

NGU Rapport 2008.001

Overvåking av jordforurensning i Rådalen,
Bergen 1998-2007

Rapport nr.: 2008.001		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Overvåking av jordforurensning i Rådalen, Bergen 1998-2007			
Forfatter: Malin Andersson, Tore Volden		Oppdragsgiver: BIR, Bergen kommune	
Fylke: Hordaland		Kommune: Bergen	
Kartblad (M=1:250.000) Bergen		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1115-1 Bergen	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 32	Pris: 130,-
Feltarbeid utført: september 2007		Rapportdato: 5.11.2008	Prosjektnr.: 296000
		Ansvarlig: <i>Tore Volden</i>	
Sammendrag:			
<p>NGU har utført en ny kartlegging av metaller og organiske miljøgifter i overflatejord og sammenlignet resultatene med kartleggingen utført i 1998. Det ble utført analyser for de organiske forbindelsene polyklorerte bifenyl (PCB), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) samt klorerte dioksiner/furaner.</p> <p>En svak antydning til høyere konsentrasjoner av organiske forbindelser er til stede rundt forbrenningsanlegget, men et klart mønster kan ikke påvises. Ingen av prøvene overskrider tiltaksgrensen for dioksin/furan for jord i barnehager og lekeplasser på 20 ng WHO-TEQ/kg. Dioksinprofilene for jordprøvene og røykgassen fra forbrenningsanlegget viser store likheter, hvilket kan tyde på at forbrenningsanlegget bidrar som en kilde til dioksin i jord i Rådalen. Medianverdien til både PCB og PAH ligger under SFTs normverdier og er svært lave.</p> <p>Det er foretatt nivåjusteringer av resultatene for tre av åtte rapporterte uorganiske stoffer slik at resultatene i de to undersøkelsene er sammenlignbare. Resultatene indikerer at metallkonsentrasjonene ikke har forandret seg på denne tid. Metallkonsentrasjonene påviser en jevn geografisk fordeling eller spredning over hele prøvetakingsområdet.</p>			
Emneord: Overflatejord	Metaller	Dioksiner/furaner	
PAH	PCB	Miljøovervåking	

INNHold

1. INNLEDNING	4
2. METODER.....	4
2.1 Prøvetaking.....	4
2.2 Prøvepreparering	4
2.3 Kjemiske analyser.....	6
2.3.1 Uorganiske grunnstoffer.....	6
2.3.2 Organiske miljøgifter	6
2.4 Kvalitetskontroll av uorganiske analyseresultater	6
3. RESULTATER	8
3.1 Organiske forbindelser (dioksiner/furaner, PCB, PAH).....	8
3.1.1 Dioksiner (PCDD/F)	8
3.1.2 PCB	10
3.1.3 PAH.....	10
3.2 Uorganiske grunnstoffer	11
3.2.1 Sammenligning av konsentrasjonsnivå i 1998 og 2007	11
4. KONKLUSJONER	12
5. REFERANSER	12

VEDLEGG

Vedlegg 1: Kart og analyseresultat for organiske miljøgifter.

Vedlegg 2: Analyseresultat for uorganiske stoffer.

Vedlegg 3: Kumulative frekvensfordelinger og xy-diagram for sammenligning av originale 1998 tall mot resultat for reanalyserte 1998 prøver.

Vedlegg 4: Forklaring: T-test og kumulativ frekvensfordeling

1. INNLEDNING

Bergen bystyre fattet i 1997 vedtak om at undersøkelser må igangsettes både før og etter oppstart av Bergen interkommunale renholdsverk (BIR) sitt forbrenningsanlegg i Rådalen (B. Sak. 250/97). I 1998 kartla Norges geologiske undersøkelse (NGU) innholdet av miljøgifter i jorden i hele Bergen kommune som et grunnlag for senere å kunne vurdere eventuell tilførsel av miljøgifter på grunn av utslipp fra forbrenningsanlegget som kom i drift i 1999 (Ottesen og Volden 1999). Anlegget hadde ved oppstarten en tillatelse til å behandle 90000 tonn avfall årlig. I 2002 ble tillatelsen utvidet til 120000 tonn. Røykgassens innhold av blant annet utvalgte metaller og dioksiner måles to ganger per år.

NGU fikk i 2007 i oppdrag av BIR og Bergen kommune å utføre en oppfølgende undersøkelse rundt avfallsforbrenningsanlegget i Rådalen, Bergen for å finne ut om den kjemiske sammensetningen i jorda i området har forandret seg over 9 år.

2. METODER

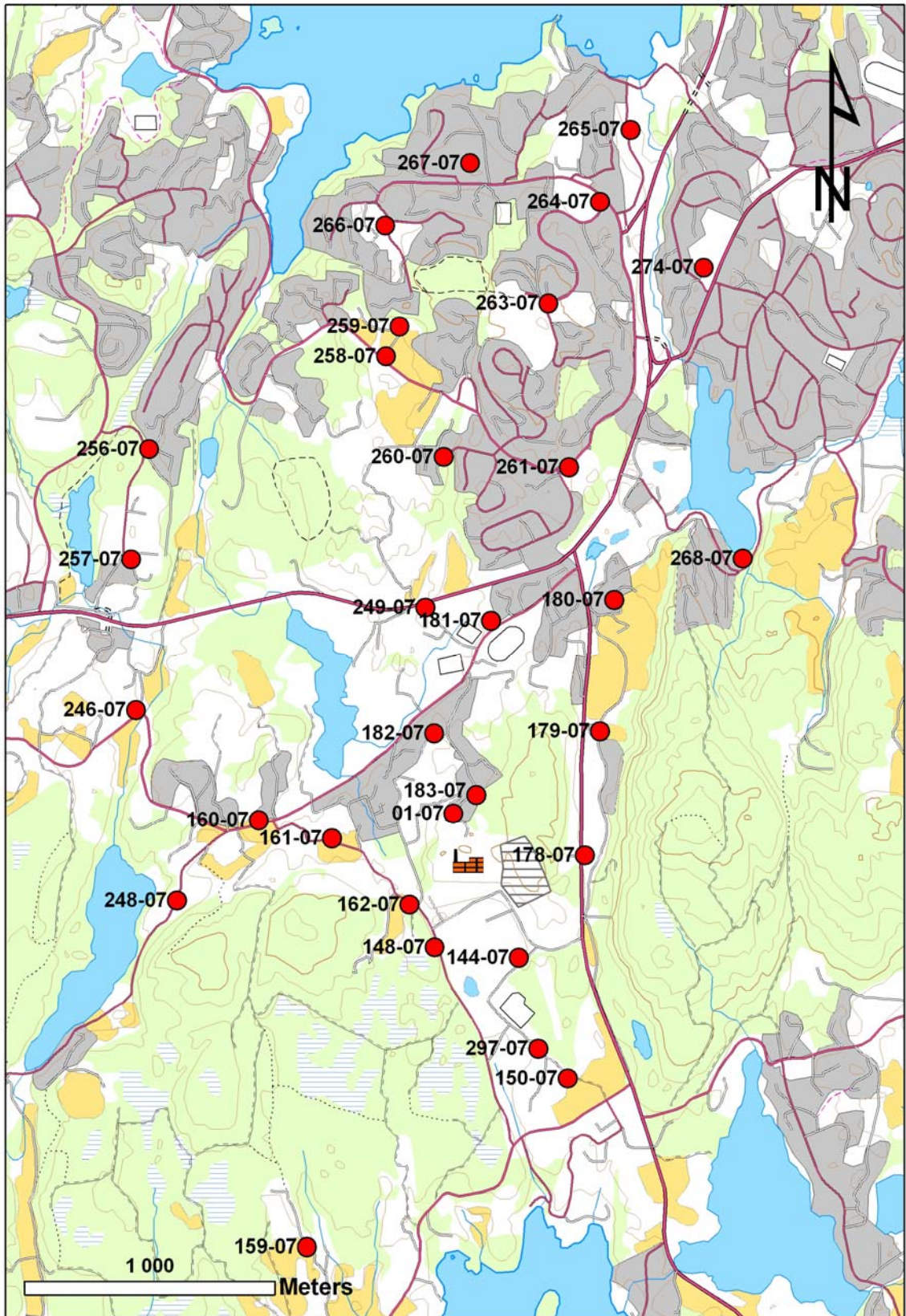
2.1 Prøvetaking

Prøvetakingen ble utført i september måned 2007. Prøvene ble fortrinnsvis tatt på de samme lokaliteter som i 1998 (Ottesen og Volden 1999) så sant dette var mulig. Prøvene er tatt fra gammel jord og ikke tilkjørt, ny jord. Det ble samlet inn prøver fra 31 lokaliteter (Figur 1). Fra hvert sted ble det tatt tre prøver på ca 0,3 kg fra 0-2 cm dyp.

Prøvematerialet ble tatt fra hager, enger og åpne plasser. Prøver innsamlet for metallbestemmelser ble oppbevart i papirposer, mens de prøvene som skulle til bestemmelse av PAH, PCB og dioksin ble emballert i RILSAN-poser.

2.2 Prøvepreparering

Prøvene som skulle analyseres for uorganiske grunnstoffer ble lufttørket og siktet gjennom 2 mm nylonsikt før analyse. Finstoffet (< 2 mm) ble brukt til analyse. Prøvene som skulle analyseres for PAH og PCB ble umiddelbart sendt videre til ALcontrol i Linköping, Sverige, mens dioksin/furan analysene ble foretatt av AnalyCen AS i Lidköping, Sverige.



Figur 1. Figuren viser plassering av prøvepunkter samt forbrenningsanlegg.

2.3 Kjemiske analyser

2.3.1 Uorganiske grunnstoffer

Alle bestemmelsene ble gjort ved NGUs laboratorium. Ett gram prøve ble sluttet opp i 7 N HNO₃ i autoklav (Norsk Standard - NS 4770). Arsen, kadmium og bly er bestemt ved atomabsorpsjons spektrofotometri med grafittovnsteknikk (GAAS). Kvikksølv er bestemt med kalddampsteknikk. De resterende grunnstoffene (silisium, aluminium, jern, titan, magnesium, kalsium, natrium, kalium, fosfor, kobber, sink, bly, nikkel, kobolt, vanadium, molybden, krom, barium, zirkon, strontium, sølv, bor, beryllium, litium, scandium, cerium, lantan, yttrium og svovel) er bestemt med plasm-spektrometri (ICP-AES). Glødetapet i prøvene ble bestemt med gravimetrisk metode. NGU har valgt i denne rapport å kun rapportere resultatene for åtte elementer; arsen, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, bly og sink.

