienes resultater ved analyse av slamprøvene. Oversikt over laboratorienes Z-faktor, beregnet i forhold til med medianverdien. % akseptable er beregnet i forhold til antall resultater for hver variabel.

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
1	2,0	0,0	0,5	-2,1	0,2	0,0	0,9	-3,5	1,2	-1,7	0,3	-0,8	0,5	-1,2
2														
3			-1,1	-0,1	1,4	34,0	6,7	4,7	-0,7	1,3	2,0	3,6	0,0	0,2
4	-0,3	-0,8	1,5	1,0	0,0	0,0	2,8	0,4	0,3	-1,1	1,8	0,0	0,3	-0,3
5	-4,2	-2,4	3,4	-3,0	4,3	2,7	0,8	0,2	-0,5	-1,9	-2,4	-0,9	-0,2	0,5
6			3,4		0,6	-7,3	-3,1	-6,2	-1,1	-7,5		-6,0	-0,6	-7,6
7	-1,4	1,5	-1,5	-0,9	-0,5	3,1	-1,0	-1,0	0,5	-0,2	-0,2	-0,4	0,5	0,0
8			-1,4	0,7	0,8	22,7	-1,5	0,6	-0,5	0,5	-0,1	0,6	-4,2	0,5
9	1,8	3,2	0,3	0,6	-0,2	-0,1	0,8	0,5	0,5	0,1	0,1	1,6	0,6	1,2
10	2,0	-0,5	1,8	1,3	-0,1	0,8	0,8	0,3	1,0	0,9	-0,8	3,6	0,0	0,1
11	3,1	13,8	-1,9	-0,5	-1,6	7,8	-5,0	-4,4	-0,6	-1,3	-2,4	-0,9	-9,0	-0,8
12	-1,0	0,8	-0,3	-0,8	0,0	-0,1	0,8	0,0	0,0	-0,1	1,1	-0,1	-0,2	0,0
13	1,5	-0,8	3,4	0,7	-0,9	18,1	-2,9	-1,2	-0,9	-0,2	-3,6	0,0	-0,6	6,8
14	-0,7	-0,5	-1,4	0,1	1,2	-1,3	-3,1	-1,1	0,1	0,6	0,7	0,7	0,3	0,5
15	-1,8	-0,4	-1,2	-2,7	-1,5	-2,0	-1,8	-2,1	-0,4	1,8	-1,3	-1,4	-0,7	-0,5
16	1,2	0,6	-1,4	-1,2	0,3	4,3	0,0	0,9	0,2	0,3	-2,9	0,8	-0,1	-0,2
17	-0,7	3,5	1,0	1,8	1,2	8,8	3,5	2,7	0,0	0,6	0,7	-0,1	0,4	4,0
18	0,3	1,5	0,6	3,0	0,0	-1,8	-0,1	-0,3	0,6	-0,8	0,8	0,9	0,1	-0,6
% aksept.	86	71	82	75	94	47	59	65	100	94	75	82	88	82

Tabell 2 forts.

Lab.nr.	Ca A	Ca B	K A	K B	TOT-P A	TOT-P B	TOT-N A	TOT-N B	TTS A	TTS B	TGT A	TGT B	pH B	NH4N
1	-0,5	-7,6	-0,7	-0,7	-0,3	-2,0	0,1	-2,4	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	
2					0,9	5,1	-0,8	0,4	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0	-5,3
3	1,2	1,2	0,3	0,7	-0,2	-0,5	0,0	-0,8	0,1	0,0	-0,2	-1,0	0,0	1,4
4	-5,6	-2,2	0,5	1,2	0,1	-1,0	-0,1	0,1	0,0	-0,3	-0,1	-7,2	0,2	5,9
5	0,4	-8,0	7,3	-7,7										
6	0,1	-0,2	0,2	1,1	0,2	0,4	-0,1	0,3	-0,1	-0,5	-0,1	-0,3	0,3	
7	-0,6	-1,1	12,1	4,9	-1,3	-0,6	0,3	0,4	-0,1	-0,2	0,1	0,2	0,0	6,6
8	0,6	0,2	0,0	0,8	0,7	2,0	-0,1	0,0	0,0	-0,4	0,0	0,8	0,4	0,0
9	0,0	0,9	-0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,4	-0,1	0,0	-0,2	-0,9	0,0	2,0
10	-5,2	-1,4	-5,9	-5,9	-5,5	0,5	0,1	-0,2	0,1	0,4	0,3	-0,3	0,0	
11	-0,8	-0,7	2,3	-6,1					0,0	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-2,7
12	-1,1	-1,1	0,1	1,3					0,0	0,2	0,0	0,3	-0,1	
13	0,0	0,3	-1,3	-0,8	-0,2	0,5	0,2	0,6	0,0	-0,6	-0,1	-0,2	0,1	1,9
14	-1,2	-0,8	3,4	-1,0	-0,3	0,0	-0,1	-0,8	0,2	0,7	0,1	0,6	-0,2	
15	1,1	1,2	-0,8	-1,8	0,0	0,1	0,2	-0,5	0,1	0,7	0,2	0,2	0,0	-1,9
16	0,8	0,8	-0,9	0,4	-0,2	0,3	-0,3	-0,1	0,0	0,1	-0,1	0,0	0,1	-1,3
17	-0,2	1,5	-0,4	-0,1	0,0	-0,3	0,5	-1,4	0,1	0,4	0,3	-0,5	0,1	-1,7
18														
% aksept.	88	81	69	75	93	93	100	93	100	100	100	94	100	64

