

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

Akvaplan-niva

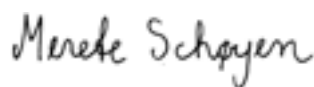
9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Undersøkelser av forurensninger i sedimentene utenfor Tjuvholmen i Oslo.	Løpenr. (for bestilling) 4686-2003	Dato 23.05.2003
	Prosjektnr. Undernr. O-23049	Sider Pris 75
Forfatter(e) Merete Schøyen Sigurd Øxnevad Aud Helland Brage Rygg	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Oslo	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Selvaagbygg	Oppdragsreferanse Golder Associates AB v/ Kim Forchhammer
---------------------------------	--

<p>Sammendrag</p> <p>Rapporten omhandler resultatene fra undersøkelser av miljøgifter i sedimenter foretatt ved 12 områder utenfor Tjuvholmen i indre Oslofjord i april 2003. Sedimentene var ubetydelig/ lite forurenset til meget sterkt forurenset av metaller (Ag, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, Hg) og polyklorete bifenylter (PCB). Alle områdene var sterkt forurenset av olje. Innholdet av olje (total mengde hydrokarboner) var på over 16000 mg olje/kg tørt sediment på en av stasjonene, og var også markert til meget sterkt forurenset av polyaromatiske hydrokarboner (PAH). Sedimentene var i tillegg sterkt til meget sterkt forurenset av benzo(a)pyren. Det ble funnet høye konsentrasjoner av tributyltinn (TBT), med høyeste konsentrasjon på 4880 µg/kg i område Q på østsiden av Tjuvholmen. Alle de undersøkte områdene klassifiseres som meget sterkt forurenset av TBT. Områdene øst for Tjuvholmen (N, O, P, Q) er sterkere forurenset enn områdene innenfor kaia vest for Tjuvholmen (A, B, C, D, E, K, L, M).</p>

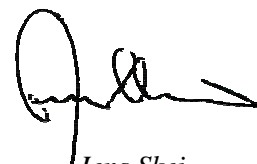
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Marine sedimenter 2. Miljøgifter 3. Oslofjorden 4. Tjuvholmen 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Marine sediments 2. Contaminants/ Micropollutants 3. Oslofjord 4. Tjuvholmen
--	---



Merete Schøyen
Prosjektleder



Kristoffer Næs
Forskningsleder
ISBN 82-577-4354-2



Jens Skei
Forskningsdirektør

Undersøkelser av forurensninger i sedimentene utenfor Tjuvholmen i Oslo

Forord

Denne undersøkelsen er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på oppdrag for Selvaagbygg i henhold til tilbud av 28. mars 2003. Tilbudsforespørselen ble gitt av Statkraft Grøner/ Golder Associates AB. Kontaktpersonen i Golder Associates AB har vært Kim Forchhammer.

Merete Schøyen har vært prosjektleder for undersøkelsen. Aud Helland og Sigurd Øxnevad har deltatt i forbindelse med innsamling av bunnsedimenter og rapportering. Brage Rygg har hatt ansvaret for database- og kartarbeid.

Sedimentprøvene ble innsamlet 22. og 23. april 2003 fra Universitetet i Oslo sitt forskningsfartøy Trygve Braarud. De kjemiske analysene er i hovedsak utført ved NIVAs laboratorium i Oslo. Analyser av tributyltinn (TBT) ble sendt til AnalyCen AS i Moss. Analysene for ^{210}Pb -datering er utført av Dansk Hydrologisk Institutt (DHI).

Undersøkelsene av forurensninger i sedimentene skal danne grunnlag for beslutninger om hvilke tiltak som er nødvendig for å hindre spredning av forurensninger under og etter utbyggingen av Tjuvholmen.

Oslo, 23.05.2003

Merete Schøyen

Innhold

SAMMENDRAG	5
SUMMARY	6
1. BAKGRUNN	7
1.1 Målsetting	7
1.2 Tidligere undersøkelser	7
2. MATERIALE OG METODER	9
2.1 Analyser	10
3. RESULTATER	12
3.1 Metaller	12
3.2 Blydatering (^{210}Pb)	15
3.3 Organiske miljøgifter	15
3.3.1 Polyklorerte bifenyler (PCB)	17
3.3.2 Olje	17
3.3.3 Tjæreforbindelser (PAH)	17
3.3.4 Tributyltinn (TBT)	19
4. REFERANSER	20
VEDLEGG A Metodebeskrivelser	21
VEDLEGG B Forkortelser/ Abbreviations	29
VEDLEGG C Beskrivelser fra prøvetaking	31
VEDLEGG D Analyseresultater	40
VEDLEGG E Blydatering (^{210}Pb)	56

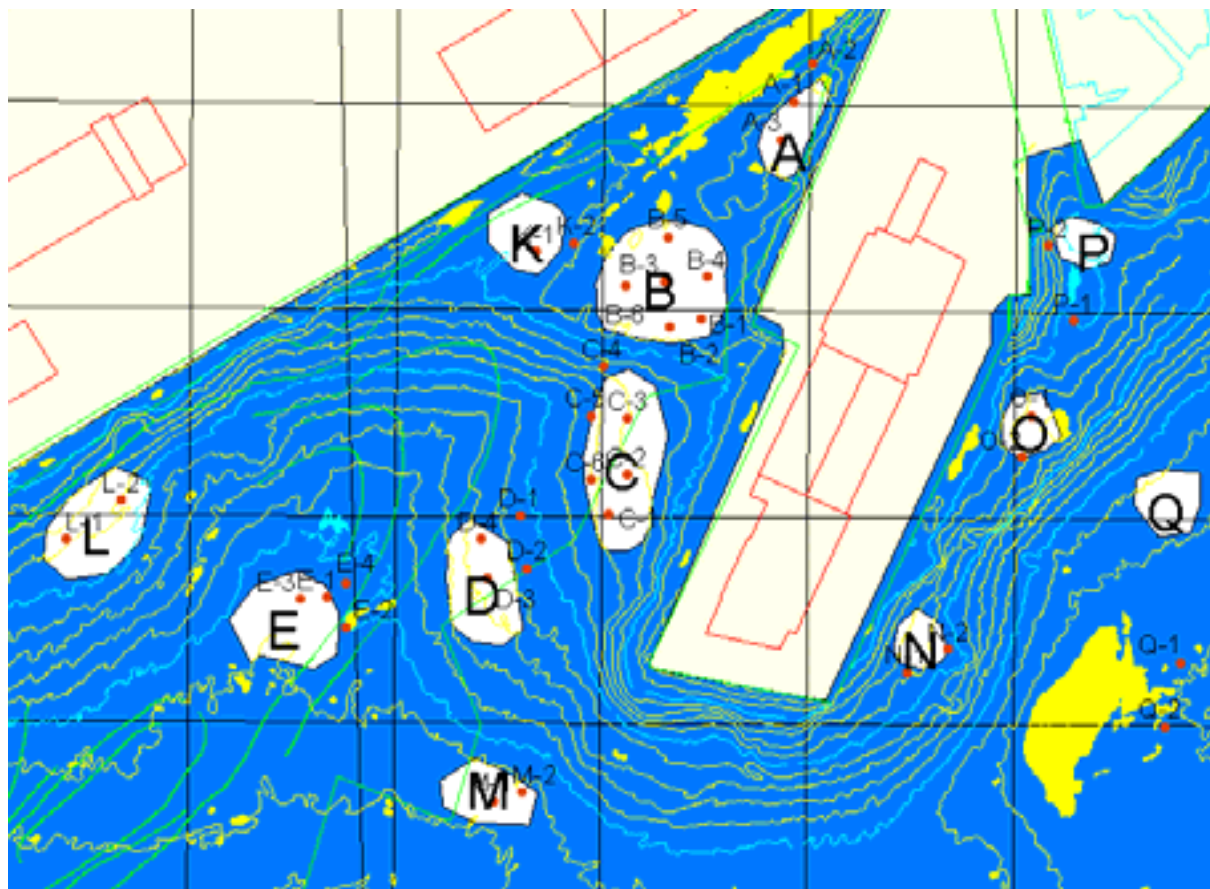
Sammendrag

NIVA har på oppdrag for Selvaagbygg utført sedimentundersøkelser utenfor Tjuvholmen i indre Oslofjord. Målet med undersøkelsen var å kartlegge forurensningsnivået av metaller (Ag, As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Mn, Pb, Zn, Hg), PAH, PCB, TBT og olje i bunnsedimentene. Undersøkelsen skal danne grunnlag for beslutninger om hvilke tiltak som bør gjennomføres for å hindre spredning av forurensninger fra sedimentene under og etter utbyggingen av Tjuvholmen.

Analysene viste at overflatesedimentene er sterk forurensset av en rekke metaller, særlig av kvikksølv, bly, sink, sølv og kobber. Høyeste konsentrasjon av kvikksølv ble funnet i område O på østsiden av Tjuvholmen, og var på 31,1 mg Hg/kg.

Overflatesedimentene var ubetydelig/ lite forurensset til meget sterkt forurensset av polyklorerte bifenyler (PCB). Sedimentene var sterkt forurensset av olje, opp til 16000 mg/kg (t.v.) på en av stasjonene, og var markert til meget sterkt forurensset av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Analysene viste at sedimentene også var sterkt til meget sterkt forurensset av benzo(a)pyren. Det ble også funnet høye konsentrasjoner av tributyltinn (TBT), med høyeste verdi på 4880 µg/kg i område Q på østsiden av Tjuvholmen. Alle de undersøkte områdene kan klassifiseres som meget sterkt forurensset av TBT.

Områdene øst for Tjuvholmen (N, O, P, Q) er sterkere forurensset enn områdene innenfor kaia vest for Tjuvholmen (A, B, C, D, E, K, L, M) (Figur 1).



Figur 1. Posisjoner for sedimentprøvetaking utenfor Tjuvholmen i Oslo. Røde punkter markerer stasjonene innenfor områdene A, B, C, D, E, K, L, M, N, O, P og Q.

Summary

Title: Investigations of micropollutants in sediments outside Tjuvholmen in Oslo

Year: 2003

Author: Merete Schøyen, Sigurd Øxnevad, Aud Helland, Brage Rygg

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4354-2

NIVA has on behalf of Selvaagbygg performed sediment investigations outside Tjuvholmen in Oslo. The aim of the study was to map the pollution level of metals (Ag, As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Mn, Pb, Zn, Hg), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), polychlorinated biphenyls (PCBs), tributyltin (TBT) and oil in the sediments.

The analyses showed that the surface sediments were severely polluted by several heavy metals, especially mercury, lead, zinc, silver and copper. There were found mercury concentrations up to 31,1 mg Hg/kg (d.w.) in area O east of the harbour.

The investigated areas were little to very severely polluted by PCBs. The sediments were also severely contaminated by oil, with concentrations up to 16000 mg THC/kg (d.w.), and markedly to severely polluted by PAH. The sediments were severely to very severely polluted by benzo(a)pyrene. All the areas in the survey were found to be very severely contaminated by TBT. In area Q east of the harbour, it was observed a TBT concentration of 4880 µg /kg.

The areas east of Tjuvholmen (N, O, P, Q) are generally more polluted than the inner areas west of Tjuvholmen (A, B, C, D, E, K, L, M) (Figure 1).

1. Bakgrunn

I desember 2002 vedtok bystyret i Oslo å gå inn for prosjektet Utsyn for utbygging av Tjuvholmen. Prosjektet er laget av Selvaag Gruppen, Aspelin-Ramm Gruppen og Eiendomsspar. Utsyn-prosjektet skal etter planen dele Tjuvholmen i tre deler med hver sin funksjon. Akerodden vil bestå av spisesteder, butikkarkader, hotell og en plass som møter Bryggetorget på Aker Brygge. Tjuvholmen vil bli en øy med boliger og et opplevelsessenter, og Skjæret skal bli en park med en skjermet badestrand.

I forbindelse med utbyggingen av Tjuvholmen, fikk NIVA i oppdrag av Selvaagbygg å gjennomføre en undersøkelse av sedimentene utenfor havneområdet med hensyn på forurensninger. Denne undersøkelsen skal danne grunnlag for beslutninger om hvilke tiltak som bør gjennomføres for å hindre spredning av forurensninger fra sedimentene under og etter utbyggingen av Tjuvholmen.

1.1 Målsetting

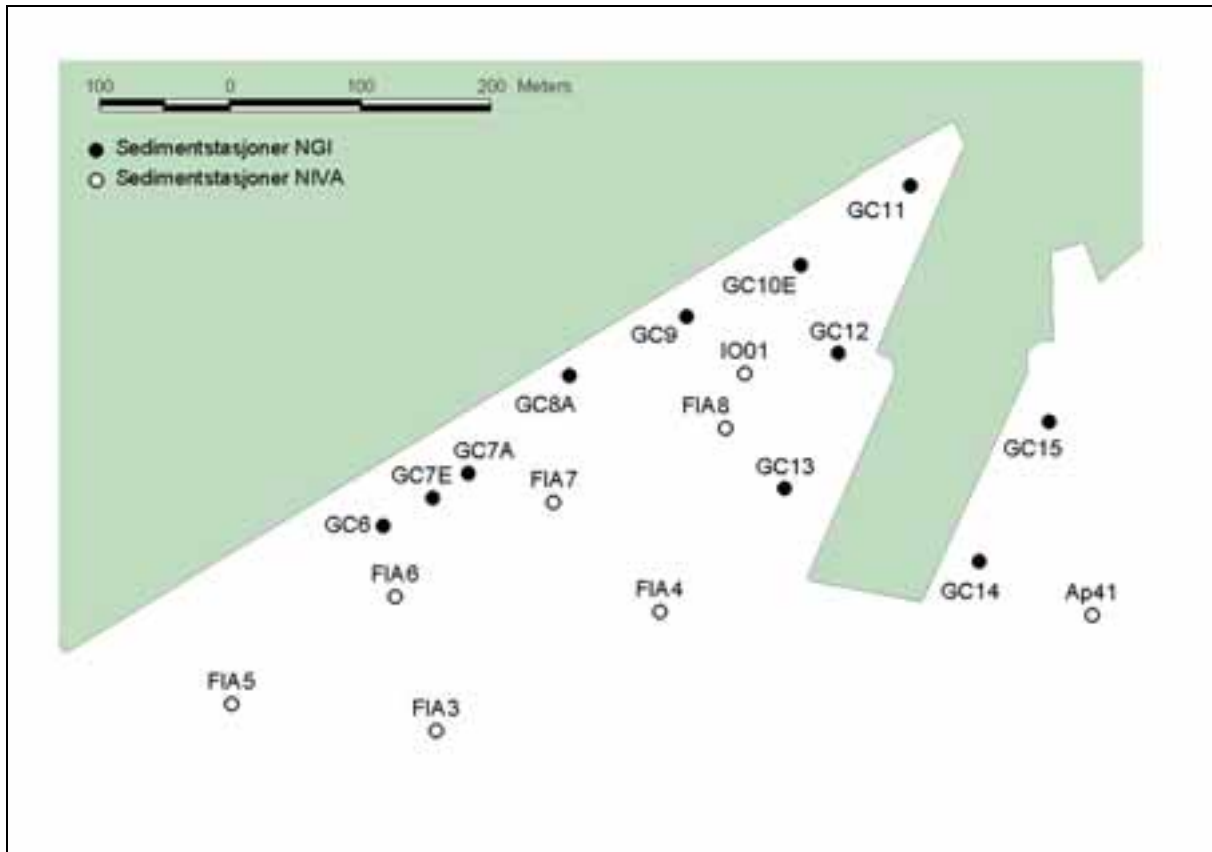
Undersøkelsen dokumenterer innholdet av de vesentligste forurensningene i sedimentene: metaller (Ag, As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Mn, Pb, Zn, Hg), PCB, PAH, TBT og olje.

På bakgrunn av undersøkelsen skal det være mulig å belyse:

- innhold av de vesentligste forurensninger (metaller, PAH, PCB)
- den historiske utvikling av forurensningen (estimerer for fremtidig utvikling)
- forurensningens omfang i området i relasjon til Statens forurensningstilsyns (SFTs) klassifisering
- forurensningens omfang i relasjon til sammenlignbare områder (bl.a. øvrige deler av Oslo Havn)

1.2 Tidligere undersøkelser

Miljøgifter i sedimenter er et av NIVAs store satsningsområder, og NIVA er nasjonalt ledende på dette fagfeltet. NIVA har i flere år foretatt en rekke undersøkelser av sedimenter i indre Oslofjord som kan brukes som sammenligningsgrunnlag for undersøkelsen ved Tjuvholmen (Helland 2002, Helland et al. 2003, Konieczny 1993, Konieczny 1994, Konieczny & Brevik 1997, Magnusson et al. 2002, Molvær et al. 1997, Nygaard & Källqvist 1994, Schaanning & Bjerkeng 2001, Schaanning & Efraimsen 2002, Skei et al. 1994, Skei et al. 1999).



Figur 2. Tidligere sedimentstasjoner utenfor Tjuvholmen og Filipstad undersøkt av NGI og NIVA.

Sedimentene i området utenfor Tjuvholmen og Filipstad er undersøkt tidligere ved flere anledninger. Figur 2 viser undersøkelser gjort av Norges Geotekniske Institutt (NGI) ved 11 stasjoner og undersøkelser gjort av NIVA ved 8 stasjoner. Dette betyr at forurensningssituasjonen i området er relativt godt kjent.

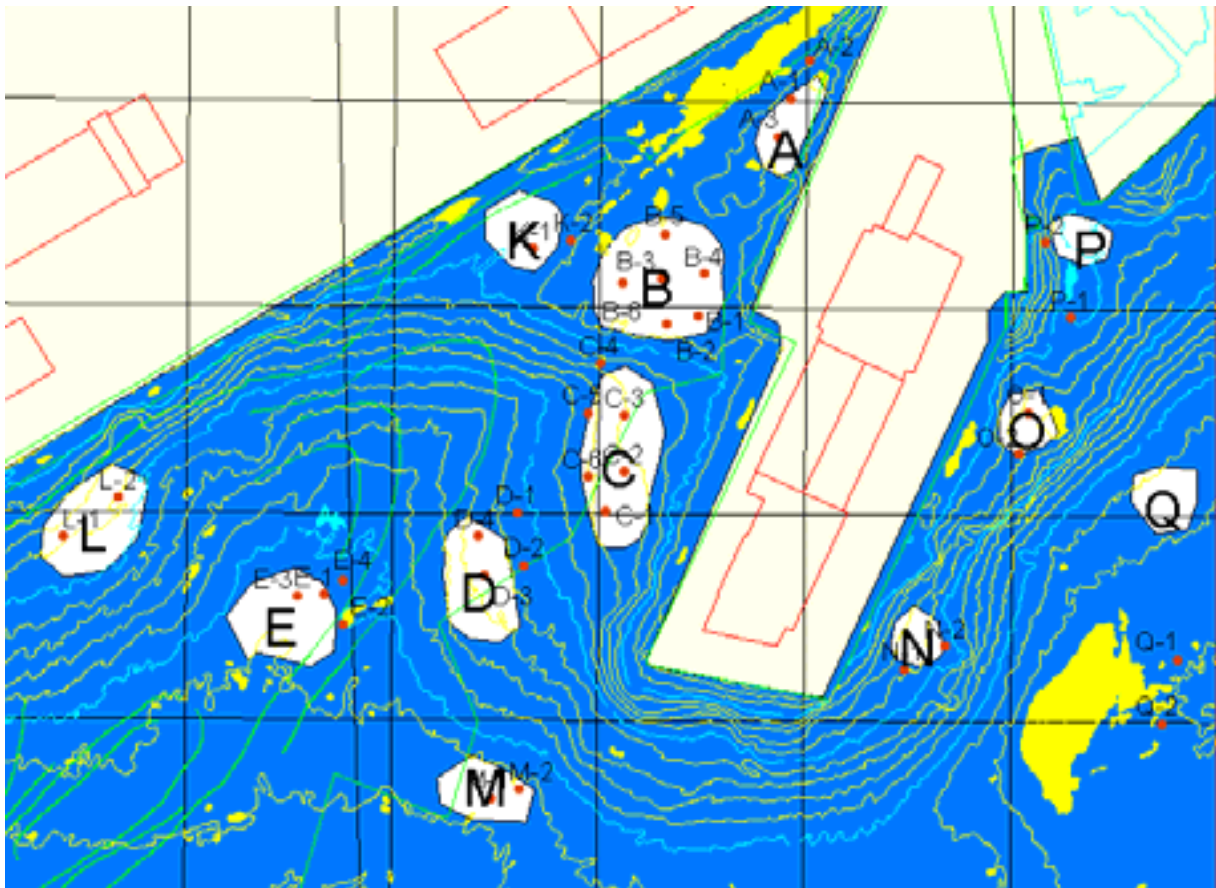
Anleggsområdet utenfor Tjuvholmen er ca 130.000 m². NGIs kartlegging viser en tykkelse på opptil én meter av forurensede bunnsedimenter og volumet er således ca 100.000-130.000 m³. Mudringsforskriften krever 3 prøvepunkter per 50.000 m³ mudringsmasser, slik at prøvepunktene i denne undersøkelsen er tilstrekkelig for å få en god oversikt over forurensningssituasjonen.

2. Materiale og metoder

Sedimentprøvene ble innsamlet 22. og 23. april 2003 fra Universitetet i Oslo sitt forskningsfartøy Trygve Braarud.

Det ble brukt en Niemistö gravity corer for å hente opp sedimentprøver. Prøvetakeren er konstruert for å gi minst mulig forstyrrelse av sedimentene og for å bevare overgangen mellom sediment og vann. Et 61,2 cm langt gjennomsiktig PVC-rør med en indre diameter på 7,3 cm ble satt i endestykket, og ble deretter plassert i prøvetakeren og skrudd fast med vingemuttre. Når prøven var tatt ble endestykket løsnet fra stålrøret og tatt ut sammen med PVC-røret. Ekstra blyvekter ble montert på prøvetakerhodet for å få den til å penetrere lenger ned i sedimentet. Det ble også benyttet en Van Veen grab for å hente opp overflatesediment på steder hvor det ikke var mulig å få opp sedimentkjerne med Niemistö-prøvetakeren. I ett punkt (E-2) ble det hentet opp en lengre sedimentkjerne for analyse av sedimentasjonshastighet. Til denne prøvetakingen ble det benyttet en tung gravity corer innleid fra NGL.

