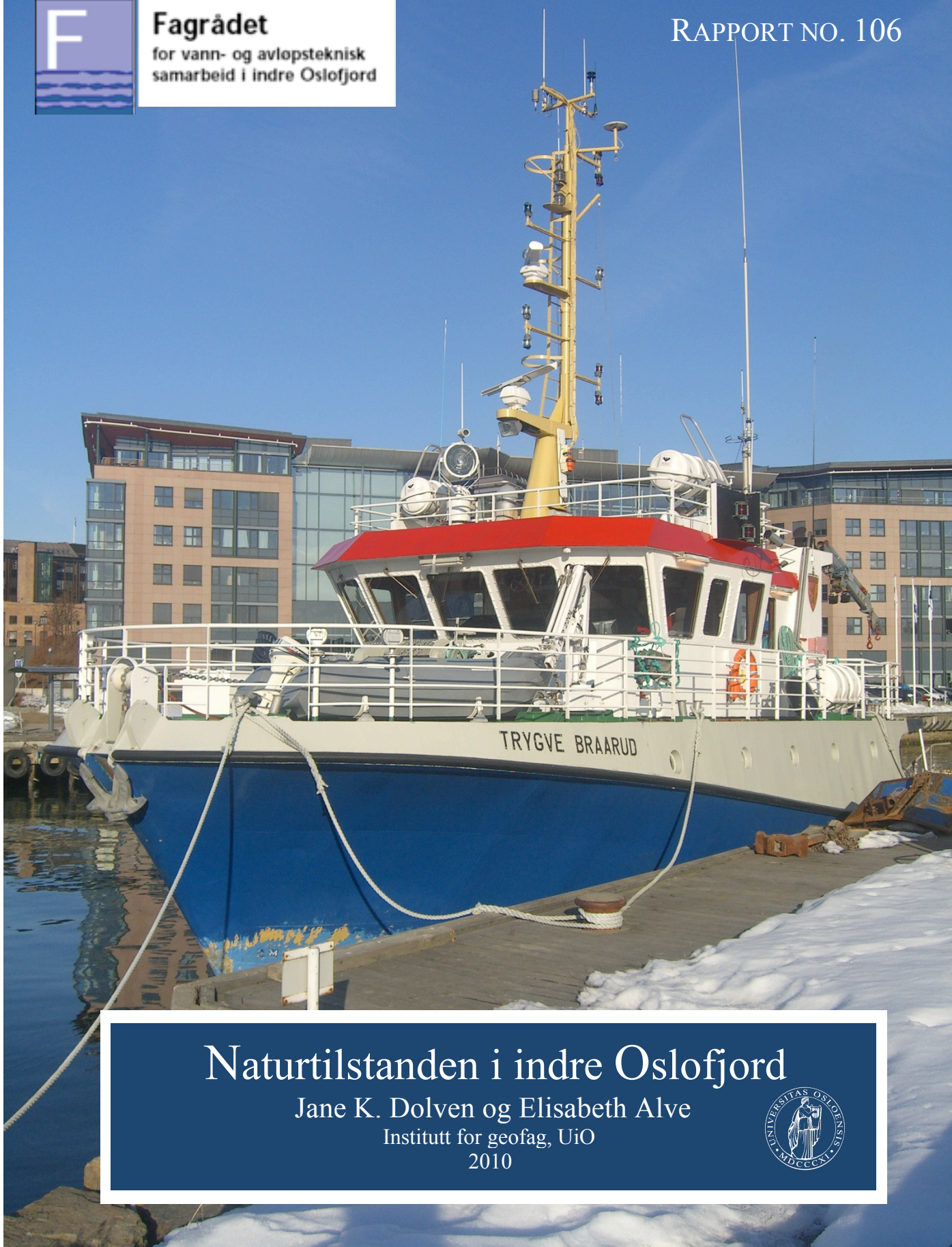




Fagrådet
for vann- og avløpsteknisk
samarbeid i indre Oslofjord

RAPPORT NO. 106



Naturtilstanden i indre Oslofjord

Jane K. Dolven og Elisabeth Alve

Institutt for geofag, UiO

2010



Forord

Denne rapporten er utarbeidet etter forespørsmål fra Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord ved Knut Bjørnskau, og er Fagrådets rapport nummer 106. Arbeidet er gjennomført av Universitetet i Oslo. Finansieringen av arbeidet er delt mellom Fagrådet, Fylkesmannen i Akershus samt Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif, tidligere SFT).

På feltarbeidet i 2009 ble Universitetets forskningsfartøy "FF Trygve Braarud" benyttet. Vi takker skipper Sindre Holm og hans mannskap for godt samarbeid.

Elisabeth Alve har vært prosjektleder og hatt det overordnede ansvaret for prosjektet. Jane K. Dolven har hatt hovedansvaret for analysene av vanninnhold, total organisk karbon (TOC) og foraminiferer samt rapportering. Metall- og TOC-analysene ble utført ved UiO av Mufak Naoroz. Vi takker ham for dette samt geologistudentene Jonas Hovd Enoksen og Aina Marie Nordskog for prepareringshjelp i forbindelse med metall- og TOC-analysene. Takk også til Thorbjørn Joest Andersen ved Universitetet i København som utførte aldersdateringene, og NIVA-forskerene John Artur Berge, Jan Magnusson og Hans Nilsson for hjelp med utvelgelse av stasjonene. Til slutt vil vi gjerne takke Hans Skjerpen for hjelp med videoredigering av filmen "Feltarbeid i Oslofjorden, 2009".