Tabell 3. Vurdering av de enkelte laboratoriers resultater for tungmetallene ved slamringtest nr. 9, 2004. 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	12	86	86
2	0	0	0	0
3	12	8	67	57
4	14	13	93	93
5	14	7	50	50
6	10	3	30	21
7	14	13	93	93
8	12	10	83	71
9	14	13	93	93
10	14	13	93	93
11	14	7	50	50
12	14	14	100	100
13	14	9	64	64
14	14	13	93	93
15	14	12	86	86
16	14	12	86	86
17	14	10	71	71
18	14	13	93	93
Middel	12,8	10,1	73,9	72,2

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 med høy grad av nøyaktighet så lave konsentrasjoner som det ofte er av disse metallene i norsk kommunalt avløpsslam.

I Tabell 4 er gitt en oversikt over myndighetenes krav til tillatte maksimalkonsentrasjoner av de enkelte tungmetaller. Til sammenligning er de konsentrasjoner som ble bestemt i de to slamprøvene (medianverdien av laboratorienes resultater) også gjengitt. Alle resultatene ligger under myndighetenes maksimumsverdier. For slamtyper der metallkonsentrasjonene er meget lave, kan en akseptansegrense på $\pm 20\%$ bli altfor streng, da dette i mange tilfeller ville kreve at man benyttet en mer følsom analysemetode enn det 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 ulik matrise 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 (1). Medianverdiene for prøvene A og B ved denne prøvingsammenligningen er også gjengitt.

Metall	Tillatt maksimalinnhold		Medianverdier	
	Jordbruks-areal	Grøntareal	Prøve A	Prøve B
Hg	5	7	1,99	0,192
Cd	4	10	3,49	1,00
Pb	100	300	147,7	8,56
Cr	125	200	32,2	11,8
Cu	1000	1500	715	79,3
Ni	80	100	21,2	10,1
Zn	1500	3000	1397	158

5. Henvisninger

1. Miljøverndepartementet: Forskrift om avløpsslam. Fastsett av Sosial- og helsedepartementet og Miljøverndepartementet 2. januar 1995. T - 1075. ISBN 82-457-0035-5.

TILLEGG 1.**INNHALDSDEKLARASJON AV SLAM**

Renseanlegg

Slambehandlingsmetode

Prøvetakingsperiode

.....

PRODUKTFAKTA

pH	
Tørrstoff (TS), %	
Organisk stoff, % av TS	
Kjeldahl-Nitrogen, % av TS	
Totalfosfor, % av TS	
Kalsium, % av TS	
Kalium, % av TS	

Tungmetaller	Analyseverdier	Tillatt maksimalinnhold	
		Jordbruksareal private hager og parker	Grøntareal
Kadmium, mg/kg TS		4	10
Bly, mg/kg TS		100	300
Kvikksølv, mg/kg TS		5	7
Nikkel, mg/kg TS		80	100
Sink, mg/kg TS		1500	3000
Kobber, mg/kg TS		1000	1500
Krom, mg/kg TS		125	200

TILLEGG 2**Tabell 5. Alfabetisk oversikt over deltakerne ved prøvningssammenligning for analyse av slam 2004.**