Det ble hentet opp sedimentprøver fra 12 områder utenfor Tjuvholmen fordelt på 37 prøvepunkter (Figur 3), og stasjons- og sedimentbeskrivelser er gitt i vedlegg C.



Figur 3. Posisjoner for sedimentprøvetaking utenfor Tjuvholmen i Oslo. Røde punkter markerer stasjonene innenfor områdene A, B, C, D, E, K, L, M, N, O, P og Q.

Utvalget ble gjort etter kriterier om at prøvetakingen skulle gjøres i områder som er relativt homogene (helning <3%). Områdene A-E ligger tilnærmet på en linje og representerer forskjellige dybdenivåer innenfor det området som direkte berøres av tiltaket. Områdene K-Q er å betrakte som referanseområder som ligger noe utenfor det direkte berørte området, i henhold til tilbudsforespørselen.

I område E var det forventet å få de lengste kjernene og sedimentene her har vært utsatt for minst forstyrrelse. Her ble det tatt kjerner for ^{210}Pb -datering (aldersbestemmelse) av sedimentene. For å få en bedre tidsoppløsning på forurensningutviklingen, ble et utvalg av de samme kjernene analysert for miljøgifter. Kjernene ble snittet i 0-1 cm snitt ned til 10 cm, deretter 2 cm intervaller ned til bunnen av kjernen, men enkelte av overflateprøvene ble slått sammen for analysering. Kjernen ble antatt å være så lang at den rakk ned til pre-industrielle leireavsetninger.

Sedimentkjernene ble grovt beskrevet med hensyn på farge, konsistens og lukt (se vedlegg C). Sedimentkjernene ble hovedsakelig delt opp i følgende intervaller: 0-2 cm, 2-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm og 40-50 cm, avhengig av kjernens lengde. Sedimentprøvene ble fortløpende lagt på glødede prøveglass. Analyser av metaller, TBT og olje ble kun gjort på sedimenter fra de øverste 10 cm. En komplett oversikt over det totale antall prøver finnes i vedlegg C. Prøver fra alle sedimentkjernene oppbevares på fryselager for eventuelt supplerende analyser.

2.1 Analyser

Alle de 83 prøvene ble analysert for tørrstoff (TTS), gløderest (TGR) og total organisk karbon (TOC), og 58 av de 83 prøvene ble i tillegg analysert for tungmetaller (10 stk, samt Hg) og 70 stk ble analysert for PCB. Prøvene ble også analysert for PAH (19 stk), TBT (19 stk) og olje (19 stk).

De kjemiske analysene ble utført ved NIVAs laboratorier i Oslo, bortsett fra analysen av TBT som ble sendt til AnalyCen AS i Moss og ^{210}Pb dateringen som ble utført av DHI. NIVAs laboratorier er akkreditert for en rekke analyseparametre i henhold til kravene satt i den internasjonale standarden NS-EN ISO/IEC 17025. Analysene ble utført med lave deteksjonsgrenser (Tabell 1) og kan sammenlignes med SFTs tilstandsklassifisering for sedimenter (Molvær et al. 1997) (Tabell 2).

Tabell 1. Deteksjonsgrenser for de ulike komponentene hvor alle konsentrasjoner er gitt på tørrvektbasis.

Parameter	Teknikk	Deteksjonsgrenser
TOC	TOC/F	1 µg C/ mg
PCB ₇	PCB7-Sm	0.2 – 2 µg/ kg
PAH	PAH16+	0.5 – 3 µg/ kg
Olje	Olje/GC-Sm	10 mg/ kg
TBT	SnOrg-Sm	1-10 µg/ kg
Ag	ICP10-Sm	0.5 µg/ g
As	ICP10-Sm	2.0 µg/ g
Cd	ICP10-Sm	0.2 µg/ g
Co	ICP10-Sm	0.3 µg / g
Cr	ICP10-Sm	0.3 µg/ g
Cu	ICP10-Sm	0.2 µg/ g
Mn	ICP10-Sm	0.05 µg/ g
Hg	Hg-Sm	0.005 µg/ g
Ni	ICP10-Sm	0.4 µg/ g
Pb	ICP10-Sm	1.0 µg/ g
Zn	ICP10-Sm	1.0 µg / g

Tabell 2. Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og klororganiske forbindelser i vann og sedimenter. * ved verdien i kl. I markerer forandring fra første utgave av veiledningen (ledsagende justeringer i de øvrige klasser ikke avmerket). Nye parametre er merket **.

Parametre		Tilstandsklasser				
		I Ubetydelig – Lite forurenset	II Moderat forurenset	III Markert forurenset	IV Sterkt forurenset	V Meget sterkt forurenset
Metaller m.m. i sedimenter (tørrvekt)	Arsen (mg As/kg)	<20	20-80	80-400	400-1000	>1000
	Bly (mg Pb/kg)	<30	30-120	120-600	600-1500	>1500
	Fluorid (mg F/kg)	<800	800-3000	3000-8000	8000-20000	>20000
	Kadmium (mg Cd/kg)	<0.25	0.25-1	1-5	5-10	>10
	Kobber (mg Cu/kg)	<35	35-150	150-700	700-1500	>1500
	Krom (mg Cr/kg)	<70	70-300	300-1500	1500-5000	>5000
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0.15	0.15-0.6	0.6-3	3-5	>5
	Nikkel (mg Ni/kg)	<30	30-130	130-600	600-1500	>1500
	Sink (mg Zn/kg)	<150	150-700	700-3000	3000-10000	>10000
	Sølv (mg Ag/kg)	<0.3	0.3-1.3	1.3-5	5-10	>10
	TBT ** 1) (µg/kg)	<1	1-5	5-20	20-100	>100
Organiske miljøgifter i sedimenter (tørrvekt)	Σ PAH 2) (µg/kg)	<300	300-2000	2000-6000	6000-20000	>20000
	B(a)P 3) (µg/kg)	<10	10-50	50-200	200-500	>500
	Σ PCB ₇ ** 5) (µg/kg)	<5	5-25	25-100	100-300	>300

1) TBT: Tributyltinn (antibegroingsmiddel i skipsmaling).

2) PAH: Polysykliske aromatiske hydrokarboner. Gruppe tjærestoffer der en del forbindelser er potensielt kreftfremkallende (KPAH, deriblant benzo(a)pyren B(a)P). ΣPAH: sum av tri- til heksasykliske forbindelser bestemt ved gasskromatografi med glasskapillarkolonne. Inkluderer de 16 i EPA protokoll 8310 minus naftalen (disyklisk). Omfatter dessuten alle KPAH (gr. 2A og gr. 2B i IARC, 1987).

3) Se under PAH.

5) PCB: Polyklorerte bifenylar. Gruppe forbindelser (ulike kommersielle blandinger). Σ PCB₇= sum av de 7 enkeltforbindelsene nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180. I den tidligere utgave av veiledningen er PCB angitt som total PCB ut fra likhet med kommersielle blandinger. Konsentrasjonsangivelsene i første utgave av klassifiseringssystemet refererte seg til total PCB bestemt ved eldre analysemetodikk. Enkelte PCB har dioksinlignende egenskaper (se note 2 til tabell 9).

3. Resultater

3.1 Metaller

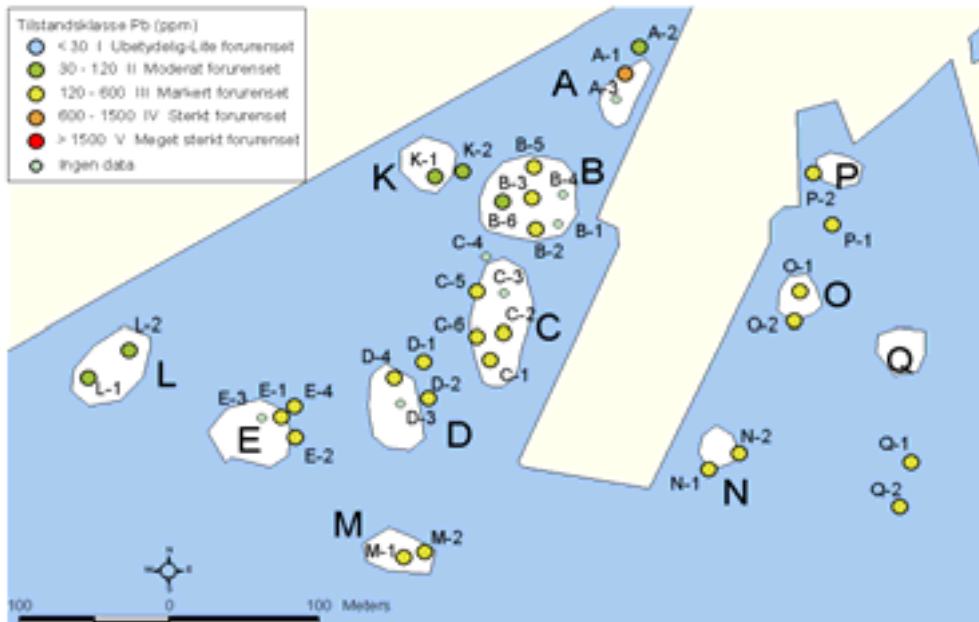
Sedimentene utenfor Tjuvholmen er ubetydelig/ lite forurenset til meget sterkt forurenset av metaller.

Tabell 3. Klassifisering av sedimenter i hht. SFTs miljøkvalitetskriterier (Molvær et al. 1997). Verdiene er angitt i tørrvekt. Fargekodene indikerer forurensningsgradene ubetydelig/lite (blått), moderat (grønt), markert (gult), sterkt (orange), meget sterkt (rødt) forurenset. Metallene kobolt (Co) og mangan (Mn) inngår ikke i SFTs klassifiseringssystem.

Lokalitet	Stasjon	Toppsnitt	Bunnsnitt	Ag	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	Co	Mn
A	A-1	0	2	4,5	5	0,5	22,3	166	18,3	1100	289	17,6	5,8	218
A	A-2	0	2	3,1	6,4	0,4	19,8	158	19,5	69,7	211	5,69	6	225
A	A-3	2	10	7,5	15	1,9	49,1	279	29,1	319	805	6,85	9,8	238
A	A-2	2	10	1,5	10	0,5	30,1	93,8	24,5	195	485	2,8	8,2	225
B	B-6	0	2	2,5	10	0,94	40,5	137	32	97	370	2,7	9,9	263
B	B-3	0	2	6,5	22	1,7	62,2	202	36,5	186	614	7,49	10,7	317
B	B-5	0	2	5,7	16	1,8	54,4	199	34,5	246	620	5,28	10,3	295
B	B-2	0	2	5,2	17	2,2	56,1	162	32,7	175	650	3,78	9,8	292
B	B-3	2	10	4,2	15	1,6	48,6	247	34,1	214	646	4,59	9	225
B	B-5	2	10	2,8	13	1,2	52	181	35,7	98,5	444	3,17	12,2	390
B	B-2	2	10	2,9	13	1,3	55,1	169	42,7	142	411	2,76	13,5	432
C	C-6	0	2	7,8	22	3,3	78,8	242	42,1	225	713	6,26	11,6	308
C	C-5	0	2	5,6	22	1,9	64,6	168	41,8	183	517	4,72	11,5	343
C	C-1	0	2	7,5	17	2,4	65,6	226	37,7	185	804	5,51	10,6	286
C	C-2	0	2	5,8	23	1,9	59,8	185	36,5	169	479	4,25	10,6	325
C	C-6	2	10	6,6	25	7,69	118	364	48,6	352	1140	9,52	13,4	311
C	C-1	2	10	7,1	23	6,2	120	515	50,5	383	1320	11,3	13,1	303
C	C-2	2	10	6,1	22	5,6	100	338	42,9	363	1060	10,7	12	378
D	D-4	0	2	6,5	25	1,9	72,4	202	44,1	204	561	4,74	12,5	371
D	D-1	0	2	6,3	24	2,2	71,3	205	45,4	229	627	5,61	12,8	369
D	D-2	0	2	6,2	19	3,3	71,3	220	42,1	221	728	5,15	12,1	336
D	D-4	2	10	7,4	23	4	87,2	312	50,5	284	934	11,3	14,3	338
D	D-3	2	10	8,8	23	5,1	85,7	321	51,7	270	917	8,58	14	321
E	E-2	0	2	5,7	47	1,7	69,3	173	39,9	166	462	3,73	11,4	349
E	E-2	4	6	7,2	28	2,6	78,3	225	42,8	193	586	5,01	12,2	334
E	E-2	8	10	7,8	29	3,2	81,9	229	49,1	231	680	6,12	13,1	370
E	E-2	12	14	7,6	23	3,6	85,3	291	46	246	754	7,71	13	329
E	E-2	16	18	7,6	26	6,53	146	437	50	374	982	8,14	13,2	300
E	E-2	18	20	8,2	27	6,48	116	312	47,8	277	835	8,44	13,8	412
E	E-2	24	26	4,6	22	8,01	129	325	40,8	379	1150	10,5	11	292
E	E-2	28	30	3,9	18	4,3	69,5	202	35,7	249	689	7,8	9,52	365
E	E-2	38	40	1	16	0,86	46,8	61	45,4	65	216	1,38	15,6	462
E	E-2	52	54	0,5	17	0,92	60,1	70,2	45,3	148	278	2,75	12,6	345
E	E-1	0	2	6,2	21	2,2	70,7	194	47,8	200	566	3,52	13,3	372
E	E-4	0	2	10	24	5,4	104	296	47,5	308	953	7,57	13,2	319
E	E-2	0	2	5,6	20	2	68,1	174	44,9	176	510	4,45	12,8	366
E	E-1	2	10	7,8	26	2,9	80,1	233	49,1	221	645	5,17	13,5	364
E	E-4	2	10	10	21	5,6	111	330	46,5	322	919	7,57	13	312
K	K-1	0	2	0,8	12	0,6	47,4	73,6	42,6	81,8	264	1,06	14,2	463
K	K-2	0	2	0,5	9,9	0,5	46,3	45,5	40,8	47	215	0,59	14	512
L	L-1	0	2	1,7	11	0,6	43,5	102	31,4	81,5	255	1,67	11,2	511
L	L-2	0	2	1	11	0,81	42,9	89,4	34,5	72,6	293	1,57	12,7	388
L	L-1	2	10	1	9,9	0,6	80,7	70	25,4	76,6	278	0,77	8,8	243
M	M-1	0	2	5,9	26	2	66,8	181	42,2	162	510	4,37	12,5	332
M	M-2	0	2	5,4	28	1,8	65,2	177	41,6	171	489	3,26	11,8	340
M	M-1	2	10	9,1	22	3,9	77,3	370	45,6	236	822	6,52	13,3	331
N	N-1	0	2	4,6	48	2,1	67,8	394	43,6	512	4060	18,7	10,6	497
N	N-2	0	2	7,3	33	1,1	83,5	307	38,2	266	555	5,49	11,2	382
N	N-2	2	10	4,9	45	7,28	145	874	67,2	652	1560	23,2	16,9	388
O	O-2	0	2	7,6	45	1,5	89,3	422	39	368	714	7,52	11,5	370
O	O-1	0	2	7,7	28	2,6	81,5	429	36	350	1120	7,33	11	307
O	O-1	2	10	7	37	4,6	136	1160	53,9	1380	2420	31,1	18,1	271
P	P-2	0	2	4,9	35	1,5	84	425	34,1	317	1090	5,24	15,1	426
P	P-1	0	2	3,6	31	1,2	55	512	27,8	292	828	14,5	9,43	415
P	P-1	2	10	4,6	29	1,7	59,4	258	38,8	559	913	20	11,2	284
Q	Q-2	0	2	5,3	20	2	62,9	202	37,9	141	456	2,44	11,7	318
Q	Q-1	0	2	5,7	19	2,2	64,9	222	39,1	153	488	9,58	12,1	321
Q	Q-1	2	10	7	17	2,5	66	226	38,9	179	567	2,56	11,7	302
Min				0,5	5	0,4	19,8	45,5	18,3	47	211	0,59	5,8	218
Max				10	48	8,01	146	1160	67,2	1380	4060	31,1	18,1	512
Gj. snitt				5,5	22,3	2,7	73,6	265,2	40,5	268,3	749,4	7,0	12,0	341,4

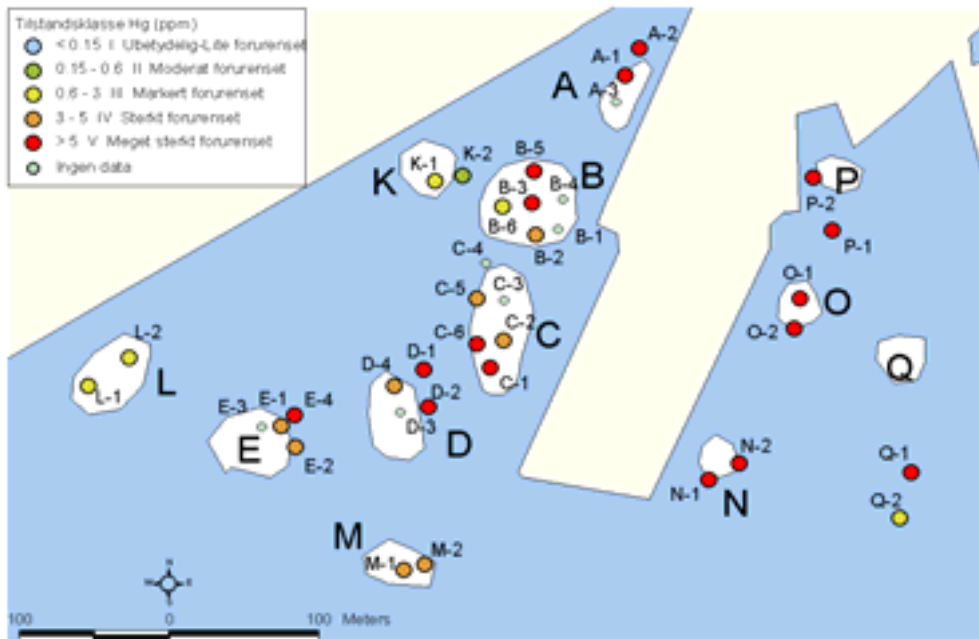
Vi finner de fleste minimumsverdier i område A, mens områdene E og N har mange av maksimumsverdiene. Arsen (As) varierte mellom minimumsverdien 5 mg As/kg (ubetydelig/ lite forurenset) i område A til maksimumsverdien 48 mg As/kg (moderat forurenset) i område N. Kobolt (Co) varierte mellom 5,8 mg Co/kg som laveste verdi i område A og 18,1 mg Co/kg som høyeste verdi i område O. Det var lavest konsentrasjon av krom (Cr) i område A på 19,8 mg Cr/kg (ubetydelig/ lite forurenset), mens den høyeste konsentrasjonen ble funnet i område E, og var på 146 mg Cr/kg (moderat forurenset) i område E. Konsentrasjonen av mangan (Mn) var lavest med 218 mg Mn/kg i område A og høyest med 512 mg Mn/kg i område K. Sink (Zn) hadde 211 mg Zn/kg som laveste verdi (moderat forurenset) i område A, og 4060 mg Zn/kg (sterkt forurenset) som høyeste verdi i område N. Konsentrasjonen av sølv (Ag) var lavest med 0,5 mg Ag/kg (moderat forurenset) i områdene E og K, og høyest med 10 mg Ag/kg (sterkt forurenset) ved to stasjoner i område E. Nikkel (Ni) varierte mellom 18,3 mg Ni/kg (ubetydelig/ lite forurenset) som laveste verdi i område A, og 67,2 mg Ni/kg som høyeste verdi (moderat forurenset) i område N.

Konsentrasjonen av bly (Pb) var lavest med 47 mg Pb/kg (moderat forurenset) i område K til 1380 mg Pb/kg (sterkt forurenset) i område O (Figur 4).



Figur 4. Oversikt over forurensningsgraden av bly (Pb) i sedimentene utenfor Tjuvholmen. Kartet er basert på analyseresultatene for de øverste 2 cm av sedimentet.

Sedimentene er generelt tungt belastet av kvikksølv (Hg). Konsentrasjonen av kvikksølv varierte mellom 0,59 mg Hg/kg (moderat forurenset) i område K til 31,1 mg Hg/kg (meget sterkt forurenset) i område O (Figur 5).



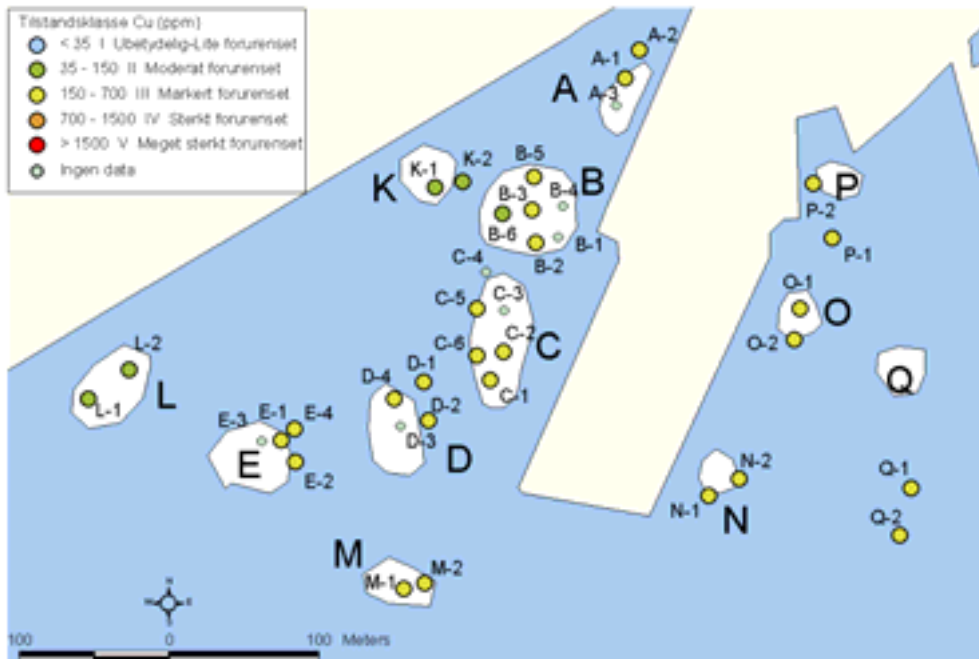
Figur 5. Oversikt over forurensningsgraden av kvikksølv (Hg) i sedimentene utenfor Tjuvholmen. Kartet er basert på analyseresultatene for de øverste 2 cm av sedimentet.