2.3.2 Organiske miljøgifter

PAH: Alle jordprøver ble analysert for PAH ved ALcontrol laboratorier i Linköping, Sverige. Ved PAH-bestemmelsen ble 10 g av prøven innveid, aceton og n-heksan ble brukt som ekstraksjonsmidler. Bestemmelsen av 16 typer PAH-forbindelser ble utført med gasskromatograf med massespektrometri (GC-MS).

PCB: Alle jordprøver ble analysert for PCB ved ALcontrol laboratorier i Linköping, Sverige. Ved PCB-bestemmelsen ble 10 g av prøven innveid, aceton og n-heksan ble brukt som ekstraksjonsmidler. Bestemmelsen av 7 PCB-kongener ble utført med gasskromatograf med massespektrometri (GC-MS).

Dioksiner og furaner: Alle jordprøver ble sendt til AnalyCen laboratorier i Lidköping, Sverige, som er akkreditert for 17 kongener. Bestemmelsene ble utført i henhold til US EPA metode 1613 med ASE-ekstraksjon (accelerated solvent extractor). Kongenene ble separert med GC og detektert ved et massespektrometer med høy oppløsning (≥ 10000).

2.4 Kvalitetskontroll av uorganiske analyseresultater

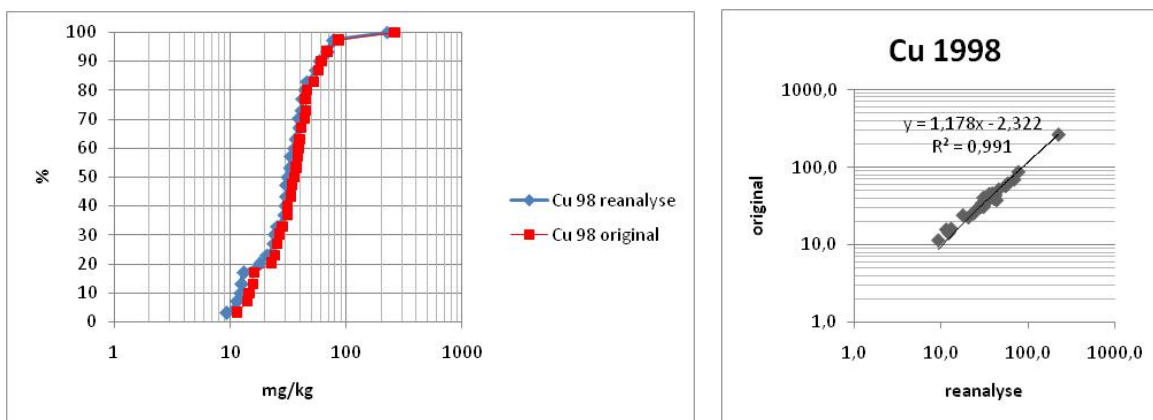
For at resultatene fra 1998 og 2007 skal kunne sees i sammenheng og eventuelle trender være synlige, må analysene være sammenlignbare. Prøvene fra prosjektet i 1998 ble også analysert på NGU, men med en eldre instrumentversjon av ICP-AES. Prøvene ble oppsluttet på samme måte.

For å sikre oss mot eventuelle nivåforskjeller pga analyseinstrumentet, ble 30 prøver fra 1998-kolleksjonen satt inn i 2007-kolleksjonen og analysert sammen med de nyinnsamlede prøvene. Ideelt sett skulle de 30 prøvene fra 1998 få samme konsentrasjon ved reanalyseringen i 2007. Figur 2 presenterer et eksempel av denne sammenligning som

kumulative frekvensfordelinger og xy-diagram for kobber. Forklaring til kumulativ frekvensfordeling i Vedlegg 4.

Diagram for elementene arsen, bly, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel og sink i Vedlegg 3. Disse diagrammene og frekvensfordelinger dokumenterer god overensstemmelse mellom bestemmelser i 1998 og 2007 for krom, kobber, nikkel, sink samt bly. Derfor trenges ingen nivåjustering av noen tall for disse element. Diagrammene for arsen, kadmium og kvikksølv viser at bestemmelser i 2007 ga et resultat som avviker fra 1998-dataene. En nivåjustering av disse grunnstoffene var derfor nødvendig. Arsen, kadmium og kvikksølv er de grunnstoffene i datasettet med de laveste konsentrasjonene som ligger nær følsomhetsgrensen for analysemetoden. Usikkerheten for resultatet for disse stoffene er derfor større enn for de andre stoffene. Resultatene fra undersøkelsen i 1998 er utgangspunktet for sammenlikningen.

Nivåjusteringen ble utført gjennom å beregne stigningstall og skjæringspunkt for de to datasettene for hvert element. De nye 2007-tallene ble beregnet gjennom å multiplisere analyseresultatene med stigningstallet for de aktuelle elementene og deretter addere skjæringspunktet. Stigningstall og skjæringspunkt regnes ut i Excel og kan sees for kobber i diagrammet i figur 2 og for de andre elementene i Vedlegg 3.



Figur 2. Eksempel for kobber på kumulativ frekvensfordeling og spredningsdiagram som viser korrelasjonen mellom analyser av samme prøver i 2007 og 1998.

3. RESULTATER

3.1 Organiske forbindelser (dioksiner/furaner, PCB, PAH)

De geokjemiske kartene for de organiske forbindelser er presentert i Vedlegg 1. Alle analysedata er gitt i samme vedlegg. Det er beregnet statistiske parametere for alle kjemiske elementer i datasettet (Tabell 1). Ved statistisk behandling av analyseresultatene er verdier under følsomhetsgrensen satt lik den halve deteksjonsgrensen. Medianverdien for alle de organiske forbindelsene er svært lave.

Tabell 1. Statistiske parametre for organiske analyser. Antallet prøver = 30.

	enhet	Min	Max	Median	Gjennomsnitt
PCDD/F	ng WHO-TEQ/kg	0,52	19	2,3	4,2
PCB sum7	mg/kg	<0,004	0,32	0,002	0,03
PAH sum16	mg/kg	<0,2	16	0,1	0,82

3.1.1 Dioksiner (PCDD/F)

Dioksinkonsentrasjonene i overflatejord i de 30 analyserte prøvene varierer fra 0,52 – 19 ng WHO-TEQ/kg (Tabell 1 og Vedlegg 1). En sammenligning mellom Tabell 1 og Tabell 2 viser at dioksinkonsentrasjonene i Bergensregionen er litt høyere enn i Rådalen.

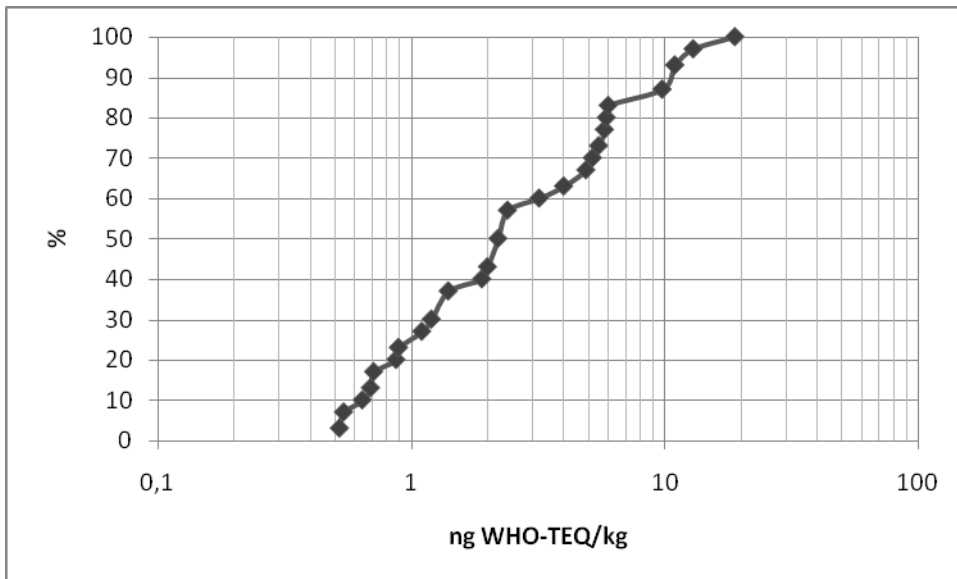
Tabell 2. Statistiske parametre for innholdet av dioksin/furan i overflatejord fra Bergensregionen (ng I-TEQ/kg) og Trondheim (ng WHO-TEQ/kg).

Område	Min	Max	Median	Gjennomsnitt	Antall prøver
Bergensregionen ¹⁾	0,43	11,7	4,61	4,61	8
Trondheim ²⁾	0,18	14,0	1,6	2,27	50

¹⁾ Ottesen og Volden 1999

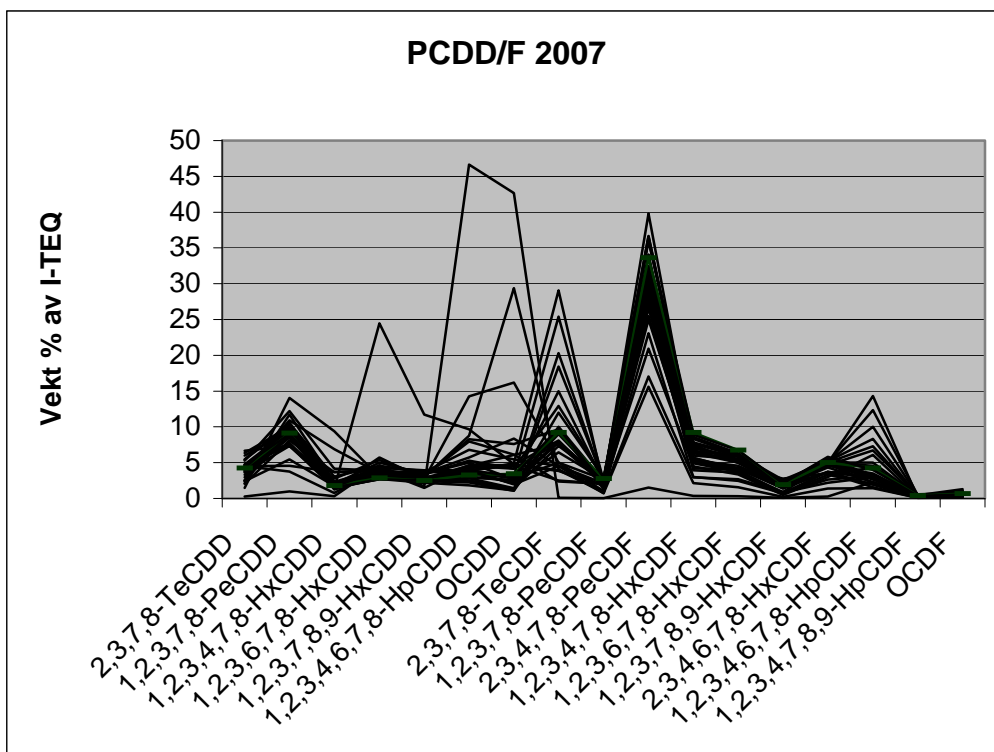
²⁾ Andersson og medarbeidere 2006.

