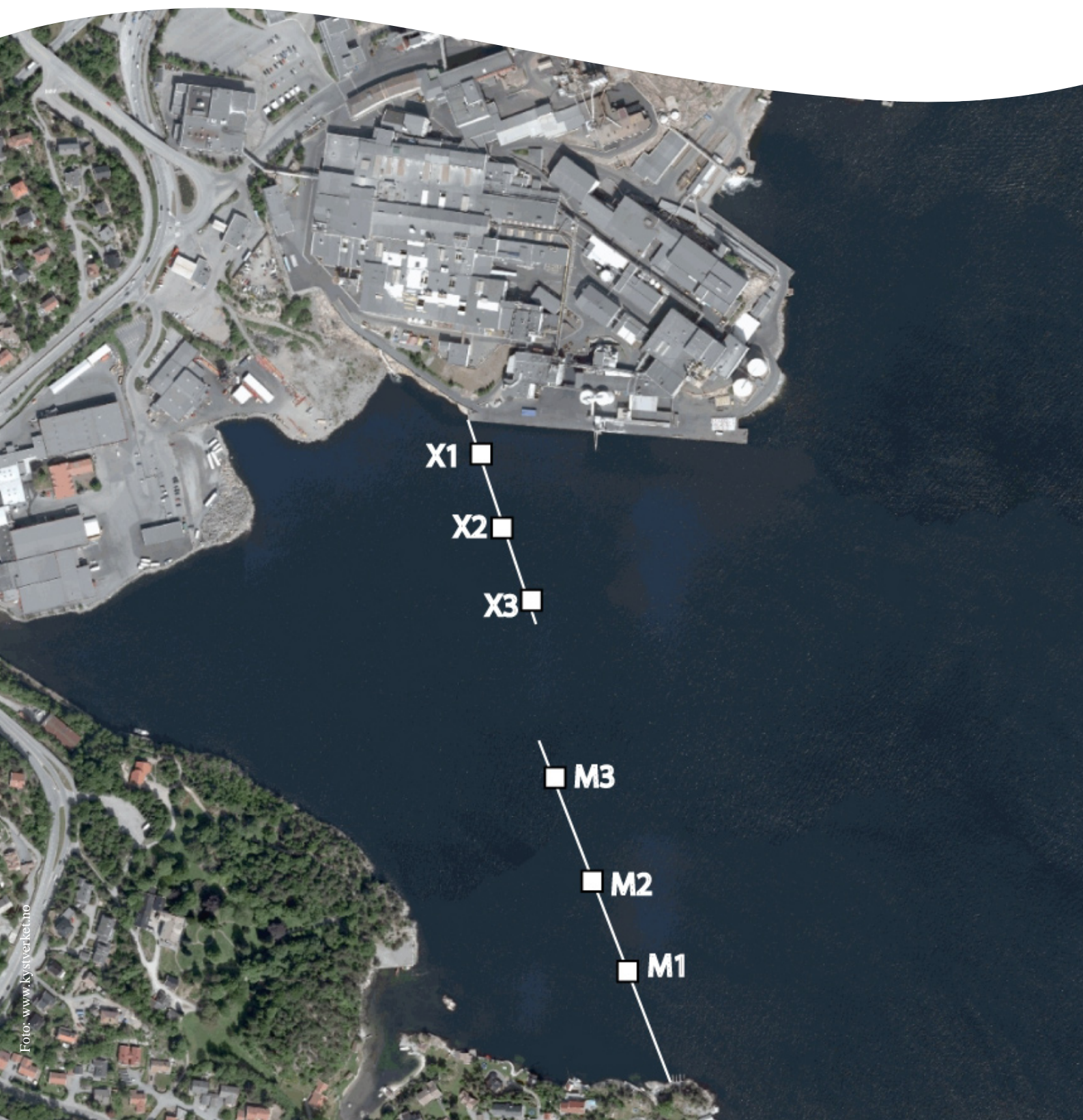


Sedimentasjon av dioksiner og metaller i Hanneviksbukta, Kristiansand, 2009



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Sedimentasjon av dioksiner og metaller i Hanneviksbukta, Kristiansand, 2009	Løpenr. (for bestilling) 5942-2010	Dato 17.03.2010
	Prosjektnr. Undernr. O-29252	Sider Pris 40
Forfatter(e) Kristoffer Næs og Jarle Håvardstun	Fagområde Miljøgifter, marint	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannens miljøvernnavdeling i Vest-Agder	Oppdragsreferanse Solvær Reiten
---	------------------------------------

Sammendrag

Det er gjennomført målinger av sedimenterende partikler i Hanneviksbukta ved hjelp av sedimentfeller over en periode på 5 måneder fra mai til oktober 2009. Formålet med målingene har vært å kvantifisere sedimentasjonen (fluksen) av dioksiner og metaller i Hanneviksbuktområdet. Det sedimenterende materialet kan karakteriseres til å ha god miljøtilstand med hensyn på PCB₇ og moderat miljøtilstand med hensyn på dioksiner. Tilsvarende kan materialet bedømmes til å ha god miljøtilstand med hensyn på kadmium, krom, kvikksølv og sink, men dårlig til svært dårlig miljøtilstand med hensyn på arsen, kobber, nikkel og bly. Resultatene for sedimentasjonsberegningene stemmer bra overens med de kjente tilførselsdataene, men indikerer en resuspensjon, transport og sedimentasjon av dioksinholdige sedimentpartikler som enten har sitt opphav i Hanneviksbukta som sådan eller fra området utenfor, alternativt at der er ukjente diffuse forurensningskilder i området.

Fire norske emneord 1. Kristiansandsfjorden 2. Sedimentasjon 3. Dioksiner 4. Metaller	Fire engelske emneord 1. Kristiansandsfjorden 2. Sedimentation 3. Dioxins 4. Metals
---	---



Kristoffer Næs
Prosjektleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

O-29252

**Sedimentasjon av dioksiner og metaller i
Hanneviksbukta, Kristiansand, 2009**

Forord

Dette prosjektet er gjennomført på oppdrag fra Fylkesmannens miljøvernnavdeling i Vest-Agder i henhold til tilbud fra NIVA av 18. oktober 2008. Kontaktperson hos Fylkesmannen har vært Solvår Reiten.

Feltarbeidet og rapportering er gjennomført av Jarle Håvardstun og Kristoffer Næs. Kjemiske analyser er gjennomført ved Universitetet i Umeå ved Per Liljelind og ved NIVAs laboratorium.

Alle takkes for innsats.

Oslo, 17. mars 2010

Kristoffer Næs

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Bakgrunn	8
2. Materiale og metode	9
3. Resultater	11
3.1 Mengde sedimentert	11
3.2 Klorerte forbindelser	11
3.3 Metaller	13
3.4 Sammenligning med tilførselstall	15
4. Referanser	18
Vedlegg A. Analyser av dioksin og PCB	19

Sammendrag

Kristiansandsfjorden har vært og til dels er, sterkt forurenset av miljøgifter som i hovedsak skyldes industrielle utslipp. Utslippene er nå betydelig redusert og fjorden har vist forbedret tilstand over tid. Kunnskap om størrelsen av aktive kilder til et område er essensielt for å kunne planlegge tiltak mot forurensete sedimenter og forutsi hva den fremtidige konsentrasjonen i sedimentene vil være etter tiltak. I tiltakssammenheng er det derfor viktig å kunne sette opp et forureningsbudsjett for området. For Hanneviksbukta i Kristiansand kjenner vi i dag størrelsen på noen av kildene, men mangler blant annet informasjon om konsentrasjonen av dioksiner og metaller i sedimenterende partikler.

Det er derfor gjennomført målinger av sedimenterende partikler i Hanneviksbukta ved hjelp av sedimentfeller over en periode på 5 måneder fra mai til oktober 2009. Formålet med målingene har vært å kvantifisere sedimentasjonen (fluksen) av dioksiner og metaller i Hanneviksbuktområdet. Resultatene vil kunne gi informasjon om mengden forurensninger som holdes tilbake i området i forhold til de aktive tilførselene, informasjon om transport ut/inn i Hanneviksbukta samt grunnlag for å vurdere fremtidig konsentrasjon i sedimentene ved dagens tilførselsituasjon.

Hovedkonklusjonene fra undersøkelsene er:

- Årlig sedimentasjon i Hanneviksbukta ble beregnet til 1,5 til 3,4 kg tørt sediment. Resultatene stemmer godt med data fra daterte sedimentkjerner fra Kristiansands havneområde i 2006.
- Miljøtilstanden av det sedimenterende materiale kan karakteriseres som moderat (tilstandsklasse III) med hensyn på dioksiner og furaner.
- Konsentrasjonene av PCB₇ var relativt lave og svarende til god miljøtilstand (tilstandsklasse II)
- Felle materialet hadde lave konsentrasjoner av kadmium, krom, kvikksølv og sink tilsvarende miljøtilstand (tilstandsklasse II). Det var imidlertid høye konsentrasjoner av arsen, kobber, nikkel og bly. Verdiene tilsier at miljøtilstanden av det sedimenterende materiale må karakteriseres som dårlig til svært dårlig (tilstandsklasse IV-V) for disse metallene.
- Sedimentasjonen (fluksen) av dioksiner/furaner regnet for hele Hanneviksbukta (400 000 m²) ble estimert til 40-80 mg toksisitetsekvivalenter årlig. Dette er svært likt direkteutslippet fra Xstrata Nikkelverk AS på ca. 50 mg toksisitetsekvivalenter årlig. Det er imidlertid liten grunn til å tro at hele direkteutslippet vil sedimentere innenfor de 400 000 m². Resultatene tyder derfor på at det er en resuspensjon, transport og sedimentasjon av dioksinholdige sedimentpartikler som enten har sitt opphav i Hanneviksbukta som sådan eller fra området utenfor, alternativt at det er ukjente diffuse kilder i området.
- For metallene eksisterer det andre kilder enn direkteutslipp fra Xstrata Nikkelverk AS, særlig diffuse tilførsler fra bedriften. For nikkel og kobber som det eksisterer oppdaterte tilførselsdata for, viser målingene at 50-75 % av tilførselene til Hanneviksbukta sedimenterer i området. Dette er ikke urealistisk, men noe høyt. Metalldataene indikerer en betydelig sedimentasjon i Hanneviksbukta, men at en remobilisering i området ikke kan utelukkes.
- Sedimentasjonsresultatene for bly er avvikende fra de kildeopplysningene man har.