Navn	Poststed
AnalyCen A/S	1506 MOSS
Buskerud Vann- og Avløpssenter	3023 DRAMMEN
Chemlab Services A/S	5812 BERGEN
Forsvarets Forskningsinstitutt	2027 KJELLER
Hardanger Miljøsender	5750 ODDA
Høgskolen i Agder	4604 KRISTIANSAND
Jordforsk Lab.	1432 ÅS
Kystlab AS, Avd. Molde	6415 MOLDE
Teknologisk Institutt	3601 KONGSBERG
LabNett Lillehammer	2624 LILLEHAMMER
LabNett Skien	3702 SKIEN
NIVA	0411 OSLO
NMK i Trondheim	7047 TRONDHEIM
NOAH	3081 HOLMESTRAND
Nordnorsk Kompetansesenter, Holt	9292 TROMSØ
Oslo kommune	0506 OSLO
PFI AS	7491 TRONDHEIM
VEAS	3470 SLEMMESTAD
Vestfoldlab AS	3103 TØNSBERG
West-Lab Services AS	4056 TANANGER
Østfold Mat- og Miljølab	1715 YVEN

TILLEGG 3. Analyseresultatene fra de enkelte deltakere.

Resultater i parentes er utelatt ved de endelige statistiske beregninger.

**Tabell 6. Kvikksølv,
µg/g**

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Midde 1	Std.avvi k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	2,680	2,290	2,200	2,390	0,255	0,189	0,190	0,196	0,192	0,004
2										
3										
4	1,970	1,930	1,910	1,937	0,031	0,174	0,190	0,164	0,176	0,013
5	1,140	1,110	1,210	1,153	0,051	0,140	0,150	0,150	0,147	0,006
6	<3	<3	<3			<1	<1	<1		
7	1,720	1,710	1,690	1,707	0,015	0,210	0,220	0,230	0,220	0,010
8										
9	2,550	2,250	2,250	2,350	0,173	0,250	0,260	0,250	0,253	0,006
10	2,400	2,500	2,300	2,400	0,100	0,210	0,150	0,190	0,183	0,031
11	2,720	2,670	2,420	2,603	0,161	0,400	0,540	0,430	(0,457)	0,074
12	1,500	2,000	1,900	1,800	0,265	0,240	0,140	0,240	0,207	0,058
13	2,300	2,400	2,200	2,300	0,100	0,180	0,190	0,160	0,177	0,015
14	1,856	1,854	1,866	1,859	0,006	0,176	0,172	0,201	0,183	0,016
15	1,730	1,510	1,690	1,643	0,117	0,205	0,176	0,170	0,184	0,019
16	2,236	2,183	2,266	2,228	0,042	0,230	0,189	0,193	0,204	0,023
17	1,864	1,797	1,926	1,862	0,065	0,223	0,277	0,279	0,260	0,032
18	2,050			2,050		0,220			0,220	
Medianverdi				1,993	0,100				0,192	0,016
Middelverdi				2,020	0,106				0,200	0,023
Standardavvi k				0,387					0,032	
Antall				14					13	

Tabell 7. Kadmium, µg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	3,620	3,870	3,530	3,673	0,176	0,799	0,775	0,803	0,792	0,015
2										
3	3,030	3,180	3,070	3,093	0,078	0,960	1,020	1,010	0,997	0,032
4	4,070	4,020	3,930	4,007	0,071	1,110	1,120	1,090	1,107	0,015
5	5,650	7,550	3,420	(5,540)	2,067	0,730	0,590	0,790	0,703	0,103
6	5,000	5,000	4,000	4,667	0,577	<1	<1	<1		
7	3,090	2,850	2,970	2,970	0,120	0,930	0,890	0,920	0,913	0,021
8	3,150	2,980	2,860	2,997	0,146	1,120	1,060	1,040	1,073	0,042
9	3,610	3,640	3,530	3,593	0,057	1,080	1,040	1,060	1,060	0,020
10	4,200	4,000	4,200	4,133	0,115	1,100	1,200	1,100	1,133	0,058
11	2,990	2,740	2,740	2,823	0,144	0,990	0,920	0,960	0,957	0,035
12	3,640	3,480	3,040	3,387	0,311	1,020	0,870	0,890	0,927	0,081
13	4,580	4,680	4,800	4,687	0,110	1,000	1,050	1,170	1,073	0,087
14	3,080	3,140	2,820	3,013	0,170	0,930	0,970	1,130	1,010	0,106
15	3,100	2,880	3,230	3,070	0,177	0,620	0,850	0,740	0,737	0,115
16	2,970	3,020	3,050	3,013	0,040	0,880	0,930	0,840	0,883	0,045
17	3,760	3,870	3,900	3,843	0,074	1,140	1,220	1,180	1,180	0,040
18	3,700			3,700		1,300			1,300	
Medianverdi				3,490	0,132				1,003	0,042
Middelverdi				3,542	0,277				0,990	0,054
Standardavvik				0,601					0,162	
Antall				16					16	