Den kumulative frekvensfordelingskurven for PCDD/F er tilnærmet en rett linje (Figur 3). Dette kan indikere en hovedkilde for dioksin i Rådalen. Kurven viser at 13 prosent av prøvene fra 2007 overskrider SFTs normverdi for dioksin/furan på 10 ng WHO-TEQ/kg. Ingen av prøvene overskrider tiltaksgrensen for dioksin/furan for jord i barnehager og lekeplasser på 20 ng WHO-TEQ/kg.

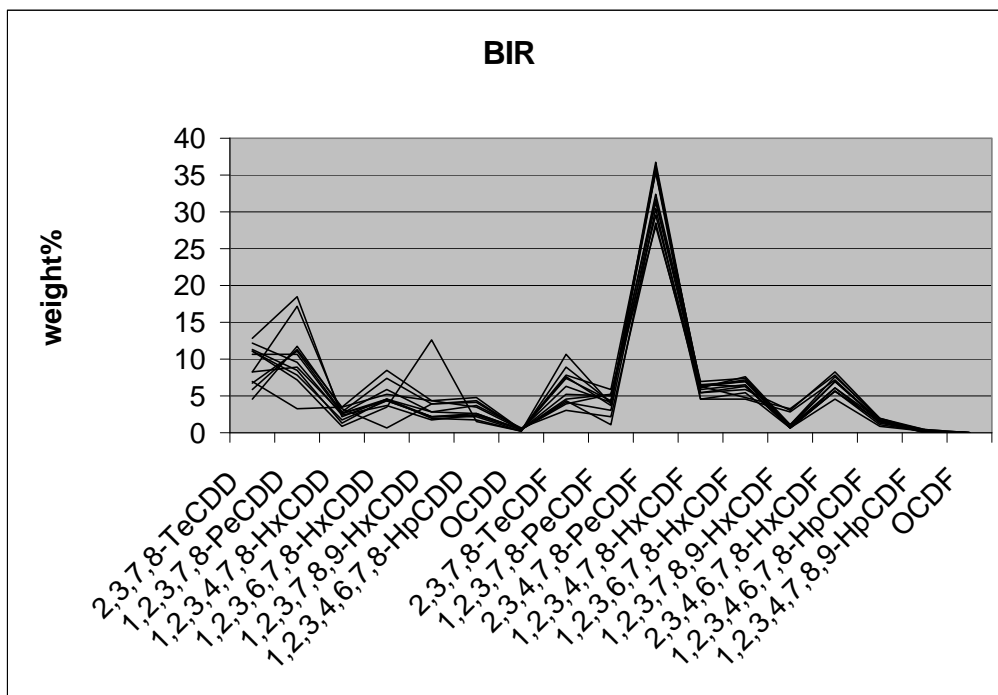


Figur 3. Kumulativ frekvensfordeling for innholdet av dioksiner i prøver av overflatejord fra Rådalen.

Figur 4 viser kongenerprofiler for de 30 dioksinanalyser på overflatejord som er utført mens Figur 5 viser profiler for røykgassen. Figurene viser stort sett homogene profiler. Det er store likheter i profilene for jordprøvene og røykgassen, hvilket kan tyde på at forbrenningsanlegget bidrar som en kilde til dioksin i jord i Rådalen. Profilmønstret for tre jordprøver avviker noe fra det generelle bildet. Dette kan tyde på en tilleggskilde i området. Andre kilder kan være vedfyring og utslipp fra asfaltverk.



Figur 4. Kongenerprofilene viser vekt % av de individuelle kongenern i forhold til I-TEQ i jordprøvene.



Figur 5. Kongenerprofilene viser vekt % av kongenern i forhold til I-TEQ i røykgassen.

Den geografiske fordelingen av dioksiner i de 30 prøvene fra Rådalen er vist i Vedlegg 1. Kartet viser svakt forhøyede verdier av dioksiner rundt forbrenningsanlegget og langs hovedvindretningen (NNW-SSE). Området som er prøvetatt er sannsynligvis for lite for å definere klare konsentrasjonsmønstre som kan indikere dioksinkilder. For å kunne påvise et mønster og se relative konsentrasjonsforskjeller burde hele byområdet prøvetas.

3.1.2 PCB

Innholdet av PCB sum7 i overflatejord (0-2 cm) fra Rådalen er dokumentert i Tabell 1 og Vedlegg 1. Innholdet av PCB i jordprøvene er svært lav. Halvparten av PCB-analysene for overflatejordprøvene ligger under deteksjonsgrensen (0,004 mg/kg PCBsum7). Maksimumverdien er 0,324 mg/kg. Medianverdien for PCB-innholdet i overflateprøvene fra Rådalen er lavere enn SFTs normverdi for PCB som er satt til 0,01 mg/kg PCB sum7. 15 % av prøvene fra Rådalen overskrider denne verdien.

En svak antydning til høyere PCB-verdier kan observeres rundt anlegget og litt Ø-SØ for forbrenningsanlegget (Vedlegg 1). Tilsvarende antydes det et PCB-mønster nord for anlegget ved Nordås. De målte konsentrasjonene i jordprøvene er betydelig lavere enn det som kan tillates i barnehager og på lekeplasser.

3.1.3 PAH

Innholdet av PAH sum16 i overflatejord (0-2 cm) fra Rådalen er dokumentert i Tabell 1 og Vedlegg 1. 74 % av PAH-analysene for overflatejordprøvene ligger under deteksjonsgrensen (0,2 mg/kg PAHsum16). Maksimumverdien er 16 mg/kg. SFT har en rekke normverdier for

PAH-forbindelser som oppsummeres i Tabell 3. Normverdikonentrasjonene overgås for PAH sum16, Fluoranten, Pyren og Benzo(a)pyren. Kartet i Vedlegg 1 viser en svak antydning til høyere PAH-verdier kan observers rundt anlegget og SØ for forbrenningsanlegget.

Tabell 3. Oversikt over SFTs normverdier for PAH-foreninger og antallet prøver som overgår disse. Alle verdier er angitt i mg/kg.

	Eksisterende normverdi	Antall prøver over eksisterende normverdi	Forslag ny normverdi	Antall prøver over foreslåtte nye normverdier
PAH sum16	2	1	2	1
Naftalen	0,8	0	0,8	0
Fluoren	0,6	0	0,8	0
Fluoranten	0,1	6	1	1
Pyren	0,1	6	1	1
Benzo(a)pyren	0,1	3	0,2	1

3.2 Uorganiske grunnstoffer

Denne rapporten viser resultatene til åtte tungmetaller: arsen, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, bly og sink. Resultatene for arsen, kadmium og kvikksølv er nivåjustert. Analysedata for alle resultat fra 2007, med koordinater for prøvepunktene, er presentert i Vedlegg 2. Det er beregnet statistiske parametre for de utvalgte elementene (Tabell 4). Ved statistisk behandling av analyseresultater er verdier under følsomhetsgrensen for den den kjemiske analysemetoden satt lik halve deteksjonsgrenseverdien. Den geografiske distribusjonen for de aktuelle stoffene er jevn, man kan ikke påvise noen høyere konsentrasjoner rundt forbrenningsanlegget.

Tabell 4. Statistiske parametre for utvalgte uorganiske grunnstoffer. Alle verdier er angitt i mg/kg. Resultaten for arsen, kadmium og kvikksølv er nivåjustert.

	Min	Max	Gjennomsnitt	Median
Arsen (As)	< 1	31	6,2	4,4
Kadmium (Cd)	< 0,02	0,46	0,17	0,31
Krom (Cr)	7,4	57	24	21
Kobber (Cu)	10	121	35	34
Kvikksølv (Hg)	0,03	4,8	0,26	0,08
Nikkel (Ni)	6,7	30	18	17
Bly (Pb)	8,3	141	37	24
Sink (Zn)	17	397	91	70

¹⁾Ottesen og Volden 1999.

3.2.1 Sammenligning av konsentrasjonsnivå i 1998 og 2007

For å statistisk sett kunne gjøre en sammenligning av datasett fra 1998 og 2007 ble en robust t-test utført. Den viser hvis en statistisk signifikant forskjell i nivå mellom de to datasettene er til stede. Forklaring til T-test i Vedlegg 4. T-testen påviser at det ikke har skjedd en statistisk signifikant oppgang i konsentrasjonsnivå hos de rapporterte metallene.

4. KONKLUSJONER

- Det er ikke påvist noen statistisk signifikante forskjeller i metallkonsentrasjoner mellom 1998 og 2007.
- Det kan ikke påvises noen påvirkning fra forbrenningsanlegget i Rådalen på metallkonsentrasjonene.
- En svak anrikning av PCB, PAH og dioksiner rundt forbrenningsanlegget kan ses på kart, men konsentrasjonene er fortsatt lave.