De undersøkte områdene var moderat til sterkt forurenset av kadmium (Cd) (Figur 6). Laveste konsentrasjon ble observert i område A på 0,4 mg Cd/kg. Den høyeste verdien ble funnet i område E og var på 8,01 Cd/kg.



Figur 6. Oversikt over forurensningsgraden av kadmium (Cd) i sedimentene utenfor Tjuvholmen. Kartet er basert på analyseresultatene for de øverste 2 cm av sedimentet.

Sedimentene utenfor Tjuvholmen var moderat til sterkt forurenset av kobber (Cu) (Figur 7 og Tabell 3). Den laveste konsentrasjonen av kobber ble observert i område K og var på 45,5 mg Cu/kg, og den høyeste konsentrasjonen ble funnet i område O (1160 mg Cu/kg), som regnes som sterkt forurenset.



Figur 7. Oversikt over forurensningsgraden av kobber (Cu) i sedimentene utenfor Tjuvholmen. Kartet er basert på analyseresultatene for de øverste 2 cm av sedimentet.

3.2 Blydatering (^{210}Pb)

Blydateringen (^{210}Pb) fra sedimentene ved område E ble vurdert av DHI til å være rimelig god. Lineær akkumulasjonsrate er 4,6 mm per år, og det tilsvarer 1593 g sediment per m^2 per år (se vedlegg E).

3.3 Organiske miljøgifter

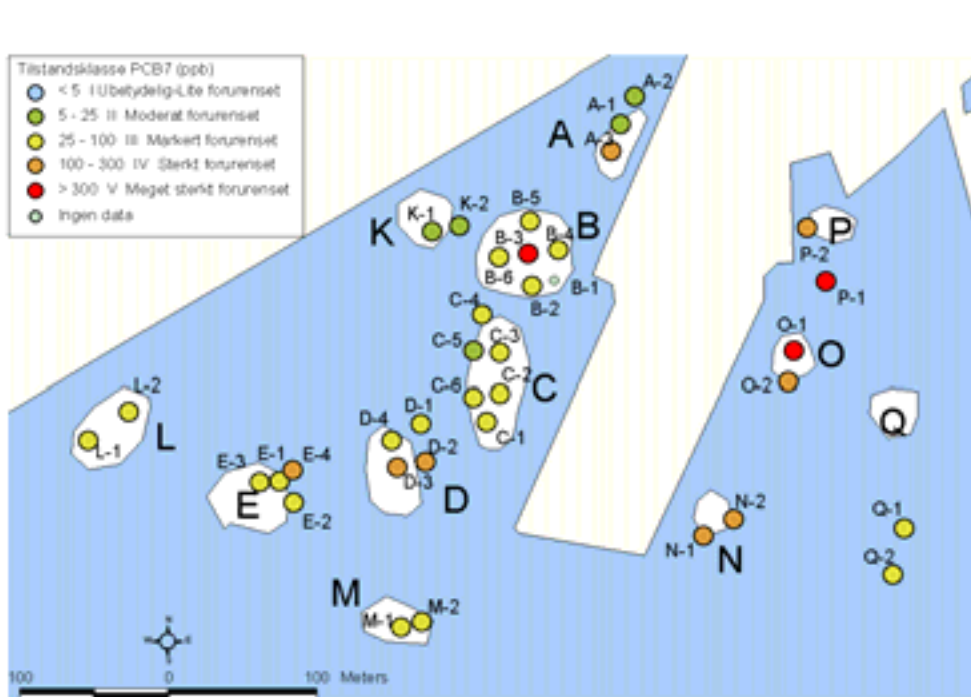
Sedimentene utenfor Tjuvholmen i indre Oslofjord var ubetydelig/ lite forurenset til meget sterkt forurenset av polyklorerte bifenyler (PCB). Innholdet av olje (total mengde hydrokarboner) var mer enn 16000 mg olje/ kg tørt sediment på en av stasjonene. De høyeste konsentrasjonene ble registrert i område E utenfor vestsiden av kaia. Sedimentene var markert til meget sterkt forurenset av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), og var også sterkt til meget sterkt forurenset av benzo(a)pyren. Det ble funnet høye konsentrasjoner av tributyltinn (TBT) og alle områdene har verdier som kan klassifiseres som meget sterkt forurenset av TBT.

Tabell 4. Klassifisering av sedimenter i hht. SFTs miljøkvalitetskriterier (Molvær et al. 1997). Verdiene er angitt i tørrvekt. Fargekodene indikerer forurensningsgradene ubetydelig/lite (blått), moderat (grønt), markert (gult), sterkt (orange), meget sterkt (rødt) forurenset.

Lokalitet	Stasjon	Toppsnitt	Bunnsnitt	Sum PCB	Benzo(a)pyren	Sum PAH	TBT	Olje/GC-Sm
A	A-1	0	2	11,99				
A	A-2	0	2	14				
A	A-2	2	10	226,8				
A	A-3	0	2	271,5	1210	15627	2147	1100
A	A-3	2	10	80,9				
B	B-2	0	2	30,5				
B	B-2	2	10	28,1				
B	B-3	0	2	1231,3				
B	B-3	2	10	43,7				
B	B-4	0	2	88,3	1419	20492	3416	1800
B	B-4	2	10	64,5	828	12318	1049	1000
B	B-5	0	2	77,1				
B	B-5	2	10	49,3				
B	B-6	0	2	25,3				
C	C-1	0	2	41,8				
C	C-1	2	10	166				
C	C-2	0	2	90,1				
C	C-2	2	10	560,3				
C	C-3	0	2	45,6	679	10162	2367	1500
C	C-4	0	2	36	927	18580	1806	2000
C	C-4	2	10	50,6	2610	53167	105	6200
C	C-5	0	2	19,51				
C	C-6	0	2	48,6				
C	C-6	2	10	106,5				
D	D-1	0	2	67,4				
D	D-2	0	2	142				
D	D-3	0	2	173,4	768	12440	1854	
D	D-3	2	10	117				
D	D-4	0	2	43,1				
D	D-4	2	10	112,9				
E	E-1	0	2	50,2				
E	E-1	2	10	83				
E	E-2	0	2	44				
E	E-2	0	2	45,8				
E	E-2	4	6	59,7				
E	E-2	8	10	61,2				
E	E-2	10	20	393	1100	12014	1530	12000
E	E-2	12	14	101,1				
E	E-2	16	18	365				
E	E-2	18	20	201				
E	E-2	20	30	440	2240	29332	317	16000
E	E-2	24	26	64,6				
E	E-2	28	30	16,64				
E	E-2	30	40	101,2	3150	65670	19	12000
E	E-2	38	40	3,59				
E	E-2	40	50	6,46	1600	20745	10	3700
E	E-2	52	54	0,2				
E	E-3	0	2	38,4	586	8243	2196	810
E	E-4	0	2	116,1				
E	E-4	2	10	197				
K	K-1	0	2	5,38	314	4490	144	320
K	K-2	0	2	9,03				
L	L-1	0	2	32,34	320	4062	537	310
L	L-1	2	10	34,5				
L	L-2	0	2	29,9				
M	M-1	0	2	30,7	737	10161	1781	970
M	M-1	2	10	117,7				
M	M-2	0	2	34,2				
N	N-1	0	2	225,3	30500	285624	1903	3500
N	N-2	0	2	105,8				
N	N-2	2	10	2312				
O	O-1	0	2	433	3340	34409	2928	1900
O	O-1	2	10	3950				
O	O-2	0	2	281				
P	P-1	0	2	854,4	2400	31883	2172	2300
P	P-1	2	10	86,3				
P	P-2	0	2	227				
Q	Q-1	0	2	90,9	690	8456	4880	1400
Q	Q-1	2	10	58,1				
Q	Q-2	0	2	38,6				
Min				0,2	314	4062	10	310
Max				3950	30500	285624	4880	16000
Gj. snitt				276,2	4106,3	45122,0	1716,7	4256,0

3.3.1 Polyklorerte bifenyler (PCB)

PCB-konsentrasjonene ble funnet å variere fra ubetydelig/lite forurenset i område E, til meget sterkt forurenset i område O. (Figur 8). I område O ble det funnet Σ PCB-konsentrasjon på 3950 $\mu\text{g}/\text{kg}$ sediment. I indre Oslofjord er det funnet konsentrasjoner av total PCB på 10 – 764 $\mu\text{g}/\text{kg}$ sediment, med høyeste konsentrasjoner i overflatesedimentene utenfor Dyno Industrier (Konieczny 1994). I indre Oslofjord er det observert total PCB på mer enn 300 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i overflatesedimenter fra Bestumkilen, Frognerkilen, Holtekilen, Akershuskaia/Vippetangen og strekningen Galteskjær til nord for Hovedøya (Konieczny 1994). Det er registrert maksimalverdi for total PCB på 6510 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt i 1955-65 nivået i Bjørvika.



Figur 8. Oversikt over forurensningsgraden av PCB i sedimentene utenfor Tjuvholmen. Kartet er basert på analyseresultatene for de øverste 2 cm av sedimentet.

3.3.2 Olje

Innholdet av olje i overflatesedimentene varierte mellom 310 – 16000 mg/kg . Olje inngår ikke i SFTs miljøkvalitetskriterier for fjorder og kystvann. Bakgrunnskonsentrasjonen av olje i kystnære marine sedimenter regnes imidlertid å ligge mellom 2 og 5 mg/kg (Bakke et al. 1990). De fleste verdiene fra denne undersøkelsen er dermed over 100 ganger høyere i forhold til diffust belastede områder. For noen miljøgifter tilsvarer en slik økning en ”tilstandsklasse V” eller ”sterkt forurenset”. Dette betyr at alle de undersøkte stasjonene var sterkt forurenset av olje.

3.3.3 Tjæreforbindelser (PAH)

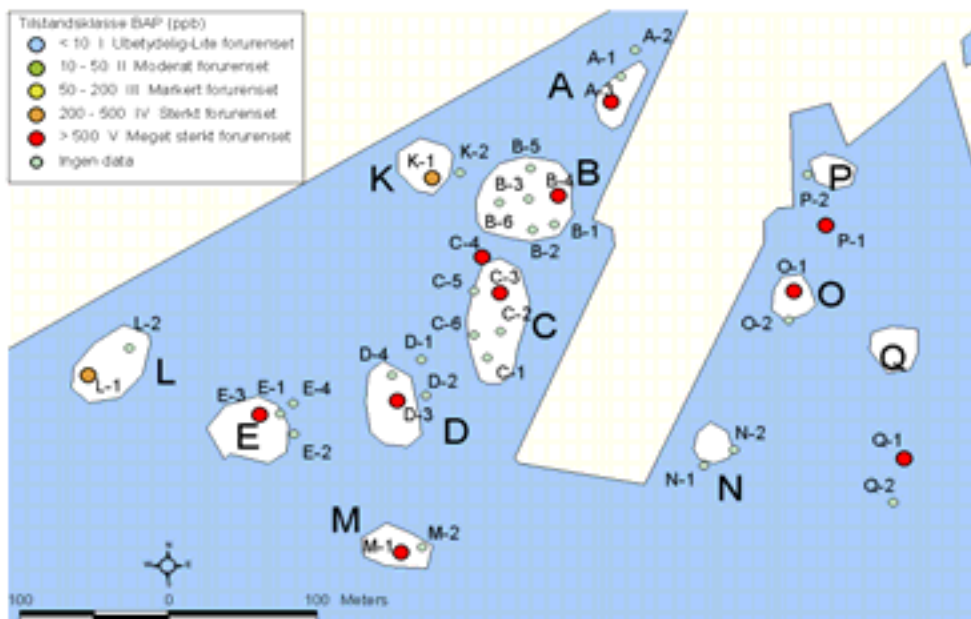
Konsentrasjonen av tjærestoff i overflatesedimentene lå på mellom 4062 og 285624 μg Σ PAH/kg sediment. I henhold til SFTs miljøkvalitetskriterier (Molvær et al. 1997) er områdene derfor markert til meget sterkt forurenset. Områdene K og L er markert forurenset, mens område N skiller seg fra de andre områdene med den høyeste PAH-konsentrasjonen i denne undersøkelsen (Figur 9). Ved en

undersøkelse av sedimentene utenfor oljehavnen på Sjursøya i 2002, ble det funnet PAH-konsentrasjoner som lå på mellom 3500 og 12200 μg $\Sigma\text{PAH}/\text{kg}$ sediment (Helland et al. 2003).



Figur 9. Oversikt over forureningsgraden av PAH i sedimentene utenfor Tjuvholmen. Kartet er basert på analyseresultatene for de øverste 2 cm av sedimentet.

Konsentrasjonen av benzo(a)pyren varierte mellom 314 $\mu\text{g}/\text{kg}$ sediment og 30500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ sediment. De undersøkte områdene må derfor klassifiseres som sterkt til meget sterkt forurenset med hensyn på denne PAH-forbindelsen. Sjursøya oljehavn har til sammenligning blitt karakterisert som å være sterkt forurenset av benzo(a)pyren (Helland et al. 2003).



Figur 10. Oversikt over forurensningsgraden av benzo(a)pyren i sedimentene utenfor Tjuvholmen. Kartet er basert på analyseresultatene for de øverste 2 cm av sedimentet.

3.3.4 Tributyltinn (TBT)

TBT-konsentrasjonen i overflatesedimentet varierte mellom 105 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i område C og 4880 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i område Q, slik at alle de analyserte sedimentene klassifiseres som meget sterkt forurenset.

Overflatesedimenter fra bassenget ved Malmøykalven er registrert som sterkt forurenset av TBT (Skei et al.1999).

Ved stasjon E ble det tatt TBT analyser 30–40 cm og 40–50 cm ned i sedimentet, og her er TBT-verdiene betraktelig lavere, henholdsvis 19 og 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TBT.

4. Referanser

- Bakke, T., Gray, J.S. & Reiersen, O. 1990. Monitoring in the vicinity of oil and gas platforms: environmental status in the Norwegian sector in 1987-1989. Pp 623-633 in Proceedings: First Int.Symposium on Oil and Gas Exploration and Production Waste Management Practices, New Orleans, USA 1990. US EPA.
- Helland, A. 2002. Miljøgifter i bunnsedimenter utenfor FINA's tankanlegg på Lysaker i Oslofjorden. NIVA-rapport 4552.
- Helland, A., Bakke, T & Schøyen, M. 2003. Oljeforurensning i sedimentene utenfor Sjursøya Oljehavn. 2002. NIVA-rapport 4651.
- Konieczny, R. M. 1993. Undersøkelse av oljeforurensning i sedimentene utenfor Sjursøya Oljehavn, Indre Oslofjord 1993. NIVA-rapport 3064.
- Konieczny, R. M. 1994. Miljøgiftundersøkelse i Indre Oslofjord. Delrapport 4. Miljøgifter i sedimenter. NIVA-rapport 3094.
- Konieczny, R. M. & Brevik, E. M. 1997. Kartlegging av et tønneponi i sjøen utenfor Aspond, Indre Oslofjord 1996. Utbredelse, tilstand og miljøgifter. NIVA-rapport 3586.
- Magnusson, J., Berge, J.A., Amundsen, R., Gjøsæter, J., Johnsen, T.M., Lømsland, E.R. & Solli, A. 2002. Overvåking av forurensningssituasjonen i indre Oslofjord 2001. NIVA-rapport 4584.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. & Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT Veiledning 97: 03. SFT. 36 s.
- Nygaard, K. & Källqvist, T. 1994. Miljøgiftundersøkelser i Indre Oslofjord. Delrapport 3: Testing av toksisitet i sedimenter fra Indre Oslofjord. NIVA-rapport 2988.
- Schaanning, M.T. & Bjerkeng, B. 2001. Opprydding av forurensede sedimenter i Oslo havn. Etablering av dypvannsdeponi ved Malmøykalven. Modell og estimat for spredning av miljøgifter. NIVA-rapport 4438.
- Schaanning, M.T. & Efraimsen, H. 2002. Opprydding av forurensede sedimenter i Oslo havn. Anaerob nedbrytningstest med sedimenter fra Bjørvika. NIVA-rapport 4476.
- Skei, J., Oen, H., Pettersen, O., Bryde, J. & Skuggevik, L. J. 1994. Miljøgiftundersøkelser i Indre Oslofjord. Delrapport 6. Eksperimentelle undersøkelser med forurensede sedimenter fra Oslo havnebasseng og bioakkumuleringstudier med blåskjell, ål og eremittkreps. NIVA-rapport 3070.
- Skei, J., Magnusson, J., Eek, E., Eggen, A. & Hauge, A. 1999. Strømundersøkelse og sedimentkvalitet i dypbassenget vest for Malmøykalven, Indre Oslofjord. NIVA-rapport 4019.

Vedlegg A. Metodebeskrivelser

Analysemetoder benyttet for sedimenter.

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
B 3-1	Totalt tørrstoffinnhold og gløderest	mg/l, mg/kg	TTS, TGR, TTS-V, TGR-V
Tittel:			
Bestemmelse av totalt tørrstoffinnhold og dets gløderest i vann, slam, sedimenter og biologisk materiale.			
Anvendelsesområde:			
Denne metoden benyttes ved bestemmelse av totalt innhold av tørrstoff og dets gløderest i alle typer vann, slam og sedimenter, samt biologisk materiale. I vann er nedre bestemmelsesgrense 0,02 g/l, i faste prøver er grensen avhengig av innveid prøvemengde.			
Prinsipp:			
Tørrstoffinnholdet bestemmes ved at en kjent mengde prøve tørkes til tørrhet ved 105 °C, og den gjenværende rest veies. Deretter glødes dette ved 550 °C, og den gjenværende rest veies. 550 °C er en hensiktsmessig temperatur for destruering av organisk materiale uten at vesentlige mengder uorganisk stoff går tapt. Gløderesten av tørrstoff for slam, sedimenter og biologisk materiale oppgis på tørrvektbasis.			
Instrument(er):			
Thermaks 4115 varmeskap, Naber Multitherm N11/R glødeovn, Sartorius R 200 D vekt. Aluminiumskåler minimum 20 ml.			
Måleusikkerhet:			
Tre sedimentprøver benyttet til kontroll av repeterbarheten ga følgende standardavvik for TTS og TGR: 2,3 og 5,0, 5,2 og 3,6, 5,7 og 3,5. For TTS-V, 9 bestemmelser ved dobbeltanalyse av naturlig prøve ga middelavvik mellom parallellene på 3,2 %, md standardavvik 5,2 %.			
Referanser:			
NS 4764. Tørrstoff og gløderest i vann, slam og sedimenter. 1980, 1. utgave.			

B 3-3	Analysevariabel: Totalt tørrstoffinnhold	Måleenhet: %	Labdatakode: TTS
Tittel: Bestemmelse av tørrstoffinnholdet i slam, sedimenter og biologisk materiale.			
Anvendelsesområde: Denne metoden benyttes ved bestemmelse av totalt innhold av tørrstoff i alle typer slam og sedimenter, samt biologisk materiale.			
Prinsipp: Tørrstoffinnholdet i slam og sedimenter bestemmes som regel ved frysetørring ved at en innveid mengde prøve dypfryses og tørkes til tørrhet ved frysetørring, mens biologisk materiale tørkes som regel i varmeskap ved 105 °C, og den gjenværende rest veies. Totalt tørrstoff for slam, sedimenter og biologisk materiale oppgis på tørrvektbasis.			
Instrument(er): Thermaks 4115 varmeskap, Sartorius R 200 D (rom 614) og Sartorius BP 1200 (rom 714) vekter. Aluminiumskåler minimum 20 ml.			
Måleusikkerhet: Tre sedimentprøver benyttet til kontroll av repeterbarheten ga følgende standardavvik for TTS og TGR: 2,3 og 5,0, 5,2 og 3,6, 5,7 og 3,5.			
Referanser: NS 4764. Tørrstoff og gløderest i vann, slam og sedimenter. 1980, 1. utgave.			

NIVA-metode nr. E 4-3	Analysevariabel: Kvikksølv	Måleenhet: ng/l, µg/g	Labdatakode: Hg/L, Hg-Sm, Hg-B, Hg/H
Tittel: Bestemmelse av kvikksølv i vann, slam og sedimenter og biologisk materiale med Perkin-Elmer FIMS-400.			
Anvendelsesområde: Metoden omfatter bestemmelse av kvikksølv i renvann, samt avløpsvann, biologisk materiale slam og sedimenter oppløst i salpetersyre. Biologiske prøver, slam og sediment frysetørres fortrinnsvis. Ved tørking av prøver i varmeskap må ikke temperaturen overstige 80°C. Nedre grense er for renvann 1,0 ng/l, oppløst renvann 10 ng/l, avløpsvann 0,1 µg/l, faste prøver 0,005 µg/g.			
Prinsipp: Kvikksølv må foreligge på ionisk form i prøveløsningen for at kalddampeteknikk skal kunne benyttes. Når reduksjonsmiddelet (SnCl ₂) blandes med prøven blir det ioniske kvikksølv omformet til metallisk kvikksølv (Hg). En inert bæregass (argon) transporterer kvikksølvet til spektrofotometeret. En fordel med denne teknikken er den gode separasjonen av analytten fra matrisen, slik at ikke-spesifikk bakgrunnsabsorpsjon og matriseinterferenser er minimale. Kvikksølvet oppkonsentreres i et amalgameringsystem.			
Instrument(er): Perkin-Elmer FIMS-400 med P-E AS-90 autosampler og P-E amalgamsystem.			
Målesikkerhet: 6 målinger av Drøbaksjøvann tilsatt 20 ng/l Hg ga middelværdi 21,1 og standardavvik 0,52 ng/l. Tilsvarende for faste materialer: 10 målinger av DORM-1 (fiskemuskel) 0,798 ± 0,074 µg/g, ga 0,835 og 0,054 µg/g, 7 målinger av MESS-2 (sediment) 0,092 ± 0,009 µg/g, ga 0,086 og 0,003 µg/g.			
Referanser: B. Welz, M. Melcher, H.W. Sinemus, D. Maier: Pico-trace determination of mercury using the amalgamation technique. Norsk Standard, NS 4768. Vannundersøkelse. Bestemmelse av kvikksølv ved kalddamp atomabsorpsjonsspektrometri Oksidasjon med salpetersyre. 1. Utg. 1989.			