Det sedimenterende materialet danner bunnsedimentene. I utgangspunktet blir dermed konsentrasjonene i sedimentene de som er i felle materialet. Imidlertid, det organiske innholdet i felle materialet er høyere enn det man vil finne i sedimentene. Det betyr at en refordeling kan skje som også kan endre noe på sedimentkonsentrasjonene i forhold til konsentrasjonene i felle materialet.

I bedømmingen av resultatene over, er miljøtilstanden av det sedimenterende materialet vurdert i henhold til Klifs reviderte klassifiseringssystem. Her er klassegrensene knyttet opp mot akutt og kronisk toksisitet slik at de i økende grad representerer en skade på organismesamfunn. Hvis vi går ut fra at sedimentfelle materialet også representerer de konsentrasjonene som vil forekomme i

sedimentene, vil vi i Hanneviksbukta stort sett ikke forvente toksiske effekter av PCB, kadmium, krom, kvikksølv og sink. Man vil kunne forvente kroniske effekter ved langtidseksponering for dioksiner (PCDD/F), og akutt-toksiske effekter ved korttidseksponering, eventuelt omfattende akutt-toksiske effekter for arsen, kobber, nikkel og bly. Det presiseres at betydelige usikkerheter er knyttet til disse karakteriseringene avhenging av tilgjengelig informasjon om toksisiteten til de forskjellige stoffene, anvendte sikkerhetsfaktorer, tilstandsformer, osv.

Sedimentfellemålingene i Hanneviksbukta representerer resultater over en fem måneders periode i 2009. Resultatene avspeiler de hydrografiske (tilførsler fra land, produksjon i vannmassene, strømningsforhold), utslippsmessige og fysiske forhold i denne perioden. En annen periode og et annet år ville høyst sannsynlig ikke gitt eksakt de samme verdiene. Det er derfor nødvendig å tolke resultatene under denne forutsetningen. Imidlertid er det ikke kjent at det var spesielle hendelser i tidsrommet felle sto ute.

Summary

Title: Sedimentation of dioxins and metals in Hanneviksbukta, Kristiansand, 2009.

Year: 2010

Author: Kristoffer Næs and Jarle Håvardstun

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5677-2.

Measurements of concentrations of PCB, metals and dioxins in sedimenting particles in Hanneviksbukta, Kristiansand in 2009 showed that concentrations of PCB, cadmium, chromium, mercury and zinc were moderately elevated. Dioxin levels were markedly elevated while the concentrations of arsenic, copper, nickel and lead were strongly elevated. The flux estimates are in reasonable agreement with emission data, but suggest resuspension, transport and sedimentation of contaminated particles from outside the embayment, alternatively so far unknown diffusive sources in the area might exist.

1. Bakgrunn

Kristiansandsfjorden har vært og til dels er, sterkt forurenset av miljøgifter (Berge og medarb. 2007). Forurensningene skyldes i hovedsak industrielle utslipp. Disse er nå betydelig redusert og fjorden har vist forbedret tilstand over tid. De forurensete sedimentene representerer imidlertid et lager av miljøgifter som kan påvirke fjorden negativt i lang tid fremover. Tiltak mot forurensete sediment er derfor satt på dagsorden og mange opprensningstiltak er gjennomført, deriblant tildekking av sediment i et område på ca 400 000 m² i Hanneviksbuktområdet nær Xstrata Nikkelverk AS.

Kunnskap om størrelsen av aktive kilder til et område er essensielt for å kunne planlegge tiltak mot forurensete sediment og forutsi hva den fremtidige konsentrasjonen i sedimentene vil være etter tiltak. I tiltakssammenheng er det derfor viktig å kunne sette opp et forurensningsbudsjett for området. For Hanneviksbukta i Kristiansand kjenner vi i dag størrelsen på noen av kildene, men mangler blant annet informasjon om konsentrasjonen av dioksiner og metaller i sedimenterende partikler.

Formålet med målingene har vært å kvantifisere sedimentasjonen (fluksen) av dioksiner og metaller i Hanneviksbuktområdet. Resultatene vil da kunne gi informasjon om mengden forurensninger som holdes tilbake i området i forhold til de aktive tilførsene, kunne gi informasjon om transporter ut/inn i Hanneviksbukta samt kunne gi grunnlag for å vurdere fremtidig konsentrasjon i sedimentene ved dagens tilførselssituasjon.

2. Materiale og metode

Sedimentfeller (indre diameter 10 cm, høyde 50 cm) ble utplassert i Hanneviksbukta 22. mai 2009 i to lenker med tre feller i hver (**Figur 1, Tabell 1**). Fellene ble konservert med kloroform og sto ute til 21. oktober 2009.



Figur 1. Plassering av sedimentfeller i Hanneviksbukta.



Figur 2. Bilder av sedimentfeller.

Tabell 1. Posisjoner og dyp for sedimentfeller samt bunndyp på stasjonene.

Stasjon	N-bredde	Ø-lengde	Felledyp	Bunndyp
X1	58,13674	7,97245	7	10
X2	58,13618	7,97310	18	21
X3	58,13549	7,97378	24	27
M1	58,13290	7,97519	17	20
M2	58,13401	7,97407	20	23
M3	58,13460	7,97353	21	24

NIVAs laboratorium gjennomførte analysene av metaller i sedimentfelle materialet. Disse ble bestemt ved at prøven oppluttes ved autoklaving med salpetersyre og analyseres med hjelp av atomabsorpsjon og grafittovn, bortsett fra kvikksølv som bestemmes med gulfelle og kalddamp atomabsorpsjon.

Analysen av polyklorerte dibenzofuraner/-dioksiner (PCDF/-D) inklusive non-orto og mono-orto PCB ble gjennomført av Umeå Universitet, Kemiska institusjonen, Miljøkemiska Laboratoriet ved Per Liljelind og Sture Bergek. Opparbeidingsmetodene er validert gjennom flere internasjonale interkalibreringer og GC-MS-analysene er utført etter svensk standard SS-EN 1948:1-3. Analysene oppfyller kvalitetskravene for analyse av dioksiner og dioksinlignende PCB i henhold til EU-direktiv 2002/69/EC. Nærmere beskrivelse av metodene er gitt i vedlegg A.

3. Resultater

3.1 Mengde sedimentert

Sedimentfellene ble tatt opp etter 143 dagers eksponering. Alle fellene i lenken nær Xstrata Nikkelverk AS kom vellykket opp. På lenken nær Myrodden hadde fellen på stasjon M3 blitt utsatt for påvirkning fra tauet og noe av materialet gikk trolig tapt. Dessverre ble det også gjort noen feil ved analyselaboratoriet slik at man heller ikke har korrekt mengde materiale i fellen fra stasjon M1. M1 og M3 ble dermed slått sammen til en prøve. Man kan derfor ikke beregne fluksen på stasjon M1 og M2, men konsentrasjonsdataene vil være korrekte.

Beregnet årlig sedimentasjon på de forskjellige stasjonene varierte fra 1,5 til 3,4 kg tørt sediment pr. kvadratmeter (**Tabell 2**).

Tabell 2. Sedimentasjon på de forskjellige stasjonene samt innhold av totalt organisk materiale.

Stasjon	Felleareal m ²	Mengde		Sedimentasjon g/m ² /år	TOC mg/g t.s.
		materiale i felle g	Eksponert dager		
X1	0,00785	10,4	143	3389	112
X2	0,00785	4,7	143	1513	123
X3	0,00785	5,7	143	1857	88
M1	0,00785	-	143	-	-
M2	0,00785	9,8	143	3186	122
M3	0,00785	-	143	-	87

I forbindelse med undersøkelsene i Kristiansandsfjorden i 2006, ble to sedimentkjerner datert (Berge og medarb. 2007). Disse var fra den såkalte stasjon K17 Fiskåbukta og K18 i Vesterhavn. Dateringene gir også akkumulasjonsraten ("netto sedimentasjon"). Den ble beregnet til $1,5 \pm 0,4$ kg og $0,8 \pm 0,3$ kg tørt materiale pr. år for henholdsvis K17 og K18. Stasjon K17 har finkornige sedimenter, mens K18 har mer transportbunn med lavere akkumulasjon. Sedimentasjonstallene fra målingene i Hanneviksbukta stemmer således meget bra med dateringsdataene fra Kristiansands havneområde.

3.2 Klorerte forbindelser

Et av hovedformålene med undersøkelsene har vært å få tall for konsentrasjonen av dioksiner og dioksinlignede PCB for dermed å kunne gi en vurdering av det fremtidige konsentrasjonsnivået i overflatesedimentene i Hanneviksbukta. Konsentrasjoner av dioksiner (PCDD/F) i felle materialet regnet som toksisitetsekvivalenter er vist i **Tabell 3**, mens **Tabell 4** gir toksisitetsekvivalenter av dioksinlignende PCB.

Tabell 3. Toksisitetsekvivalenter (tørrvektsbasis) av dioksiner og furaner (PCDD/F) i materiale fra sedimentfeller.