Tabell 8. Bly, µg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	149,00	153,00	151,00	151,00	2,00	10,00	7,93	7,76	8,56	1,25
2										
3	167,50	167,70	169,00	168,07	0,81	27,13	41,17	44,63	(37,64)	9,27
4	152,00	146,00	143,00	147,00	4,58	8,98	8,30	8,40	8,56	0,37
5	217,20	209,70	208,40	(211,8)	4,75	10,23	11,05	11,25	10,84	0,54
6	156,00	156,00	156,00	156,00	0,00	2,00	2,00	3,00	2,33	0,58
7	137,00	138,00	146,00	140,33	4,93	10,30	12,20	11,20	11,23	0,95
8	162,00	156,00	160,00	159,33	3,06	27,40	28,00	28,50	(27,97)	0,55
9	143,00	145,00	146,00	144,67	1,53	8,79	8,48	8,25	8,51	0,27
10	152,00	140,00	145,00	145,67	6,03	9,17	9,43	9,12	9,24	0,17
11	130,00	125,00	119,00	124,67	5,51	15,20	13,80	16,60	15,20	1,40
12	151,00	141,00	150,00	147,33	5,51	9,10	7,90	8,30	8,43	0,61
13	133,00	134,00	135,00	134,00	1,00	23,10	25,70	23,30	(24,03)	1,45
14	164,00	165,00	168,00	165,67	2,08	7,51	7,58	7,13	7,41	0,24
15	128,00	121,00	126,00	125,00	3,61	7,32	4,98	8,27	6,86	1,69
16	153,50	152,20	151,70	152,47	0,93	13,20	10,30	13,10	12,20	1,65
17	171,30	164,10	162,30	165,90	4,76	14,30	17,33	16,73	16,12	1,60
18	148,00			148,00		7,00			7,00	
Medianverdi				147,67	3,33				8,56	0,78
Middelverdi				148,44	3,19				9,46	1,41
Standardavvik				13,16					3,52	
Antall				16					14	

Tabell 9. Krom, µg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	35,30	34,90	35,40	35,20	0,26	7,60	7,58	7,75	7,64	0,09
2										
3	53,39	54,25	53,47	53,70	0,48	17,67	16,72	17,59	17,33	0,53
4	42,70	41,60	39,70	41,33	1,52	12,20	11,90	12,50	12,20	0,30
5	40,24	32,70	31,58	34,84	4,71	10,86	12,14	12,84	11,95	1,00
6	26,00	14,00	27,00	22,33	7,23	5,00	4,00	<4	4,50	0,71
7	29,20	29,10	28,70	29,00	0,26	10,70	10,40	10,60	10,57	0,15
8	28,30	27,50	26,30	27,37	1,01	12,70	12,70	12,20	12,53	0,29
9	33,70	35,00	35,50	34,73	0,93	12,30	12,40	12,20	12,30	0,10
10	36,60	34,10	34,00	34,90	1,47	12,70	11,20	12,60	12,17	0,84
11	15,40	18,50	14,20	16,03	2,22	5,30	8,30	6,30	6,63	1,53
12	36,60	33,50	34,30	34,80	1,61	13,00	10,30	12,00	11,77	1,37
13	22,30	22,80	23,20	22,77	0,45	10,50	10,40	10,10	10,33	0,21
14	22,20	22,40	22,40	22,33	0,12	10,70	10,20	10,50	10,47	0,25
15	26,90	25,70	26,70	26,43	0,64	10,40	8,82	8,57	9,26	0,99
16	32,80	32,20	31,60	32,20	0,60	12,10	13,40	13,10	12,87	0,68
17	43,92	42,54	44,27	43,58	0,91	15,26	14,66	14,88	14,93	0,30
18	32,00			32,00		11,40			11,40	
Medianverdi				32,20	0,92				11,77	0,42
Middelverdi				31,97	1,53				11,11	0,58
Standardavvik				9,09					3,00	
Antall				17					17	