NIVA-metode nr. E 9-5	Analysevariabel: Elementer	Måleenhet: mg/l	Labdatakode: Element/ICP
Tittel: Bestemmelse av metaller med ICP-AES.			
Anvendelsesområde: Metoden omfatter akkreditert bestemmelse av metallene Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V og Zn i ferskvann, gruve- og industriavløp, samt salpetersyreoppluttede sedimenter og slam. Området for direkte bestemmelse er angitt i metodebeskrivelsen.			
Prinsipp: Prøvene introduseres til instrumentet med en peristaltisk pumpe koblet til en nebulizer der prøveløsningen forstøves. Vandråpene separeres etter størrelse i et spraykammer og den fine andelen av aerosolen transporteres til et argonplasma, der aerosolen atomiseres og ioniseres. Emisjonen fra plasmaet separeres i spektrometeret og måles med en CCD detektor. Detektoren har et lineært område på 5 - 6 dekader fra deteksjonsgrensen.			
Instrument(er): Perkin-Elmer Optima 4300 DV, Perkin-Elmer Autosampler AS 93, Hewlett Packard LaserJet 100, Polyscience Chiller (kjøler).			
Måleusikkerhet: Se NIVA-dokument Y-3.			
Referanser: ISO/DIS 11885. Water quality – The determination of 33 elements by inductively coupled plasma emission spectroscopy.			

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
G 6	Totalt karbon og nitrogen	mg/l	TC/F, TN/F, TOC/F
Tittel:			
Bestemmelse av karbon og nitrogen i fast stoff med Carlo Erba elementanalysator.			
Anvendelsesområde:			
Metoden gjelder for bestemmelse av nitrogen og karbon i tørt stoff og i ikke-flyktige, tungt-flytende væsker, samt frafiltrert materiale på glassfiberfiltre. Konsentrasjonsområdet for bestemmelsen er 0,1 % - 100 %. Tørkede prøver må kunne homogeniseres til pulverform da uttaket pr. prøve er fra 0,5 mg til 10 mg. Deteksjonsgrenser : 0,1% nitrogen - 1,0 µg/mg N, 0,1% karbon - 1,0 µg/mg C.			
Prinsipp:			
Tørr prøve veies inn i tinnkapsler som forbrennes i oksygenmettet heliumgass ved ca. 1800 °C. Ved hjelp av katalysatorer vil forbrenningen bli fullstendig. Overskudd av oksygen fjernes ved hjelp av kobber ved ca. 650 °C. Her reduseres også nitrogenoksyder til N ₂ -gass. Forbrenningsgassene passerer deretter en kromatografisk kolonne, og N ₂ - og CO ₂ -gassene detekteres i en varmetrådsdetektor. Arealet under toppene integreres, og integralverdiene behandles av et PC-program. Resultatene regnes ut i prosent, skrives ut og lagres på diskett.			
Instrument(er):			
Carlo Erba Elementanalysator 1106, med prøveveksler AS 400 LS.			
Måleusikkerhet:			
84 målinger av sulfanilamid med teoretisk verdi 41,84 % C ga middelvei 41,66 % og standardavvik 0,22 % C. For nitrogen er teoretisk verdi 16,27 %, og 84 målinger ga her 16,37 og 0,36 % N.			
Referanser:			
CARLO ERBA STRUMENTAZIONE, ELEMENTAL ANALYZER 1106. Instruction manual. APPLICATION LAB REPORTS, Elemental analysis lab, Carlo Erba. January 1987.			

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
H 2-3	Polyaromatiske hydrokarboner	$\mu\text{g/kg t.v.}$	PAH-Sm, PAH16-Sm
Tittel: Ekstraksjon og opparbeiding av PAH i sedimenter.			
Anvendelsesområde: Metoden benyttes for bestemmelse av PAH i sedimenter fra innsjøer og marine områder. Deteksjonsgrensen avhenger av prøvemengden. Denne metoden benyttes sammen med metode H 2-1.			
Prinsipp: Prøvene tilsettes indre standarder og PAH ekstraheres i Soxhlet med diklormetan. Ekstraktet gjengår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/MSD. PAH identifiseres med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekyllioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder.			
Instrument(er): Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autosampler 7673. Systemet er utstyrt med HD modell 5970 B masseselektiv detektor, og kolonne HP-5 MS 30 m x 0,25 mm i.d. x 0,25 μm .			
Måleusikkerhet: Se NIVA-dokument nr. Y – 3.			
Referanser: Grimmer, G. og Bøhnke, H., 1975. Jour. of the AOAC, Vol. 58, No. 4.			

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
H 3-3	Polyklorerte bifenyler	$\mu\text{g/kg t.v.}$	PCB-Sm, PCB7-Sm
Tittel:			
Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i sedimentprøver.			
Anvendelsesområde:			
Metoden benyttes for bestemmelse av klororganiske forbindelser i sedimenter og slam,. Med klororganiske forbindelser menes i denne sammenheng klorpesticider og polyklorerte bifenyler (PCB).			
Prinsipp:			
Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD. De klororganiske forbindelsene identifiseres ut fra de respektives retensjonstider. Det kan benyttes to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.			
Instrument(er):			
Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autoinjektor 7673. Systemet er utstyrt med elektroninnfangningsdetektor (ECD).			
Måleusikkerhet:			
Se NIVA-dokument nr. Y – 3.			
Referanser:			
Brilis, G.M. & J.Marsden: Chemosphere 21 , 91- 98, (1990). Brevik, E.M.: Bull. Environ. Cont. Toxicol. 19 , 281 - 286, (1978). Harvey, A & A.Loomis.: J. Gen. Physiol. 15 , 147, (1932). Lopez-Avila, V. et al. : J. Assoc. Off. Anal. Chem 72 , 593 - 602, (1989).			

NIVA-metode nr. H 14-1 * Ikke akkreditert	Analysevariabel: Tinnorganiske forbindelser	Måleenhet: $\mu\text{g/kg Sn t.v.}$	Labdatakode: SnOrg-Sm
Tittel: Opparbeidelse og analyse av tinnorganiske forbindelser i sedimenter.			
Anvendelsesområde: Metoden benyttes til bestemmelse av tinnorganiske forbindelser i sedimenter, de forbindelsene som bestemmes rutinemessig er butyl- og fenyl-tinnforbindelser.			
Prinsipp: Prøvene tilsettes en indre standard og oppsluttes med alkoholisk lut. Etter pH-justering og direkte derivatisering ekstraheres de tinnorganiske forbindelsene med organiske løsningsmidler og prøvene renses ved hjelp av gel-permeasjons kromatografi og oppkonsentreres. Prøvene analyseres ved bruk av gasskromatografi og atomemisjons-deteksjon, GC-AED. De ulike forbindelsene identifiseres ved hjelp av retensjonstidene som oppnås, og selve kvantifiseringen utføres med den indre standarden.			
Instrument(er): Hewlett Packard 5890 Series II gass kromatograf med HP 7673 autoinjektor og HP 5921 A atomemisjons-detektor.			
Måleusikkerhet: Se referanse.			
Referanser: Metoden er beskrevet i hovedoppgave av N. Følsvik, Determination and speciation of organotin compounds in environmental samples by gas-chromatography – microwave induced plasma atomic emission spectrometry. Levels and efforts of organotin compounds in environmental samples from Norway and the Faroe Islands. Dept. of Chemistry, University of Oslo, and Norwegian Institute for Water Research, July 1997.			

Vedlegg B. Forkortelser/ Abbreviations

Abbreviations	Norwegian	English	Beskrivelse	Enhet	Metode
ACNE-Sm	Acenaften	Acenaphthene	Acenaften i sedimenter, GC/MSD	µg/kg t.v.	H 2-3
ACNLE-Sm	Acenaftylen	Acenaphthene	Acenaftylen i sedimenter, GC/MSD	µg/kg t.v.	H 2-3
Ag/ICP	Sølv	Silver	Sølv, ferskvann og avløpsvann, ICP	mg/l	E 9-5
ANT-Sm	Antracen	Anthracene	Antracen i sedimenter, GC/MSD	µg/kg t.v.	H 2-3
As/ICP-Sm	Arsen	Arsenic	Arsen i sedimenter, ICP	µg/g	E 9-5
BAA-Sm	Benz(a)antracen	Benzo(a)anthracene	Benzo(a)antracen i sedimenter, GC/MSD	ng/kg t.v.	H 2-3
BAP-Sm	Benzo(a)pyren	Benzo(a)pyrene	Benzo(a)pyren i sedimenter, GC/MSD	µg/kg t.v.	H 2-3
BBF-Sm	Benzo(b)flu.	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(b)flu. i sedimenter, GC/MSD	µg/kg t.v.	H 2-3
BGHIP-Sm	Benzo(ghi)perylene	Benzo(ghi)perylene	Benzo(ghi)perylene i sedimenter, GC/MSD	µg/kg t.v.	H 2-3
BKF-Sm	Benzo(k)flu.	Benzo(j,k)fluoranthene	Benzo(k)flu. i sedimenter, GC/MSD	µg/kg t.v.	H 2-3
CB28-Sm	Polyklorertbifenyl 28	CB28 (IUPAC)	Polyklorertbifenyl no.28 i sedimenter, GC/ECD	µg/kg t.v.	H 3-3
CB52-Sm	Polyklorertbifenyl 52	CB52 (IUPAC)	Polyklorertbifenyl no.52 i sedimenter, GC/ECD	µg/kg t.v.	H 3-3
CB101-Sm	Polyklorertbifenyl101	CB101 (IUPAC)	Polyklorertbifenyl no.101 i sedimenter, GC/ECD	µg/kg t.v.	H 3-3
CB118-Sm	Polyklorertbifenyl118	CB118 (IUPAC)	Polyklorertbifenyl no.118 i sedimenter, GC/ECD	µg/kg t.v.	H 3-3
CB138-Sm	Polyklorertbifenyl138	CB138 (IUPAC)	Polyklorertbifenyl no.138 i sedimenter, GC/ECD	µg/kg t.v.	H 3-3
CB153-Sm	Polyklorertbifenyl153	CB153 (IUPAC)	Polyklorertbifenyl no.153 i sedimenter, GC/ECD	µg/kg t.v.	H 3-3
CB180-Sm	Polyklorertbifenyl180	CB180 (IUPAC)	Polyklorertbifenyl no.180 i sedimenter, GC/ECD	µg/kg t.v.	H 3-3
Cd/ICP-Sm	Kadmium	Cadmium	Kadmium i sedimenter, ICP	µg/g	E 9-5
CHRTR-Sm	Chrysen+trifenylen	Chrysene+triphenylene	Chrysen+trifenylen i sedimenter, GC/MSD	µg/kg t.v.	H 2-3
Co/ICP-Sm	Kobolt	Cobolt	Kobolt i sedimenter, ICP	µg/g	E 9-5
Cr/ICP-Sm	Krom	Chromium	Krom i sedimenter, ICP	µg/g	E 9-5
Cu/ICP-Sm	Kobber	Copper	Kobber i sedimenter, ICP	µg/g	E 9-5
DBA3A-Sm	Dibenz(a,c/a,h)ant.	Dibenz(a,c/a,h)anthracene	Dibenz(a,c/a,h)ant. i sedimenter, GC/MSD	µg/kg t.v.	H 2-3
DBT-Sm	Dibutyltinn	Dibutyltin	Dibutyltinn i sedimenter, GC/AED	µgSn/kg tv	H 14-1*
DPhT-Sm	Diphenyltinn	Diphenyltin	Diphenyltinn i sedimenter, GC/AED	µgSn/kg tv	H 14-1*
FLE-Sm	Fluoren	Fluorene	Fluoren i sedimenter, GC/MSD	µg/kg t.v.	H 2-3
FLU-Sm	Fluoranten	Fluoranthene	Fluoranten i sedimenter, GC/MSD	µg/kg t.v.	H 2-3
FLU-V	Fluoranten	Fluoranthene	Fluoranten i overflatevann, GC/MSD	ng/l	H 2-2
Hg-Sm	Kvikksølv	Mercury	Kvikksølv, oppsl. sediment, atomabs.	µg/g	E 4-3
MBT-Sm	Monobutyltinn	Monobutyltin	Monobutyltinn i sedimenter, GC/AED	µgSn/kg tv	H 14-1*
Mn/ICP-Sm	Mangan	Manganese	Mangan i sedimenter, ICP	µg/g	E 9-5
MPhT-Sm	Monophenyltinn	Monophenyl tin	Monophenyltinn i sedimenter, GC/AED	µgSn/kg tv	H 14-1*
NAP-Sm	Naftalen i sediment	Naphthalene	Naftalen i sedimenter, GC/MSD	µg/kg t.v.	H 2-3
Ni/ICP-Sm	Nikkel	Nickel	Nikkel i sedimenter, ICP	µg/g	E 9-5
PA-Sm	Fenantren	Phenanthrene	Fenantren i sedimenter, GC/MSD	µg/kg	H 2-3

Abbreviations	Norwegian	English	Beskrivelse	Enhet	Metode
				t.v.	
Pb/ICP-Sm	Bly	Lead	Bly i sedimenter, ICP	µg/g	E 9-5
PYR-Sm	Pyren	Pyrene	Pyren i sedimenter, GC/MSD	µg/kg t.v.	H 2-3
Seven Dutch					
Sum KPAH					
Sum NPD					
Sum PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner	Polycyclic aromatic hydrocarbons			
Sum PCB					
TBT-Sm	Tributyltinn	Tributyltin	Tributyltinn i sedimenter, GC/AED	µgSn/kg tv	H 14-1*
TGR	Total gløderest	Total residue on ignition	Total gløderest, gravimetri	g/kg TS	B 3
TOC/F	Karbon, org. total	Total organic carbon	Totalt org. karbon, fast stoff o.l., forbr.1800° C	µg/mg C TS	G 6
TPhT-Sm	Triphenyltinn	Triphenyltin	Triphenyltinn i sedimenter, GC/AED	µgSn/kg tv	H 14-1*
TTS	Tørrstoff	Solids	Totalt tørrstoff i fast stoff, gravimetri	g/kg	B 3
Zn/ICP-Sm	Sink	Zinc	Sink i sedimenter, ICP	µg/g	E 9-5

* ikke akkreditert

Vedlegg C. Beskrivelser fra prøvetaking

Lokalitet	Stasj.	Replik	Topp- snitt	Bunn- snitt	Dato	Corer/ grab	Kjerne- lengde	Kommentarer
A	A-1	A	0	2	23.apr.03	g		ikke mulig å få kjerneprøve, 4 bomskudd, kun grab, sand, grus, skjell
A	A-1	B	0	2	23.apr.03	g		ikke mulig å få kjerneprøve, 4 bomskudd, kun grab, sand, grus, skjell
A	A-2	A	0	2	23.apr.03	g		ikke kjerne, bare grab
A	A-2	B	0	2	23.apr.03	g		ikke kjerne, bare grab
A	A-2	A	2	10	23.apr.03	g		ikke kjerne, bare grab
A	A-2	B	2	10	23.apr.03	g		ikke kjerne, bare grab
A	A-3	A	0	2	23.apr.03	g		5 bomskudd, tok kjerneprøve av prøve som var hentet opp med grabben
A	A-3	B	0	2	23.apr.03	g		5 bomskudd, tok kjerneprøve av prøve som var hentet opp med grabben
A	A-3	A	2	10	23.apr.03	g		5 bomskudd, tok kjerneprøve av prøve som var hentet opp med grabben
A	A-3	B	2	10	23.apr.03	g		5 bomskudd, tok kjerneprøve av prøve som var hentet opp med grabben
B	B-1					c		ikke mulig å få prøve
B	B-1					g		tatt bilde
B	B-2	A	0	2	23.apr.03	c og g	22	grovkornet skjellsand øverste 5 cm, nederste 15 cm fast grå leire
B	B-2	B	0	2	23.apr.03	g		
B	B-2	A	2	10	23.apr.03	c	22	grovkornet skjellsand øverste 5 cm, nederste 15 cm fast grå leire
B	B-2	B	2	10	23.apr.03	c	22	grovkornet skjellsand øverste 5 cm, nederste 15 cm fast grå leire
B	B-2	A	10	20	23.apr.03	c	22	grovkornet skjellsand øverste 5 cm, nederste 15 cm fast grå leire
B	B-2	B	10	20	23.apr.03	c	22	grovkornet skjellsand øverste 5 cm, nederste 15 cm fast grå leire
B	B-2	A	20	30	23.apr.03	c	22	grovkornet skjellsand øverste 5 cm, nederste 15 cm fast grå leire
B	B-2	B	20	30	23.apr.03	c	22	grovkornet skjellsand øverste 5 cm, nederste 15 cm fast grå leire
B	B-3	A	0	2	23.apr.03	c og g	35	grovkornet skjellsand øverste 10 cm
B	B-3	B	0	2	23.apr.03	g		
B	B-3	A	2	10	23.apr.03	c	35	grovkornet skjellsand øverste 10 cm
B	B-3	B	2	10	23.apr.03	c	35	grovkornet skjellsand øverste 10 cm
B	B-3	A	10	20	23.apr.03	c	35	grovkornet skjellsand øverste 10 cm
B	B-3	B	10	20	23.apr.03	c	35	grovkornet skjellsand øverste 10 cm
B	B-3	A	20	30	23.apr.03	c	35	grovkornet skjellsand øverste 10 cm
B	B-3	B	20	30	23.apr.03	c	35	grovkornet skjellsand øverste 10 cm
B	B-3	A	30	40	23.apr.03	c	35	grovkornet skjellsand øverste 10 cm
B	B-3	B	30	40	23.apr.03	c	35	grovkornet skjellsand øverste 10 cm
B	B-4	A	0	2	23.apr.03	c og g	9,5	skjellsand
B	B-4	B	0	2	23.apr.03	g		
B	B-4	A	2	10	23.apr.03	c	9,5	skjellsand
B	B-4	B	2	10	23.apr.03	c	9,5	skjellsand
B	B-5	A	0	2	23.apr.03	c og g	30	øverste 10 cm sandblandet leire, resten gråleire
B	B-5	B	0	2	23.apr.03	g		
B	B-5	A	2	10	23.apr.03	c	30	øverste 10 cm sandblandet leire, resten gråleire
B	B-5	B	2	10	23.apr.03	c	30	øverste 10 cm sandblandet leire, resten gråleire
B	B-5	A	10	20	23.apr.03	c	30	øverste 10 cm sandblandet leire, resten gråleire
B	B-5	B	10	20	23.apr.03	c	30	øverste 10 cm sandblandet leire, resten gråleire
B	B-5	A	20	30	23.apr.03	c	30	øverste 10 cm sandblandet leire, resten gråleire