Oslo, 18.06.2010



Jane K. Dolven



Elisabeth Alve



Referanse: Dolven, J.K. og Alve, E., 2010. *Naturtilstanden i indre Oslofjord*. Institutt for geofag, Universitetet i Oslo, 86 s.

ISBN 978-82-91885-39-1

Innhold

Sammendrag	4
1. Innledning	6
1.1. Bakgrunn for undersøkelsene	6
1.2. Miljøstratigrafiske analyser og bentiske foraminiferer	6
1.3. Formål med undersøkelsen	6
1.4. Områdebeskrivelse	7
2. Materiale og metoder	9
2.1. Feltarbeid	9
2.2. Analyser	9
3. Resultater for alle kjernene	11
3.1. Ep1 (Bunnefjorden, 152 m vanndyp)	11
3.2. Cp3-1 (Bunnefjorden, 101 m vanndyp)	13
3.3. Bunn18x (Bunnefjorden, 85 m vanndyp)	15
3.4. EA1 (Bunnefjorden, 58 m vanndyp)	17
3.5. Fl1-1 (Vestfjorden, 160 m vanndyp)	19
3.6. Dk2-1 (Vestfjorden, 99 m vanndyp)	20
3.7. Dm2-1 (Vestfjorden, 85 m vanndyp)	21
3.8. Cj3-1 (Vestfjorden, 58 m vanndyp)	22
3.9. Bo2-1 (Lysakerfjorden, mellom Vestfjorden og Bunnefjorden)	24
3.10. Im4x (i Drøbakundet like utenfor Drøbaksterskelen, 157 m vanndyp)	25
4. Diskusjon og oppsummering	27
4.1. Endringer i næringstilførsel og eutrofieringssignaler	27
4.2. Faunautviklingen i indre Oslofjord fra "naturlig tilstand" til i dag	28
4.3. Avsluttende kommentarer	30
5. Referanser	31
Vedlegg	33
1.1-1.10. Vanninnholdsdata, TOC og metall (Zn, Cd, Cu)	33
2.1-2.7. Dateringer	43
3. Foraminiferanalyser (diversitets-indeks, ind/g sediment)	82
4. Foraminiferdata (telling)	83

Sammendrag

I følge EUs vanndirektiv, skal vannkvaliteten i kystfarvann vurderes ut fra biologiske kriterier ved sammenlikning med tilnærmet naturlig tilstand. Videre er tilnærmet naturlig tilstand definert å være tilstanden slik den ville vært hvis ikke menneskelig aktivitet hadde påvirket vannforekomsten. Informasjon om tilnærmet naturlig tilstand er stort sett ikke tilgjengelig da biologiske og instrumentelle tidsserier ikke strekker seg langt nok tilbake i tid. Dette er spesielt kritisk i kystnære, estuarine områder hvor betydelige lokale variasjoner i miljøforholdene gjør hvert sub-miljø unikt og dermed begrenser påliteligheten av sammenliknende studier. Hovedformålet med den foreliggende undersøkelsen har følgelig vært å ta i bruk en ny metode for å definere stedegen "naturlig tilstand" på forskjellige lokaliteter i indre Oslofjord. I tillegg ønsket vi å karakterisere endringene i miljøkvalitet som har foregått på 1900-tallet og frem til i dag og eventuelle effekter av miljøforbedringstiltak på slutten av 1900-tallet. Metoden går ut på å utføre miljøstratigrafiske analyser, dvs. analyser av biologiske- og geokjemiske parametere i daterte sedimentkjerner fra havbunnen. Den biologiske komponenten er representert ved bentiske foraminiferer (protister) som responderer på endrede miljøbetingelser og som etterlater sine tomme (fossile) skall i sedimentet etter sin død. Ti sedimentkjerner fra indre Oslofjord ble samlet inn. Syv av disse ble aldersdatert ved hjelp av isotopene ^{210}Pb og ^{137}Cs . I alle kjernene ble vanninnhold og innhold av foraminiferer analysert. For utvalgte kjerner ble totalt organisk karboninnhold (TOC) og konsentrasjonen av syreløselige forurensningskomponenter som Cd, Zn og Pb analysert på utvalgte kjernedyp. Stasjonene ble valgt ut slik at tilsvarende vanddyp (ca 58, 85, 100 og 160 m), i områder med potensielt størst mulig sedimentakkumulasjon, på øst- og vestsiden av indre Oslofjord ble representert. I tillegg prøvetok vi en stasjon, SV for Bygdøy (55 m), som representerer bindeleddet mellom øst- og vestsiden av fjorden. En referansekjerne fra 157 m vanddyp rett syd for Drøbakerskelen (Im 4x) ble også samlet inn og analysert for sammenlikning med miljøutviklingen på de dypeste stasjonene i Bunnefjorden (Ep1) og Vestfjorden (Fl 1-1). Hyppig trålede områder ble forsøkt unngått.