Stasjon	TE- PCDD/F pg/g	Miljøtilstand (tilstandsklasse)
X1	56	Moderat (III)
X2	96	Moderat (III)
X3	78	Moderat (III)
M1/M3	60	Moderat (III)
M2	30	Moderat (III)

Tabell 4. Toksisitetsekvivalenter (tørrvektsbasis) av dioksinlignende PCB i materiale fra sedimentfeller.

Stasjon	TE- PCB pg/g	Miljøtilstand (tilstandsklasse)
X1	4,7	Ikke utviklet
X2	7,2	Ikke utviklet
X3	1,1	Ikke utviklet
M1/M3	0,86	Ikke utviklet
M2	0,52	Ikke utviklet

Analysene viser at miljøtilstanden av det sedimenterende materialet kan karakteriseres som moderat med hensyn på dioksiner. Klif har ikke utviklet tilstandsklasser for dioksinlignende PCB. Imidlertid regnes bidraget fra disse gjerne sammen med dioksin for å gi et totalt toksisitetsuttrykk for dioksiner og PCB. Hvis det gjøres, endrer ikke klassifiseringen seg bortsett fra for stasjon X2 hvor konsentrasjonene så vidt når tilstandsklasse IV (dårlig).

Konsentrasjonen av PCB₇ er vist i **Tabell 5**. Felle materialet kan karakteriseres til å ha god miljøtilstand med hensyn på disse forbindelsene.

Tabell 5. Konsentrasjoner (tørrvektsbasis) av PCB₇ i materiale fra sedimentfeller.

Stasjon	PCB ₇ ng/g	Miljøtilstand (tilstandsklasse)
X1	14	God (II)
X2	20	Moderat (III)
X3	17	God (II)
M1/M3	15	God (II)
M2	9,3	God (II)

Fluksen av PCB₇ og av dioksiner er vist i **Tabell 6**. Beregningene er gjort både på arealenhetsnivå og for Hanneviksbukta som helhet. I det siste er et areal på 400 000 m² anvendt. Det er i den sammenheng valgt å la Hanneviksbukta tilsvare et areal innenfor en linje fra Kolsdalsbukta til Myrodden. Dette arealet er noe større enn det hvor overdekkingstiltak er gjennomført (330 000 m²).

Tabell 6. Sedimentasjon av PCB og toksisitetsekvivalenter av dioksin i Hanneviksbukta. For Hanneviksbukta er det anvendt et areal på 400 000 m². Merk forskjeller i enheter.

Stasjon	PCB ₇	PCB ₇	TE-PCDD/F	TE-PCDD/F
	Arealenhet g/m ² /år*10 ⁻⁵	Hannevika g/år	Arealenhet mg/m ² /år*10 ⁻⁵	Hannevika mg/år
X1	4,7	19	19,0	76
X2	3,0	12	14,5	58
X3	3,2	13	14,5	58
M1/M3	-	-	-	-
M2	3,0	12	9,6	38

3.3 Metaller

Materialet i sedimentfellene ble også analysert for innhold av metaller (**Tabell 7** og **Tabell 8**).

Tabell 7. Konsentrasjon (tørrvektbasis) av arsen (As), kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr) og kobber (Cu) i materiale fra sedimentfeller. Miljøtilstandsklasse, der det foreligger, er gitt i parentes.

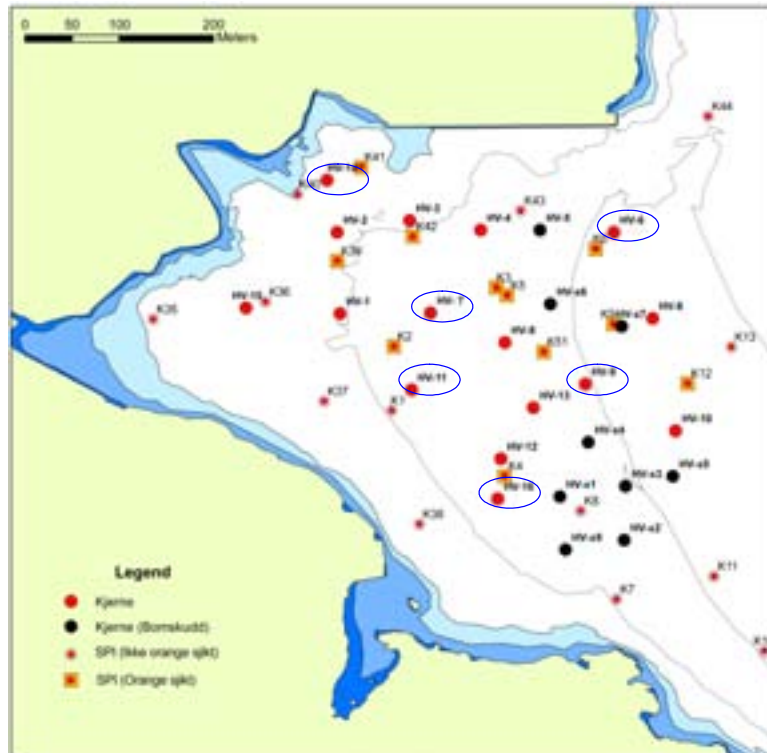
Stasjon	As	Cd	Co	Cr	Cu
	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
X1	182 (IV)	0,76 (II)	46,1	51,8 (I)	781 (V)
X2	407 (IV)	1,1 (II)	69,5	86,3 (II)	1120 (V)
X3	314 (IV)	0,86 (II)	51,2	71,7 (II)	748 (V)
M1/M3	80,9 (IV)	1,0 (II)	34,7	64,7 (I)	481 (V)
M2	283 (IV)	0,75 (II)	32,3	57,0 (I)	448 (V)

Tabell 8. Konsentrasjon (tørrvektbasis) av kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb), vanadium (V) og sink (Zn) i materiale fra sedimentfeller. Miljøtilstandsklasse, der det foreligger, er gitt i parentes.

Stasjon	Hg	Ni	Pb	V	Zn
	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
X1	0,15 (I)	613 (IV)	86,0 (III)	82,9	208 (II)
X2	0,17 (II)	876 (V)	123 (IV)	132	265 (II)
X3	0,17 (II)	632 (IV)	114 (IV)	139	221 (II)
M1/M3	0,18 (II)	337 (IV)	111 (IV)	204	218 (II)
M2	0,17 (II)	323 (IV)	94,3 (III)	137	194 (II)

Resultatene viser at felle materialet hadde høye konsentrasjoner av arsen, kobber, nikkel og også bly. Verdiene tilsier at miljøtilstanden av det sedimenterende materialet må karakteriseres som dårlig til svært dårlig for disse metallene.

Molvær og Helland (2007) besøkte i 2006 flere sedimentstasjoner i Hanneviksbukta. En del av disse ble analysert for innhold av metaller (Krogslund 2007), se **Figur 3**.



Figur 3. Oversikt over sedimentstasjoner prøvetatt i 2006 (Molvær og Helland 2007). Stasjoner markert med blå sirkel ble analysert for metaller og rapportert av Kroglund (2007).

Tabell 9. Sammenligning av konsentrasjoner i sedimentfeller med konsentrasjoner i overflatesedimentet (0-2 cm) i Hanneviksbukta i 2007 (Kroglund 2007). Spennet angir min.-maks.

Metall	Sedimentfeller 2009	Overflate- sediment 2007
As	81-407	65-2140
Cd	0,75-1,1	<0,2
Co	32-70	6-23
Cr	52-72	14-41
Cu	481-1120	42-399
Ni	323-876	33-378
Pb	86-123	45-217
Zn	194-265	28-56

Det er en rimelig overensstemmelse mellom sedimentfellerresultatene og konsentrasjonene i overflatesedimentene fra 2006, dog med en tendens til at konsentrasjonene i felle materialet er noe høyere.

Sedimentasjonen av metaller er vist i **Tabell 10** og **Tabell 11**.

Tabell 10. Sedimentasjon (tørrvektsbasis) av arsen (As), kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr) og kobber (Cu) for hele Hanneviksbukta.

Stasjon	As kg/Hannevika/år	Cd kg/Hannevika/år	Co kg/Hannevika/år	Cr kg/Hannevika/år	Cu kg/Hannevika/år
X1	247	1,0	62	70	1059
X2	246	0,7	42	52	678
X3	233	0,6	38	53	556
M1/M3	-	-	-	-	-
M2	361	1,0	41	73	571

Tabell 11. Sedimentasjon (tørrvektsbasis) av kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb), vanadium (V) og sink (Zn) for hele Hanneviksbukta.

Stasjon	Hg kg/Hannevika/år	Ni kg/Hannevika/år	Pb kg/Hannevika/år	V kg/Hannevika/år	Zn kg/Hannevika/år
X1	0,2	831	117	112	282
X2	0,1	530	74	80	160
X3	0,1	469	85	103	164
M1/M3	-	-	-	-	-
M2	0,2	412	120	175	247

Det sedimenterende materialet danner bunnsedimentene. I utgangspunktet blir dermed konsentrasjonene i sedimentene de som er i felle materialet. Imidlertid, det organiske innholdet i felle materialet er høyere enn det man vil finne i sedimentene. Det betyr at en refordeling kan skje som også kan endre noe på sedimentkonsentrasjonene i forhold til konsentrasjonene i felle materialet.