Lokalitet	Stasj.	Replikat	Topp- snitt	Bunn- snitt	Dato	Corer/ grab	Kjerne- lengde	Kommentarer
B	B-5	B	20	30	23.apr.03	c	30	øverste 10 cm sandblandet leire, resten gråleire
B	B-6	A	0	2	23.apr.03	c og g	10	sandblandet leire
B	B-6	B	0	2	23.apr.03	g		
B	B-6	A	2	10	23.apr.03	c	10	sandblandet leire
B	B-6	B	2	10	23.apr.03	c	10	sandblandet leire
C	C-1	A	0	2	22.apr.03	c og g	28	EC13 NGI stasjon, corer; (20-30 cm) litt olje
C	C-1	B	0	2	22.apr.03	g		
C	C-1	A	2	10	22.apr.03	c	28	EC13 NGI stasjon, (20-30 cm) litt olje
C	C-1	B	2	10	22.apr.03	c	28	EC13 NGI stasjon, (20-30 cm) litt olje
C	C-1	A	10	20	22.apr.03	c	28	EC13 NGI stasjon, (20-30 cm) litt olje
C	C-1	B	10	20	22.apr.03	c	28	EC13 NGI stasjon, (20-30 cm) litt olje
C	C-1	A	20	30	22.apr.03	c	28	EC13 NGI stasjon, (20-30 cm) litt olje
C	C-1	B	20	30	22.apr.03	c	28	EC13 NGI stasjon, (20-30 cm) litt olje
C	C-2	A	0	2	22.apr.03	c og g*	38	corer; gassblærer nederste 5 cm, luktet H ₂ S, grab; annerledes bunn, grovt, mye stein, mye skjell, *3-4 m unna kjerneprøven C2
C	C-2	B	0	2	22.apr.03	g*		grab; annerledes bunn, grovt, mye stein, mye skjell, *3-4 m unna kjerneprøven C2
C	C-2	A	2	10	22.apr.03	c	38	gassblærer nederste 5 cm, luktet H ₂ S
C	C-2	B	2	10	22.apr.03	c	38	gassblærer nederste 5 cm, luktet H ₂ S
C	C-2	A	10	20	22.apr.03	c	38	gassblærer nederste 5 cm, luktet H ₂ S
C	C-2	B	10	20	22.apr.03	c	38	gassblærer nederste 5 cm, luktet H ₂ S
C	C-2	A	20	30	22.apr.03	c	38	gassblærer nederste 5 cm, luktet H ₂ S
C	C-2	B	20	30	22.apr.03	c	38	gassblærer nederste 5 cm, luktet H ₂ S
C	C-2	A	30	40	22.apr.03	c	38	gassblærer nederste 5 cm, luktet H ₂ S
C	C-2	B	30	40	22.apr.03	c	38	gassblærer nederste 5 cm, luktet H ₂ S
C	C-3	A	0	2	22.apr.03	c og g	28	1 tomt skudd først, luktet litt H ₂ S, (20-30 cm) litt olje, grab; 5 stk dvergonk
C	C-3	B	0	2	22.apr.03	g		5 stk dvergonk
C	C-3	A	2	10	22.apr.03	c	28	1 tomt skudd først, luktet litt H ₂ S, (20-30 cm) litt olje
C	C-3	B	2	10	22.apr.03	c	28	1 tomt skudd først, luktet litt H ₂ S, (20-30 cm) litt olje
C	C-3	A	10	20	22.apr.03	c	28	1 tomt skudd først, luktet litt H ₂ S, (20-30 cm) litt olje
C	C-3	B	10	20	22.apr.03	c	28	1 tomt skudd først, luktet litt H ₂ S, (20-30 cm) litt olje
C	C-3	A	20	30	22.apr.03	c	28	1 tomt skudd først, luktet litt H ₂ S, (20-30 cm) litt olje
C	C-3	B	20	30	22.apr.03	c	28	1 tomt skudd først, luktet litt H ₂ S, (20-30 cm) litt olje
C	C-4	A	0	2	22.apr.03	c og g	27	litt leire nederst, blåleire i bunnen, tatt bilde
C	C-4	B	0	2	22.apr.03	g		
C	C-4	A	2	10	22.apr.03	c	27	litt leire nederst, blåleire i bunnen, tatt bilde
C	C-4	B	2	10	22.apr.03	c	27	litt leire nederst, blåleire i bunnen, tatt bilde
C	C-4	A	10	20	22.apr.03	c	27	litt leire nederst, blåleire i bunnen, tatt bilde
C	C-4	B	10	20	22.apr.03	c	27	litt leire nederst, blåleire i bunnen, tatt bilde
C	C-4	A	20	30	22.apr.03	c	27	litt leire nederst, blåleire i bunnen, tatt bilde
C	C-4	B	20	30	22.apr.03	c	27	litt leire nederst, blåleire i bunnen, tatt bilde
C	C-5	A	0	2	22.apr.03	c og g	36	1 tomt skudd, gasslommer nederst etter 25-36 cm
C	C-5	B	0	2	22.apr.03	g		
C	C-5	A	2	10	22.apr.03	c	36	1 tomt skudd, gasslommer nederst etter 25-36 cm
C	C-5	B	2	10	22.apr.03	c	36	1 tomt skudd, gasslommer nederst etter 25-36 cm
C	C-5	A	10	20	22.apr.03	c	36	1 tomt skudd, gasslommer nederst etter 25-36 cm
C	C-5	B	10	20	22.apr.03	c	36	1 tomt skudd, gasslommer nederst etter 25-36 cm
C	C-5	A	20	30	22.apr.03	c	36	1 tomt skudd, gasslommer nederst etter 25-36 cm
C	C-5	B	20	30	22.apr.03	c	36	1 tomt skudd, gasslommer nederst etter 25-36 cm
C	C-5	A	30	40	22.apr.03	c	36	1 tomt skudd, gasslommer nederst etter 25-36 cm

Lokalitet	Stasj.	Replik	Topp- snitt	Bunn- snitt	Dato	Corer/ grab	Kjerne- lengde	Kommentarer
C	C-5	B	30	40	22.apr.03	c	36	1 tomt skudd, gasslommer nederst etter 25-36 cm
C	C-6	A	0	2	22.apr.03	c og g	43	(10-20 cm) innslag av litt leire, (20-30 cm) litt olje
C	C-6	B	0	2	22.apr.03	g		
C	C-6	A	2	10	22.apr.03	c	43	(10-20 cm) innslag av litt leire, (20-30 cm) litt olje
C	C-6	B	2	10	22.apr.03	c	43	(10-20 cm) innslag av litt leire, (20-30 cm) litt olje
C	C-6	A	10	20	22.apr.03	c	43	(10-20 cm) innslag av litt leire, (20-30 cm) litt olje
C	C-6	B	10	20	22.apr.03	c	43	(10-20 cm) innslag av litt leire, (20-30 cm) litt olje
C	C-6	A	20	30	22.apr.03	c	43	(10-20 cm) innslag av litt leire, (20-30 cm) litt olje
C	C-6	B	20	30	22.apr.03	c	43	(10-20 cm) innslag av litt leire, (20-30 cm) litt olje
C	C-6	A	30	40	22.apr.03	c	43	(10-20 cm) innslag av litt leire, (20-30 cm) litt olje
C	C-6	B	30	40	22.apr.03	c	43	(10-20 cm) innslag av litt leire, (20-30 cm) litt olje
C	C-6	A	40	50	22.apr.03	c	43	(10-20 cm) innslag av litt leire, (20-30 cm) litt olje
C	C-6	B	40	50	22.apr.03	c	43	(10-20 cm) innslag av litt leire, (20-30 cm) litt olje
D	D-1	A	0	2	22.apr.03	c og g	37	corer; leire med litt sand og grus, H ₂ S-lukt, grab; <i>Pectinaria koreni</i> , <i>Maccoma calcaria</i>
D	D-1	B	0	2	22.apr.03	g		grab; <i>Pectinaria koreni</i> , <i>Maccoma calcaria</i>
D	D-1	A	2	10	22.apr.03	c	37	leire med litt sand og grus, H ₂ S-lukt
D	D-1	B	2	10	22.apr.03	c	37	leire med litt sand og grus, H ₂ S-lukt
D	D-1	A	10	20	22.apr.03	c	37	leire med litt sand og grus, H ₂ S-lukt
D	D-1	B	10	20	22.apr.03	c	37	leire med litt sand og grus, H ₂ S-lukt
D	D-1	A	20	30	22.apr.03	c	37	leire med litt sand og grus, H ₂ S-lukt
D	D-1	B	20	30	22.apr.03	c	37	leire med litt sand og grus, H ₂ S-lukt
D	D-1	A	30	40	22.apr.03	c	37	leire med litt sand og grus, H ₂ S-lukt
D	D-1	B	30	40	22.apr.03	c	37	leire med litt sand og grus, H ₂ S-lukt
D	D-2	A	0	2	22.apr.03	c og g	39	corer; (20-30 cm) begynner innslag av grå leire, (30-40 cm) ren leire, tatt bilde, grab; mye rester etter blåskjell i sedimentet
D	D-2	B	0	2	22.apr.03	g		grab; mye innslag av blåskjell i sedimentet
D	D-2	A	2	10	22.apr.03	c	39	(20-30 cm) begynner innslag av grå leire, (30-40 cm) ren leire, tatt bilde
D	D-2	B	2	10	22.apr.03	c	39	(20-30 cm) begynner innslag av grå leire, (30-40 cm) ren leire, tatt bilde
D	D-2	A	10	20	22.apr.03	c	39	(20-30 cm) begynner innslag av grå leire, (30-40 cm) ren leire, tatt bilde
D	D-2	B	10	20	22.apr.03	c	39	(20-30 cm) begynner innslag av grå leire, (30-40 cm) ren leire, tatt bilde
D	D-2	A	20	30	22.apr.03	c	39	(20-30 cm) begynner innslag av grå leire, (30-40 cm) ren leire, tatt bilde
D	D-2	B	20	30	22.apr.03	c	39	(20-30 cm) begynner innslag av grå leire, (30-40 cm) ren leire, tatt bilde
D	D-2	A	30	40	22.apr.03	c	39	(20-30 cm) begynner innslag av grå leire, (30-40 cm) ren leire, tatt bilde
D	D-2	B	30	40	22.apr.03	c	39	(20-30 cm) begynner innslag av grå leire, (30-40 cm) ren leire, tatt bilde
D	D-3	A	0	2	22.apr.03	c og g	48,5	først en mislykket kjerne på 30 cm som ble forkastet, så (10-20 cm) litt oljeaktig, (40-50 cm) innslag av leire, grab; tredje forsøk lykkes
D	D-3	B	0	2	22.apr.03	g		tredje forsøk lykkes
D	D-3	A	2	10	22.apr.03	c	48,5	først en mislykket kjerne på 30 cm som ble forkastet, så (10-20 cm) litt oljeaktig, (40-50 cm) innslag av leire
D	D-3	B	2	10	22.apr.03	c	48,5	først en mislykket kjerne på 30 cm som ble forkastet, så (10-20 cm) litt oljeaktig, (40-50 cm) innslag av leire
D	D-3	A	10	20	22.apr.03	c	48,5	først en mislykket kjerne på 30 cm som ble forkastet, så (10-20 cm) litt oljeaktig, (40-50 cm) innslag av leire
D	D-3	B	10	20	22.apr.03	c	48,5	først en mislykket kjerne på 30 cm som ble forkastet, så (10-20 cm) litt oljeaktig, (40-50 cm) innslag av leire

Lokalitet	Stasj.	Replikat	Topp-snitt	Bunn-snitt	Dato	Corer/grab	Kjerne-lengde	Kommentarer
D	D-3	A	20	30	22.apr.03	c	48,5	først en mislykket kjerne på 30 cm som ble forkastet, så (10-20 cm) litt oljeaktig, (40-50 cm) innslag av leire
D	D-3	B	20	30	22.apr.03	c	48,5	først en mislykket kjerne på 30 cm som ble forkastet, så (10-20 cm) litt oljeaktig, (40-50 cm) innslag av leire
D	D-3	A	30	40	22.apr.03	c	48,5	først en mislykket kjerne på 30 cm som ble forkastet, så (10-20 cm) litt oljeaktig, (40-50 cm) innslag av leire
D	D-3	B	30	40	22.apr.03	c	48,5	først en mislykket kjerne på 30 cm som ble forkastet, så (10-20 cm) litt oljeaktig, (40-50 cm) innslag av leire
D	D-3	A	40	50	22.apr.03	c	48,5	først en mislykket kjerne på 30 cm som ble forkastet, så (10-20 cm) litt oljeaktig, (40-50 cm) innslag av leire
D	D-3	B	40	50	22.apr.03	c	48,5	først en mislykket kjerne på 30 cm som ble forkastet, så (10-20 cm) litt oljeaktig, (40-50 cm) innslag av leire
D	D-4	A	0	2	22.apr.03	c og g	48	corer; (20-30 cm) litt olje
D	D-4	B	0	2	22.apr.03	g		
D	D-4	A	2	10	22.apr.03	c	48	(20-30 cm) litt olje
D	D-4	B	2	10	22.apr.03	c	48	(20-30 cm) litt olje
D	D-4	A	10	20	22.apr.03	c	48	(20-30 cm) litt olje
D	D-4	B	10	20	22.apr.03	c	48	(20-30 cm) litt olje
D	D-4	A	20	30	22.apr.03	c	48	(20-30 cm) litt olje
D	D-4	B	20	30	22.apr.03	c	48	(20-30 cm) litt olje
D	D-4	A	30	40	22.apr.03	c	48	(20-30 cm) litt olje
D	D-4	B	30	40	22.apr.03	c	48	(20-30 cm) litt olje
D	D-4	A	40	50	22.apr.03	c	48	(20-30 cm) litt olje
D	D-4	B	40	50	22.apr.03	c	48	(20-30 cm) litt olje
E	E-1	A	0	2	22.apr.03	c	52 og 56	fra to kjerneprøver: børstemark øverst, bioturbert på toppen; klar fin vannfase over, brun oksisk overflate, em del pellets, pipler olje (2-10 cm), lukter H ₂ S, (30-40 cm) smøreoljekonsistens, (40-50 cm) fra kullsvart til grålig, en bra prøve, tatt bilde
E	E-1	B	0	2	22.apr.03	c	53,5 og 51	fra to kjerneprøver, børstemark øverst, bioturbert på toppen på begge prøver
E	E-1	A	2	10	22.apr.03	c	52	klar fin vannfase over, brun oksisk overflate, em del pellets, pipler olje (2-10 cm), lukter H ₂ S, (30-40 cm) smøreoljekonsistens, (40-50 cm) fra kullsvart til grålig, en bra prøve, tatt bilde
E	E-1	B	2	10	22.apr.03	c	52	klar fin vannfase over, brun oksisk overflate, em del pellets, pipler olje (2-10 cm), lukter H ₂ S, (30-40 cm) smøreoljekonsistens, (40-50 cm) fra kullsvart til grålig, en bra prøve, tatt bilde
E	E-1	A	10	20	22.apr.03	c	52	klar fin vannfase over, brun oksisk overflate, em del pellets, pipler olje (2-10 cm), lukter H ₂ S, (30-40 cm) smøreoljekonsistens, (40-50 cm) fra kullsvart til grålig, en bra prøve, tatt bilde
E	E-1	B	10	20	22.apr.03	c	52	klar fin vannfase over, brun oksisk overflate, em del pellets, pipler olje (2-10 cm), lukter H ₂ S, (30-40 cm) smøreoljekonsistens, (40-50 cm) fra kullsvart til grålig, en bra prøve, tatt bilde
E	E-1	A	20	30	22.apr.03	c	52	klar fin vannfase over, brun oksisk overflate, em del pellets, pipler olje (2-10 cm), lukter H ₂ S, (30-40 cm) smøreoljekonsistens, (40-50 cm) fra kullsvart til grålig, en bra prøve, tatt bilde
E	E-1	B	20	30	22.apr.03	c	52	klar fin vannfase over, brun oksisk overflate, em del pellets, pipler olje (2-10 cm), lukter H ₂ S, (30-40 cm) smøreoljekonsistens, (40-50 cm) fra kullsvart til grålig, en bra prøve, tatt bilde
E	E-1	A	30	40	22.apr.03	c	52	klar fin vannfase over, brun oksisk overflate, em del pellets, pipler olje (2-10 cm), lukter H ₂ S, (30-40 cm) mye snusk, rene smøreolja, (40-50 cm) fra kullsvart til grålig, en bra prøve, tatt bilde

Lokalitet	Stasj.	Replikat	Topp-snitt	Bunn-snitt	Dato	Corer/grab	Kjerne-lengde	Kommentarer
E	E-1	B	30	40	22.apr.03	c	52	klar fin vannfase over, brun oksisk overflate, em del pellets, pipler olje (2-10 cm), lukter H ₂ S, (30-40 cm) mye snusk, rene smøreolja, (40-50 cm) fra kullsvart til grålig, en bra prøve, tatt bilde
E	E-1	A	40	50	22.apr.03	c	52	klar fin vannfase over, brun oksisk overflate, em del pellets, pipler olje (2-10 cm), lukter H ₂ S, (30-40 cm) mye snusk, rene smøreolja, (40-50 cm) fra kullsvart til grålig, en bra prøve, tatt bilde
E	E-1	B	40	50	22.apr.03	c	52	klar fin vannfase over, brun oksisk overflate, em del pellets, pipler olje (2-10 cm), lukter H ₂ S, (30-40 cm) mye snusk, rene smøreolja, (40-50 cm) fra kullsvart til grålig, en bra prøve, tatt bilde
E	E-2	²¹⁰ Pb	0	1	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	1	2	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	2	3	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	3	4	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	4	5	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	5	6	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	6	7	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	7	8	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	8	9	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	9	10	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	10	12	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	12	14	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	14	16	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	16	18	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	18	20	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	20	22	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	22	24	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	24	26	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	26	28	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	28	30	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	30	32	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	32	34	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	34	36	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	36	38	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	38	40	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	40	42	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	42	44	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	44	46	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt

Lokalitet	Stasj.	Replikat	Topp- snitt	Bunn- snitt	Dato	Corer/ grab	Kjerne- lengde	Kommentarer
E	E-2	²¹⁰ Pb	46	48	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	48	50	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	50	52	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-2	²¹⁰ Pb	52	54	22.apr.03	c	54	²¹⁰ Pb, børstemark i toppen, (6-7 cm) begynner å bli mer grå, (40-42 cm) ned i fast grå leire, H ₂ S-lukt
E	E-3	²¹⁰ Pb	55	56	22.apr.03	c	56,5	
E	E-2	²¹⁰ Pb+	135	136	22.apr.03	c	136	fra NGI-corer
E	E-2	A	0	2	22.apr.03	c	50,5 og 49	fra to kjerneprøver; ganske lik E4, (30-40 cm) gruslag inni, H ₂ S-lukt
E	E-2	B	0	2	22.apr.03	c	36,5 og X	fra to kjerneprøver; tatt bilde av kjerneprøve som var 36,5 cm
E	E-2	A	2	10	22.apr.03	c	50,5	ganske lik E4, (30-40 cm) gruslag inni, H ₂ S-lukt
E	E-2	B	2	10	22.apr.03	c	50,5	ganske lik E4, (30-40 cm) gruslag inni, H ₂ S-lukt
E	E-2	A	10	20	22.apr.03	c	50,5	ganske lik E4, (30-40 cm) gruslag inni, H ₂ S-lukt
E	E-2	B	10	20	22.apr.03	c	50,5	ganske lik E4, (30-40 cm) gruslag inni, H ₂ S-lukt
E	E-2	A	20	30	22.apr.03	c	50,5	ganske lik E4, (30-40 cm) gruslag inni, H ₂ S-lukt
E	E-2	B	20	30	22.apr.03	c	50,5	ganske lik E4, (30-40 cm) gruslag inni, H ₂ S-lukt
E	E-2	A	30	40	22.apr.03	c	50,5	ganske lik E4, (30-40 cm) gruslag inni, H ₂ S-lukt
E	E-2	B	30	40	22.apr.03	c	50,5	ganske lik E4, (30-40 cm) gruslag inni, H ₂ S-lukt
E	E-2	A	40	50	22.apr.03	c	50,5	ganske lik E4, (30-40 cm) gruslag inni, H ₂ S-lukt
E	E-2	B	40	50	22.apr.03	c	50,5	ganske lik E4, (30-40 cm) gruslag inni, H ₂ S-lukt
E	E-3	A	0	2	22.apr.03	c	36 og 56,5	fra to kjerneprøver, kortere kjerne og grovere materiale, ganske lik konsistens som E2 og de andre, H ₂ S-lukt, tatt bilde av kjerneprøven som var 36 cm
E	E-3	B	0	2	22.apr.03	c	39 og X	fra to kjerneprøver, X= ukjent lengde
E	E-3	A	2	10	22.apr.03	c	36	kortere kjerne og grovere materiale, ganske lik konsistens som E2 og de andre, H ₂ S-lukt, tatt bilde
E	E-3	B	2	10	22.apr.03	c	36	kortere kjerne og grovere materiale, ganske lik konsistens som E2 og de andre, H ₂ S-lukt, tatt bilde
E	E-3	A	10	20	22.apr.03	c	36	kortere kjerne og grovere materiale, ganske lik konsistens som E2 og de andre, H ₂ S-lukt, tatt bilde
E	E-3	B	10	20	22.apr.03	c	36	kortere kjerne og grovere materiale, ganske lik konsistens som E2 og de andre, H ₂ S-lukt, tatt bilde
E	E-3	A	20	30	22.apr.03	c	36	kortere kjerne og grovere materiale, ganske lik konsistens som E2 og de andre, H ₂ S-lukt, tatt bilde
E	E-3	B	20	30	22.apr.03	c	36	kortere kjerne og grovere materiale, ganske lik konsistens som E2 og de andre, H ₂ S-lukt, tatt bilde
E	E-3	A	30	40	22.apr.03	c	36	kortere kjerne og grovere materiale, ganske lik konsistens som E2 og de andre, H ₂ S-lukt, tatt bilde
E	E-3	B	30	40	22.apr.03	c	36	kortere kjerne og grovere materiale, ganske lik konsistens som E2 og de andre, H ₂ S-lukt, tatt bilde
E	E-4	A	0	2	22.apr.03	c	54 og 42,5	fra to kjerneprøver; ganske lik E3, H ₂ S-lukt
E	E-4	B	0	2	22.apr.03	c	42 og 40	fra to kjerner; litt olje i prøven som var 40 cm
E	E-4	A	2	10	22.apr.03	c	54	ganske lik E3, H ₂ S-lukt
E	E-4	B	2	10	22.apr.03	c	54	ganske lik E3, H ₂ S-lukt
E	E-4	A	10	20	22.apr.03	c	54	ganske lik E3, H ₂ S-lukt
E	E-4	B	10	20	22.apr.03	c	54	ganske lik E3, H ₂ S-lukt
E	E-4	A	20	30	22.apr.03	c	54	ganske lik E3, H ₂ S-lukt
E	E-4	B	20	30	22.apr.03	c	54	ganske lik E3, H ₂ S-lukt
E	E-4	A	30	40	22.apr.03	c	54	ganske lik E3, H ₂ S-lukt
E	E-4	B	30	40	22.apr.03	c	54	ganske lik E3, H ₂ S-lukt
E	E-4	A	40	50	22.apr.03	c	54	ganske lik E3, H ₂ S-lukt
E	E-4	B	40	50	22.apr.03	c	54	ganske lik E3, H ₂ S-lukt
E	E-2				23.apr.03			prøve med NGI-grabben
K	K-1	A	0	2	23.apr.03	c og g		2 cm av kjerneprøve og grabb

Lokalitet	Stasj.	Replikat	Topp-snitt	Bunn-snitt	Dato	Corer/grab	Kjerne-lengde	Kommentarer
K	K-1	B	0	2	23.apr.03	c og g		2 cm av kjerneprøve og grabb
K	K-2	A	0	2	23.apr.03			grå fast leire, 2-3 mm grunt organiskflufflag, bioturbert, ganger av børstemark
K	K-2	B	0	2	23.apr.03			grå fast leire, 2-3 mm grunt organiskflufflag, bioturbert, ganger av børstemark
L	L-1	A	0	2	23.apr.03	c og g	13	grå sandaktig leire
L	L-1	B	0	2	23.apr.03	g		
L	L-1	A	2	10	23.apr.03	c	13	grå sandaktig leire
L	L-1	B	2	10	23.apr.03	c	13	grå sandaktig leire
L	L-2	A	0	2	23.apr.03	c og g	16	grovkornet leire
L	L-2	B	0	2	23.apr.03	g		
L	L-2	A	2	10	23.apr.03	c	16	grovkornet leire
L	L-2	B	2	10	23.apr.03	c	16	grovkornet leire
L	L-2	A	10	20	23.apr.03	c	16	grovkornet leire
L	L-2	B	10	20	23.apr.03	c	16	grovkornet leire
M	M-1	A	0	2	23.apr.03	c og g	60	oksisk brun overflate, svart organisk mudder ned til ca. 50 cm, deretter fastere grå leire
M	M-1	B	0	2	23.apr.03	g		
M	M-1	A	2	10	23.apr.03	c	60	oksisk brun overflate, svart organisk mudder ned til ca. 50 cm, deretter fastere grå leire
M	M-1	B	2	10	23.apr.03	c	60	oksisk brun overflate, svart organisk mudder ned til ca. 50 cm, deretter fastere grå leire
M	M-1	A	10	20	23.apr.03	c	60	oksisk brun overflate, svart organisk mudder ned til ca. 50 cm, deretter fastere grå leire
M	M-1	B	10	20	23.apr.03	c	60	oksisk brun overflate, svart organisk mudder ned til ca. 50 cm, deretter fastere grå leire
M	M-1	A	20	30	23.apr.03	c	60	oksisk brun overflate, svart organisk mudder ned til ca. 50 cm, deretter fastere grå leire
M	M-1	B	20	30	23.apr.03	c	60	oksisk brun overflate, svart organisk mudder ned til ca. 50 cm, deretter fastere grå leire
M	M-1	A	30	40	23.apr.03	c	60	oksisk brun overflate, svart organisk mudder ned til ca. 50 cm, deretter fastere grå leire
M	M-1	B	30	40	23.apr.03	c	60	oksisk brun overflate, svart organisk mudder ned til ca. 50 cm, deretter fastere grå leire
M	M-1	A	40	50	23.apr.03	c	60	oksisk brun overflate, svart organisk mudder ned til ca. 50 cm, deretter fastere grå leire
M	M-1	B	40	50	23.apr.03	c	60	oksisk brun overflate, svart organisk mudder ned til ca. 50 cm, deretter fastere grå leire
M	M-1	A	50	60	23.apr.03	c	60	oksisk brun overflate, svart organisk mudder ned til ca. 50 cm, deretter fastere grå leire
M	M-1	B	50	60	23.apr.03	c	60	oksisk brun overflate, svart organisk mudder ned til ca. 50 cm, deretter fastere grå leire
M	M-2	A	0	2	23.apr.03	c og g	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
M	M-2	B	0	2	23.apr.03	g		
M	M-2	A	2	10	23.apr.03	c	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
M	M-2	B	2	10	23.apr.03	c	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
M	M-2	A	0	2	23.apr.03	c	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
M	M-2	B	0	2	23.apr.03	c	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
M	M-2	A	2	10	23.apr.03	c	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
M	M-2	B	2	10	23.apr.03	c	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
M	M-2	A	10	20	23.apr.03	c	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
M	M-2	B	10	20	23.apr.03	c	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
M	M-2	A	20	30	23.apr.03	c	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
M	M-2	B	20	30	23.apr.03	c	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?