Akkumulasjonstraten av bentiske foraminiferskall viser relativt begrenset næringstilførsel til fjorden på 1700- og 1800-tallet. Faunasammensetningen avspeiler stort sett gode oksygenforhold i de undersøkte områdene med akseptabel økologisk tilstand (klasse 1-2) de fleste steder (unntak er visse sub-bassenger). Et faunaskifte (økning i opportunistiske, lavoksygen-tolerante arter), redusert artsdiversitet og økt produksjon av foraminiferer i de dypeste delene av Bunnefjorden i siste halvdel av 1800-tallet, avspeiler tidvis oksygensvikt på bunnen, sannsynligvis som følge av økt næringstilgang og tilførsel av organisk material. Bortsett fra dette, var undersøkelsesområdet på slutten av 1800-tallet dominert av to hovedfaunagrupper som avspeiler godt oksygenerte miljøforhold (tilstandsklasse 1-2). Den ene karakteriserte det sydlige dypbassenget i Vestfjorden og tilsvarende vanddyp syd for Drøbakerskelen, den andre dominerte hele resten av indre Oslofjord (inklusive Bunnefjorden frem til midten av 1800-tallet) på vanddyp større enn ca 50 m (dvs. dypere enn Bygdøy-Nesodden-terskelen). I Bunnefjorden tiltok den negative utviklingen på begynnelsen av 1900-tallet og endte med etablering av anoksiske bunnsedimenter på 1940-tallet, noe som har vart frem til i dag. I resten av indre Oslofjord avspeiler suksessive faunaendringer, redusert artsdiversitet og økt foraminiferproduksjon en økt eutrofiering og dårligere oksygenforhold i bunnsedimentene. De dårligste forholdene, tilsvarende tilstandsklasse 3-5, ble i de fleste områder etablert fra midten av 1900-tallet og utover, med svake tegn til bedring i senere år. Selv om forurensningsbelastningen på fjorden har avtatt de siste tiårene, er det fremdeles mye

oksygenforbrukende, organisk materiale i sedimentene. Dette fører til en tidsforsinkelse med hensyn til restituering av bunnfaunaen. Mange arter som var vanlige i fjorden på slutten av 1800-tallet har i dag sterkt redusert bestand eller er helt borte.

1. Innledning

1.1. Bakgrunn for undersøkelsene

Miljøforholdene i indre Oslofjord har blitt betydelig forringet i løpet av det siste århundret på grunn av økt forurensning knyttet til befolkningsvekst og økt aktivitet i områdene rundt fjorden. Tiltak gjennomført de siste tiårene har søkt å bøte på skadene, men ennå gjenstår mye arbeid spesielt i henhold til EUs vanddirektiv (Directive 2000/06/EC) som setter krav til reetabling av "naturtilstanden" eller tilstandsklassen "God" eller bedre innen 2015.

Vanddirektivet beskriver "naturtilstanden" som slik forholdene ville vært uten menneskelig påvirkning og foreslår fire forskjellige måter å finne/beregne denne tilstanden på: 1) Sammenlikne med eksisterende uforstyrrede, eller nesten uforstyrrede, miljøer, 2) Ta i bruk historiske data, 3) Lage modeller, 4) Benytte ekspertvurderinger. En begrensning ved de forslåtte metodene ligger i at biologiske og instrumentelle tidsserier ikke er lange nok til å beskrive forholdene tilbake til "naturtilstanden". Dette er spesielt kritisk i kystnære, estuarine områder hvor betydelige lokale variasjoner i miljøforholdene gjør hvert sub-miljø unikt og dermed begrenser påliteligheten av sammenliknende studier. Det optimale sammenlikningsgrunnlag for evaluering av dagens økologiske status må være "naturtilstanden" slik den var på det aktuelle sted før forurensningen startet m.a.o. den stedege naturtilstand. I samråd med Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord og NIVA ble "naturtilstanden" i de undersøkte deler av indre Oslofjord definert til å representere miljøforholdene på 1700-1800-tallet. Det er imidlertid klart at lokale områder som ikke omfattes av den foreliggende undersøkelsen, for eksempel Bjørvika, har vært betydelig preget av menneskelig aktivitet før dette. Ved undersøkelser i slike områder må miljøforholdene lenger tilbake i tid legges til grunn for sammenlikning med dagen situasjon.