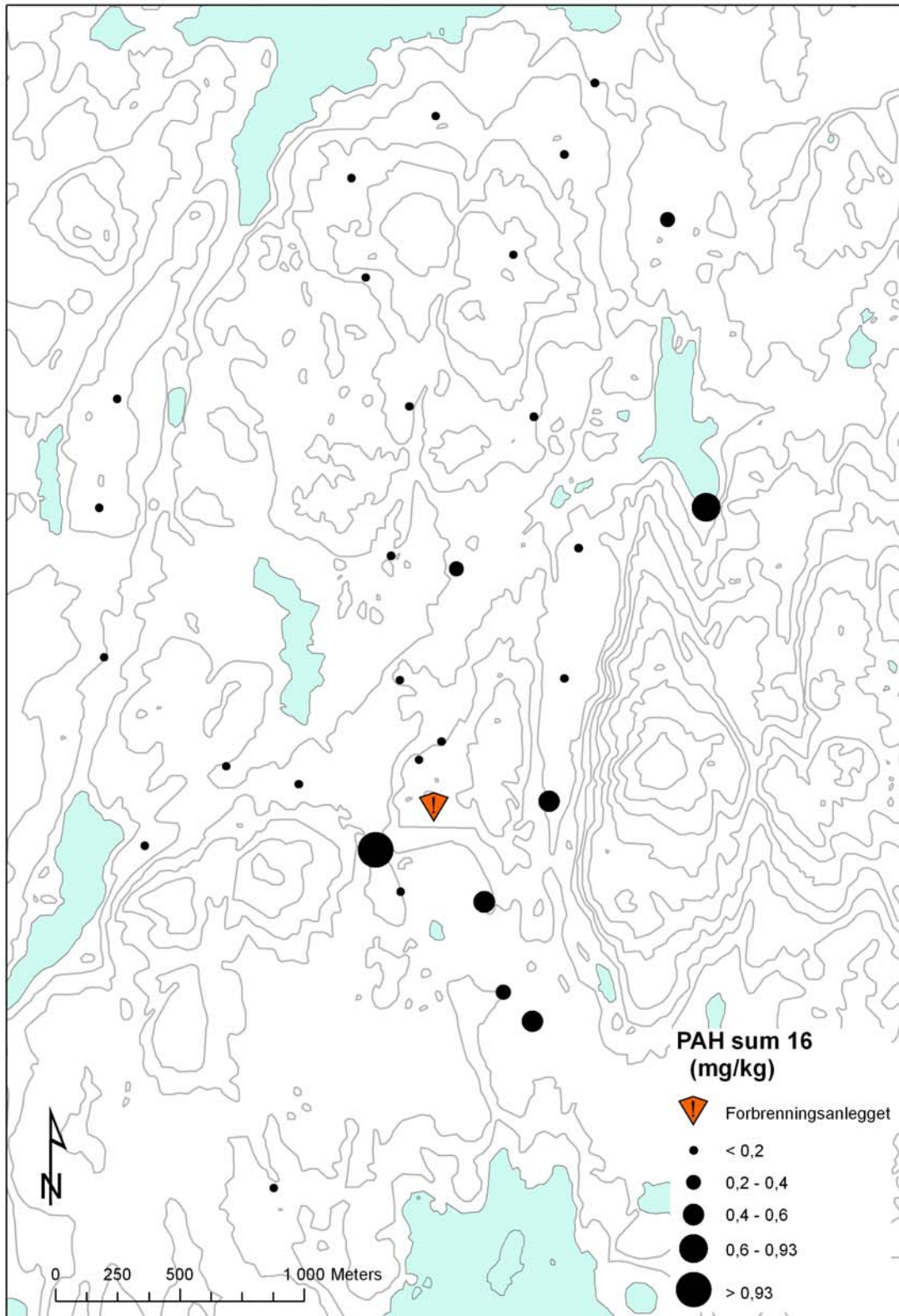
5. REFERANSER

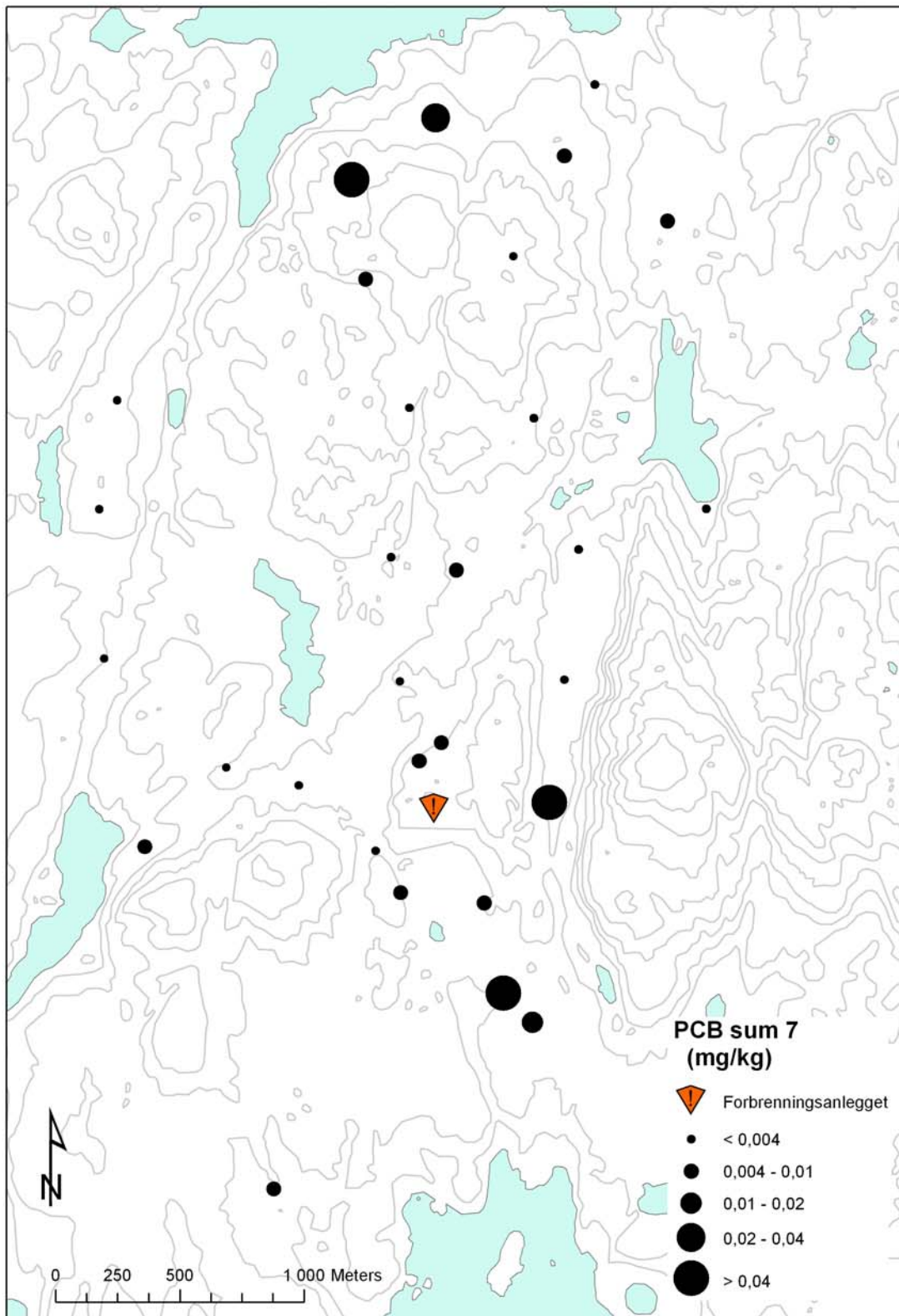
Andersson M, Ottesen RT og Haugland T. 2006. Overvåking av jordforurensning i Trondheim 1994-2004. NGU rapport 2006.033.

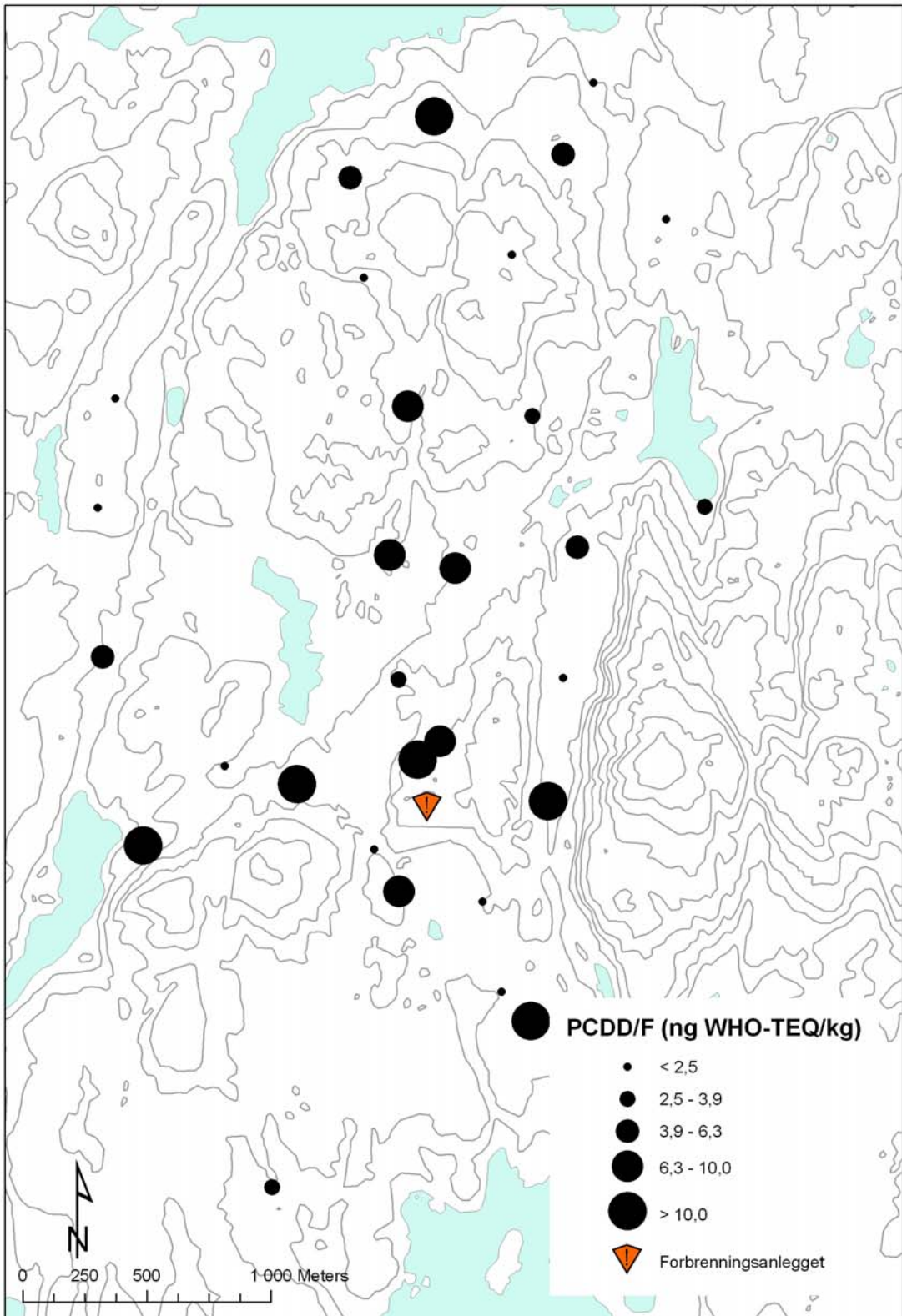
Ottesen RT og Volden T. 1999. Jordforuresning i Bergen. NGU-rapport 99.022.