I bedømmingen av resultatene over, er miljøtilstanden av det sedimenterende materialet vurdert i henhold til Klifs reviderte klassifiseringssystem. Her er klassegrensene knyttet opp mot akutt og kronisk toksisitet slik at de i økende grad representerer en skade på organismesamfunn. Hvis vi går ut fra at sedimentfelle materialet også representerer de konsentrasjonene som vil forekomme i sedimentene, vil vi i Hanneviksbukta stort sett kunne forvente ingen toksiske effekter av PCB, kadmium, krom, kvikksølv og sink. Man vil kunne forvente kroniske effekter ved langtidseksponering for dioksiner (PCDD/F), og akutt-toksiske effekter ved korttidseksponering, eventuelt omfattende akutt-toksiske effekter for arsen, kobber, nikkel og bly. Det bør presiseres at betydelige usikkerheter er knyttet til disse karakteriseringene avhengig av tilgjengelig informasjon om toksisiteten til de forskjellige stoffene, anvendte sikkerhetsfaktorer, tilstandsformer, osv.

Det er en viss tendens til at konsentrasjonene i fellene langs X-linjen er noe høyere enn langs M-linjen. Dette er naturlig ut fra de konsentrasjonsgradienter som observeres i sedimentet med fallende verdier med avstand fra Xstrata Nikkelverk AS.

3.4 Sammenligning med tilførselstall

En sammenligning av estimerte utslippstall fra Xstrata Nikkelverk AS med sedimentasjonen beregnet for hele Hanneviksbukta er vist i **Tabell 12**. Utslippstallene for Xstrata Nikkelverk AS (Hege Stubberud pers. med.) er for metaller fremkommet ved å ta månedlige gjennomsnittstall for januar-

november 2009 og regne dette om til et gjennomsnitt for året ved å anta samme verdi i desember. Tilsvarende er gjort for dioksin og non-orto PCB, bortsett fra at tallene fra Xstrata Nikkelverk AS er gjennomsnitt for 1.-3. kvartal.

Tabell 12. Sammenligning av fluks beregnet ut fra sedimentfeller for hele Hanneviksbukta med estimerte tilførselstall fra Xstrata Nikkelverk AS.

Stasjon	Gj.sn. for sedimentfeller	Estimert utslipp fra Xstrata 2009
As, kg	272	135
Cd, kg	0,8	-
Co, kg	46	58
Cr, kg	62	-
Cu, kg	716	964
Hg, kg	0,2	-
Ni, kg	561	788
Pb, kg	99	4
V, kg	118	-
Zn, kg	213	296
TE-dioksin, mg	58	48
TE-no PCB, mg	3	7

I en upublisert oversikt (Tone Kroglund, NIVA) er tilførselstall til Hanneviksbukta fra flere aktuelle kilder sammenstilt (**Tabell 13**).

Tabell 13. Beregnede tilførsler til Hanneviksbukta fra aktuelle kilder (justert etter Tone Kroglund, upubl.)

Utslipp pr år	Direkte utslipp Xstrata ^{1a}	Diffuse utslipp Xstrata ^{1b}	Komm. overløp ²	Tette flater ³	Atm. nedfall ⁴	SUM
Dioksiner	0,048 g					0,048 g
Non-orto PCB	0,007 g					0,007 g
Nikkel	788 kg	350 kg	0,12 kg	8,72 kg	0,21 kg (0,18 kg)	1147 kg
Kobber	964	7 kg	0,39 kg	25,85 kg	2,60 kg (0,62)kg	1000 kg

^{1a} Estimerte tall for 2009

^{1b} Tall fra Multiconsult 2008

² Tallene er basert på årlig overløpsmengde på 34 000 m³ og målte konsentrasjoner av miljøgifter i innløpsvannet til Odderøya renseanlegg. Tallene viser snittverdier av konsentrasjoner.

³ Tilførsler fra tette flater er basert på nedbørtall fra Kjevik (1299 mm/år).

⁴ Atmosfærisk nedfall er basert på sjablongverdier for atmosfærisk nedfall og årsnedbør på 1299 millimeter. Tallene i parentes viser våtavsetning fra bakgrunnsstasjon på Lista og Koster.

Xstrata Nikkelverk AS har et utslipp av dioksiner på ca. 50 mg/år og det er ikke andre kjente direkte kilder i området. Det er ikke gjort undersøkelser knyttet til eventuelle diffuse tilførsler fra bedriften. Fluksberegningene for hele Hannevika gir i størrelsesorden samme tall som direkte tilførslene fra bedriften. Det er imidlertid liten grunn til å tro at hele direkteutslippet vil sedimentere innenfor de 400 000 m². Resultatene tyder derfor at det er en resuspensjon, transport og sedimentasjon av dioksinholdige sedimentpartikler som enten har sitt opphav i Hanneviksbukta som sådan eller fra området utenfor, alternativt at det er ukjente diffuse kilder i området.

For metallene eksisterer det andre kilder, særlig diffuse tilførsler fra Xstrata Nikkelverk AS. For nikkel og kobber hvor det eksisterer tilførselsdata, viser målingene at 50-75 % av tilførslene til Hanneviksbukta sedimenterer i området. Dette er ikke urealistisk, men kanskje noe høyt. Metalldataene indikerer en betydelig sedimentasjon i Hanneviksbukta, men en remobilisering i området kan ikke utelukkes.

Sedimentasjonen av bly skiller seg fra resultatene for de andre metallene idet den beregnede sedimentasjonen på grunnlag av sedimentfellene er 25 ganger høyere enn direkteutslippet fra Xstrata Nikkelverk AS. Det er ikke kjente kilder som kan forklare forskjellene, ei heller analytiske problemer med metallanalysene av sedimentfelle materialet.

4. Referanser

Berge, JA, B. Bjerkeng, K. Næs, E. Oug og A. Ruus, 2007. Undersøkelse av miljøtilstanden i Kristiansandsfjorden 2006. Miljøgifter i sediment og organismer og sammensetning av bløtbunnsfauna.. NIVA-rapport l.nr. 5506-2007.

Kroglund, T., 2007. Analyse av metaller i sedimenter fra Hannevika, Kristiansand. NIVA-notat O-27404, 17. juni 2007.

Kroglund, T. (unpubl.) Forurensningsbudsjett for utvalgte forbindelser i Kristiansandsfjorden. Innledende beregninger. NIVA.

Molvær, J. og A. Helland, 2007. Hannevika. Undersøkelser vedrørende tildekkingen av forurensede sedimenter. NIVA-rapport l.nr. 5447-2007.

Multiconsult 2008. Vurdering av diffus spredning til sjø fra Xstrata Nikkelverk AS. Oppdragsnr. 111943.

Vedlegg A. Analyser av dioksin og PCB



UMEÅ UNIVERSITET

Kemiska institutionen
Miljökemiska Laboratoriet
Rolf Andersson
Tel: 090-786 66 63



Norwegian Institute for Water Research
Branch Office South
Kristoffer Næs
Televeien 3
N4879 Grimstad, Norway

Resultat från analys av polyklorerade dibenso-p-dioxiner, polyklorerade dibensofuraner (PCDD/F) och polyklorerade bifenyler (PCB) i sedimentfällor.

Laboratorier ackrediteras av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt svensk lag. Den ackrediterade verksamheten vid laboratorierna uppfyller kraven i SS-EN ISO/IEC 17 025 (2005).

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.

För resultat som används som underlag för myndighetsbeslut medges undantag från kravet att återge rapporten i sin helhet

Förkortningar och definitioner i analysrapporten

TrC-	Triklor (3 klor)	-DD	Dibenso-p-dioxin(er)
TeC-	Tetraklor (4 klor)	-DF	Dibensofuran(er)
PeC-	Pentaklor (5 klor)	-B	Bifenyl(er)
HxC-	Hexaklor (6 klor)		
HpC-	Heptaklor (7 klor)		
OC-	Oktaklor (8 klor)		

ng	nanogram (10 ⁻⁹ gram)
pg	pikogram (10 ⁻¹² gram)
fg	femtogram (10 ⁻¹⁵ gram)
IS	Internstandard
tv	torrvikt

ND	Icke-detekterad (Not Detected)
LOD	Detektionsgräns (Limit-of-Detection)
TEF	Toxiska ekvivalentfaktor (Toxic Equivalent concentration)
TEQ	Total TCDD ekvivalenter (TCDD toxic equivalent concentration)

Σ PCDD	Summa homologer från tetra- till oktaklor-PCDD
Σ PCDF	Summa homologer från tetra- till oktaklor-PCDF
kvot D/F	Kvoten mellan Σ PCDD och Σ PCDF

Metodbeskrivning

Använda uppberedningsmetoder är väl validerade genom ett flertal internationella inter-kalibreringar och GC-MS analyserna utförs enligt Svensk standard SS-EN 1948:1-3. En sammanfattning av analysmetoderna följer nedan.

Provberedning

Före extraktionen tillsattes internstandard bestående av ¹³C-kongener. Proven extraherades sedan med organiska lösningsmedel.

Upprening

Uppreningen av polyklorerade dibenso-p-dioxiner (PCDD), polyklorerade dibensofuraner (PCDF) och polyklorerade bifenyler (PCB) utfördes med tre vätskekromatografikolonner, en flerskikts-kolonn bestående av kiselgel, svavelsyra och kaliumhydroxidimpregnerad kiselgel, en aktivt kol kolonn samt en basisk aluminiumoxid kolonn. På kolkolonnen separeras PCDD/F från PCB. Innan den slutliga analysen tillsattes ytterligare ¹³C-kongener, s.k. återfinningsstandarder.

Analys

Isomerspecifik analys har utförts med hjälp av gaskromatografi - masspektrometri (GC-MS) och så kallad isotopspädningsteknik. En högupplösande masspektrometer (VG 70-250/Autospec) har använts. Den opererade med elektronstöt jonisering (EI) och selektiva joner registrerades (SIR).