1.2. Miljøstratigrafiske analyser og bentiske foraminiferer

En pilotstudie (Alve et al., 2009a) har vist lovende resultater fra en ny og kostnadseffektiv metode som kan benyttes til å finne den lokale naturtilstanden. Denne metoden tar i bruk en viktig gruppe små, encellede bentiske organismer ved navn foraminiferer som reflekterer miljøforholdene på fjordbunnen, og oppfyller dermed Direktoratets gruppas retningslinjer i henhold til å klassifisere miljøforholdene ut i fra forekomsten av bunnlevende organismer. De bentiske foraminiferene har så lenge Oslofjorden har eksistert levd og etterlatt sine tomme skall som fossiler, i fjordens sedimenter. Derfor reflekterer fordelingen av deres fossile skall i sedimentene miljøendringene som har foregått i fjorden over tusener av år, inklusive det siste århundret hvor miljøendringene i fjorden primært skyldes menneskelig aktivitet. Ved å hente opp sedimentkjerner fra havbunnen, datere disse og analysere foraminiferfaunaen og geokjemiske parametere som bevares i sedimentene har man et godt redskap til å rekonstruere miljøendringer gjennom tid. Slike studier betegnes miljøstratigrafiske undersøkelser.

1.3. Formål med undersøkelsen

Hovedmålet med undersøkelsen har vært å anvende Direktoratets gruppas klassifikasjonssystem (tab. 1) for klassifisering av miljøtilstanden i vann (Veileder 01:2009) på data fra fossile foraminiferfaunaer til å karakterisere naturtilstanden (dvs. miljøstatus) i forskjellige deler av indre Oslofjord før forurensningen av fjorden satte inn for fullt. I tillegg har målet vært å undersøke miljøutviklingen utover på 1900-tallet, se på eventuelle effekter av opprensningstiltak samt beskrive nåværende miljøstatus.

Tilstands-klasse	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
H'	>3.8	3.0-3.8	1.9-3.0	0.9-1.9	<0.9
ES ₁₀₀	>25	17-25	10-17	5-10	<5
mg Cd/kg	<0.25	0.25-2.6	2.6-15	15-140	>140
mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220
mg Zn/kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500

Tab. 1. Tilstandsklasser med fargekoder i henhold til Vanndirektivet (fargene kan avvike noe). Klassegrensene for diversitetsindeksene H' og ES₁₀₀ for kystnær bløtbunnsfauna er hentet fra tab. 7.6 i Veileder 01:2009 og for Cd, Cu og Zn i sedimenter fra tab. 7b i Veileder TA-2229/2007.

1.4. Områdebeskrivelse

Indre Oslofjord (fig. 1) består av to hovedbassenger, Vestfjorden og Bunnefjorden, adskilt av en 50 m dyp terskel mellom Nesoddtangen og Bygdøy. I tillegg til de to hovedfjordsystemene finnes flere mindre bassenger, som for eksempel Bærumsbassenget, Lysakerfjorden, Bekkelagsbassenget. Drøbaksterskelen (19 m vanddyb) i syd avgrensner indre Oslofjord fra resten av Oslofjorden. Indre Oslofjord er karakterisert av svært varierende bunntopografi med store dybdeforskjeller innen korte avstander. Maksimumsdyp både i Vestfjorden og Bunnefjorden er på ca 160 m.

Vannsirkulasjonen i Oslofjorden er estuarin med sprangsjikt (haloklin) på rundt 20 m vanddyb. Under dette er både temperatur (6-9 °C) og salinitet (32-34 psu) relativt stabile. I Vestfjorden foregår det nærmest fullstendig dypvannsfornyelse hvert år mens det i Bunnefjorden bare foregår hvert 3-4 år (Baalsrud og Magnusson, 2002). Kunnskap om oksygenforholdene i fjorden før regelmessige målinger startet i 1936 er meget mangelfull. Fra 1936 viste oksygen-konsentrasjonen en nedadgående trend med periodevis anoksia (uten fritt oksygen) på >70 m vanddyb i Bunnefjorden etter 1960 (se fig. 2 i Alve et al., 2009). Forholdene har bedret seg noe de siste tiårene.

Allerede på 1920-30-tallet begynte man å se effekten av økt befolkning, industri og landbruk i indre Oslofjord (Arnesen, 2001). Etterhvert som forurensningene økte ble det stor diskusjon blant forskere og politikere/byråkrater om hvilke faktorer som hadde størst innvirkning på vannkvaliteten. Forskerene, med Braarud i spissen, mente at næringssalter (som fosfor) fra avløpsvann var den viktigste årsaken til algeoppblomstring som igjen førte til oksygensvikt, mens avløpsetaten mente forurensningen hovedsakelig skyldtes tilførselen av organisk materiale. NIVAs undersøkelser på 1960-tallet bekreftet viktigheten av å fjerne fosfor fra avløpsvannet. Utslippsmengden av næringssalter hadde gradvis økt utover 1900-tallet og nådde et maks rundt 1970-tallet (se fig. 43 i Baalsrud og Magnusson, 2002). Tilførselen av fosfor og nitrogen var nå blitt så høy at betydelige tiltak måtte settes inn for å bedre forholdene. Langsiktige løsninger ble laget og nye renseanlegg med avanserte renseprosesser bygget for å redusere utslippene av næringssalter gjennom avløpssystemene. Samtidig ble det rensede avløpsvannet ikke lenger sluppet ut i overflaten, men på større dyp hvor konsekvensene (dvs. sjansje for algeoppblomstringer) ble mindre. Siden slutten av 1970-tallet har forureningsbelastningen stadig avtatt og en positiv utvikling funnet sted. Reduserte utslipp av næringssalter og

organisk materiale har resultert i mindre konsentrasjoner av planteplankton (alger) og partikler i vannet og dermed bedre siktedyp, noe som i de grunne områdene har gitt bedre forhold for plante- (spesielt tang) og dyrelivet der. På intermediære dyp i fjorden har tiltakene visse steder ført til bedre oksygenforhold (Magnusson et al., 2006). Fremdeles er imidlertid oksygenforholdene i de dypere deler av Bunnefjorden svært dårlige noe som også skyldes ”oksygengjelden” i bunnsedimentene der.