Tabell 10. Kopper, µg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	808,0	806,0	788,0	800,67	11,02	63,0	67,0	67,0	65,67	2,31
2										
3	719,0	709,7	572,0	666,90	82,32	89,9	89,1	90,4	89,81	0,69
4	774,0	716,0	727,0	739,00	30,81	72,4	68,4	70,3	70,37	2,00
5	683,20	684,1	666,1	677,80	10,14	71,5	51,3	70,0	64,27	11,25
6	620,0	649,0	639,0	636,00	14,73	21,0	18,0	21,0	(20,00)	1,73
7	752,0	758,0	733,0	747,67	13,05	77,7	77,8	78,5	78,00	0,44
8	703,0	616,0	726,0	681,67	58,02	85,0	82,3	83,4	83,57	1,36
9	759,0	762,0	738,0	753,00	13,08	79,7	80,2	80,8	80,23	0,55
10	749,0	807,0	803,0	786,33	32,39	89,2	84,7	84,4	86,10	2,69
11	687,0	633,0	687,0	669,00	31,18	74,8	66,0	66,8	69,20	4,87
12	734,0	695,0	714,0	714,33	19,50	78,3	79,8	77,1	78,40	1,35
13	642,0	650,0	657,0	649,67	7,51	79,7	78,2	75,1	77,67	2,35
14	722,0	728,0	726,0	725,33	3,06	84,2	82,6	84,2	83,67	0,92
15	695,0	689,0	678,0	687,33	8,62	86,9	101,0	92,2	93,37	7,12
16	731,0	738,0	727,0	732,00	5,57	84,5	79,4	80,4	81,43	2,70
17	716,0	714,0	715,0	715,00	1,00	82,0	85,9	84,7	84,19	2,01
18	760,0			760,00		72,9			72,90	
Medianverdi				715,0	13,1				79,3	2,0
Middelverdi				714,2	21,4				78,7	2,8
Standardavvik				47,5					8,4	
Antall				17					16	

Tabell 11. Nikkel, µg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	21,00	22,30	22,40	21,90	0,78		9,17	9,37	9,27	0,14
2										
3	24,49	25,35	26,52	25,45	1,02	14,18	12,98	13,89	13,68	0,63
4	25,40	25,50	24,10	25,00	0,78	10,20	9,89	10,00	10,03	0,16
5	16,93	15,26	16,32	16,17	0,85	8,34	10,07	9,13	9,18	0,87
6	<6	<7	<7			5,00	4,00	3,00	(4,00)	1,00
7	19,80	21,90	21,00	20,90	1,05	9,60	9,70	9,60	9,63	0,06
8	21,00	20,90	21,00	20,97	0,06	10,60	10,50	10,90	10,67	0,21
9	20,70	20,70	23,00	21,47	1,33	11,70	12,50	10,80	11,67	0,85
10	19,90	21,20	17,60	19,57	1,82	15,40	10,70	14,90	13,67	2,58
11	16,30	16,40	15,80	16,17	0,32	7,90	9,10	10,60	9,20	1,35
12	24,50	21,50	24,50	23,50	1,73	9,40	12,20	8,30	9,97	2,01
13	13,60	13,60	13,50	13,57	0,06	10,30	9,80	10,20	10,10	0,26
14	22,60	22,60	22,70	22,63	0,06	10,90	11,10	10,20	10,73	0,47
15	19,30	17,20	18,60	18,37	1,07	8,67	8,68	8,54	8,63	0,08
16	14,30	15,60	15,30	15,07	0,68	11,00	11,30	10,30	10,87	0,51
17	22,63	22,18	23,27	22,69	0,55	9,35	10,06	10,36	9,92	0,52
18	23,00			23,00		11,00			11,00	
Medianverdi				21,22	0,78				10,07	0,52
Middelverdi				20,40	0,81				10,51	0,73
Standardavvik				3,59					1,46	
Antall				16					16	

Tabell 12. Sink, µg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	1474	1478	1453	1468,3	13,4	134,0	140,0	142,0	138,7	4,2
2										
3	1390	1390	1401	1393,3	6,2	184,5	133,6	167,0	161,7	25,9
4	1490	1430	1400	1440,0	45,8	155,0	150,0	157,0	154,0	3,6
5	1369	1389	1363	1373,7	13,6	162,7	167,8	166,9	165,8	2,7
6	1295	1324	1333	1317,3	19,9	39,0	37,0	39,0	(38,3)	1,2
7	1496	1508	1402	1468,7	58,0	157,0	157,0	160,0	158,0	1,7
8	881	725	831	(831)	79,7	162,0	169,0	166,0	165,7	3,5
9	1501	1503	1447	1483,7	31,8	174,0	175,0	180,0	176,3	3,2
10	1320	1420	1450	1396,7	68,1	165,0	156,0	157,0	159,3	4,9
11	147	142	138	(138)	4,5	149,0	138,0	147,0	144,7	5,9
12	1390	1330	1370	1363,3	30,6	154,0	158,0	162,0	158,0	4,0
13	1294	1310	1324	1309,3	15,0	247,0	288,0	262,0	(265,7)	20,7
14	1430	1440	1450	1440,0	10,0	170,0	164,0	162,0	165,3	4,2
15	1320	1290	1304	1304,7	15,0	160,0	147,0	145,0	150,7	8,1
16	1376	1385	1387	1382,7	5,9	156,0	152,0	158,0	155,3	3,1
17	1441	1458	1438	1445,7	10,8	201,3	245,4	214,7	(220,5)	22,6
18	1410			1410,0		148,0			148,0	
Medianverdi				1396,7	15,0				158,0	4,1
Middelverdi				1399,8	26,8				157,3	7,5
Standardavvik				58,7					9,8	
Antall				15					14	