Kvantifiering

Vid MS-analys är det möjligt att selektivt detektera ämnen med specifika massor, vilket innebär att ¹³C-kongener utnyttjas som internstandarder. Kvantifieringen utförs enligt ovan nämnda SS-EN norm. Härmed jämförs responskvoten mellan naturliga kongener och ¹³C-kongener i provet med motsvarande kvot i en kvantifieringsstandard innehållande kända mängder av naturliga och ¹³C-kongener. Detta förfarande medför att de framräknade koncentrationerna är kompenserade för uppberedningsförluster.

Beräkning av TCDD-ekvivalenter (TEQ)

Utifrån de enskilda kongenernas koncentration har s.k. TCDD-ekvivalenter (TEQ) beräknats. TCDD-ekvivalenterna relaterar de toxiska kongenerna till den mest toxiska, 2,3,7,8-TeCDD.

$$\text{TEQ} = \text{koncentration} \times \text{TEF}$$

Det finns ett antal olika TEF-skalar som använts genom åren. Idag är WHO-TEF-skalan den vedertagna men resultaten kan omräknas enligt den skala som önskas (tabell 1.).

När en kongen ej kan detekteras räknas detektionsgränsen ut. Den motsvarar en signal från analysinstrumentet som är tre gånger högre än brusnivån.

Detektionsgränsen beror av ett antal faktorer och varierar därför något från prov till prov, mellan olika kongener och från ett analystillfälle till ett annat.

TEQ beräknas på tre nivåer. En nedre koncentrationsgräns där koncentrationerna av icke detekterade ämnen satts till noll, en övre koncentrationsgräns där koncentrationerna av icke detekterade ämnen ersatts med detektionsgränsen samt en medelkoncentration (medelvärde av de båda). I analysrapportens kolumn "WHO-TEQ" har det procentuella bidraget av detekterade kongener till det totala TEQ-värdet beräknats utifrån den övre koncentrationsgränsen.

Laboratorieblankens koncentration redovisas separat. Ingen subtraktion har gjorts från provens koncentrationer.

En sammanfattning av analysrapporten och kommentarer (sid. 5)
WHO-TEQ-värden finns för samtliga prov.

Tabell 1. Skalor för beräkning av toxiska ekvivalenter (TEQ):

Kongen	TEF			
	WHO ₁₉₉₈	WHO ₂₀₀₅	Internationella	Nordic
2378-TeCDD	1	1	1	1
12378-PeCDD	1	1	0.5	0.5
123478-HxCDD	0.1	0.1	0.1	0.1
123678-HxCDD	0.1	0.1	0.1	0.1
123789-HxCDD	0.1	0.1	0.1	0.1
1234678-HpCDD	0.01	0.001	0.01	0.01
OCDD	0.0001	0.0003	0.001	0.001
2378-TeCDF	0.1	0.1	0.1	0.1
12378-PeCDF	0.05	0.03	0.05	0.01
23478-PeCDF	0.5	0.3	0.5	0.5
123478-HxCDF	0.1	0.1	0.1	0.1
123678-HxCDF	0.1	0.1	0.1	0.1
123789-HxCDF	0.1	0.1	0.1	0.1
234678-HxCDF	0.1	0.1	0.1	0.1
1234678-HpCDF	0.01	0.01	0.01	0.01
1234789-HpCDF	0.01	0.01	0.01	0.01
OCDF	0.0001	0.0003	0.001	0.001

Sammanställning av den totala halten PCDD/F WHO-TEQ₂₀₀₅ i proverna.

µg TEQ/g prov	MPR	MPR	MPR	MPR	MPR	MPR
	B3381:1	3381:5	3381:6	3381:7	3381:8	3381:9
Övre koncentration	0.18	56	96	78	30	60
Nedre koncentration	0.16	56	96	78	30	60
Medelvärde	0.17	56	96	78	30	60

Sammanställning av den totala halten PCB WHO-TEQ₂₀₀₅ i proverna.

µg TEQ/g prov	MPR	MPR	MPR	MPR	MPR	MPR
	B3381:1	3381:5	3381:6	3381:7	3381:8	3381:9
Övre koncentration	0.0052	4.7	7.2	1.1	0.52	0.86
Nedre koncentration	0.0052	4.7	7.2	1.1	0.52	0.86
Medelvärde	0.0052	4.7	7.2	1.1	0.52	0.86

Kommentarer:

Umeå som ovan,

Rolf Andersson
Forskningsingenjör

Per Liljelind
Laboratorieförstare

Provlista

Sedimentprover från Kristinsand 2009-10-21 märkt: 0-29252.

Vårt prov id	Ert prov id	Flaskvikt med prov	Provets våtvikt	Provets torrvikt
Mpr 3381:5	X1	1433,50 g	892,24 g	10,42 g
Mpr 3381:6	X2	1422,41 g	818,99 g	4,65 g
Mpr 3381:7	X3	920,37 g	564,93 g	5,71 g
Mpr 3381:8	M2	1523,63	918,14 g	9,80 g
Mpr 3381:9	M3	1651,79	927,92 g	13,34 g

Prov X 1: 1 st 1 liters flaska.
X 2: 1 st 1 liters flaska.
X3: 1 st 0,5liters flaska.
M2: 1 st 1 liters flaska.
M3: 2 st 0,5 liters flaskor.

Analysrapport klorerade dioxiner och furaner

Vår provmärkning : 3381:5
 Er provmärkning : X1
 Provtyp : sediment
 Mängd analyserat prov (g t.v.) : 9.41 g
 Prov sort (t.v.) : pg/g

Mätosäkerhet : $\pm 29\%$ (95% konfidensintervall)

Kongen			Återfunnen	Homolog	Konc.
	Konc.	WHO-TEQ ₂₀₀₅ (%)	¹³ C IS (%)		
2378 TeCDD	1.2	2	94	Σ TeCDD ^f	57
12378 PeCDD	1.5	3	110	Σ PeCDD ^f	23
123478 HxCDD	2.1	0	130	Σ HxCDD ^f	46
123678 HxCDD	3.2	1	130		
123789 HxCDD ^a	2.7	0	130		
1234678 HpCDD	30	1	120	Σ HpCDD ^f	70
OCDD	170	0	96		
2378 TeCDF ^b	94	17	90	Σ TeCDF ^f	490
12378 PeCDF	31	2	110	Σ PeCDF ^f	460
23478 PeCDF ^c	24	13	100		
123478 HxCDF ^d	110	20	120	Σ HxCDF ^f	590
123678 HxCDF	170	30	110		
234678 HxCDF ^c	24	4	120		
123789 HxCDF	7.6	1	130		
1234678 HpCDF	280	5	100	Σ HpCDF ^f	420
1234789 HpCDF	48	1	88		
OCDF ^e	330	0	51		
Sum	övre konc.	56		Σ PCDD^f	370
WHO-TEQ₂₀₀₅	undre konc.	56		Σ PCDF^f	2300
	medel konc.	56		kvot D/F^f	0.16

För koncentrationer angivna med *kursivstil* är mätosäkerheten större (41%) och värdet är utanför det ackrediterade området.

^a Sameluerar med 123467-HxCDD

^d Sameluerar med 123467-HxCDF

^b Sameluerar med 1249-, 1279-, 2346-, 2347-, 2348-TCDF

^e Sameluerar med 123689-HxCDF

^c Sameluerar med 12369-PeCDF

^f icke ackrediterad metod

Provet ankom:	2009-11-06	Typ av GC-kolonn:	DB5
Lagringsbetingelser :	+4 °C	Person ansvarig för	
Startdatum för uppabetning:	2009-11-16	Uppabetning:	Rolf Andersson
Startdatum för analys:	2009-12-08	Analys:	Per Liljelind

Analysrapport klorerade dioxiner och furaner

Vår provmärkning : 3381:6
 Er provmärkning : X2
 Provtyp : sediment
 Mängd analyserat prov (g t.v.) : 4.12 g
 Prov sort (t.v.) : pg/g
 Mätosäkerhet : ± 29 % (95% konfidensintervall)

Kongen	Konc.	WHO-TEQ ₂₀₀₅ (%)	Återfunnen	Homolog	Konc.
			¹³ C IS (%)		
2378 TeCDD	1.2	1	91	ΣTeCDD ^f	63
12378 PeCDD	2.4	3	110	Σ PeCDD ^f	39
123478 HxCDD	3.3	0	120	Σ HxCDD ^f	63
123678 HxCDD	5.8	1	98		
123789 HxCDD ^a	7.2	1	110		
1234678 HpCDD	44	0	100	Σ HpCDD ^f	94
OCDD	190	0	81		
2378 TeCDF ^b	190	20	80	Σ TeCDF ^f	1300
12378 PeCDF	60	2	100	Σ PeCDF ^f	820
23478 PeCDF ^c	63	20	100		
123478 HxCDF ^d	240	25	120	Σ HxCDF ^f	940
123678 HxCDF	150	16	88		
234678 HxCDF ^e	42	4	110		
123789 HxCDF	13	1	120		
1234678 HpCDF	500	5	98	Σ HpCDF ^f	770
1234789 HpCDF	91	1	86		
OCDF	630	0	57		
Sum WHO-TEQ ₂₀₀₅	övre konc.	96		Σ PCDD ^f	450
	undre konc.	96		Σ PCDF ^f	4500
	medel konc.	96		kvot D/F ^f	0.10

För koncentrationer angivna med *kursivstil* är mätosäkerheten större (41%) och värdet är utanför det ackrediterade området.