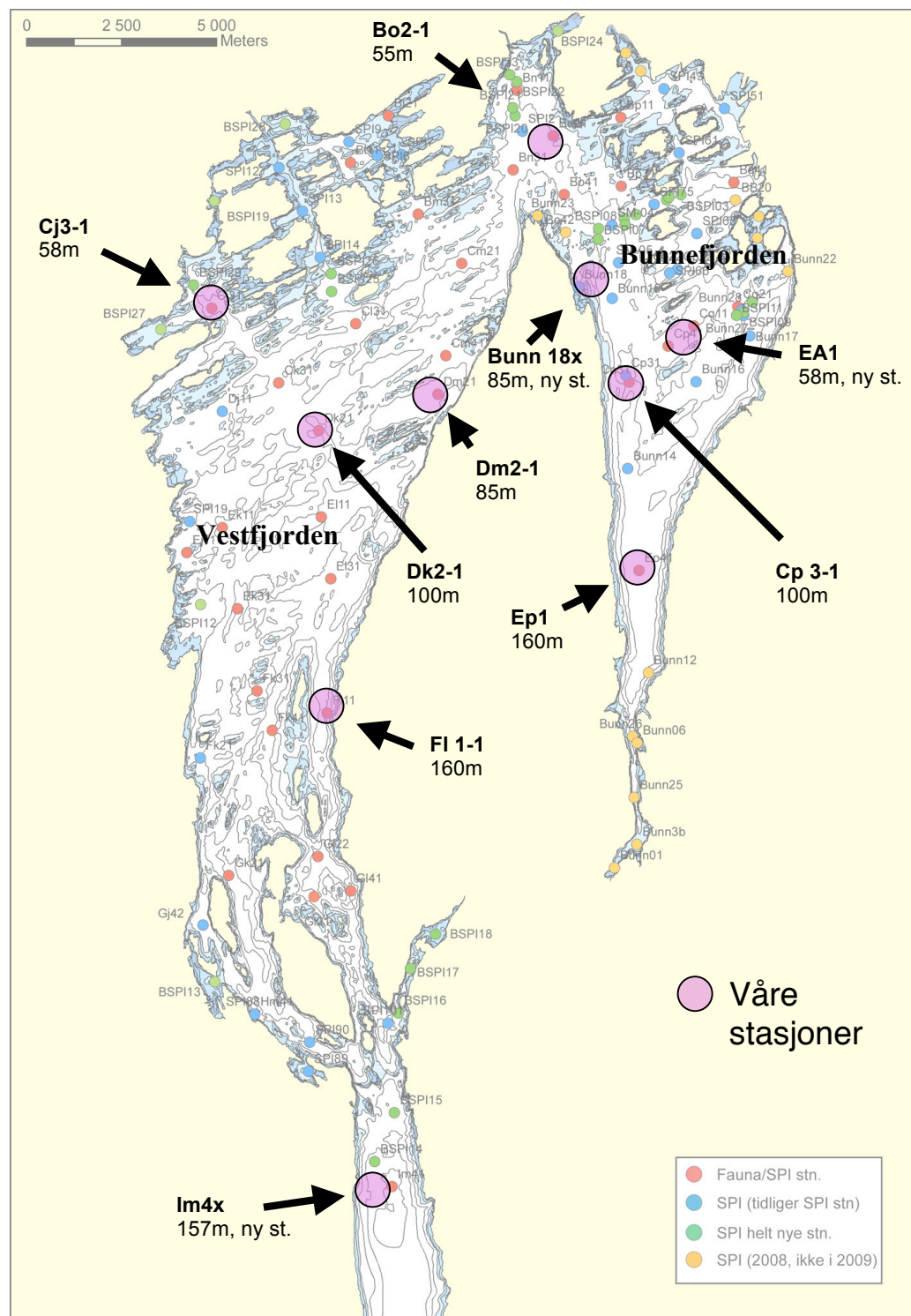


Fig. 1. Kart over indre Oslofjord med dette prosjektets 10 stasjoner avmerket. I tillegg vises NIVAs bløtbunnsfaunastasjoner samt SPI-stasjoner (etter Nilsson, pers. med.).

2. Materiale og metoder

2.1. Feltarbeid

Sedimentkjernene ble samlet inn med UiOs forskningsfartøy F/F Trygve Braarud i februar og april 2009 (se tab. 2 for detaljer). For å optimere sjansene for gode stratigrafiske analyser og dateringer, ble stasjonene lagt til bassenger med størst mulig antatt sedimentakumulasjonsrate (tilførsel av sediment) og minst mulig forstyrrelser (tråling). I tillegg ble stasjonene forsøkt lagt til basseng hvor ulik grad av dypvannsutskiftning og til dels eutrofi har medført ulik grad av oksygensvikt.