VEDLEGG 1.

Kart og analyseresultat for organiske miljøgifter.







Vedlegg 1, Tabell 1. PCDD/F analyseresultat

Prøve	260-07	263-07	264-07	265-07	274-07	261-07	256-07	266-07	246-07	267-07	257-07	259-07	178-07	161-07	182-07
Tørrstoff	62,5	65,5	51,9	64,7	58,9	51,9	64,8	64	57	68,2	58,9	72,1	40,7	60,9	54,1
2,3,7,8- TeCDD	0,1	0,1	0,21	<0.046	<0.085	<0.077	<0.046	<0.047	<0.053	0,23	<0.085	<0.028	0,19	0,23	0,12
1,2,3,7,8- PeCDD	0,34	0,37	0,85	<0.077	0,24	0,25	<0.093	0,45	0,12	1,9	0,36	0,11	0,88	1,1	0,46
1,2,3,4,7,8- HxCDD	0,34	0,38	1,6	<0.077	0,76	0,25	0,19	1,5	0,19	1,3	0,37	0,25	0,61	0,94	0,67
1,2,3,6,7,8- HxCDD	0,72	0,64	3,1	0,22	0,39	0,44	0,2	0,48	0,35	23	0,63	0,26	1,5	2	1
1,2,3,7,8,9- HxCDD	0,48	0,69	1,8	0,2	0,39	0,35	<0.15	0,48	0,23	11	0,63	0,19	1,2	1,4	0,81
1,2,3,4,6,7,8- HpCDD	8,8	11	48	2	6,3	4,6	2,3	14	4,2	91	6,1	2,9	15	20	15
OCDD	100	100	440	10	92	40	31	470	54	450	48	32	120	120	120
2,3,7,8- TeCDF	<1.1	3,1	5,6	<0.46	<1.0	3,3	<0.77	<1.3	3,2	3,7	<1.7	<1.1	4,4	3,6	<2.0
1,2,3,7,8- PeCDF	0,91	1,4	1,5	<0.15	0,37	0,64	0,2	0,25	0,39	1,8	0,9	0,26	2,3	3	0,92
2,3,4,7,8- PeCDF	1,6	1,5	2,9	0,28	0,59	0,71	0,26	0,5	0,46	3,2	1,1	0,39	3,9	4,1	1,3
1,2,3,4,7,8- HxCDF	1,6	1,8	3,3	0,25	0,59	0,73	0,26	0,34	0,49	2,8	1,3	0,36	3,2	3,9	1,4
1,2,3,6,7,8- HxCDF	1,2	1,2	2,3	0,19	0,46	0,54	0,2	0,25	0,37	2,3	1	0,29	2,5	3,3	1,2
1,2,3,7,8,9- HxCDF	0,35	0,46	1,3	<0.093	0,16	0,18	<0.077	<0.078	<0.11	0,69	0,32	0,19	0,71	1,3	0,46
2,3,4,6,7,8- HxCDF	1,1	1,1	2,7	0,25	0,41	0,48	0,19	0,22	0,33	3,1	0,95	0,24	2,4	3,1	1,1
1,2,3,4,6,7,8- HpCDF	16	8,4	39	7,3	3,1	2,5	1,5	2,3	6,7	19	5,1	2,9	13	18	11
1,2,3,4,7,8,9- HpCDF	0,75	0,73	3,5	<0.15	0,27	0,19	<0.15	0,17	0,25	1,8	0,61	0,19	1,3	2	0,83
OCDF	24	11	44	4,5	3,9	3,7	3,7	4,4	8,1	75	9	7,6	27	46	14
I-TEQ	2,2	2,4	5,8	0,51	1,1	1,3	0,51	1,6	1,1	9,4	1,7	0,68	4,9	5,6	2,2
N-TEQ	2,1	2,3	5,6	0,51	1,1	1,3	0,49	1,6	1,1	9,2	1,7	0,67	4,7	5,4	2,2
WHO-TEQ	2,2	2,4	5,8	0,54	1,2	1,4	0,52	1,4	1,1	9,8	1,9	0,69	5,2	5,9	2,4

Vedlegg 1, forts. Tabell 1.

Prøve	148-07	181-07	179-07	150-07	160-07	180-07	162-07	297-07	248-07	01-07	159-07	183-07	144-07	249-07	268-07
Tørrstoff	57,9	33,6	69,2	46,7	64,7	59,7	73,5	61	35,1	54,4	43,2	65	57,8	44,7	47,2
2,3,7,8- TeCDD	0,19	0,2	0,12	0,081	0,045	0,2	<0.027	0,1	0,57	0,33	0,28	0,22	<0.052	0,47	<0.042
1,2,3,7,8- PeCDD	0,88	0,95	0,38	0,58	0,17	0,44	0,15	0,31	2,3	1,7	0,88	0,95	0,12	1,8	0,15
1,2,3,4,7,8- HxCDD	1,5	0,74	0,4	1	0,14	0,54	0,15	0,3	1,8	1,5	0,72	0,94	0,1	1,5	0,17
1,2,3,6,7,8- HxCDD	1,4	1,5	1	14	0,29	1	0,26	1,2	3,7	3,1	1,2	1,5	0,24	2,7	0,36
1,2,3,7,8,9- HxCDD	1,2	1,3	0,69	4,9	0,26	0,69	0,2	0,56	3,1	2,6	0,97	1,3	0,17	2,5	0,32
1,2,3,4,6,7,8- HpCDD	19	12	10	1400	6,6	14	1,6	30	34	29	8,1	17	2,4	25	3,2
OCDD	150	57	53	12800	51	140	7,3	340	170	260	49	180	19	130	17
2,3,7,8- TeCDF	2,8	5,4	3	<0.54	<0.39	<2.3	<1.6	<2.1	8,8	7,9	8,1	4,8	<1.2	12	<1.3
1,2,3,7,8- PeCDF	1,7	2,6	0,91	0,36	0,34	1,1	0,3	0,44	6,6	5	2,3	2,9	0,24	5,8	0,38
2,3,4,7,8- PeCDF	2,2	3,9	1,2	0,9	0,54	1,7	0,34	0,97	8,8	6,4	3	3,5	0,35	7,2	0,51
1,2,3,4,7,8- HxCDF	2,4	4,5	1,2	1,1	0,53	2	0,27	0,62	9,4	8,6	2,8	4,8	0,24	8,9	0,44
1,2,3,6,7,8- HxCDF	2,1	3,3	1,1	0,99	0,45	1,5	0,26	0,56	7,4	6,3	2,2	3,5	0,22	6,7	0,38
1,2,3,7,8,9- HxCDF	0,62	1,4	0,33	0,21	0,14	0,54	0,12	0,18	2,2	2	0,65	1	<0.087	2,1	0,14
2,3,4,6,7,8- HxCDF	1,9	2,8	1	0,81	0,4	1,5	0,23	0,46	5,7	5,1	2,1	2,6	0,16	5,8	0,36
1,2,3,4,6,7,8- HpCDF	10	45	9,1	69	2,6	37	1	6,2	37	100	9,7	22	1,9	40	1,9
1,2,3,4,7,8,9- HpCDF	1,2	1,7	0,56	7,1	0,26	1,3	<0.14	0,54	3,7	3,9	0,95	2	<0.17	3,4	0,25
OCDF	16	39	9,7	280	3,2	39	0,88	20	54	96	8,8	34	2,1	54	2,3
I-TEQ	3,6	5,4	2	30	0,83	3	0,64	2,1	12	10	4,4	5,2	0,61	10	0,83
N-TEQ	3,6	5,4	2	30	0,82	3	0,64	2,1	11	9,9	4,4	5,2	0,59	10	0,81
WHO-TEQ	4	6	2,2	19	0,87	3,2	0,71	2	13	11	4,9	5,5	0,64	11	0,89

Vedlegg 1, Tabell 2. PCB analyseresultat

Prøve- nr	PCB-28 Triklorbifenyl	PCB-52 Tetraklorbifenyl	PCB-101 Pentaklorbifenyl	PCB-118 Pentaklorbifenyl	PCB-138 Hexaklorbifenyl	PCB-153 Hexaklorbifenyl	PCB-180 Heptaklorbifenyl	PCBSum7	Torrsubstans
01-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,0028	0,0022	<0.001	0,0075	48,2
144-07	<0.001	<0.001	0,001	<0.001	0,0026	0,002	<0.001	0,0071	62,3
148-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,0022	0,0019	<0.001	0,0066	52,3
150-07	<0.001	<0.001	0,0018	0,0017	0,0036	0,0033	0,0012	0,0125	39,9
159-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,0014	<0.001	0,0044	49
160-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	66,3
161-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	65,4
162-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	67,2
178-07	<0.001	0,0022	0,026	0,02	0,12	0,082	0,051	0,304	41,2
179-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	76
180-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	58,8
181-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,0018	0,0019	<0.001	0,0062	32,4
182-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	51,5
183-07	<0.001	0,0013	<0.001	<0.001	0,001	<0.001	<0.001	0,0048	69,6
246-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	58,6

Vedlegg 1, forts. Tabell 2

Prøve- nr	PCB-28 Triklorbifenyl	PCB-52 Tetraklorbifenyl	PCB-101 Pentaklorbifenyl	PCB-118 Pentaklorbifenyl	PCB-138 Hexaklorbifenyl	PCB-153 Hexaklorbifenyl	PCB-180 Heptaklorbifenyl	PCBSum7	Torrsubstans
248-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,0023	0,0021	<0.001	0,0068	37
249-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	47,9
256-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	48,7
257-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	54,4
259-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,0014	0,0012	<0.001	0,0051	63,1
260-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	65,2
261-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	54,1
263-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	65,2
264-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,0012	0,0012	<0.001	0,0049	46,5
265-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	69,9
266-07	<0.001	0,0023	0,024	0,085	0,092	0,066	0,054	0,324	60,8
267-07	<0.001	<0.001	0,0035	0,0051	0,0067	0,0051	0,0014	0,0228	58,6
268-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.004	47,6
274-07	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,0011	<0.001	0,0041	60,1
297-07	0,0011	0,0031	0,0065	0,0038	0,012	0,0091	0,0059	0,0419	51,9