Tabell 13. Kalsium, %

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	0,951	0,944	0,946	0,95	0,00	3,940	3,920	3,940	(3,93)	0,01
2										
3										
4	1,150	1,100	1,070	1,11	0,04	18,300	18,500	18,600	18,47	0,15
5	0,455	0,431	0,420	(0,44)	0,02	10,580	14,380	13,400	12,79	1,97
6	1,029	1,044	1,035	1,04	0,01	3,664	3,005	3,284	(3,32)	0,33
7	0,986	0,995	1,030	1,00	0,02	16,800	16,400	15,100	16,10	0,89
8	0,972	0,922	0,891	0,93	0,04	14,600	14,200	14,900	14,57	0,35
9	1,060	1,060	1,040	1,05	0,01	16,800	16,600	16,800	16,73	0,12
10	0,935	1,020	1,030	1,00	0,05	19,400	17,300	17,200	17,97	1,24
11	0,440	0,490	0,500	(0,48)	0,03	13,500	14,200	14,800	14,17	0,65
12	0,936	0,886	0,914	0,91	0,03	16,000	15,200	14,800	15,33	0,61
13	0,882	0,883	0,884	0,88	0,00	15,030	14,530	14,180	14,58	0,43
14	0,989	0,988	0,988	0,99	0,00	16,900	16,800	17,000	16,90	0,10
15	0,870	0,910	0,850	0,88	0,03	14,000	15,900	15,300	15,07	0,97
16	1,090	1,110	1,100	1,10	0,01	18,160	18,190	18,820	18,39	0,37
17	1,056	1,066	1,081	1,07	0,01	17,200	17,730	18,020	17,65	0,42
18	0,972			0,97		18,900			18,90	
Medianverdi				0,992	0,018				16,42	0,42
Middelverdi				0,991	0,021				16,26	0,57
Standardavvik				0,076					1,89	
Antall				14					14	

Tabell 14. Kalium, %

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	0,072	0,075	0,074	0,074	0,00	0,167	0,171	0,184	0,174	0,01
2										
3										
4	0,0861	0,0789	0,0788	0,081	0,00	0,207	0,197	0,202	0,202	0,00
5	0,087	0,080	0,083	0,083	0,00	0,195	0,238	0,201	0,211	0,02
6	0,1390	0,1367	0,1347	(0,137)	0,00	0,0381	0,0482	0,0418	0,043	0,01
7	0,079	0,080	0,082	0,080	0,00	0,207	0,204	0,213	0,208	0,00
8	0,198	0,165	0,161	(0,175)	0,02	0,258	0,283	0,297	0,279	0,02
9	0,077	0,080	0,080	0,079	0,00	0,200	0,205	0,203	0,203	0,00
10	0,077	0,078	0,078	0,078	0,00	0,190	0,190	0,190	0,190	0,00
11	0,032	0,031	0,034	(0,032)	0,00	0,075	0,074	0,080	0,076	0,00
12	0,102	0,091	0,098	0,097	0,01	0,079	0,074	0,069	0,074	0,01
13	0,080	0,080	0,080	0,080	0,00	0,216	0,210	0,210	0,212	0,00
14	0,067	0,069	0,070	0,069	0,00	0,182	0,169	0,168	0,173	0,01
15	0,120	0,097	0,100	0,106	0,01	0,180	0,190	0,140	0,170	0,03
16	0,078	0,070	0,070	0,073	0,00	0,157	0,154	0,154	0,155	0,00
17	0,072	0,070	0,074	0,072	0,00	0,204	0,184	0,199	0,196	0,01
18	0,077			0,077		0,186			0,186	
Medianverdi				0,079	0,002				0,188	0,005
Middelverdi				0,081	0,004				0,172	0,008
Standardavvik				0,010					0,060	
Antall				13					16	