Stasjoner med tilsvarende vanddyb (ca 160 m, 100 m, 85 m og 58 m) både i Vestfjorden og Bunnefjorden ble prøvetatt for at de ytre miljøforholdene for foraminiferene skulle være likest mulige og dermed sammenliknbare. Tilsammen ble dette 8 kjerner (fig. 1). Ytterligere to kjerner ble innhentet: Bo2-1, SV for Bygdøy, som representerer bindeleddet mellom øst- og vestsiden av fjorden, og Im4x like utenfor Drøbakerskelen som fungerer som referansekerne for retrospektive miljøendringer like utenfor indre Oslofjord. Kjerner Bo2-1 ble prøvetatt på tilsvarende vanddyb som de to grunneste i Vestfjorden (Cj3-1) og Bunnefjorden (EA1), dvs. 55 m, mens Im4x ble prøvetatt på tilsvarende vanddyb som de dypeste stasjonene i Bunnefjorden (Ep1) og Vestfjorden (F11-1), dvs ca 160 m.

Kjerne	Lengdegrad	Breddegrad	Vanddyb (m)	Innsamlet (dd-mm-åå)	Ant. prøver	Lengde (cm)	Datert	Metall-analyser
Ep1	59.789551	10.718650	152	23-04-09	41	61	Ja	Ja
Cp3-1	59.835415	10.706800	101	23-04-09	30	39	Ja	Ja
Bunn18x	59.858215	10.696383	85	20-02-09	29	38	Ja	Ja
EA1	59.850536	10.738063	58	23-04-09	27	33	Nei	Nei
F11-1*	59.750900	10.575084	160	19-02-09	25	30	Ja	(Ja)
Dk2-1*	59.817249	10.563367	99	23-04-09	29	37.5	Nei	Nei
Dm2-1	59.826351	10.616199	85	20-02-09	33	46	Nei	Nei
Cj31	59.844734	10.510067	58	23-04-09	22	24	Ja	Nei
Bo2-1*	59.890549	10.665517	55	23-04-09	23	25	Ja	Ja
Im4x	59.645035	10.613633	157	18-02-09	27	34	Ja	Ja

Tab. 2. Informasjon om de 10 sedimentkjernene fra indre Oslofjord samlet inn for miljøstratigrafiske analyser. Kjerner merket med * (asterisk) viser tegn til forstyrrelse i hele eller deler av kjernen.

Sedimentkjernene ble samlet inn med en “Gemini-corer” som tar to kjerner (8 cm diameter) samtidig (fig. 2). Minst fire kjerner ble samlet inn på hvert sted og den beste av disse plukket ut til de retrospektive studiene. For de resterende tre kjernene ble toppen (0-6 cm) prøvetatt for eventuelle senere analyser av levende fauna. Deretter ble en kjerne skjøvet ut på dekk og delt i to på langs for observasjon.

2.2. Analyser

I laboratoriet ble alle kjernene delt opp i 1 cm tykke skiver for de øverste 0-20 cm og deretter i 2 cm tykke skiver for resten av kjernen (>20 cm). Samtlige prøver ble frysetørket og vanninnholdet analysert (se vedlegg 1). Syv utvalgte kjerner ble sendt til prof. Thorbjørn Joest Andersen ved Universitetet i København for aldersdatering. I denne analysen måles ^{210}Pb og ^{137}Cs via gammaspektrometri i en “Canberra ultralow-background Ge”-detektor. I tillegg er det foretatt en CRS modellering (Appelby, 2001).