Lokalitet	Stasj.	Replik	Topp- snitt	Bunn- snitt	Dato	Corer/ grab	Kjerne- lengde	Kommentarer
								leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
M	M-2	A	30	40	23.apr.03	c	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
M	M-2	B	30	40	23.apr.03	c	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
M	M-2	A	40	50	23.apr.03	c	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
M	M-2	B	40	50	23.apr.03	c	61	som M1, 30 cm overgang til grå leire, (30- 40 cm) grå leire, deretter svart organisk, dumpet masse?
N	N-1	A	0	2	23.apr.03	c og g	10	sand i de øverste 5 cm
N	N-1	B	0	2	23.apr.03	g		
N	N-1	A	2	10	23.apr.03	c	10	sand i de øverste 5 cm
N	N-1	B	2	10	23.apr.03	c	10	sand i de øverste 5 cm
N	N-2	A	0	2	23.apr.03	c og g	31	sand i de øverste 15 cm
N	N-2	B	0	2	23.apr.03	g		
N	N-2	A	2	10	23.apr.03	c	31	sand i de øverste 15 cm
N	N-2	B	2	10	23.apr.03	c	31	sand i de øverste 15 cm
N	N-2	A	10	20	23.apr.03	c	31	sand i de øverste 15 cm
N	N-2	B	10	20	23.apr.03	c	31	sand i de øverste 15 cm
N	N-2	A	20	30	23.apr.03	c	31	sand i de øverste 15 cm
N	N-2	B	20	30	23.apr.03	c	31	sand i de øverste 15 cm
O	O-1	A	0	2	23.apr.03	c og g	36	innslag av brun sand i øverste 10 cm, svart lag under
O	O-1	B	0	2	23.apr.03	g		
O	O-1	A	2	10	23.apr.03	c	36	innslag av brun sand i øverste 10 cm, svart lag under
O	O-1	B	2	10	23.apr.03	c	36	innslag av brun sand i øverste 10 cm, svart lag under
O	O-1	A	10	20	23.apr.03	c	36	innslag av brun sand i øverste 10 cm, svart lag under
O	O-1	B	10	20	23.apr.03	c	36	innslag av brun sand i øverste 10 cm, svart lag under
O	O-1	A	20	30	23.apr.03	c	36	innslag av brun sand i øverste 10 cm, svart lag under
O	O-1	B	20	30	23.apr.03	c	36	innslag av brun sand i øverste 10 cm, svart lag under
O	O-1	A	30	40	23.apr.03	c	36	innslag av brun sand i øverste 10 cm, svart lag under
O	O-2	A	0	2	23.apr.03	c og g	13	brunt sandlag
O	O-2	B	0	2	23.apr.03	g		
O	O-2	A	2	10	23.apr.03	c	13	brunt sandlag
O	O-2	B	2	10	23.apr.03	c	13	brunt sandlag
P	P-1	A	0	2	23.apr.03	c og g	14	brunt sandlag de 5 øverste cm
P	P-1	B	0	2	23.apr.03	g		
P	P-1	A	2	10	23.apr.03	c	14	brunt sandlag de 5 øverste cm
P	P-1	B	2	10	23.apr.03	c	14	brunt sandlag de 5 øverste cm
P	P-1	A	10	20	23.apr.03	c	14	brunt sandlag de 5 øverste cm
P	P-1	B	10	20	23.apr.03	c	14	brunt sandlag de 5 øverste cm
P	P-2	A	0	2	23.apr.03	c og g	10	som P1
P	P-2	B	0	2	23.apr.03	g		
P	P-2	A	2	10	23.apr.03	c	10	som P1
P	P-2	B	2	10	23.apr.03	c	10	som P1
Q	Q-1	A	0	2	23.apr.03	c og g	54	brun sand i de øverste 0,5 cm, mykt oljeaktig lag under
Q	Q-1	B	0	2	23.apr.03	g		
Q	Q-1	A	2	10	23.apr.03	c	54	brun sand i de øverste 0,5 cm, mykt oljeaktig lag under
Q	Q-1	B	2	10	23.apr.03	c	54	brun sand i de øverste 0,5 cm, mykt oljeaktig lag under
Q	Q-1	A	10	20	23.apr.03	c	54	brun sand i de øverste 0,5 cm, mykt oljeaktig lag under
Q	Q-1	B	10	20	23.apr.03	c	54	brun sand i de øverste 0,5 cm, mykt oljeaktig lag under

Lokalitet	Stasj.	Replik	Topp- snitt	Bunn- snitt	Dato	Corer/ grab	Kjerne- lengde	Kommentarer
Q	Q-1	A	20	30	23.apr.03	c	54	brun sand i de øverste 0,5 cm, mykt oljeaktig lag under
Q	Q-1	B	20	30	23.apr.03	c	54	brun sand i de øverste 0,5 cm, mykt oljeaktig lag under
Q	Q-1	A	30	40	23.apr.03	c	54	brun sand i de øverste 0,5 cm, mykt oljeaktig lag under
Q	Q-1	B	30	40	23.apr.03	c	54	brun sand i de øverste 0,5 cm, mykt oljeaktig lag under
Q	Q-1	A	40	50	23.apr.03	c	54	brun sand i de øverste 0,5 cm, mykt oljeaktig lag under
Q	Q-1	B	40	50	23.apr.03	c	54	brun sand i de øverste 0,5 cm, mykt oljeaktig lag under
Q	Q-1	A	50	54	23.apr.03	c	54	brun sand i de øverste 0,5 cm, mykt oljeaktig lag under
Q	Q-2	A	0	2	23.apr.03	c og g	70	svart oljeaktig lag i hele søylen
Q	Q-2	B	0	2	23.apr.03	g		
Q	Q-2	A	2	10	23.apr.03	c	70	svart oljeaktig lag i hele søylen
Q	Q-2	B	2	10	23.apr.03	c	70	svart oljeaktig lag i hele søylen
Q	Q-2	A	10	20	23.apr.03	c	70	svart oljeaktig lag i hele søylen
Q	Q-2	B	10	20	23.apr.03	c	70	svart oljeaktig lag i hele søylen
Q	Q-2	A	20	30	23.apr.03	c	70	svart oljeaktig lag i hele søylen
Q	Q-2	B	20	30	23.apr.03	c	70	svart oljeaktig lag i hele søylen
Q	Q-2	A	30	40	23.apr.03	c	70	svart oljeaktig lag i hele søylen
Q	Q-2	B	30	40	23.apr.03	c	70	svart oljeaktig lag i hele søylen
Q	Q-2	A	40	50	23.apr.03	c	70	svart oljeaktig lag i hele søylen
Q	Q-2	B	40	50	23.apr.03	c	70	svart oljeaktig lag i hele søylen

Vedlegg D. Analyseresultater

Nr.	Lokalitet	Nord	Øst	Stasjon	Replikant	Toppsnitt	Bunnsnitt	TTS	TGR
1	A	59°54.526'N	10°43.311'E	A-1	A	0	2	757	976
2	A	59°54.536'N	10°43.322'E	A-2	A	2	10	770	952
3	A	59°54.536'N	10°43.322'E	A-2	A	0	2	824	987
4	A	59°54.516'N	10°43.304'E	A-3	A	2	10	564	895
5	A	59°54.516'N	10°43.304'E	A-3	A	0	2	542	926
6	B	59°54.467'N	10°43.244'E	B-2	A	2	10	587	936
7	B	59°54.467'N	10°43.244'E	B-2	A	0	2	458	914
8	B	59°54.479'N	10°43.242'E	B-3	A	2	10	561	924
9	B	59°54.479'N	10°43.242'E	B-3	A	0	2	386	890
10	B	59°54.48'N	10°43.264'E	B-4	A	2	10	583	905
11	B	59°54.48'N	10°43.264'E	B-4	A	0	2	391	879
12	B	59°54.491'N	10°43.244'E	B-5	A	2	10	592	944
13	B	59°54.491'N	10°43.244'E	B-5	A	0	2	433	902
14	B	59°54.478'N	10°43.221'E	B-6	A	0	2	562	945
15	B	59°54.478'N	10°43.221'E	B-6	A	2	10	675	963
16	C	59°54.418'N	10°43.209'E	C-1	A	0	2	399	917
17	C	59°54.418'N	10°43.209'E	C-1	A	2	10	346	870
18	C	59°54.428'N	10°43.219'E	C-2	A	2	10	442	899
19	C	59°54.428'N	10°43.219'E	C-2	A	0	2	374	906
20	C	59°54.443'N	10°43.22'E	C-3	A	2	10	348	862
21	C	59°54.443'N	10°43.22'E	C-3	A	0	2	366	891
22	C	59°54.457'N	10°43.208'E	C-4	A	0	2	425	907
23	C	59°54.457'N	10°43.208'E	C-4	A	2	10	435	883
24	C	59°54.444'N	10°43.201'E	C-5	A	0	2	380	901
25	C	59°54.444'N	10°43.201'E	C-5	A	2	10	465	891
26	C	59°54.427'N	10°43.2'E	C-6	A	0	2	373	906
27	C	59°54.427'N	10°43.2'E	C-6	A	2	10	384	889
28	D	59°54.418'N	10°43.162'E	D-1	A	0	2	388	899
29	D	59°54.418'N	10°43.162'E	D-1	A	2	10	386	887
30	D	59°54.404'N	10°43.165'E	D-2	A	0	2	385	895
31	D	59°54.404'N	10°43.165'E	D-2	A	2	10	333	887
32	D	59°54.402'N	10°43.144'E	D-3	A	0	2	369	902
33	D	59°54.402'N	10°43.144'E	D-3	A	2	10	346	882
34	D	59°54.412'N	10°43.141'E	D-4	A	0	2	365	898
35	D	59°54.412'N	10°43.141'E	D-4	A	2	10	367	879
36	E	59°54.398'N	10°43.059'E	E-1	A	0	2	346	898
37	E	59°54.398'N	10°43.059'E	E-1	A	2	10	338	899
38	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	²¹⁰ Pb	52	54	535	924
39	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	²¹⁰ Pb	38	40	596	959
40	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	²¹⁰ Pb	4	6	312	896
41	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	²¹⁰ Pb	8	10	349	903
42	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	²¹⁰ Pb	0	2	318	892
43	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	²¹⁰ Pb	12	14	321	869
44	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	²¹⁰ Pb	16	18	271	888
45	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	²¹⁰ Pb	18	20	275	883
46	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	²¹⁰ Pb	24	26	383	914
47	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	²¹⁰ Pb	28	30	556	958
48	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	A	0	2	332	895
49	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	A	10	20	247	883
50	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	A	20	30	257	877
51	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	A	30	40	364	907
52	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	A	40	50	421	935
53	E	59°54.39'N	10°43.069'E	E-2	B	2	10	312	888
54	E	59°54.398'N	10°43.045'E	E-3	A	0	2	323	901
55	E	59°54.402'N	10°43.069'E	E-4	A	2	10	279	880
56	E	59°54.402'N	10°43.069'E	E-4	A	0	2	339	889

Nr.	Lokalitet	Nord	Øst	Stasjon	Replikant	Toppsnitt	Bunnsnitt	TTS	TGR
57	E	59°54.402'N	10°43.069'E	E-4	B	2	10	281	883
58	K	59°54.488'N	10°43.174'E	K-1	A	0	2	536	956
59	K	59°54.49'N	10°43.194'E	K-2	A	0	2	561	958
60	L	59°54.415'N	10°42.922'E	L-1	A	0	2	587	954
61	L	59°54.415'N	10°42.922'E	L-1	A	2	10	741	976
62	L	59°54.425'N	10°42.952'E	L-2	A	2	10	665	960
63	L	59°54.425'N	10°42.952'E	L-2	A	0	2	572	943
64	M	59°54.343'N	10°43.144'E	M-1	A	0	2	258	884
65	M	59°54.343'N	10°43.144'E	M-1	A	2	10	280	871
66	M	59°54.345'N	10°43.159'E	M-2	A	0	2	268	882
67	M	59°54.345'N	10°43.159'E	M-2	A	2	10	270	873
68	N	59°54.374'N	10°43.363'E	N-1	A	0	2	497	939
69	N	59°54.374'N	10°43.363'E	N-1	A	2	10	489	927
70	N	59°54.38'N	10°43.385'E	N-2	A	0	2	330	886
71	N	59°54.38'N	10°43.385'E	N-2	A	2	10	380	885
72	O	59°54.441'N	10°43.432'E	O-1	A	2	10	457	919
73	O	59°54.441'N	10°43.432'E	O-1	A	0	2	366	887
74	O	59°54.43'N	10°43.427'E	O-2	A	0	2	341	886
75	O	59°54.43'N	10°43.427'E	O-2	A	2	10	496	918
76	P	59°54.466'N	10°43.456'E	P-1	A	0	2	421	872
77	P	59°54.466'N	10°43.456'E	P-1	A	2	10	543	881
78	P	59°54.486'N	10°43.444'E	P-2	A	0	2	349	883
79	P	59°54.486'N	10°43.444'E	P-2	A	2	10	474	899
80	Q	59°54.375'N	10°43.508'E	Q-1	A	0	2	224	882
81	Q	59°54.375'N	10°43.508'E	Q-1	A	2	10	168	890
82	Q	59°54.358'N	10°43.499'E	Q-2	A	0	2	199	882
83	Q	59°54.358'N	10°43.499'E	Q-2	A	2	10	167	879

Nr.	Lokalitet	TOC/F	As/ICP-Sm	Cd/ICP-Sm	Co/ICP-Sm	Cr/ICP-Sm	Cu/ICP-Sm	Mn/ICP-Sm
1	A	7,4	5	0,5	5,8	22,3	166	218
2	A	12,7	10	0,5	8,2	30,1	93,8	225
3	A	8,1	6,4	0,4	6	19,8	158	225
4	A	71,2	15	1,9	9,8	49,1	279	238
5	A	40,4						
6	B	25,7	13	1,3	13,5	55,1	169	432
7	B	48,3	17	2,2	9,8	56,1	162	292
8	B	41,7	15	1,6	9	48,6	247	225
9	B	60,6	22	1,7	10,7	62,2	202	317
10	B	38,5						
11	B	67,5						
12	B	27,3	13	1,2	12,2	52	181	390
13	B	51,4	16	1,8	10,3	54,4	199	295
14	B	50,6	10	0,94	9,9	40,5	137	263
15	B	101						
16	C	42,1	17	2,4	10,6	65,6	226	286
17	C	74,1	23	6,2	13,1	120	515	303
18	C	57	22	5,6	12	100	338	378
19	C	43,9	23	1,9	10,6	59,8	185	325
20	C	82,1						
21	C	54,7						
22	C	47,2						
23	C	81,6						
24	C	47,8	22	1,9	11,5	64,6	168	343
25	C	59,7						
26	C	50,8	22	3,3	11,6	78,8	242	308
27	C	58,7	25	7,69	13,4	118	364	311
28	D	42	24	2,2	12,8	71,3	205	369
29	D	56						
30	D	53	19	3,3	12,1	71,3	220	336
31	D	63,2						
32	D	47,3						
33	D	58,2	23	5,1	14	85,7	321	321
34	D	41	25	1,9	12,5	72,4	202	371
35	D	57,7	23	4	14,3	87,2	312	338
36	E	40,5	21	2,2	13,3	70,7	194	372
37	E	40,9	26	2,9	13,5	80,1	233	364
38	E	28,7	17	0,92	12,6	60,1	70,2	345
39	E	14	16	0,86	15,6	46,8	61	462
40	E	48	28	2,6	12,2	78,3	225	334
41	E	46,6	29	3,2	13,1	81,9	229	370
42	E	42	47	1,7	11,4	69,3	173	349
43	E	63,9	23	3,6	13	85,3	291	329
44	E	62,2	26	6,53	13,2	146	437	300
45	E	38,9	27	6,48	13,8	116	312	412
46	E	56,4	22	8,01	11	129	325	292
47	E	42,9	18	4,3	9,52	69,5	202	365
48	E	40,1	20	2	12,8	68,1	174	366
49	E	55,4						
50	E	54,7						
51	E	47,4						
52	E	29,6						
53	E	51,6						
54	E	39,9						
55	E	58,3	21	5,6	13	111	330	312
56	E	53,1	24	5,4	13,2	104	296	319
57	E	58,9						
58	K	16,1	12	0,6	14,2	47,4	73,6	463
59	K	9,1	9,9	0,5	14	46,3	45,5	512
60	L	22,5	11	0,6	11,2	43,5	102	511

Nr.	Lokalitet	TOC/F	As/ICP-Sm	Cd/ICP-Sm	Co/ICP-Sm	Cr/ICP-Sm	Cu/ICP-Sm	Mn/ICP-Sm
61	L	10,9	9,9	0,6	8,8	80,7	70	243
62	L	18,9						
63	L	25	11	0,81	12,7	42,9	89,4	388
64	M	43,9	26	2	12,5	66,8	181	332
65	M	58,4	22	3,9	13,3	77,3	370	331
66	M	43,5	28	1,8	11,8	65,2	177	340
67	M	49,9						
68	N	27,1	48	2,1	10,6	67,8	394	497
69	N	36,3						
70	N	44,2	33	1,1	11,2	83,5	307	382
71	N	69,1	45	7,28	16,9	145	874	388
72	O	48,4	37	4,6	18,1	136	1160	271
73	O	45,4	28	2,6	11	81,5	429	307
74	O	49,1	45	1,5	11,5	89,3	422	370
75	O	50,6						
76	P	39,9	31	1,2	9,43	55	512	415
77	P	53,1	29	1,7	11,2	59,4	258	284
78	P	56,3	35	1,5	15,1	84	425	426
79	P	49,8						
80	Q	51,1	19	2,2	12,1	64,9	222	321
81	Q	42,7	17	2,5	11,7	66	226	302
82	Q	41,8	20	2	11,7	62,9	202	318
83	Q	42,4						

Nr.	Lokalitet	Pb/ICP-Sm	Zn/ICP-Sm	CB28-Sm	CB52-Sm	CB101-Sm	CB118-Sm
1	A	1100	289	0,79	1,8	1,9	1,3
2	A	195	485	1,9	5,9	24	10
3	A	69,7	211	1,6	2,4	2,3	1,6
4	A	319	805	4,4	8,5	13	9
5	A			2,8	9,7	37	15
6	B	142	411	1,9	3,9	4,5	3,2
7	B	175	650	1,8	4,7	4,8	3,4
8	B	214	646	1,3	2,5	7,8	5,4
9	B	186	614	4,3	44	180	63
10	B			2,7	5,9	11	6,6
11	B			4,3	8,7	15	9,3
12	B	98,5	444	2,8	7,1	8,1	6,5
13	B	246	620	2,9	8,3	13	9,6
14	B	97	370	1,4	2,9	4,1	2,8
15	B						
16	C	185	804	2,8	5,5	6,6	5,3
17	C	383	1320	22	31	23	20
18	C	363	1060	9,3	18	66	12
19	C	169	479	1,2	9,2	18	17
20	C						
21	C			2,1	4,9	7,1	5,5
22	C			2	4,3	5,7	4,2
23	C			2,7	0,4	5,1	5,4
24	C	183	517	0,91	2,2	2,7	2,3
25	C						
26	C	225	713	3,4	6,8	7,5	6,4
27	C	352	1140	6,5	15	16	11
28	D	229	627	3	7	12	9
29	D						
30	D	221	728	3,9	9,1	20	12
31	D						
32	D			2,3	9,8	23	16
33	D	270	917	10	16	19	15
34	D	204	561	2,3	4,5	7,1	5,3
35	D	284	934	9,9	16	18	15
36	E	200	566	3,1	6	8	6,5
37	E	221	645	5	11	14	11
38	E	148	278	0,2	0,2	0,2	0,2
39	E	65	216	0,36	0,69	0,6	0,42
40	E	193	586	3,1	6,6	10	8,1
41	E	231	680	4,2	9	10	8,1
42	E	166	462	1,8	8,9	6,1	4,9
43	E	246	754	7,1	13	17	14
44	E	374	982	24	53	60	46
45	E	277	835	13	33	31	24
46	E	379	1150	1,6	8	8,7	5,3
47	E	249	689	0,54	3,2	2,3	1,5
48	E	176	510	2,3	4,4	6,9	5,5
49	E			28	50	66	59
50	E			28	75	67	58
51	E			3,2	12	12	9
52	E			0,25	2,2	0,62	0,49
53	E						
54	E			1,6	3,1	6,1	4,6
55	E	322	919	15	29	33	26
56	E	308	953	7,1	15	18	13
57	E						
58	K	81,8	264	0,42	0,95	0,81	0,6
59	K	47	215	0,55	1,1	1,4	0,88
60	L	81,5	255	0,84	2,1	4,3	2,9