Vedlegg 1, forts. Tabell 3

Prøve-nr	Acenaften	Acenaften	Antra-cen	Benso(a)antra-cen	Benso(a)pyren	Benso(b)fluoranten	Benso(ghi)perylene	Benso(k)fluoranten	Chrysen/Trifenylen	Dib(a,h)antra-cen	Fenantr-en	Fluoranten	Fluore-n	Indeno(1,2,3-cd)pyren	Naftalen	Pyren	PAHSu m16
248-07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,054	<0.01	<0.01	0,027	<0.01	<0.01	0,021	<0.01	0,011	<0.01	0,016	<0.2
249-07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,012	0,055	<0.01	0,01	0,018	<0.01	<0.01	0,016	<0.01	0,014	<0.01	0,015	<0.2
256-07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,012	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,011	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.2
257-07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.2
259-07	<0.01	<0.01	<0.01	0,015	0,014	0,032	<0.01	<0.01	0,022	<0.01	0,01	0,033	<0.01	<0.01	<0.01	0,031	<0.2
260-07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,019	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.2
261-07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,029	0,038	<0.01	0,12	<0.01	0,014	0,041	<0.01	0,02	<0.01	0,066	<0.2
263-07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,016	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,013	<0.01	<0.01	<0.01	0,013	<0.2
264-07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,018	<0.01	<0.01	0,013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.2
265-07	<0.01	<0.01	<0.01	0,021	0,027	0,046	<0.01	0,013	0,027	<0.01	<0.01	0,028	<0.01	0,01	<0.01	0,028	<0.2
266-07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.2
267-07	<0.01	<0.01	<0.01	0,01	<0.01	0,026	<0.01	<0.01	0,022	<0.01	<0.01	0,021	<0.01	<0.01	<0.01	0,02	<0.2
268-07	0,029	<0.01	0,028	0,21	0,14	0,22	0,024	0,084	0,24	<0.01	0,18	0,41	0,03	0,031	<0.01	0,36	0,93
274-07	<0.01	0,011	0,013	0,044	0,046	0,074	<0.01	0,026	0,055	<0.01	0,11	0,15	<0.01	0,013	<0.01	0,12	0,26
297-07	<0.01	<0.01	<0.01	0,023	0,025	0,064	<0.01	0,022	0,074	<0.01	0,017	0,09	<0.01	<0.01	<0.01	0,054	0,21

VEDLEGG 2

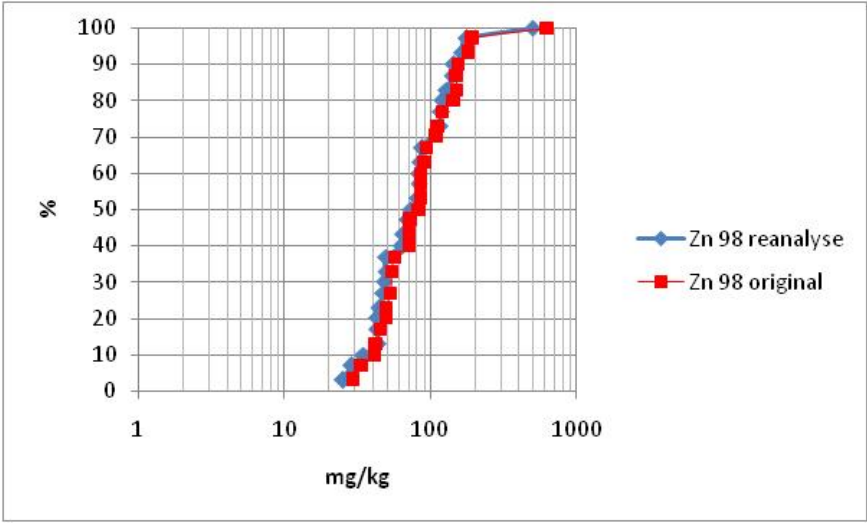
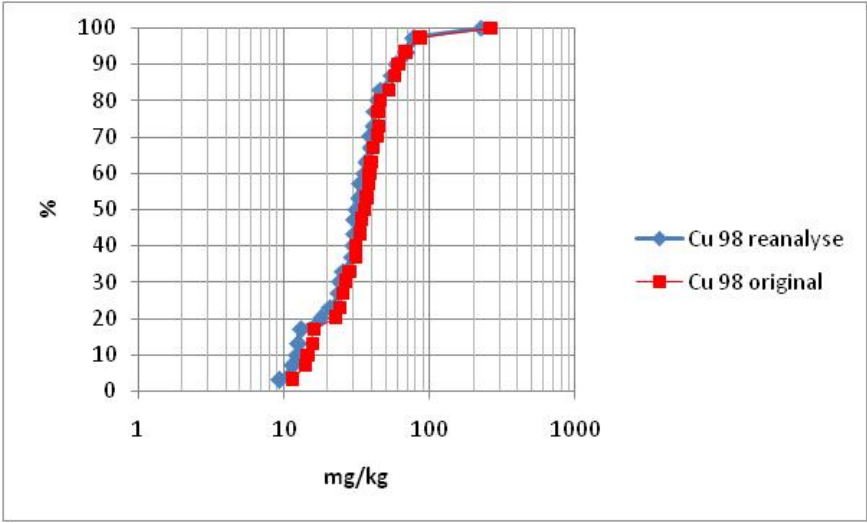
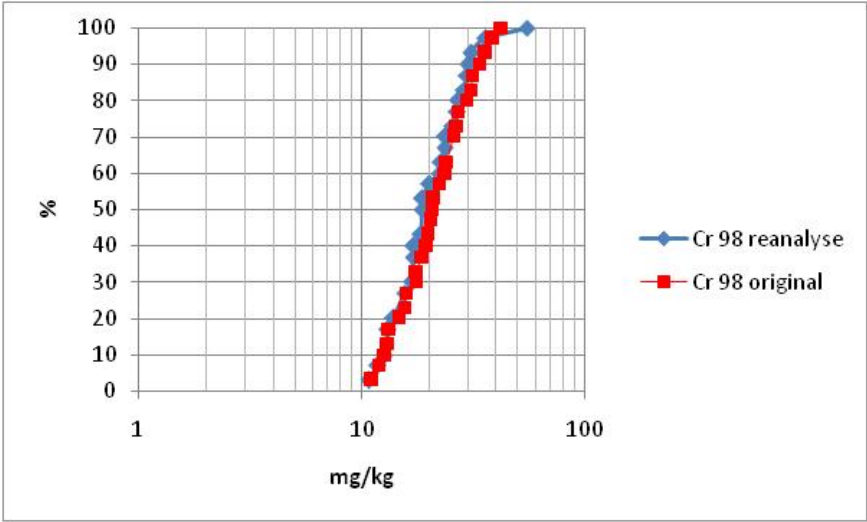
Analyseresultat