Resultatene er presentert i vedlegg 2.1-2.7. I noen tilfeller har vi ekstrapolert aldersmodellen for å få en indikasjon om aldre nedover i kjernen utover der vi har dateringspunkter. Ekstrapoleringen er basert på antagelsen om at de dypere deler av kjernen har hatt en konstant sedimentsjonshastighet, lik den som har vært mellom de nederste 2-3 daterte prøvene. Årstallene som er kommet frem ved ekstrapolering er satt i parentes for å understreke usikkerheten som knytter seg til disse tallene. Total organisk karbon (TOC, vedlegg 1) ble analysert i alle kjerner (bortsett fra DK2-1) ved hjelp av et "LECO Carbon Analyzer" instrument. Analyser av metallene sink, kobber og kadmium ble utført på seks kjerner (vedlegg 1). Metallanalysene er basert på HNO₃-metoden (Norsk Standard NS4770, 1994). Klifs veileder TA-2229/2007 ble brukt for å finne hvilke tilstandsklasser metalldataene representerer. Vi er klar over at det anbefales i nevnte veileder at man gjør metallanalyser på tre replikater. Dette har vi ikke hatt mulighet til å gjøre pga mangel på tid og ressurser. Likevel mener vi metalldataene er gode støtteparametre for foraminiferanalysene som er de sentrale i prosjektet. Foraminiferanalyser ble foretatt på materiale fra alle kjernene, men i de tilfeller hvor det var tegn til forstyrrelse i kjernene ble kun 2-3 prøver analysert. Foraminiferprøvene ble opparbeidet ved at man tok ut <2 gram sediment fra det frysetørkede sedimentet. Subprøven ble vasket gjennom en sikt med maskevidde på 63µm og den største fraksjonen (>63µm) tørket og analysert ved hjelp av en binokulærlupe. Der mulig, ble >250 foraminiferindivider plukket ut, montert på egnede slides og identifisert til art. Diversitetsindeksene Shannon-Wiener ($H'_{\log 2}$) og Hurlbert's indeks (ES_{100}) ble utregnet ved hjelp av programmet PRIMER v.6.1.6 (Clarke and Gorley, 2006), og Direktoratets miljøklassifiseringssystem basert på makrofauna (Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstanden i vann) brukt for å finne respektive økologiske tilstandsklasser. I de tilfeller hvor Shannon-Wiener ($H'_{\log 2}$) og Hurlbert's indeks (ES_{100}) for en og samme prøve ikke falt innenfor samme tilstandsklasse er miljøtilstanden satt ut i fra den "dårligste" av de to. Grenseverdiene i Direktoratets veileder fra 2009 avviker noe fra klassifiseringssystemet til Molvær et al. (1997) som er blitt bruk i all foregående rapportering i prosjektet. De utledede tilstandsklasser i inneværende rapport er derfor ikke alltid identiske med de utledede tilstandsklasser i tidligere rapporter. Akkumulasjonshastigheten av bentiske foraminiferskall (her kalt foraminiferproduksjon) ble beregnet ved å multiplisere antall individer per g tørt sediment med sedimentakkumulasjonsraten (Herguera, 1992). Likheten mellom foraminiferfaunaene i de enkelte prøvene ble beregnet ved Bray-Curtis likhetsindeks (kvadratrotstransformerte data) og plottet som dendrogram ved hjelp av PRIMER v.6.1.6 (Clarke and Gorley, 2006). Bortsett fra datering, ble alle analyser og beregninger utført ved Insitutt for Geofag (UiO).

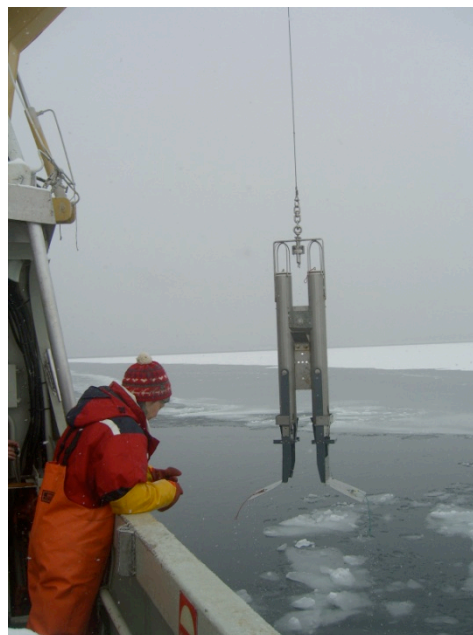


Fig. 2. En "Gemini-corer" på vei opp på dekk etter å ha hentet opp to kjerneprøver i fra bunnen av indre Oslofjord, februar 2009.