^a Sameluerar med 123467-HxCDD

^d Sameluerar med 123467-HxCDF

^b Sameluerar med 1249-, 1279-, 2346-, 2347-, 2348-TCDF

^e Sameluerar med 123689-HxCDF

^c Sameluerar med 12369-PeCDF

^f icke ackrediterad metod

Provet ankom:	2009-11-06	Typ av GC-kolonn:	DB5
Lagringsbetingelser :	+4 °C	Person ansvarig för	
Startdatum för upparbetning:	2009-11-16	Upparbetning:	Rolf Andersson
Startdatum för analys:	2009-12-08	Analys:	Per Liljelind

Analysrapport klorerade dioxiner och furaner

Vår provmärkning : 3381:7
 Er provmärkning : X3
 Provtyp : sediment
 Mängd analyserat prov (g t.v.) : 5.20 g
 Prov sort (t.v.) : pg/g

Mätosäkerhet : $\pm 29\%$ (95% konfidensintervall)

Kongen			Återfunnen	Homolog	Konc.
	Konc.	WHO-TEQ ₂₀₀₅ (%)	¹³ C IS (%)		
2378 TeCDD	0.71	1	100	Σ TeCDD ^f	59
12378 PeCDD	2.2	3	100	Σ PeCDD ^f	38
123478 HxCDD	3.0	0	100	Σ HxCDD ^f	64
123678 HxCDD	5.0	1	94		
123789 HxCDD ^a	7.1	1	95		
1234678 HpCDD	41	1	100	Σ HpCDD ^f	90
OCDD	170	0	84		
2378 TeCDF ^b	140	18	87	Σ TeCDF ^f	860
12378 PeCDF	52	2	110	Σ PeCDF ^f	690
23478 PeCDF ^c	51	20	98		
123478 HxCDF ^d	230	29	87	Σ HxCDF ^f	870
123678 HxCDF	100	13	86		
234678 HxCDF ^c	34	4	90		
123789 HxCDF	9.7	1	95		
1234678 HpCDF	380	5	100	Σ HpCDF ^f	600
1234789 HpCDF	65	1	93		
OCDF	490	0	77		
Sum WHO-TEQ ₂₀₀₅	övre konc.	78		Σ PCDD ^f	420
	undre konc.	78		Σ PCDF ^f	3500
	medel konc.	78		kvot D/F ^f	0.12

För koncentrationer angivna med *kursivstil* är mätosäkerheten större (41%) och värdet är utanför det ackrediterade området.

^a Sameluerar med 123467-HxCDD

^d Sameluerar med 123467-HxCDF

^b Sameluerar med 1249-, 1279-, 2346-, 2347-, 2348-TCDF

^e Sameluerar med 123689-HxCDF

^c Sameluerar med 12369-PeCDF

^f icke ackrediterad metod

Provet ankom:	2009-11-06	Typ av GC-kolonn:	DB5
Lagringsbetingelser :	+4 °C	Person ansvarig för	
Startdatum för uppabetning:	2009-11-16	Uppabetning:	Rolf Andersson
Startdatum för analys:	2009-12-08	Analys:	Per Liljelind

Analysrapport klorerade dioxiner och furaner

Vår provmärkning : 3381:8
 Er provmärkning : M2
 Provtyp : sediment
 Mängd analyserat prov (g t.v.) : 9.31 g
 Prov sort (t.v.) : pg/g

Mätosäkerhet : $\pm 29\%$ (95% konfidensintervall)

Kongen			Återfunnen	Homolog	Konc.
	Konc.	WHO-TEQ ₂₀₀₅ (%)	¹³ C IS (%)		
2378 TeCDD	0.52	2	80	Σ TeCDD ^f	27
12378 PeCDD	1.3	4	79	Σ PeCDD ^f	23
123478 HxCDD	1.8	1	87	Σ HxCDD ^f	41
123678 HxCDD	3.1	1	79		
123789 HxCDD ^a	4.1	1	79		
1234678 HpCDD	28	1	91	Σ HpCDD ^f	60
OCDD	120	0	75		
2378 TeCDF ^b	65	22	67	Σ TeCDF ^f	330
12378 PeCDF	26	3	89	Σ PeCDF ^f	350
23478 PeCDF ^c	27	27	75		
123478 HxCDF ^d	18	6	79	Σ HxCDF ^f	330
123678 HxCDF	53	18	80		
234678 HxCDF ^c	18	6	77		
123789 HxCDF	5.2	2	74		
1234678 HpCDF	210	7	87	Σ HpCDF ^f	320
1234789 HpCDF	34	1	71		
OCDF	260	0	42		
Sum	övre konc.	30		Σ PCDD^f	270
WHO-TEQ₂₀₀₅	undre konc.	30		Σ PCDF^f	1600
	medel konc.	30		kvot D/F^f	0.17

För koncentrationer angivna med *kursivstil* är mätosäkerheten större (41%) och värdet är utanför det ackrediterade området.

^a Sameluerar med 123467-HxCDD

^d Sameluerar med 123467-HxCDF

^b Sameluerar med 1249-, 1279-, 2346-, 2347-, 2348-TCDF

^e Sameluerar med 123689-HxCDF

^c Sameluerar med 12369-PeCDF

^f icke ackrediterad metod

Provet ankom:	2009-11-06	Typ av GC-kolonn:	DB5
Lagringsbetingelser :	+4 °C	Person ansvarig för	
Startdatum för uppärbetning:	2009-11-16	Uppärbetning:	Rolf Andersson
Startdatum för analys:	2009-12-08	Analys:	Per Liljelind

Analysrapport klorerade dioxiner och furaner

Vår provmärkning : 3381:9
 Er provmärkning : M3
 Provtyp : sediment
 Mängd analyserat prov (g t.v.) : 12.82 g
 Prov sort (t.v.) : pg/g

Mätosäkerhet : $\pm 29\%$ (95% konfidensintervall)

Kongen			Återfunnen	Homolog	Konc.
	Konc.	WHO-TEQ ₂₀₀₅ (%)	¹³ C IS (%)		
2378 TeCDD	ND(0.027)	0	100	Σ TeCDD ^f	150
12378 PeCDD	2.1	4	100	Σ PeCDD ^f	39
123478 HxCDD	2.9	0	110	Σ HxCDD ^f	84
123678 HxCDD	4.9	1	98		
123789 HxCDD ^a	6.3	1	100		
1234678 HpCDD	43	1	100	Σ HpCDD ^f	94
OCDD	190	0	76		
2378 TeCDF ^b	120	20	81	Σ TeCDF ^f	620
12378 PeCDF	47	2	110	Σ PeCDF ^f	590
23478 PeCDF ^c	43	22	91		
123478 HxCDF ^d	120	20	110	Σ HxCDF ^f	690
123678 HxCDF	92	15	91		
234678 HxCDF ^e	31	5	100		
123789 HxCDF	8.3	1	97		
1234678 HpCDF	350	6	100	Σ HpCDF ^f	560
1234789 HpCDF	59	1	88		
OCDF ^f	440	0	63		
Sum	övre konc.	60		Σ PCDD^f	560
WHO-TEQ₂₀₀₅	undre konc.	60		Σ PCDF^f	2900
	medel konc.	60		kvot D/F^f	0.19

För koncentrationer angivna med *kursivstil* är mätosäkerheten större (41%) och värdet är utanför det ackrediterade området.

^a Sameluerar med 123467-HxCDD

^d Sameluerar med 123467-HxCDF

^b Sameluerar med 1249-, 1279-, 2346-, 2347-, 2348-TCDF

^e Sameluerar med 123689-HxCDF

^c Sameluerar med 12369-PeCDF

^f icke ackrediterad metod

Provet ankom:	2009-11-06	Typ av GC-kolonn:	DB5
Lagringsbetingelser :	+4 °C	Person ansvarig för	
Startdatum för uppabetning:	2009-11-16	Upparbetning:	Rolf Andersson
Startdatum för analys:	2009-12-08	Analys:	Per Liljelind

Analysrapport klorerade dioxiner och furaner

Vår provmärkning : B3381:1
 Er provmärkning : Lab.blank
 Provtyp : Lab.blank
 Mängd analyserat prov (g t.v.) : 10 g
 Prov sort (t.v.) : pg/g

Mätosäkerhet : $\pm 29\%$ (95% konfidensintervall)

Kongen			Återfunnen	Homolog	Konc.
	Konc.	WHO-TEQ ₂₀₀₅ (%)	¹³ C IS (%)		
2378 TeCDD	ND(0.023)	13	94	ΣTeCDD ^f	0.21
12378 PeCDD	0.070	39	93	Σ PeCDD ^f	0.32
123478 HxCDD	0.076	4	94	Σ HxCDD ^f	0.17
123678 HxCDD	0.050	3	97		
123789 HxCDD ^a	0.042	2	90		
1234678 HpCDD	0.064	0	93	Σ HpCDD ^f	0.064
OCDD	0.097	0	83		
2378 TeCDF ^b	0.056	3	88	Σ TeCDF ^f	0.056
12378 PeCDF	0.037	1	110	Σ PeCDF ^f	0.086
23478 PeCDF ^c	0.048	8	99		
123478 HxCDF ^d	0.16	9	79	Σ HxCDF ^f	0.52
123678 HxCDF	0.12	7	71		
234678 HxCDF ^e	0.096	5	95		
123789 HxCDF	0.13	7	89		
1234678 HpCDF	0.11	1	100	Σ HpCDF ^f	0.16
1234789 HpCDF	ND(0.012)	0	93		
OCDF ^f	0.19	0	77		
Sum	övre konc.	0.18		Σ PCDD^f	0.86
WHO-TEQ₂₀₀₅	undre konc.	0.16		Σ PCDF^f	1.0
	medel konc.	0.17		kvot D/F^f	0.86

För koncentrationer angivna med *kursivstil* är mätosäkerheten större (41%) och värdet är utanför det ackrediterade området.