Nr.	Lokalitet	Pb/ICP-Sm	Zn/ICP-Sm	CB28-Sm	CB52-Sm	CB101-Sm	CB118-Sm
61	L	76,6	278	1,8	3,9	4,8	5,2
62	L						
63	L	72,6	293	1,2	3,1	4,5	3,2
64	M	162	510	2	4,3	5,9	5,3
65	M	236	822	8,7	15	17	16
66	M	171	489	2	3,9	4,8	4,7
67	M						
68	N	512	4060	7,3	32	47	32
69	N						
70	N	266	555	2,8	11	16	16
71	N	652	1560	72	320	400	300
72	O	1380	2420	100	660	770	610
73	O	350	1120	33	80	86	67
74	O	368	714	10	46	47	37
75	O						
76	P	292	828	4,4	50	150	110
77	P	559	913	2,4	6,9	16	11
78	P	317	1090	10	41	42	45
79	P						
80	Q	153	488	3,1	6,8	11	11
81	Q	179	567	4,5	6,8	12	10
82	Q	141	456	2,8	3,5	6,3	5,8
83	Q						

Nr.	Lokalitet	CB138-Sm	CB180-Sm	Sum PCB	Seven Dutch	NAP-Sm	ACNLE-Sm
1	A	2,4	1,5	11,99	11,99		
2	A	67	57	226,8	226,8		
3	A	2,4	1,4	14	14		
4	A	19	11	80,9	80,9		
5	A	80	55	271,5	271,5	746	81
6	B	6,1	3,5	28,1	28,1		
7	B	6,7	3,5	30,5	30,5		
8	B	11	6,6	43,7	43,7		
9	B	390	210	1231,3	1231,3		
10	B	15	9,3	64,5	64,5	1010	167
11	B	21	12	88,3	88,3	1450	80
12	B	9,9	6,6	49,3	49,3		
13	B	19	9,3	77,1	77,1		
14	B	5,8	3,5	25,3	25,3		
15	B						
16	C	8,9	4,9	41,8	41,8		
17	C	30	15	166	166		
18	C	97	18	560,3	560,3		
19	C	23	5,7	90,1	90,1		
20	C						
21	C	10	6,4	45,6	45,6	757	111
22	C	7,5	4,7	36	36	1030	125
23	C	14	10	50,6	50,6	1880	222
24	C	4,3	3,1	19,51	19,51		
25	C						
26	C	10	5,9	48,6	48,6		
27	C	22	16	106,5	106,5		
28	D	15	8,4	67,4	67,4		
29	D						
30	D	37	28	142	142		
31	D						
32	D	25	8,3	173,4	173,4	985	47
33	D	24	13	117	117		
34	D	9,6	5,8	43,1	43,1		
35	D	22	13	112,9	112,9		
36	E	11	6,3	50,2	50,2		
37	E	17	10	83	83		
38	E	0,2	0,2	0	0		
39	E	0,61	0,41	3,59	3,59		
40	E	13	6,9	59,7	59,7		
41	E	12	6,9	61,2	61,2		
42	E	9,5	5,7	45,8	45,8		
43	E	20	12	101,1	101,1		
44	E	73	45	365	365		
45	E	38	27	201	201		
46	E	16	10	64,6	64,6		
47	E	3,7	2	16,64	16,64		
48	E	9,8	6,2	44	44		
49	E	81	39	393	393	340	45
50	E	82	53	440	440	715	97
51	E	24	18	101,2	101,2	1340	220
52	E	1,1	0,6	6,46	6,46	420	75
53	E						
54	E	8,7	5	38,4	38,4	715	163
55	E	39	22	197	197		
56	E	24	17	116,1	116,1		
57	E						
58	K	1,1	0,53	5,38	5,38	212	30
59	K	2	1,2	9,03	9,03		
60	L	7,2	7,1	32,34	32,34	326	18

Nr.	Lokalitet	CB138-Sm	CB180-Sm	Sum PCB	Seven Dutch	NAP-Sm	ACNLE-Sm
61	L	8,6	3,5	34,5	34,5		
62	L						
63	L	7	4,5	29,9	29,9		
64	M	8,4	4,8	30,7	30,7	644	132
65	M	25	14	117,7	117,7		
66	M	7,6	4,4	34,2	34,2		
67	M						
68	N	45	20	225,3	225,3	383	107
69	N						
70	N	26	13	105,8	105,8		
71	N	500	300	2312	2312		
72	O	860	300	3950	3950		
73	O	70	30	433	433	972	119
74	O	58	29	281	281		
75	O						
76	P	230	110	854,4	854,4	1480	109
77	P	20	12	86,3	86,3		
78	P	36	19	227	227		
79	P						
80	Q	14	10	90,9	90,9	746	96
81	Q	16	8,8	58,1	58,1		
82	Q	8	4,4	38,6	38,6		
83	Q						

Nr.	Lokalitet	FLE-Sm	PA-Sm	ANT-Sm	FLU-Sm	PYR-Sm	BAA-Sm	BBF-Sm	BKF-Sm
1	A								
2	A								
3	A								
4	A								
5	A	226	1140	434	2770	2340	1580	1510	548
6	B								
7	B								
8	B								
9	B								
10	B	329	1050	424	1840	1980	900	1100	415
11	B	313	1480	554	3750	3260	1742	1992	615
12	B								
13	B								
14	B								
15	B								
16	C								
17	C								
18	C								
19	C								
20	C								
21	C	186	669	236	1630	1950	782	1050	406
22	C	318	1130	488	4290	4290	1350	1440	593
23	C	899	3220	1520	13500	11700	4130	4230	1560
24	C								
25	C								
26	C								
27	C								
28	D								
29	D								
30	D								
31	D								
32	D	192	1840	254	2150	1780	702	1140	430
33	D								
34	D								
35	D								
36	E								
37	E								
38	E								
39	E								
40	E								
41	E								
42	E								
43	E								
44	E								
45	E								
46	E								
47	E								
48	E								
49	E	55	510	180	930	2200	1000	1750	555
50	E	130	1200	880	5700	5600	2700	2950	1060
51	E	600	3000	1560	17900	16000	5500	4600	1560
52	E	145	850	380	4000	3800	1900	2260	830
53	E								
54	E	139	570	196	1290	1230	624	850	324
55	E								
56	E								
57	E								
58	K	62	268	112	832	808	473	418	150
59	K								
60	L	52	279	101	624	597	319	446	174

Nr.	Lokalitet	FLE-Sm	PA-Sm	ANT-Sm	FLU-Sm	PYR-Sm	BAA-Sm	BBF-Sm	BKF-Sm
61	L								
62	L								
63	L								
64	M	207	680	248	1560	1570	1010	1010	342
65	M								
66	M								
67	M								
68	N	4310	24700	827	58100	40000	23800	26700	13500
69	N								
70	N								
71	N								
72	O								
73	O	389	2116	633	4640	4790	3170	4370	1340
74	O								
75	O								
76	P	459	2840	845	5310	4490	2930	3110	1050
77	P								
78	P								
79	P								
80	Q	119	485	174	1110	1180	576	920	300
81	Q								
82	Q								
83	Q								

Nr.	Lokalitet	BAP-Sm	ICDP-Sm	DBA3A-Sm	BGHIP-Sm	Sum PAH	Sum KPAH	MBT-Sm
1	A							
2	A							
3	A							
4	A							
5	A	1210	1080	288	804	15627	6216	35
6	B							
7	B							
8	B							
9	B							
10	B	828	770	203	638	12318	4216	45
11	B	1419	1160	320	987	20492	7248	58
12	B							
13	B							
14	B							
15	B							
16	C							
17	C							
18	C							
19	C							
20	C							
21	C	679	467	110	482	10162	3494	68
22	C	927	687	166	677	18580	5163	45
23	C	2610	1830	440	1820	53167	14800	4
24	C							
25	C							
26	C							
27	C							
28	D							
29	D							
30	D							
31	D							
32	D	768	633	160	603	12440	3833	89
33	D							
34	D							
35	D							
36	E							
37	E							
38	E							
39	E							
40	E							
41	E							
42	E							
43	E							
44	E							
45	E							
46	E							
47	E							
48	E							
49	E	1100	1240	250	1170	12014	5895	61
50	E	2240	1840	390	1800	29332	11180	8,9
51	E	3150	2670	480	2830	65670	17960	0,7
52	E	1600	1470	300	1350	20745	8360	5,4
53	E							
54	E	586	497	130	466	8243	3011	84
55	E							
56	E							
57	E							
58	K	314	273	79	222	4490	1707	10
59	K							
60	L	320	270	73	252	4062	1602	33

Nr.	Lokalitet	BAP-Sm	ICDP-Sm	DBA3A-Sm	BGHIP-Sm	Sum PAH	Sum KPAH	MBT-Sm
61	L							
62	L							
63	L							
64	M	737	674	205	584	10161	3978	50
65	M							
66	M							
67	M							
68	N	30500	14900	8507	10100	285624	117907	73
69	N							
70	N							
71	N							
72	O							
73	O	3340	2370	645	2210	34409	15235	170
74	O							
75	O							
76	P	2400	1760	477	1610	31883	11727	130
77	P							
78	P							
79	P							
80	Q	690	633	151	601	8456	3270	37
81	Q							
82	Q							
83	Q							

Nr.	Lokalitet	DBT-Sm	TBT-Sm	TBT-mol	MPhT-Sm	DPhT-Sm	TPhT-Sm	Olje/GC-Sm
1	A							
2	A							
3	A							
4	A							
5	A	58	880	2147	-99	-99	1	1100
6	B							
7	B							
8	B							
9	B							
10	B	64	430	1049	-99	-99	2	1000
11	B	170	1400	3416	-99	-99	1	1800
12	B							
13	B							
14	B							
15	B							
16	C							
17	C							
18	C							
19	C							
20	C							
21	C	110	970	2367	-99	-99	2	1500
22	C	71	740	1806	-99	-99	1	2000
23	C	4	43	105	-99	-99	1	6200
24	C							
25	C							
26	C							
27	C							
28	D							
29	D							
30	D							
31	D							
32	D	130	760	1854	-99	-99	3	
33	D							
34	D							
35	D							
36	E							
37	E							
38	E							
39	E							
40	E							
41	E							
42	E							
43	E							
44	E							
45	E							
46	E							
47	E							
48	E							
49	E	96	627	1530	-99	-99	13	12000
50	E	19	130	317	-99	-99	0,9	16000
51	E	1,6	7,7	19	-99	-99	0,3	12000
52	E	0,5	0,4	10	-99	-99	0,3	3700
53	E							
54	E	120	900	2196	-99	-99	8	810
55	E							
56	E							
57	E							
58	K	12	59	144	-99	-99	1	320
59	K							
60	L	64	220	537	-99	-99	2	310

Nr.	Lokalitet	DBT-Sm	TBT-Sm	TBT-mol	MPhT-Sm	DPhT-Sm	TPhT-Sm	Olje/GC-Sm
61	L							
62	L							
63	L							
64	M	110	730	1781	-99	-99	2	970
65	M							
66	M							
67	M							
68	N	170	780	1903	-99	-99	72	3500
69	N							
70	N							
71	N							
72	O							
73	O	450	1200	2928	-99	-99	46	1900
74	O							
75	O							
76	P	290	890	2172	-99	-99	19	2300
77	P							
78	P							
79	P							
80	Q	140	2000	4880	-99	-99	6	1400
81	Q							
82	Q							
83	Q							

Nr.	Lokalitet	Ag/ICP-Sm	Ni/ICP-Sm
1	A	4,5	18,3
2	A	1,5	24,5
3	A	3,1	19,5
4	A	7,5	29,1
5	A		
6	B	2,9	42,7
7	B	5,2	32,7
8	B	4,2	34,1
9	B	6,5	36,5
10	B		
11	B		
12	B	2,8	35,7
13	B	5,7	34,5
14	B	2,5	32
15	B		
16	C	7,5	37,7
17	C	7,1	50,5
18	C	6,1	42,9
19	C	5,8	36,5
20	C		
21	C		
22	C		
23	C		
24	C	5,6	41,8
25	C		
26	C	7,8	42,1
27	C	6,6	48,6
28	D	6,3	45,4
29	D		
30	D	6,2	42,1
31	D		
32	D		
33	D	8,8	51,7
34	D	6,5	44,1
35	D	7,4	50,5
36	E	6,2	47,8
37	E	7,8	49,1
38	E	0,5	45,3
39	E	1	45,4
40	E	7,2	42,8
41	E	7,8	49,1
42	E	5,7	39,9
43	E	7,6	46
44	E	7,6	50
45	E	8,2	47,8
46	E	4,6	40,8
47	E	3,9	35,7
48	E	5,6	44,9
49	E		
50	E		
51	E		
52	E		
53	E		
54	E		
55	E	10	46,5
56	E	10	47,5
57	E		
58	K	0,8	42,6
59	K	0,5	40,8
60	L	1,7	31,4

Nr.	Lokalitet	Ag/ICP-Sm	Ni/ICP-Sm
61	L	1	25,4
62	L		
63	L	1	34,5
64	M	5,9	42,2
65	M	9,1	45,6
66	M	5,4	41,6
67	M		
68	N	4,6	43,6
69	N		
70	N	7,3	38,2
71	N	4,9	67,2
72	O	7	53,9
73	O	7,7	36
74	O	7,6	39
75	O		
76	P	3,6	27,8
77	P	4,6	38,8
78	P	4,9	34,1
79	P		
80	Q	5,7	39,1
81	Q	7	38,9
82	Q	5,3	37,9
83	Q		

-99 betyr analyseresultat mangler

-999 betyr at forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet

Vedlegg E. Blydatering (^{210}Pb) fra DHI

**^{210}Pb -datering af en sedimentkerne
fra Tjuvholmen, Norge**

²¹⁰Pb-datering af en sedimentkerne fra Tjuvholmen, Norge

Maj 2003

Agern Allé 11
DK-2970 Hørsholm, Denmark

Tlf: +45 4516 9200

Fax: +45 4516 9292

Afd. fax:

E-mail: dhi@dhi.dkWeb: www.dhi.dk

Klient		Klientens repræsentant			
NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING		Merete Schoyen			
Projekt		Projekt nr.			
²¹⁰ Pb-datering af en sedimentkerne fra Tjuvholmen, Norge		91340			
Forfattere		Dato			
Arne Jensen		26. maj 2003			
		Godkendt af			
2	Revision	AJE	ANJ	ANJ	26/5-03
1	Endelig rapport	AJE			25/5-03
Revision	Beskrivelse	Udført	Kontrolleret	Godkendt	Dato
Nøgleord		Klassifikation			
²¹⁰ Pb-datering Sediment Tjuvholmen Norge		<input type="checkbox"/> Åben <input type="checkbox"/> Intern <input checked="" type="checkbox"/> Tilhører klienten			
Distribution				Antal kopier	
NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING: DHI:				2	
Merete Schoyen AJE, PHD				2	

INDLEDNING

DHI – Institut for Vand og Miljø har for Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA), Merete Schoyen, foretaget bly-210 (^{210}Pb) datering af en sedimentkerne fra Tjuvholmen, Norge. Formålet med undersøgelsen var at bestemme sedimentets alder og sedimentakkumulationsraten ($\text{g m}^{-2} \text{ år}^{-1}$) samt at undersøge eventuelle forstyrrelser i de øverste sedimentlag (blandingsdybden). Kernerne blev opskåret af rekvirenten i 1,0 cm tykke skiver for de øverste 10 cm og derefter i 2 cm skiver. DHI modtog de udkårne tørrede prøver sammen med oplysninger om tørstofindholdet og saliniteten ved havbunden.

^{210}Pb isotopen i sedimenter hidrører dels fra atmosfærisk deposition (unsupported ^{210}Pb) og dels fra radioaktiv henfald af radon i sedimentet (supported ^{210}Pb). ^{210}Pb -isotopen tilføres atmosfæren ved henfald af radon (^{222}Rn), som diffunderer ud af jorden. Disse isotoper er en del af urans (^{238}U) henfaldskæde. ^{210}Pb isotopen har en halveringstid på 22,3 år. Baggrundsværdien for ^{210}Pb bestemmes ud fra mængden af supported ^{210}Pb , som er uafhængig af sedimentationen. Bestemmelsen af supported ^{210}Pb sker fra de dybere lag i sedimentet, hvor koncentrationen er konstant, idet al unsupported ^{210}Pb er henfaldet. Alderen af en sedimentkerne og sedimentakkumulationsraten bestemmes ved måling af ^{210}Pb -aktiviteten i forskellige sedimentlag.

ANALYSEMETODE

^{210}Pb måles i sedimentskiverne ved α -spektrometri på DHI. I ca. 10 sedimentskiver (normalt 1-2 cm tykkelse) jævnt fordelt ned igennem sedimentkernen måles ^{210}Pb -aktiviteten indirekte ved at måle aktiviteten af ^{210}Po (polonium) med α -spektrometri. Det tørrede sediment (ca. 0,5 g) destrueres med en blanding af salt- og salpetersyre, hvorefter ^{210}Po elektrolyseres over på en sølvplade. ^{210}Po -aktiviteten på sølvpladerne måles derefter ved α -spektrometri. Alle prøverne bliver tilsat ^{208}Po for at bestemme det kemiske udbytte. Kalibreringen udføres ved at behandle en ^{210}Pb -standard på samme måde som prøverne. ^{210}Pb -aktiviteten forudsættes at være i ligevægt med ^{210}Po -aktiviteten. Den anvendte metode er beskrevet i ref. /1/.

DATERING OG BESTEMMELSE AF AKKUMULATIONS-RATER

Ud fra aktivitetsprofilen af unsupported ^{210}Pb i sedimentkernen bestemmes alderen af de forskellige sedimentlag under den forudsætning, at ^{210}Pb ikke er mobilt i sedimentkernen. Der anvendes flere forskellige metoder til dateringen, som bygger på lidt forskellige antagelser. Der beregnes desuden et skøn for usikkerheden på dateringerne. Akkumulationsraterne beregnes ud fra dateringerne. Alle beregninger er udført på tørstofbasis korrigeret for saltindhold ud fra saliniteten på prøvetagningslokaliteten.

Vægtet lineær regression

Den første metode antager både, at sedimentationsraten er konstant, og at koncentrationen af ^{210}Pb i det aflejrte sediment er konstant. Dette medfører desuden, at fluxen af ^{210}Pb er konstant. Hvis dette er tilfældet, gælder der at

$$A_i = A_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t_i) \Leftrightarrow \\ t_i = \frac{\ln(A_0) - \ln(A_i)}{\lambda} \quad ,$$

hvor

A_i = aktiviteten i det i 'te lag (dpm g^{-1})

λ = henfaldskonstanten for ^{210}Pb

t_i = henfaldstiden.

Samtidig gælder, at

$$\ln(A_i) = \alpha + \beta \cdot (M_i - \tilde{M}),$$

hvor

M_i = massedybden (g cm^{-2})

\bar{M} = et vægtet gennemsnit af M_i , altså en konstant.

Sættes dette ind i ovenstående fås, at

$$t_i = \frac{-\beta \cdot M_i}{\lambda},$$

Parametrene α og β estimeres ved hjælp af en variansvægtet lineær regressionsmetode.

Varianserne på de enkelte målinger sættes i første omgang lig med tælleusikkerhederne, og variansen på $\ln(A_i)$ beregnes ud fra formlen

$$V(f(X)) \approx \left(\frac{\partial f}{\partial X} \right)^2 \cdot V(X) \Rightarrow$$
$$V(\ln(A_i)) \approx \frac{V(A_i)}{A_i^2}$$

Det antages, at der ud over tælleusikkerheden også er et variansbidrag fra andre fejlkilder, V_o , på den enkelte måling af $\ln(A_i)$, som er ens for alle målinger. Denne størrelse estimeres ud fra målingernes afvigelser fra regressionslinien. Herefter foretages den lineære regression på ny med de nye variansvægte. Proceduren gentages, indtil en stabil værdi for V_o er fundet. Det skal bemærkes, at hvis en eller begge antagelserne for brug af metoden ikke er opfyldt, vil dette resultere i et forøget estimat af V_o .