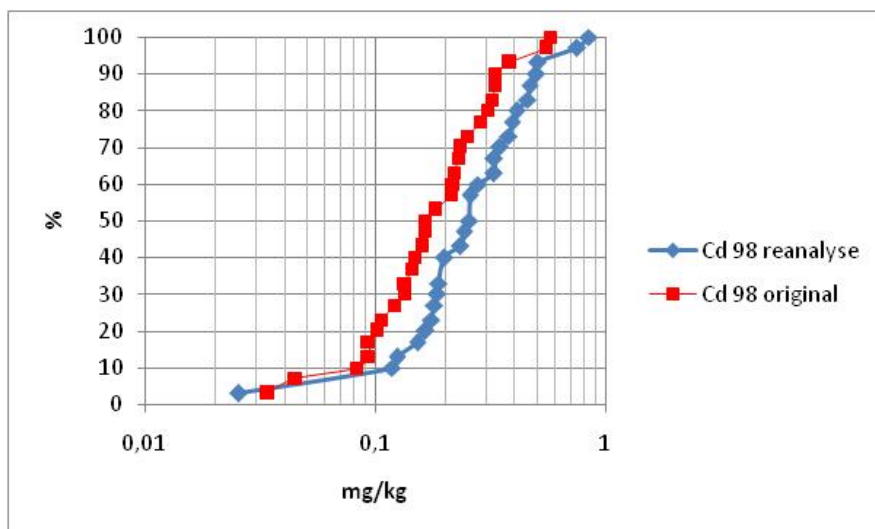
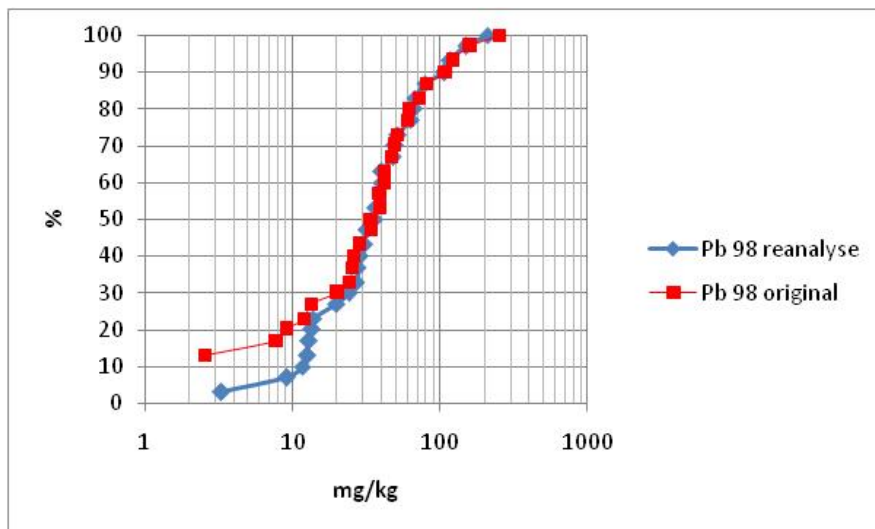
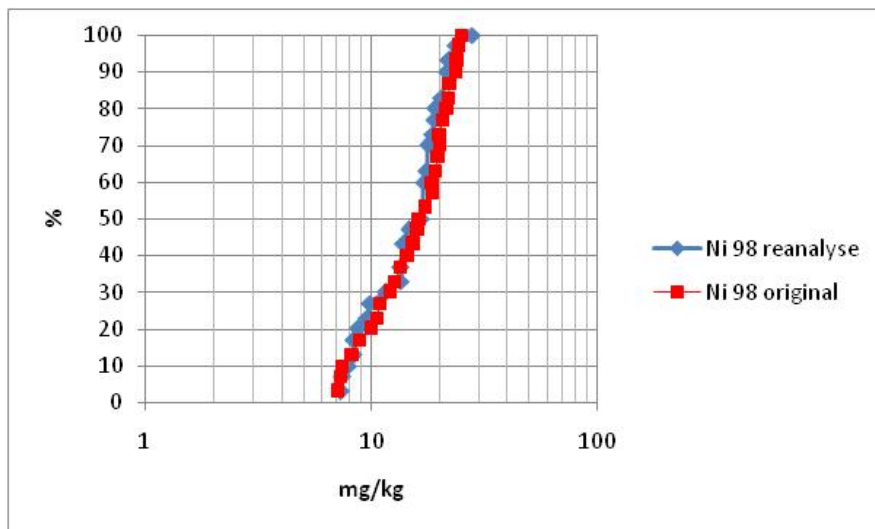
Analyse metode			ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES
Prøve id 2007	X-koordinat	Y-koordinat	Si 07	Al 07	Fe 07	Ti 07	Mg 07	Ca 07	Na 07	K 07	Mn 07	P 07	Cu 07	Zn 07	Pb 07	Ni 07	Co 07
01-07	296366	6688763	149	7800	12700	1130	3210	4830	390	540	165	1210	18,9	65,0	63,2	8,4	4,04
144-07	296628	6688190	50	16700	24300	1850	8640	6830	459	2810	326	1520	121	120	29,1	23,5	9,38
148-07	296292	6688231	209	14100	16600	1380	4540	4080	404	933	196	609	13,8	59,1	23,5	15,3	4,43
150-07	296823	6687708	133	8360	15300	1070	6720	10400	440	3870	413	1490	37,2	240	20,0	12,7	7,75
159-07	295781	6687037	158	19800	27800	2370	4740	3830	427	740	211	1380	38,1	93,5	80,6	14,4	4,76
160-07	295589	6688736	50	20200	28500	2260	11500	6950	466	3920	596	2150	35,0	95,5	8,0	30,1	15,4
161-07	295881	6688664	125	9570	30600	1070	5850	4690	955	1790	267	2220	43,8	92,7	54,7	19,6	9,26
162-07	296191	6688401	50	17800	29100	2370	14900	10200	563	6080	545	1900	44,5	114	16,0	30,1	15,7
178-07	296891	6688596	188	10200	17700	1370	4670	5080	456	926	181	1750	26,0	73,5	98,9	14,3	4,68
179-07	296952	6689091	50	11900	19600	1540	6430	5380	611	1970	281	1650	22,5	51,1	20,4	15,3	7,04
180-07	297009	6689617	145	10100	11600	2320	3190	2810	477	222	90,6	850	15,6	16,9	11,9	8,5	1,14
181-07	296517	6689533	185	10600	23500	1000	2860	3530	404	741	116	4010	49,5	57,1	136	14,6	3,69
182-07	296290	6689084	138	12700	15400	1640	10700	16400	405	1190	170	927	34,0	45,9	21,3	15,4	4,74
183-07	296457	6688837	50	15300	31900	3210	8010	3330	481	1310	405	674	24,3	62,5	37,4	16,9	7,30
246-07	295098	6689176	50	18200	23300	1950	8350	8510	483	3230	326	1710	28,1	61,6	13,5	22,7	9,15
248-07	295261	6688417	196	6940	15600	1460	2610	3270	432	1020	113	1720	19,0	51,7	64,6	6,7	3,43
249-07	296254	6689586	280	8440	15200	2100	1910	2030	346	590	95,6	996	43,3	53,9	126	8,1	2,17
256-07	295150	6690218	130	16400	22700	1350	8490	7150	507	3290	305	1440	63,0	61,0	12,1	27,8	8,81
257-07	295078	6689778	50	24300	41200	3180	9380	8010	584	3070	458	1120	44,5	80,3	12,6	22,2	12,0
258-07	296097	6690586	159	19400	12000	1070	3990	20600	403	599	459	1980	43,2	397	59,3	15,9	5,64
259-07	296151	6690706	105	11000	15400	2410	4680	5770	329	1390	184	778	10,3	85,4	14,5	12,8	3,91
260-07	296327	6690187	50	17500	25300	2200	8450	5850	478	3210	286	1810	33,8	70,1	24,8	27,0	9,05
261-07	296828	6690146	155	14600	16100	1100	7220	8630	411	2830	292	1060	38,0	52,5	7,4	23,6	9,84
263-07	296746	6690798	127	15600	24600	2050	5820	3800	326	1430	254	709	20,2	37,0	16,8	18,2	6,03
264-07	296952	6691203	142	10900	15600	1060	7120	6050	418	2400	385	1580	45,6	83,6	39,7	21,9	9,12
265-07	297074	6691492	50	16400	23000	1590	8010	6120	384	2880	377	1360	29,7	93,1	23,0	22,2	9,50
266-07	296094	6691108	50	9540	12100	885	5900	50900	801	2060	201	804	17,2	48,8	6,9	14,1	5,02
267-07	296433	6691357	132	11500	16800	1280	4600	4550	344	1120	220	844	18,2	180	58,9	12,8	6,20
268-07	297523	6689781	137	23700	36100	2570	14000	12900	793	4630	625	3100	57,5	117	12,3	27,4	22,8
274-07	297367	6690941	509	15900	11800	810	5370	10300	446	1240	140	870	15,4	37,6	9,1	25,8	6,58
297-07	296705	6687826	50	11800	17900	1360	7960	7060	421	4250	316	1320	34,5	116	11,3	20,1	8,13

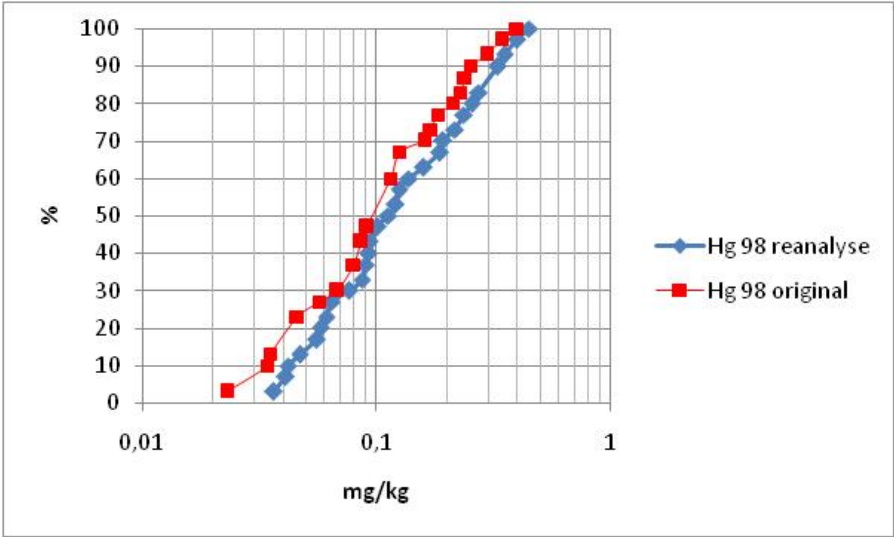
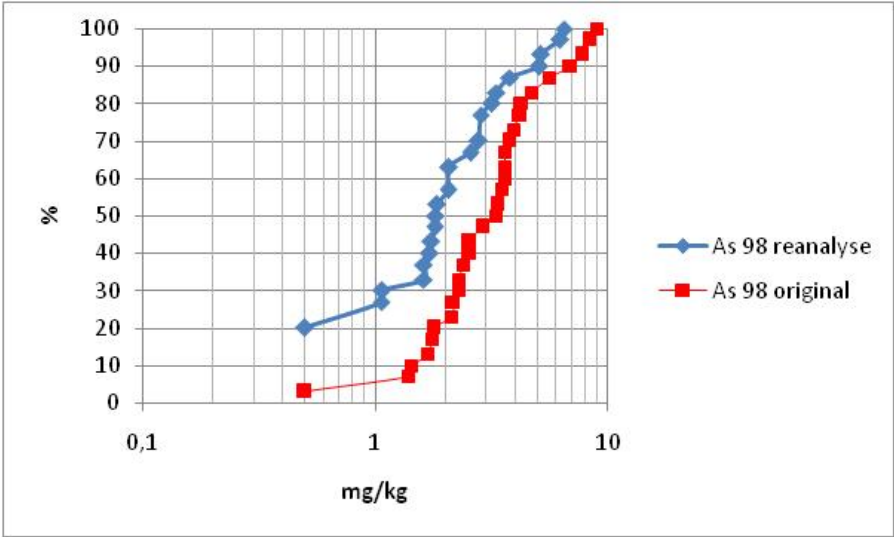
Analyse metode	ICP-AES	ICP-AES	AA	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	AA	GAAS	
Prøve id 2007	V 07	Mo 07	mod Cd 07	Cr 07	Ba 07	Sr 07	Zr 07	B 07	Be 07	Li 07	Sc 07	Ce 07	La 07	Y 07	mod As 07	mod Hg 07	glødetap 07
01-07	26,3	0,55	0,23	14,5	89,1	37,4	0,5	7,0	0,1	2,1	2,04	11,9	6,3	4,21	4,4	0,17	39,6
144-07	46,3	0,53	0,13	30,0	153	60,2	0,5	9,7	0,1	9,4	3,08	31,0	16,0	7,55	3,8	0,06	13,7
148-07	37,1	0,25	0,20	17,2	66,1	29,4	0,5	6,5	0,1	4,0	2,07	9,0	5,1	3,08	3,2	0,09	34,2
150-07	29,4	0,86	0,28	22,6	201	58,4	0,5	19,9	0,1	5,6	1,90	12,6	6,7	3,88	9,0	0,06	45,7
159-07	71,8	0,25	0,25	19,8	76,2	53,5	0,5	6,1	0,1	6,0	3,23	26,5	16,4	6,59	6,5	0,21	23,0
160-07	60,7	0,51	0,06	33,1	168	62,9	0,5	9,8	0,1	8,4	3,14	12,4	6,9	4,21	3,4	0,04	12,4
161-07	35,2	1,09	0,09	21,3	89,8	33,3	0,5	6,2	0,1	4,5	2,15	22,1	11,9	5,82	9,4	0,10	29,5
162-07	66,8	0,25	0,13	57,3	350	74,1	0,5	7,8	0,1	8,8	3,39	14,5	8,4	4,86	2,8	0,05	11,3
178-07	37,1	0,88	0,23	20,4	106	40,2	0,5	7,1	0,1	2,6	2,13	12,3	6,8	3,35	5,3	0,17	33,5
179-07	39,3	0,25	0,05	17,4	99,2	45,1	0,5	2,5	0,1	4,3	2,06	11,7	6,1	3,85	4,5	0,05	11,7
180-07	74,8	0,99	0,02	29,9	41,5	22,4	0,5	9,4	0,1	1,2	3,05	11,3	6,2	2,68	3,3	0,03	16,8
181-07	47,4	0,80	0,35	25,1	81,1	42,0	0,5	2,5	0,24	2,3	2,84	28,1	17,3	7,27	8,2	0,73	46,1
182-07	37,5	0,25	0,14	18,2	107	45,3	0,5	6,3	0,1	3,6	2,54	11,6	6,3	3,66	1,6	0,08	29,5
183-07	76,4	0,25	0,04	30,8	108	31,7	0,5	7,8	0,1	3,5	2,00	4,9	3,9	2,01	7,1	0,11	24,7
246-07	48,5	0,25	0,12	24,5	175	69,9	0,5	2,5	0,1	7,4	3,53	26,4	14,1	6,38	3,2	0,06	18,3
248-07	42,8	0,62	0,27	7,39	78,9	39,7	0,5	9,5	0,1	1,1	1,54	10,9	5,9	2,87	5,9	0,15	44,9
249-07	47,3	0,25	0,24	11,4	64,8	36,4	0,5	7,2	0,1	1,6	1,81	18,3	9,6	3,40	7,2	0,14	34,1
256-07	39,0	0,25	0,08	38,6	128	54,4	1,1	5,4	0,1	9,0	3,58	30,3	16,0	7,50	30,7	0,03	16,9
257-07	94,1	0,25	0,16	34,9	199	51,9	0,5	12,3	0,1	6,0	4,59	16,8	10,2	6,04	2,3	0,07	25,2
258-07	58,0	0,99	0,46	27,0	91,2	165	0,5	8,6	0,43	7,6	2,38	24,4	12,4	6,53	22,7	0,32	41,5
259-07	44,5	0,25	0,12	17,0	79,8	48,6	0,5	10,6	0,1	4,0	2,01	12,9	6,8	3,38	1,6	0,08	10,8
260-07	55,0	0,25	0,17	29,1	235	69,1	0,5	5,2	0,1	4,9	3,03	23,7	13,7	4,96	2,2	0,09	21,2
261-07	30,5	0,25	0,17	21,4	196	42,1	0,5	10,0	0,1	5,4	2,52	23,8	12,7	5,47	3,1	0,04	30,2
263-07	43,9	0,25	0,02	25,0	57,4	33,9	0,5	2,5	0,1	4,8	2,39	13,2	7,5	3,70	3,7	0,07	16,1
264-07	34,1	0,71	0,22	44,8	136	41,8	0,5	2,5	0,1	5,2	2,95	21,1	11,7	4,85	13,9	0,08	30,9
265-07	38,0	0,63	0,13	21,3	116	49,1	0,5	2,5	0,1	8,8	2,20	23,0	12,1	4,42	3,0	0,08	9,37
266-07	22,8	0,68	0,11	16,8	62,5	305	1,3	6,9	0,1	8,6	2,11	31,6	16,5	6,85	2,6	0,05	17,8
267-07	30,5	0,25	0,24	15,8	179	46,4	0,5	2,5	0,1	4,6	1,64	18,0	10,0	3,89	4,4	4,81	18,5
268-07	64,3	0,55	0,12	24,0	325	95,2	0,5	5,3	0,1	8,4	3,71	20,9	10,9	7,24	4,7	0,05	19,2
274-07	21,9	0,65	0,17	19,5	81,7	108	0,5	2,5	0,1	4,1	1,44	11,8	6,6	2,66	3,0	0,04	19,9
297-07	34,6	0,25	0,13	20,9	215	65,0	0,5	2,5	0,1	6,6	2,18	17,1	9,1	4,24	4,4	0,03	8,50