Tabell 15. Totalfosfor, %

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	1,910	1,840	1,820	1,86	0,05	0,680	0,660	0,660	0,67	0,01
2										
3	2,120	2,030	2,110	2,09	0,05	1,220	1,250	1,300	(1,26)	0,04
4	1,900	1,850	1,900	1,88	0,03	0,776	0,786	0,799	0,79	0,01
5	1,950	1,940	1,950	1,95	0,01	0,814	0,745	0,695	0,75	0,06
6										
7	1,930	1,950	1,990	1,96	0,03	0,842	0,875	0,886	0,87	0,02
8	1,710	1,680	1,600	1,66	0,06	0,784	0,770	0,792	0,78	0,01
9	2,050			2,05		0,990	1,010	0,990	1,00	0,01
10	1,890	1,960	1,990	1,95	0,05	0,843	0,824	0,828	0,83	0,01
11										
12	0,908	1,099	0,563	(0,86)	0,27	0,870	0,880	0,880	0,88	0,01
13										
14	1,900	1,870	1,860	1,88	0,02	0,890	0,880	0,850	0,87	0,02
15	1,883	1,871	1,846	1,87	0,02	0,928	0,782	0,780	0,83	0,08
16	1,930	1,910	1,920	1,92	0,01	0,867	0,843	0,803	0,84	0,03
17	1,933	1,825	1,863	1,87	0,05	0,846	0,840	0,881	0,86	0,02
18	1,920			1,92		0,804			0,80	
Medianverdi				1,92	0,039				0,832	0,021
Middelverdi				1,91	0,054				0,828	0,027
Standardavvik				0,102					0,077	
Antall				13					13	

Tabell 16. Nitrogen, %

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	2,340	2,360	2,380	2,36	0,02	1,920	1,910	1,920	(1,92)	0,01
2										
3	2,170	2,200	2,060	2,14	0,07	2,580	2,650	2,660	2,63	0,04
4	2,230	2,370	2,370	2,32	0,08	2,180	2,460	2,370	2,34	0,14
5	2,390	2,310	2,250	2,32	0,07	2,630	2,530	2,530	2,56	0,06
6										
7	2,310	2,270	2,330	2,30	0,03	2,610	2,620	2,620	2,62	0,01
8	2,350	2,390	2,430	2,39	0,04	2,630	2,650	2,610	2,63	0,02
9	2,340	2,290	2,310	2,31	0,03	2,580	2,460	2,550	2,53	0,06
10	2,320	2,360	2,330	2,34	0,02	2,790	2,550	2,550	2,63	0,14
11										
12	2,350	2,340	2,370	2,35	0,02	2,600	2,430	2,420	2,48	0,10
13										
14	2,399	2,376	2,368	2,38	0,02	2,676	2,680	2,669	2,68	0,01
15	2,300	2,320		2,31	0,01	2,310	2,360		2,34	0,04
16	2,380	2,360	2,380	2,37	0,01	2,280	2,510	2,450	2,41	0,12
17	2,210	2,390	2,210	2,27	0,10	2,470	2,570	2,470	2,50	0,06
18	2,440			2,44		2,170			2,17	
Medianverdi				2,330	0,025				2,530	0,058
Middelverdi				2,330	0,040				2,501	0,061
Standardavvik				0,069					0,150	
Antall				14					13	

Tabell 17. Totalt organisk karbon, %

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
3	1,5	2,1	2,9	2,19	0,70	12,6	12,2	12,4	12,39	0,22
8	18,9	18,8	18,8	18,83	0,06	9,9	10,5		10,20	0,42
10	25,6	27,0	30,1	27,57	2,30	20,4	20,4	23,4	21,40	1,73
12	19,8	18,2	18,0	18,67	0,99	10,4	10,9	15,7	12,33	2,93
18	22,7			22,70		20,2			20,20	
Medianverdi				18,83	0,8				12,39	1,1
Middelverdi				18,0	1,0				15,3	1,3
Standardavvik				9,5					5,1	
Antall				5					5	