CIC-metoden

Den anden metode antager, at koncentrationen af unsupported ^{210}Pb i det deponerende stof er konstant med tiden for lokaliteten, dvs. at sedimentationsraten kan variere med tiden. Dette kaldes CIC-metoden (Constant Initial Concentration). Der fås, at

$$t_i = \frac{\ln(A_0) - \ln(A_i)}{\lambda}.$$

CRS-metoden

Den tredje metode antager, at fluxen til sedimentet af unsupported ^{210}Pb er konstant med tiden for lokaliteten, dvs. at sedimentationsraten, og dermed koncentrationen af ^{210}Pb i det aflejrede sediment, kan variere. Dette kaldes CRS-metoden (**C**onstant **R**ate of **S**upply). Der fås, at

$$t_{i=} = \frac{\ln\left(\int_0^{\infty} A \cdot dM\right) - \ln\left(\int_{M_i}^{\infty} A \cdot dM\right)}{\lambda},$$

I øvrigt henvises der til ref. /1/ for en nærmere beskrivelse af CIC og CRS-metoderne. Integralerne beregnes ud fra de målte værdier ved hjælp af trapez-integration. $A(0)$ sættes lig med $A(M_1)$. I praksis antages det, at integralet til det dybest målte lag, M_N , er tilnærmelsesvis lig integralet til uendelig dybde. Dette har dog den beregningsmæssige ulempe, at alderen går mod uendelig, når M går mod M_N , og derfor estimerer CRS-metoden alderen til at være større i de dybere lag end de andre metoder.

Korrigeret CRS-metode

For at korrigere for det ovenstående problem, er det nødvendigt at estimere

$$\int_{M_N}^{\infty} A \cdot dM.$$

Dette kan gøres på grundlag af den første metode, den vægtede lineære regression. Her bliver variansvægtningen dog foretaget på grundlag af tælleusikkerhederne alene, dvs. V_0 sættes til nul. Dette gøres, fordi der ikke længere antages at være en lineær sammenhæng mellem $\ln(A_i)$ og M_i , og V_0 blev estimeret ud fra afvigelseerne fra regressionslinien. Integralet udregnes som

$$\begin{aligned} A_i &= \exp(\alpha + \beta \cdot (M_i - \tilde{M})) \Rightarrow \\ \int_{M_N}^{\infty} A \cdot dM &= \int_{M_N}^{\infty} \exp(\alpha + \beta \cdot (M_i - \tilde{M})) \cdot dM = \\ &= \frac{\exp(\alpha + \beta \cdot (M_i - \tilde{M}))}{\beta} \end{aligned}$$

Bemærk, at β er negativ (ensbetydende med faldende aktivitet ned gennem sedimentet).

Valg af den rette dateringsmetode

Hver enkelt dateringsmetode bygger på nogle forudsætninger, som kan være mere eller mindre i overensstemmelse med virkeligheden.

Hvis der gælder, at både sedimentationsraten er konstant, og at fluxen af ^{210}Pb ned i sedimentet er konstant, vil den lineære regressionsmetode være den bedste. Den har den fordel frem for de andre metoder, at alle målinger bruges til datering af hvert enkelt lag, og at de vægtes efter deres skønnede varians. Desuden gives der et skøn for variansen af målingerne ud over tælleusikkerheden. Variansskøn i forbindelse med de andre metoder bygger udelukkende på tælleusikkerhederne.

Hvis kun én af de to forudsætninger anført ovenfor er opfyldt, kan CIC eller CRS-metoden anvendes. Fordelen ved disse metoder er således, at de hver især kun kræver én af de to forudsætninger for brug af den lineære regressionsmetode. Under de fleste forhold vil antagelsen om, at fluxen af ^{210}Pb ned i sedimentet er konstant (CRS-metoden), være den mest rimelige, da ^{210}Pb tilføres fra atmosfæren i rimeligt konstante mængder. CRS-metoden er derfor også den mest almindeligt anvendte.

Den modificerede CRS-metode kan korrigere for en systematisk fejl ved den traditionelle CRS-metode, men kun under den forudsætning, at skønnet for den resterende integrerede aktivitet er rimeligt, hvilket igen forudsætter, at betingelserne for brug af den lineære regressionsmetode er tilnærmelsesvist opfyldt.

Man må bruge den tilgængelige viden om lokaliteten for prøvetagningen og kigge på data for at vurdere hvilken metode, der er den mest rimelige i de enkelte tilfælde.

Beregning af akkumulationsrater

Når datering af sedimentet er foretaget, beregnes middellakkumulationsraten (R som g tørstof $\text{cm}^{-2} \text{år}^{-1}$) mellem massedybden M_i og M_{i+1} som

$$R = \frac{M_{i+1} - M_i}{t_{i+1} - t_i}.$$

Usikkerheden kan beregnes ud fra usikkerheden på dateringerne.

Estimation af diffusionsrater for ^{210}Pb i sedimentet

Alle de ovenfor anførte dateringsmetoder forudsætter, at ^{210}Pb ikke er mobilt i sedimentet, dvs. at der ikke forekommer hverken diffusion eller opblanding i sedimentet. Hvor godt denne forudsætning er opfyldt, kan testes med den nedenstående diffusionsmodel. Modellen giver desuden yderligere et skøn for sedimentationsraten, der, ligesom for den lineære regressionsmodel, antages at være konstant med tiden for lokaliteten.

Fordelingen af unsupported ^{210}Pb i en sedimentkerne kan matematisk beskrives ved advektions-diffusionsligningen:

$$(1) \quad \frac{\partial A}{\partial t} = D \frac{\partial^2 A}{\partial z^2} - \omega \frac{\partial A}{\partial z} - \lambda A$$

hvor

A = aktiviteten af ^{210}Pb (dpm g^{-1})

D = blandingskoefficient ($\text{cm}^2 \text{år}^{-1}$)

z = dybde fra overfladen (cm)

ω = lineær akkumulationsrate (cm år^{-1})

λ = henfaldskonstanten for ^{210}Pb (år^{-1})

t = tiden (år)

Denne ligning løses, idet man forudsætter stationære sedimentationsforhold ($dA/dt = 0$).
Blandingsintensiteten D antages at følge en halv gaussisk fordeling, ref. /2/:

$$(2) \frac{dA}{dz} = D \frac{d^2 A}{dz^2} - \omega \frac{dA}{dz} - \lambda A$$

hvor D_0 er blandingsintensiteten i sedimentoverfladen og σ er den effektive blandingsdybde.
Blandingsparametrene er fundet ved at optimere løsningen af ligning (1) i forhold til det målte ^{210}Pb profil.

RESULTATER OG KOMMENTARER

Resultater

Bilag A viser alle resultaterne, som anvendes til dateringsberegningerne, inkl. bestemmelserne af ^{210}Pb . Disse resultater anvendes til at gennemregne alle modellerne, som er beskrevet i kapitel 3. Der foretages en detaljeret vurdering af de opnåede modelresultater set i lyset af kendskabet til prøvetagningslokaliteten. På dette grundlag vælges den model, som bedst beskriver alderen af sedimentet samt akkumulationsraten af sedimentet. Disse resultater beskrives i det følgende.

Tabel 4.1 Antal snit af kernen inkluderet i beregningerne

Stationsnavn og nr.	Bilagsnr.	Antal snit inkl. model	Antal snit ekskl. modeloptimering
Tjuvholmen	A	32 cm	2 (0-1 og 12-14 cm)

Tabel 4.2 Akkumulationsrater, blandingskoefficient, effektiv og reel blandingsdybde

Stationsnavn og nr.	Masseakkumulationsrate $\text{g m}^{-2} \text{år}^{-1} \pm \text{s.d.}$ (% CV)	Lineær akkumulationsrate mm år^{-1} (dybde 0-2 cm)	Blandingskoefficient $\text{cm}^2 \text{år}^{-1}$	Effektiv blandingsdybde-model cm	Reel blandingsdybde cm	Kvalitet af datering
Tjuvholmen	1.593 ± 93 (5,8)	4,6	150	0,4	0,8-1,2	**

s.d. = standard deviation *** fin datering, ** rimelig datering, *dårlig datering

I figur 4.2 er vist dels de målte koncentrationer af ^{210}Pb (unsupported ^{210}Pb) og dels den optimerede løsning af ligning (1), (afsnit 3.7), for sedimentkernen som funktion af massedybden (g cm^{-2}). Løsningen af ligning (1) er baseret på det antal snit, som er vist i tabel 4.1. Meget ofte er den øverste del af sedimentsøjlen opblandet på grund af bioturbation. Opblanding kan også være forårsaget af det anvendte prøvetagningsudstyr. For at opnå den optimale modelløsning kan der derfor være udelukket nogle af de øverste snit i modelberegningerne. Dette bevirker, at akkumulationsraten bestemmes på snittene derunder. Blandingskoefficienten, D_0 , og den effektive blandingsdybde, σ , bestemmes ved en iterativ beregning over hele sedimentsøjlen. Tabel 4.2 giver en oversigt over de opnåede resultater.

Kommentarer

Generelle kommentarer

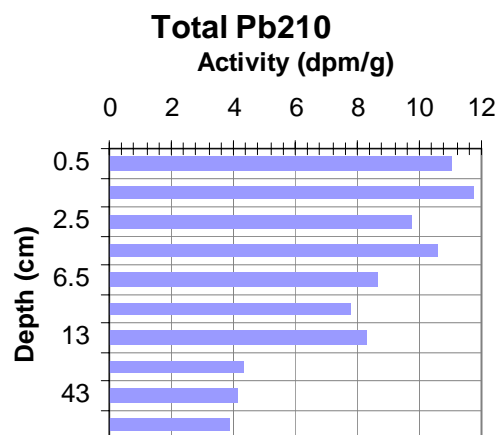
Ved konstant sedimentationsrate bør sammenhængen imellem unsupported ^{210}Pb som funktion af massedybden være lineær (figur 4.2). Er dette tilfældet, kan resultaterne af dateringen tolkes med relativ stor sikkerhed, idet dette normalt bevirker, at der findes en god sammenhæng imellem sedimentets dybde og alder (figur 4.3).

Den optimale løsning til steady state modellen (figur 4.2) passer normalt med de målte værdier af unsupported ^{210}Pb . Når dette er tilfældet beskriver den beregnede akkumulationsrate derfor sedimentationen i den anførte tidsperiode. Afvigelser fra den lineære sammenhæng ses ofte i den øverste del af profilet og indikerer forstyrrelser i sedimentoverfladen, f.eks. bioturbation. Normalt, findes en lineær sammenhæng under den forstyrrede zone. Sedimentakkumulationsraten ($\text{g tørstof m}^{-2} \text{år}^{-1}$) beregnes på den lineære, uforstyrrede del af kernen.

I alders/dybdeprofilerne (figur 4.3) ses normalt en lineær akkumulationsrate i den øverste del af sedimentkernen med en meget lille standardafvigelse på de estimerede aldre (de vandrette linier viser 95% prædiktionsinterval). Hældningen ændres normalt i den dybere del af sedimentkernen samtidigt med, at standardafvigelsen stiger.

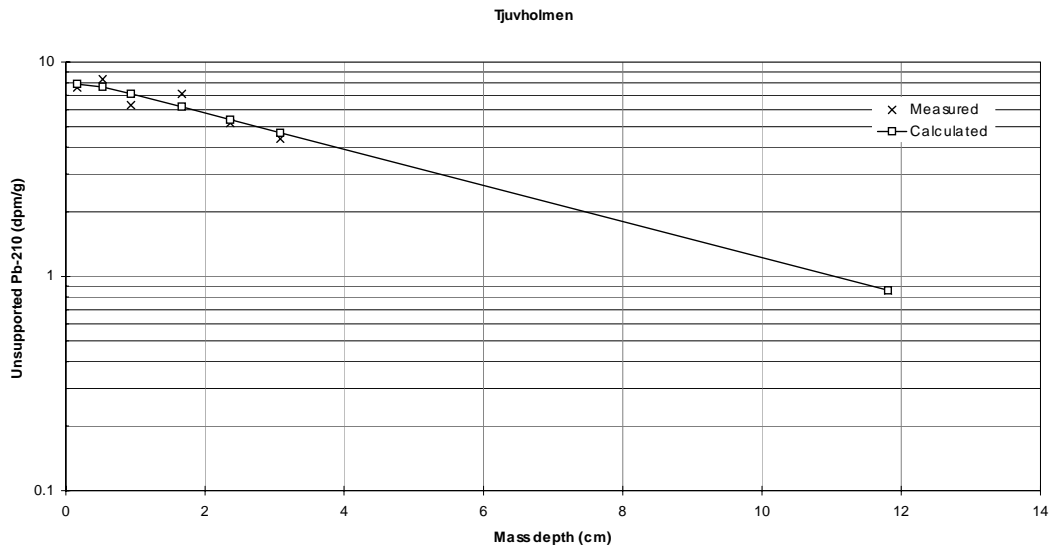
Specifikke kommentarer til dateringen fra *Tjuvholmen*

Figur 4.1 viser et noget varierende indhold af ^{210}Pb ned igennem sedimentsøjlen i de øverste 14 cm. I 30-32 cm og derunder er ^{210}Pb -indholdet næsten konstant svarende til baggrundsniveauet (supported ^{210}Pb).



Figur 4.1 Totalindholdet af ^{210}Pb ned igennem sedimentsøjlen – Tjuvholmen

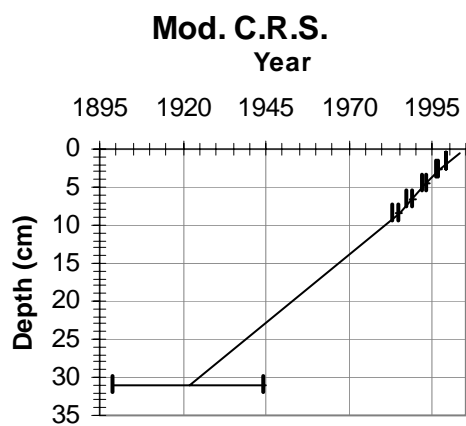
Af figur 4.2 ses det, at de observerede værdier passer nogenlunde med den tilpassede steady state model af sedimentationsforholdene med nogen spredning om regressionslinien. Den beregnede akkumulationsrate ($1.593 \text{ g/m}^2/\text{år}$) beskriver sedimentationen i den anførte tidsperiode med en variationskoefficient på 5,8 %. Der er nogen opblanding i den øverste del af sedimentsøjlen, idet den effektive blandingsdybde er 0,4 cm med en relativ høj blandingskoefficient. Da blandingsdybden er beregnet som en halv gaussisk fordeling, svarer opblandingen til 0,8-1,2 cm dybde.



Figur 4.2 Tjuvholmen - unsupported ^{210}Pb som funktion af massedybden

Figur 4.3 viser alderen på sedimentkernen som funktion af dybden bestemt ved den modificerede CRS-metode. På de dybeste snit er der en meget stor usikkerhed på aldersbestemmelsen.

Dateringen betragtes som værende rimelig.



Figur 4.3 Tjuvholmen – sediments alder som funktion af dybden (cm) med 95% prædiktionsinterval

ÆNDRINGER I FORURENINGSBELASTNINGEN

På grundlag af de udførte dateringer er der foretaget en modelberegning over den udtagne sedimentprøves følsomhed til at beskrive eventuelle ændringer i tilførslerne af forurenede stoffer til sedimentet. Den anvendte metode er beskrevet i ref. /4/.

I tabel 5.1 er vist resultaterne af disse beregninger for den daterede prøve. Der er anvendt følgende input i modelberegningerne:

- dybde af overfladesedimentprøven (10 mm anvendt);
- sedimentakkumulationsraten;
- blandingsparametrene D_0 og σ ;
- antal år imellem prøvetagningerne er valgt til henholdsvis 3, 5 og 10 år.
- der regnes med en relativ analysereproducerbarhed (% RSD) på 10 %, hvilket svarer til den reproducerbarhed, som kan opnås på ét laboratorium, f.eks. ved at bestemme indholdet af en række tungmetaller i sedimenter afhængigt af tungmetal og metoder. Hvis der forventes en højere RSD, skal den relative ændring i inputfluxen multipliceres med denne faktor (en %RSD på 20% betyder, at fluxen skal multipliceres med to).

Tabel 5.1 Mulighed for detektering af ændring i inputflux med en relativ standard afvigelse på 10% på de kemiske analyser

Stationsnavn og nr.	% relativ ændring i inputflux		
	År imellem prøvetagning		
	3	5	10
Tjuvholmen	20 %	15 %	10 %

På dette grundlag beregnes i modellen, hvor stor en relativ ændring i inputfluxen der kan detekteres efter henholdsvis 3, 5 og 10 år. Disse resultater er vist i tabel 5.1. Under disse forudsætninger vil det - med prøvetagning og analyser foretaget hvert femte år - være muligt at bestemme ændringer i inputfluxene på 15% på grund af den høje sedimentationsrate.

KONKLUSION

På den udtagne sedimentkerne fra Tjuvholmen er der blevet udført en rimelig datering, idet der tilsyneladende er en del variation i akkumuleringen af ^{210}Pb i de øverste 14 cm.

På grundlag af dateringsresultatet er sedimentstationens egnethed til at detektere ændringer i forureningsbelastningen blevet vurderet. Ved sedimentprøvetagning hvert femte år indikerer følsomhedsanalysen, at det er muligt at detektere ændringer i inputfluxen på 15 % på grund af den høje sedimentationsrate.

REFERENCER

- /1/ Pfeiffer Madsen, P. and J Sørensen, 1979. Validation of the Lead-210 Dating Method. *J. Radioanal. Chem.* **54**, 39-48.
- /2/ Christensen, E. R., 1982. A Model for Radionuclides in Sediment Influenced by Mixing and Compaction. *J. of Geophysical Research* **87**, 566-572.
- /3/ Christensen, E. R. and PK Bhunia, 1986. Modeling Radiotracers in Sediments: Comparison with Observations in Lakes Huron and Michigan. *J. of Geophysical Research* **91**, 8559-8571.
- /4/ Larsen, B. and A Jensen, 1989. Evaluation of the Sensitivity of Sediment Stations in Pollution Monitoring. *Mar. Pollut. Bull.* **20**, 556-560.

B I L A G

B I L A G A

Rådata for sedimentet fra Tjuvholmen

Ref. no.: 03-M112
 Date: 26-May-03
 Description: Tjuvholmen

Sample No.	Top	Bottom	Dry weight	Loss on ignition	Total ²¹⁰ Pb	Total ²¹⁰ Pb, st. dev.	Dry volume weight	Dry weight	Linear depth	Unsupported ²¹⁰ Pb	St.dev., unsupported ²¹⁰ Pb	Accumulated mass depth	
	cm.	cm.	% v/v	% dry	dpm/g	S	g/cm ³	g/cm ²	cm	dpm/g	dpm/g	g/m ²	
1	0	1	27.49	IM	11.05	0.43	0.329	0.33	0.50	7.60	0.48	0.16461	
2	1	2	32.52	IM	11.76	0.36	0.404	0.40	1.50	8.31	0.41	0.53121	
3	2	3	32.77	IM	9.75	0.35	0.408	0.41	2.50	6.30	0.40	0.93712	
4	3	4	29.22	IM	IM	IM	0.354	0.35	3.50	IM	IM	1.31817	
5	4	5	28.69	IM	10.56	0.34	0.347	0.35	4.50	7.11	0.39	1.66861	
6	5	6	30.02	IM	IM	IM	0.366	0.37	5.50	IM	IM	2.02501	
7	6	7	26.36	IM	8.63	0.45	0.313	0.31	6.50	5.18	0.49	2.36468	
8	7	8	31.16	IM	IM	IM	0.383	0.38	7.50	IM	IM	2.71286	
9	8	9	29.38	IM	7.83	0.31	0.357	0.36	8.50	4.38	0.37	3.08284	
10	9	10	35.53	IM	IM	IM	0.452	0.45	9.50	IM	IM	3.48697	
11	10	12	31.01	IM	IM	IM	0.381	0.76	11.00	IM	IM	4.09369	
12	12	14	31.49	IM	8.35	0.32	0.388	0.78	13.00	4.90	0.38	4.86287	
13	14	16	24.05	IM	IM	IM	0.281	0.56	15.00	IM	IM	5.53217	
14	16	18	24.17	IM	IM	IM	0.283	0.57	17.00	IM	IM	6.09596	
15	18	20	24.59	IM	IM	IM	0.288	0.58	19.00	IM	IM	6.66714	
16	20	22	26.00	IM	IM	IM	0.308	0.62	21.00	IM	IM	7.26365	
17	22	24	35.82	IM	IM	IM	0.456	0.91	23.00	IM	IM	8.02793	
18	24	26	32.11	IM	IM	IM	0.398	0.80	25.00	IM	IM	8.88179	
19	26	28	40.55	IM	IM	IM	0.536	1.07	27.00	IM	IM	9.81532	
20	28	30	38.95	IM	IM	IM	0.508	1.02	29.00	IM	IM	10.8595	
21	30	32	35.03	IM	4.31	0.20	0.443	0.89	31.00	0.86	0.28	11.8112	
22	32	34	28.53	IM	IM	IM	0.344	0.69	33.00	IM	IM	12.5989	
23	34	36	29.83	IM	IM	IM	0.363	0.73	35.00	IM	IM	13.3065	
24	36	38	36.82	IM	IM	IM	0.473	0.95	37.00	IM	IM	14.1425	
25	38	40	62.22	IM	IM	IM	0.993	1.99	39.00	IM	IM	15.6081	
26	40	42	53.40	IM	IM	IM	0.786	1.57	41.00	IM	IM	17.3868	
27	42	44	40.42	IM	4.10	0.25	0.534	1.07	43.00	0.65	0.32	18.7061	
28	44	46	46.64	IM	IM	IM	0.648	1.30	45.00	IM	IM	19.8873	
29	46	48	43.34	IM	IM	IM	0.586	1.17	47.00	IM	IM	21.1208	
30	48	50	47.46	IM	IM	IM	0.663	1.33	49.00	IM	IM	22.3701	
31	50	52	49.79	IM	IM	IM	0.710	1.42	51.00	IM	IM	23.7435	
32	52	54	51.37	IM	IM	IM	0.743	1.49	53.00	IM	IM	25.196	
33	54	56	48.25	IM	3.87	0.23	0.679	1.36	55.00	0.42	0.30	26.6177	
No. of lines used in calculation:				22	Mixing depth:				0.4 cm.				
Supported ²¹⁰ Pb:				3.45 dpm/g	Mixing intensity:				150 cm ² /y.				
St. dev. of supported ²¹⁰ Pb:				0.2 dpm/g	Linear accumulation rate (0-2 cm):				4.6 mm/y.				
Year of sampling:				2003	Sedimentation rate:				1593 g/m ² /y.				
No. of points to exclude (from top):				1 points	St. dev. of sedimentation rate:				93 g/m ² /y.				