^a Sameluerar med 123467-HxCDD

^d Sameluerar med 123467-HxCDF

^b Sameluerar med 1249-, 1279-, 2346-, 2347-, 2348-TCDF

^e Sameluerar med 123689-HxCDF

^c Sameluerar med 12369-PeCDF

^f icke ackrediterad metod

Provet ankom:	2009-11-06	Typ av GC-kolonn:	DB5
Lagringsbetingelser :	+4 °C	Person ansvarig för	
Startdatum för uppärbetning:	2009-11-16	Uppärbetning:	Rolf Andersson
Startdatum för analys:	2009-12-08	Analys:	Per Liljelind

Analysrapport PCB

Vår provmärkning : 3381:5
 Er provmärkning : X1
 Provtyp : sediment
 Mängd analyserat prov (g t.v.) : 9.41 g
 Prov sort (t.v.) : pg/g

Mätosäkerhet : ± 29 % (95% konfidensintervall)

Kongen			Återfunnen
	Konc. pg/g tv	WHO-TEQ ₂₀₀₅ (%)	¹³ C IS (%)
Indikator-PCB			
#28 TriCB ^a	4400		74
#52 TeCB ^b	730		83
#101 PeCB ^c	230		110
#118 PeCB ^d	73		81
#138 HxCB ^e	4200		81
#153 HxCB	3200		96
#180 HpCB	1500		110
Σ I-PCB	14300		
Plana-PCB			
WHO-PCB			
#81 TeCB	81	0	85
#77 TeCB	14	0	85
#126 PeCB	43	90	98
#169 HxCB	11	7	110
#105 PeCB ^f	28	0	74
#114 PeCB	45	0	82
#118 PeCB ^d	73	0	81
#123 PeCB	81	0	82
#156 HxCB	350	0	66
#157 HxCB	160	0	61
#167 HxCB	660	0	75
#189 HpCB	49	0	100
Sum WHO-TEQ ₂₀₀₅ pg/g tv	Övre konc.	4.7	
	Undre konc.	4.7	
	Mellan konc.	4.7	

- ^a Sameluerar med #31 ^d Sameluerar med # 106
^b Sameluerar med #73 ^e Sameluerar med #163 och 164
^c Sameluerar med #89 och #90 ^f Sameluerar med #127

Provet ankom:	2009-11-06	Typ av GC-kolonn:	DB5
Lagringsbetingelser :	+4 °C	Person ansvarig för	
Startdatum för upparbetning:	2009-11-16	Upparbetning:	Rolf Andersson
Startdatum för analys:	2009-12-08	Analys:	Per Liljelind

Analysrapport PCB

Vår provmärkning : 3381:6
 Er provmärkning : X2
 Provtyp : sediment
 Mängd analyserat prov (g t.v.) : 4.12 g
 Prov sort (t.v.) : pg/g

Mätosäkerhet : ± 29 % (95% konfidensintervall)

Kongen			Återfunnen
	Konc. pg/g tv	WHO-TEQ ₂₀₀₅ (%)	¹³ C IS (%)
Indikator-PCB			
#28 TriCB ^a	6000		63
#52 TeCB ^b	960		61
#101 PeCB ^c	310		87
#118 PeCB ^d	2700		61
#138 HxCB ^e	4900		63
#153 HxCB	3500		65
#180 HpCB	1400		96
Σ I-PCB	19800		
Plana-PCB			
WHO-PCB			
#81 TeCB	130	0	82
#77 TeCB	26	0	80
#126 PeCB	65	90	96
#169 HxCB	17	7	110
#105 PeCB ^f	1100	1	61
#114 PeCB	64	0	60
#118 PeCB ^d	2700	1	61
#123 PeCB	82	0	67
#156 HxCB	420	0	69
#157 HxCB	100	0	68
#167 HxCB	930	0	60
#189 HpCB	65	0	100
Sum WHO-TEQ ₂₀₀₅ pg/g tv	Övre konc.	7.2	
	Undre konc.	7.2	
	Mellan konc.	7.2	

^a Sameluerar med #31

^b Sameluerar med #73

^c Sameluerar med #89 och #90

^d Sameluerar med # 106

^e Sameluerar med #163 och 164

^f Sameluerar med #127

Provet ankom:	2009-11-06	Typ av GC-kolonn:	DB5
Lagringsbetingelser :	+4 °C	Person ansvarig för	
Startdatum för upparbetning:	2009-11-16	Upparbetning:	Rolf Andersson
Startdatum för analys:	2009-12-08	Analys:	Per Liljelind

Analysrapport PCB

Vår provmärkning : 3381:7
 Er provmärkning : X3
 Provtyp : sediment
 Mängd analyserat prov (g t.v.) : 5.20 g
 Prov sort (t.v.) : pg/g

Mätosäkerhet : ± 29 % (95% konfidensintervall)

Kongen			Återfunnen
	Konc. pg/g tv	WHO-TEQ ₂₀₀₅ (%)	¹³ C IS (%)
Indikator-PCB			
#28 TriCB ^a	5300		83
#52 TeCB ^b	680		88
#101 PeCB ^c	2100		110
#118 PeCB ^d	1600		91
#138 HxCB ^e	3600		84
#153 HxCB	2600		88
#180 HpCB	990		110
Σ I-PCB	17000		
Plana-PCB			
WHO-PCB			
#81 TeCB	110	1	79
#77 TeCB	17	1	77
#126 PeCB	5.2	50	93
#169 HxCB	14	40	110
#105 PeCB ^f	740	2	86
#114 PeCB	35	0	88
#118 PeCB ^d	1600	5	91
#123 PeCB	61	0	93
#156 HxCB	310	1	84
#157 HxCB	77	0	88
#167 HxCB	570	2	89
#189 HpCB	54	0	110
Sum WHO-TEQ ₂₀₀₅ pg/g tv	Övre konc.	1.1	
	Undre konc.	1.1	
	Mellan konc.	1.1	

^a Sameluerar med #31

^b Sameluerar med #73

^c Sameluerar med #89 och #90

^d Sameluerar med # 106

^e Sameluerar med #163 och 164

^f Sameluerar med #127

Provet ankom:	2009-11-06	Typ av GC-kolonn:	DB5
Lagringsbetingelser :	+4 °C	Person ansvarig för	
Startdatum för upparbetning:	2009-11-16	Upparbetning:	Rolf Andersson
Startdatum för analys:	2009-12-08	Analys:	Per Liljelind

Analysrapport PCB

Vår provmärkning : 3381:8
 Er provmärkning : M2
 Provtyp : sediment
 Mängd analyserat prov (g t.v.) : 9.31 g
 Prov sort (t.v) : pg/g

Mätosäkerhet : ±29 % (95% konfidensintervall)

Kongen			Återfunnen
	Konc. pg/g tv	WHO-TEQ ₂₀₀₅ (%)	¹³ C IS (%)
Indikator-PCB			
#28 TriCB ^a	3200		52
#52 TeCB ^b	430		56
#101 PeCB ^c	100		85
#118 PeCB ^d	960		56
#138 HxCB ^e	2400		50
#153 HxCB	1500		64
#180 HpCB	750		78
Σ I-PCB	9300		
Plana-PCB			
WHO-PCB			
#81 TeCB	55	1	62
#77 TeCB	8.0	1	61
#126 PeCB	2.4	50	72
#169 HxCB	7.1	40	76
#105 PeCB ^f	380	2	57
#114 PeCB	18	0	52
#118 PeCB ^d	960	5	56
#123 PeCB	40	0	54
#156 HxCB	160	1	54
#157 HxCB	28	0	55
#167 HxCB	330	2	57
#189 HpCB	30	0	79
Sum WHO-TEQ ₂₀₀₅ pg/g tv	Övre konc.	0.52	
	Undre konc.	0.52	
	Mellan konc.	0.52	

- ^a Sameluerar med #31 ^d Sameluerar med # 106
^b Sameluerar med #73 ^e Sameluerar med #163 och 164
^c Sameluerar med #89 och #90 ^f Sameluerar med #127

Provet ankom:	2009-11-06	Typ av GC-kolonn:	DB5
Lagringsbetingelser :	+4 °C	Person ansvarig för	
Startdatum för upparbetning:	2009-11-16	Upparbetning:	Rolf Andersson
Startdatum för analys:	2009-12-08	Analys:	Per Liljelind

Analysrapport PCB

Vår provmärkning : 3381:9
 Er provmärkning : M3
 Provtyp : sediment
 Mängd analyserat prov (g t.v.) : 12.82 g
 Prov sort (t.v) : pg/g

Mätosäkerhet : ±29 % (95% konfidensintervall)

Kongen	Återfunnen		
	Konc. pg/g tv	WHO-TEQ ₂₀₀₅ (%)	¹³ C IS (%)
Indikator-PCB			
#28 TriCB ^a	5500		70
#52 TeCB ^b	610		83
#101 PeCB ^c	1700		100
#118 PeCB ^d	1300		78
#138 HxCB ^e	3000		73
#153 HxCB	2000		86
#180 HpCB	1100		
Σ I-PCB			
Plana-PCB			
WHO-PCB			
#81 TeCB	91	1	80
#77 TeCB	15	1	78
#126 PeCB	4.2	50	94
#169 HxCB	12	40	110
#105 PeCB ^f	32	2	69
#114 PeCB	25	0	74
#118 PeCB ^d	1300	6	78
#123 PeCB	61	0	75
#156 HxCB	270	1	67
#157 HxCB	59	0	71
#167 HxCB	440	2	75
#189 HpCB	44	0	110
Sum WHO-TEQ₂₀₀₅ pg/g	Övre konc.	0.86	
	Undre konc.	0.86	
	Mellan konc.	0.86	

- ^a Sameluerar med #31 ^d Sameluerar med # 106
^b Sameluerar med #73 ^e Sameluerar med #163 och 164
^c Sameluerar med #89 och #90 ^f Sameluerar med #127