Tabell 18. Totalt tørrstoff, %

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	96,4	99,16	96,68	97,41	1,52	29,35	28,88	29,18	29,14	0,24
2	96,10	96,20	96,06	96,12	0,07	29,03	28,79	28,61	28,81	0,21
3	95,85	95,58	96,04	95,82	0,23	27,38	27,17	27,86	27,47	0,35
4	96,70	96,80	96,90	96,80	0,10	28,20	29,40	28,70	28,77	0,60
5	95,28	96,63	97,24	96,38	1,00	28,19	27,71	28,06	27,99	0,25
6										
7	95,70	95,60	95,70	95,67	0,06	26,90	27,20	27,70	27,27	0,40
8	94,80	95,00	94,90	94,90	0,10	28,20	28,20	28,50	28,30	0,17
9	96,00			96,00		27,67			27,67	
10	95,00	94,80	94,90	94,90	0,10	26,80	29,70	29,80	28,77	1,70
11	97,00	97,30	97,10	97,13	0,15	30,20	29,80	30,00	30,00	0,20
12	95,70	95,80	95,90	95,80	0,10	29,10	29,10	28,90	29,03	0,12
13	96,50	96,80	96,50	96,60	0,17	29,60	29,30	29,10	29,33	0,25
14	96,13	96,18	96,39	96,23	0,14	27,24	26,49	27,47	27,07	0,51
15	97,9			97,90		31,60	30,60	29,90	30,70	0,85
16	96,91	96,97	96,47	96,78	0,27	30,77	31,03	30,39	30,73	0,32
17	96,05	95,88	95,94	95,96	0,09	29,18	29,05	29,29	29,17	0,12
18	97,20			97,20		30,00			30,00	
Medianverdi				96,18	0,10				28,79	0,29
Middelverdi				96,26	0,20				28,82	0,43
Standardavvik				0,80					1,15	
Antall				16					16	

Tabell 19. Glødetap, %

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	50,89	52,05	50,87	51,27	0,68	45,32	44,68	45,01	45,00	0,32
2										
3	50,86	50,66	51,08	50,87	0,21	48,65	46,81	44,45	46,64	2,11
4	49,3	49,5	49,5	49,43	0,12	40,6	40,1	40,6	40,43	0,29
5	50,04	50,03	49,95	50,01	0,05	12,85	12,37	12,84	(12,69)	0,27
6										
7	50,30	50,00	50,10	50,13	0,15	44,70	42,90	43,60	43,73	0,91
8	50,40	50,60	52,50	51,17	1,16	47,40	45,20	44,60	45,73	1,47
9						48,61			48,61	
10	49,70	49,70	49,60	49,67	0,06	40,10	41,50	41,60	41,07	0,84
11	51,70	52,80	52,10	52,20	0,56	42,50	44,00	44,90	43,80	1,21
12	50,30	50,00	50,70	50,33	0,35	43,60	45,40	45,30	44,77	1,01
13	50,70	50,40	50,50	50,53	0,15	46,20	46,00	46,20	46,13	0,12
14	49,86	49,96	50,09	49,97	0,12	44,28	44,91	42,47	43,89	1,27
15	51,20			51,20		47,50			47,50	
16	51,50	51,97	51,47	51,65	0,28	45,80	46,14	46,39	46,11	0,30
17	49,92	49,79	49,93	49,88	0,08	45,03	44,86	45,37	45,09	0,26
18	51,90			51,90		42,80			42,80	
Medianverdi				50,53	0,15				45,00	0,84
Middelverdi				50,68	0,30				44,75	0,80
Standardavvik				0,86					2,23	
Antall				15					15	

Tabell 20. pH**Prøve B**

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik
1	12,49	12,50	12,48	12,49	0,01
2					
3	12,39	12,40	12,43	12,41	0,02
4					
5	12,65	12,69	12,67	12,67	0,02
6					
7	12,80	12,70	12,80	12,77	0,06
8	12,40	12,40	12,40	12,40	0,00
9	12,95			12,95	
10	12,40	12,40	12,40	12,40	0,00
11	12,40	12,45	12,35	12,40	0,05
12	12,50	12,00	12,10	12,20	0,26
13	12,30	12,31	12,29	12,30	0,01
14	12,55	12,56		12,56	0,01
15	12,15			12,15	
16	12,40	12,42	12,43	12,42	0,02
17	12,51	12,50	12,51	12,51	0,01
18	12,58			12,58	
Medianverdi				12,42	0,01
Middelverdi				12,48	0,04
Standardavvik				0,21	
Antall				15	

Tabell 21. Ammonium, %
Prøve B

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik
1					
2					
3	0,057	0,058	0,063	0,059	0,003
4	0,150	0,140	0,144	0,145	0,005
5	0,200	0,198	0,206	0,201	0,004
6					
7					
8	0,205	0,209	0,217	0,210	0,006
9	0,127			0,127	
10	0,164	0,143	0,152	0,153	0,011
11					
12	0,200	0,040	0,040	0,093	0,092
13					
14	0,151	0,152		0,152	0,001
15					
16	0,104	0,102	0,102	0,103	0,001
17	0,093	0,116	0,123	0,111	0,016
18	0,105			0,105	
Medianverdi				0,127	0,005
Middelverdi				0,133	0,015
Standardavvik				0,046	
Antall				11	