VEDLEGG 3

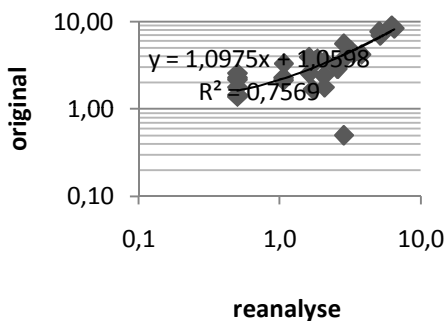
Kumulative frekvensfordelinger og xy-diagram for sammenligning av originale 1998 tall mot resultat for reanalyserte 1998 prøver.



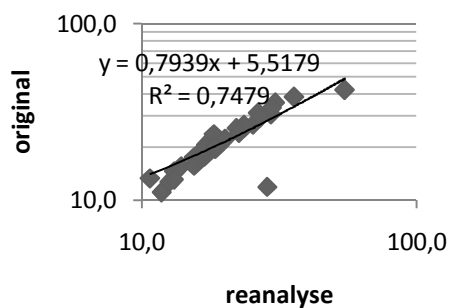




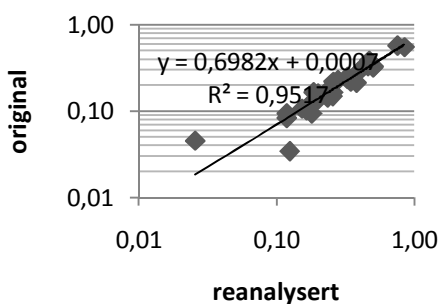
As 1998



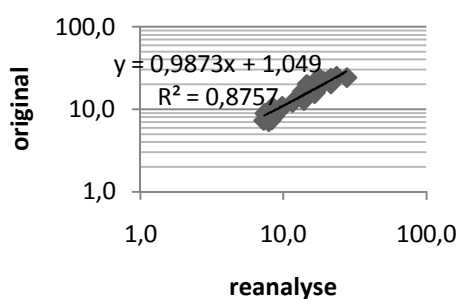
Cr 1998



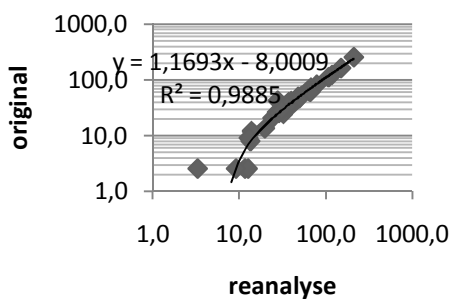
Cd 1998



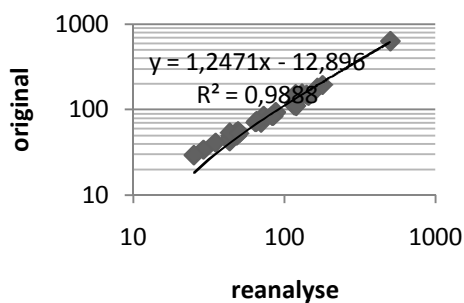
Ni 1998



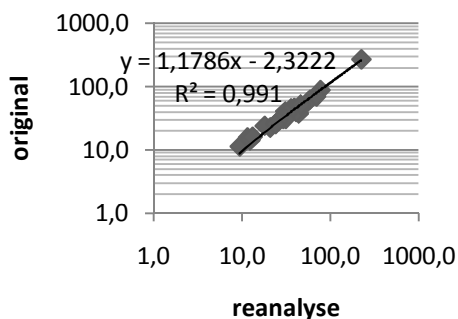
Pb 1998



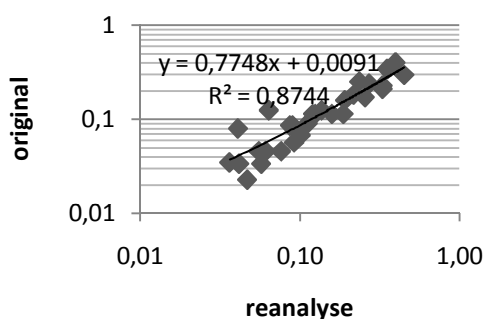
Zn 1998



Cu 1998



Hg 1998



VEDLEGG 4

Forklaring: T-test og kumulativ frekvensfordeling

T-test

For å undersøke den statistiske signifikansen av forskjellen i resultatene mellom de to datasettene fra 1998 og 2007, ble det utført en robust t-test for hvert element i hele datasettet. T-testen er en vanlig metode for å evaluere nivåforskjellen i medianen mellom de to datasettene, der man tar parametere som standardavvik og antallet prøver i betraktning. Dersom analyseresultatene for et datasett med mindre entall prøver, som i denne undersøkelse, viser en stor spredning skal det store forskjeller til for at en t-test (hypotese test) skal kunne gi konklusjon om at det er signifikant forskjell mellom 1998 og 2007. Resultatene for testen sammenlignes mot en kritisk t-verdi (95 % konfidensintervall). $t_{\text{critical}} = t_{\alpha/2, n_1+n_2-2}$ er den øvre prosentgrensen $\alpha/2$ av t-distribusjonen med n_1+n_2-2 frihetsgrader. (i dette tilfellet er $\alpha=0.05$, med andre ord på 95% nivå ($1-0.05$) og $\alpha/2$ 0.025)

S_{pooled} , som er en kombinasjon av beregnet standardavvik for 1994 og 2004 dataene beregnet ved hjelp av standardavviket Sd:

X = median

n = antall prøver

S = standardavvik

$$S_{\text{Pooled}} = \sqrt{\frac{(n_{94} - 1)S_{94}^2 + (n_{04} - 1)S_{04}^2}{n_{94} + n_{04} - 2}}$$

$$t_0 = \frac{\bar{X}_{04} - \bar{X}_{94}}{S_{\text{Pooled}} \sqrt{\frac{1}{n_{94}} + \frac{1}{n_{04}}}}$$

Kumulativ frekvensfordeling

Et kumulativt frekvensfordelingsdiagram gir en oversikt over hele datasettet der det kan leses ut spredning, maks, min og medianverdi samt få et enkelt uttrykk for standardavvik. Et tydelig knekkpunkt i kurven (se figur ved 10 mg/kg) indikerer to forskjellige statistiske populasjoner som oversatt til geokjemisk ordbruk betyr to forskjellige kilder. Diagrammet under viser for eksempel at ca 88% av prøvene ligger under 10 mg/kg og 12% ligger over denne grense.