Provet ankom:	2009-11-06	Typ av GC-kolonn:	DB5
Lagringsbetingelser :	+4 °C	Person ansvarig för	
Startdatum för upparbetning:	2009-11-16	Upparbetning:	Rolf Andersson
Startdatum för analys:	2009-12-08	Analys:	Per Liljelind

Analysrapport PCB

Vår provmärkning : B3381:1
 Er provmärkning : Lab.blank
 Provtyp : Lab.blank
 Mängd analyserat prov (g t.v.) : 10 g
 Prov sort (t.v.) : pg/g

Mätosäkerhet : ±29 % (95% konfidensintervall)

Kongen			Återfunnen
	Konc. pg/g tv	WHO-TEQ ₂₀₀₅ (%)	¹³ C IS (%)
Indikator-PCB			
#28 TriCB ^a	12		100
#52 TeCB ^b	2.8		82
#101 PeCB ^c	9.3		100
#118 PeCB ^d	1.8		90
#138 HxCB ^e	6.9		75
#153 HxCB	7.2		73
#180 HpCB	2.0		96
Σ I-PCB	42		
Plana-PCB			
WHO-PCB			
#81 TeCB	0.22	0	95
#77 TeCB	0.079	1	91
#126 PeCB	0.021	40	100
#169 HxCB	0.099	60	110
#105 PeCB ^f	0.26	0	89
#114 PeCB	ND(0.058)	0	90
#118 PeCB ^d	1.8	1	90
#123 PeCB	0.35	0	89
#156 HxCB	0.47	0	73
#157 HxCB	ND(0.058)	0	73
#167 HxCB	0.35	0	74
#189 HpCB	ND(0.13)	0	91
Sum WHO-TEQ ₂₀₀₅ pg/g tv	Övre konc.	0.0052	
	Undre konc.	0.0052	
	Mellan konc.	0.0052	

- a Sameluerar med #31 d Sameluerar med # 106
 b Sameluerar med #73 e Sameluerar med #163 och 164
 c Sameluerar med #89 och #90 f Sameluerar med #127

Provet ankom:	2009-11-06	Typ av GC-kolonn:	DB5
Lagringsbetingelser :	+4 °C	Person ansvarig för	
Startdatum för upparbetning:	2009-11-16	Upparbetning:	Rolf Andersson
Startdatum för analys:	2009-12-08	Analys:	Per Liljelind

Kongensspecifika analyser (icke ackrediterad analys)

	MPR	MPR	MPR	MPR	MPR	MPR
Our Sample id	B3381:1	3381:5	3381:6	3381:7	3381:8	3381:9
Your Sample id	Lab.blank	X1	X2	X3	M2	M3
Sample unit (t.v.)	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g
Analyzed amount (t.v.)	10 g	9.41 g	4.12 g	5.20 g	9.31 g	12.82 g

TeCDF

1368	ND(0.015)	3.0	6.8	41	1.7	3.4
1468	ND(0.015)	29	59	17	7.8	16
2468	ND(0.015)	9.4	21	20	8.5	18
1247/1347/1378	ND(0.015)	0.25	200	110	55	100
1346/1246	ND(0.015)	99	43	30	14	30
1379/1367/1348/1248	ND(0.015)	59	140	94	24	20
1478/1467/1268	ND(0.015)	20	110	69	11	26
1237/1369	ND(0.015)	52	110	69	12	28
2467/1238/1236/2368	ND(0.015)	23	88	53	25	51
1469/1678/1234	ND(0.015)	26	57	39	18	36
1278	ND(0.015)	0.49	98	72	34	69
1349/1267	ND(0.015)	21	43	20	13	32
1249/2378/1279/2346/2347/2348	0.056	94	190	140	65	120
2367	ND(0.015)	23	44	35	16	31
3467/1269	ND(0.015)	18	35	31	15	27
1239	ND(0.015)	2.4	4.8	5.3	2.3	4.8
1289	ND(0.015)	15	27	18	9.4	14
Sum TeCDF	0.056	490	1300	860	330	620

TeCDD

1368	ND(0.023)	4.6	8.0	6.4	3.6	6.0
1379	ND(0.023)	3.2	5.6	4.5	2.7	4.5
1369	ND(0.023)	0.42	0.77	0.59	0.35	0.6
1247/1248/1378/1469	ND(0.023)	3.2	5.9	4.6	2.8	4.4
1246/1249/1268/1478	ND(0.023)	0.72	1.7	1.1	0.59	0.89
1279	ND(0.023)	0.69	1.2	0.95	0.49	0.72
1269/1236/1234	0.21	39	32	36	13	130
1237/1238	ND(0.023)	2.6	3.5	3.2	1.4	ND(0.027)
2378	ND(0.023)	1.2	1.2	0.71	0.52	ND(0.027)
1239	ND(0.023)	0.36	1.4	0.47	0.52	0.27
1278	ND(0.023)	0.63	1.2	0.75	0.44	0.87
1267	ND(0.023)	0.15	0.32	0.28	0.15	0.2
1289	ND(0.023)	ND(0.023)	ND(0.051)	ND(0.035)	ND(0.041)	ND(0.027)
Sum TeCDD	0.21	57	63	59	27	150

Our Sample id	MPR B3381:1	MPR 3381:5	MPR 3381:6	MPR 3381:7	MPR 3381:8	MPR 3381:9
Your Sample id	Lab.blank	X1	X2	X3	M2	M3
Sample unit (t.v.)	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g
Analyzed amount (t.v.)	10 g	9.41 g	4.12 g	5.20 g	9.31 g	12.82 g
PeCDF						
12468/13468	ND(0.022)	65	120	90	48	89
13678	ND(0.022)	20	39	43	22	37
12368/12478/13478/13467/ 12467	ND(0.022)	81	150	140	81	110
23469/13479	ND(0.022)	39	52	53	29	49
12479	ND(0.022)	11	14	15	7.1	13
13469	ND(0.022)	8.3	14	15	7.1	13
23468/12469	ND(0.022)	54	27	18	15	20
12347/12346	ND(0.022)	54	100	67	29	52
12348	ND(0.022)	13	22	20	11	17
12378	0.037	31	60	52	26	47
12367	ND(0.022)	10	17	22	12	22
23489/12379	ND(0.022)	27	48	48	25	17
12679/12489/23478/12369	0.048	24	63	51	27	43
23467	ND(0.022)	21	73	49	3.7	44
12349	ND(0.022)	2.8	11	6.3	1.2	6.4
12389	ND(0.022)	ND(0.024)	9.7	6.7	3.8	6.3
Sum PeCDF	0.086	460	820	690	350	590
PeCDD						
12468/12479	ND(0.033)	6.1	11	10	6.7	10
12469	ND(0.033)	1.0	1.2	1.4	0.87	1.7
12368	ND(0.033)	3.8	7.4	7.4	4.3	6.7
12478	0.25	2.0	3.2	3.3	2.3	3.4
12379	ND(0.033)	3.1	5.0	5.8	3.5	5.9
12369	ND(0.033)	0.51	0.43	0.66	0.41	0.58
12489/12467	ND(0.033)	1.8	2.9	2.0	0.36	3.4
12347	ND(0.033)	1.2	1.8	1.9	1.2	1.8
12346	ND(0.033)	0.49	0.93	0.44	0.41	0.77
12378	0.070	1.5	2.4	2.2	1.3	2.1
12367	ND(0.033)	0.91	1.6	1.4	0.79	1.3
12389	ND(0.033)	0.81	1.4	1.2	0.9	1.3
Sum PeCDD	0.32	23	39	38	23	39

	MPR	MPR	MPR	MPR	MPR	MPR
Our Sample id	B3381:1	3381:5	3381:6	3381:7	3381:8	3381:9
Your Sample id	Lab.blank	X1	X2	X3	M2	M3
Sample unit (t.v.)	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g
Analyzed amount (t.v.)	10 g	9.41 g	4.12 g	5.20 g	9.31 g	12.82 g

HxCDF

123468	ND(0.032)	47	65	85	43	65
124678/134678	ND(0.032)	140	220	220	110	200
134679	ND(0.032)	13	17	20	9.9	14
124679	ND(0.032)	22	37	43	20	38
124689	ND(0.032)	8.8	21	19	9.4	49
123478/123467	0.16	110	240	230	18	120
123678	0.12	170	150	100	53	92
123479	ND(0.032)	15	33	21	12	19
123469/123679	ND(0.032)	17	49	40	11	24
123689	ND(0.032)	7.0	29	23	11	18
234678	0.096	24	42	34	18	31
123789	0.13	7.6	13	9.7	5.2	8.3
123489	ND(0.032)	11	20	15	7.5	13
Sum HxCDF	0.52	590	940	870	330	690

HxCDD

124679/124689	ND(0.031)	7.2	11	14	8.9	14
123468	ND(0.031)	8.0	15	15	9.7	19
123679/123689	ND(0.031)	11	19	19	12	19
123469	ND(0.031)	12	1.4	1.2	0.84	19
123478	0.076	2.1	3.3	3.0	1.8	2.9
123678	0.050	3.2	5.8	5.0	3.1	4.9
123789/123467	0.042	2.7	7.0	7.1	4.1	6.3
Sum HxCDD	0.17	46	63	64	41	84

HpCDF

1234678	0.11	280	500	380	210	350
1234679	ND(0.031)	48	92	78	41	73
1234689	0.047	44	87	79	41	75
1234789	ND(0.012)	48	91	65	34	59
Sum HpCDF	0.16	420	770	600	320	560

HpCDD

1234679	ND(0.032)	40	50	49	32	51
1234678	0.064	30	44	41	28	43
Sum HpCDD	0.064	70	94	90	60	94

OCDF	0.19	330	630	490	260	440
OCDD	0.097	170	190	170	120	190

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no