3. Resultater for alle kjernene

3.1. Ep1 (Bunnefjorden, 152 m vanddyp)

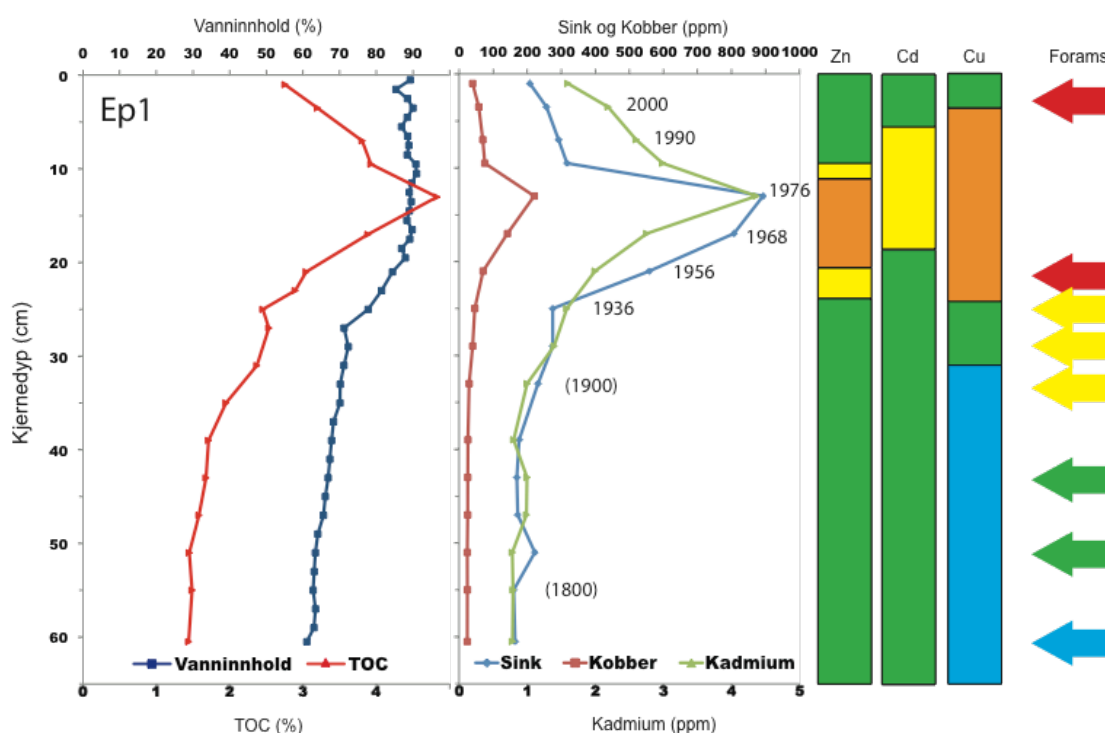


Fig. 3. Analyseresultater fra Ep1, inklusive vanninnhold, TOC, sink, kobber, kadmium, og som kolonner og piler til høyre, miljøtilstandsklassene basert på metall- og foraminiferdataene (fargekoder se tab. 1). Årstall i parentes er utregnet ved ekstrapolering og dermed bare ca tall.

Sedimentene:

Ep1-kjernens lengde er 61 cm (fig. 3). De øverste 22 cm består av et sort vannholdig sediment som avga en eim av hydrogensulfid (H_2S) da vi delte opp kjernen. Deretter (under 22 cm) blir sedimentene mer og mer faste og fargen endret seg fra sort til grå (fig. 4). Helt nederst i kjernen ble det observert gamle børstemarkrør.

Datering:

^{210}Pb og ^{137}Cs ble analysert i de øverste 25cm av kjernen (vedlegg 2.1). To topper av ^{137}Cs ble observert rundt 7.5 cm og 19 cm. Basert på ^{210}Pb -aldersmodellen fikk disse ^{137}Cs -toppene en alder på 1989 og 1965, respektivt. Dette samsvarer godt med Chernobyl-ulykken som fant sted i 1986 og atomprøvespregningene i 1963. På grunn av markante tetthetsendringer rundt 22 cm ned i kjernen er det vanskelig å oppnå en pålitelig kronologi under dette nivået. Årstallene i parentes er beregnet ved ekstrapolering og er derfor usikre.

Metall- og TOC-data:

Starter man nederst i kjernen og ser på utviklingen fremover i tid (dvs. fra 1800-tallet til nå) ser man en moderat økning i sink, kadmium og TOC fra 40 cm kjernerdyb (ca år 1900). En mer markant økning i tungmetaller og TOC finner sted rundt 25 cm (ca 1936) og vedvarer til ca 13 cm (midten av 1970-tallet), før det igjen reduseres betraktelig frem til i dag. Miljøtilstanden for metall viser en referanseverdi/naturtilstand som var "svært

god” eller “god”, med en utvikling til “dårlig” på 1960-70 tallet og tilbake til “god” for de siste 10-15 årene.



Fig. 4. Replikatkjerne splittet på dekk like etter prøvetakning. De øverste 6 cm mangler på bildet, da disse er tatt ut for videre foraminiferanalyser.

Foraminiferdata:

Tilstandsklassen ut i fra foraminiferdataene (fig. 3) viser at nederste prøve i Ep1 (60-61cm) kan klassifiseres som ”svært god”. Dette nivået tilsvarer trolig slutten av 1700-tallet eller tidlig 1800-tallet. De to neste prøvene (50-52 cm og 42-44 cm) viser tilstandsklassen ”god”. I første halvdel av 1900-tallet følger tre prøver med tilstandsklasse ”moderat” for så å gå over til ”svært dårlige” forhold de siste 50 år.

Den mest dominerende foraminiferarten i Ep1-kjernen er *Stainforthia fusiformis*. Sammen med *Bolivinellina pseudopunctata*, *Bulimina marginata* og *Elphidium albumbilicatum* viser den en økende trend oppover i kjernen (fig. 5). Disse fire artene er kjent for å trives i organisk rike fjordsedimenter og kan tollerere lave mengder oksygen (Alve et al., 2009). Artene *Adercotryma glomeratum/wrighti* og *Cassidulina laevigata* derimot viser motsatt trend. Begge disse har høyest relativ forekomst i nedre del av kjernen og forsvinner helt mellom 25-30 cm (dvs. rundt midten av 1930-tallet). *Trochammina* sp. 1 har en topp rundt 30 cm, hvor den utgjør nesten 25% av den totale faunaen

og er den nest mest dominerende arten etter *S. fusiformis*. Det er ukjent hvilke miljøparametere som påvirker *Trochammina* sp. 1, men trolig trives den ikke i forholdene som begynte å gjøre seg gjeldene på 1930-tallet. Den forsvinner derfor sammen med *Adercotryma glomeratum/wrighti* ved 25 cm.

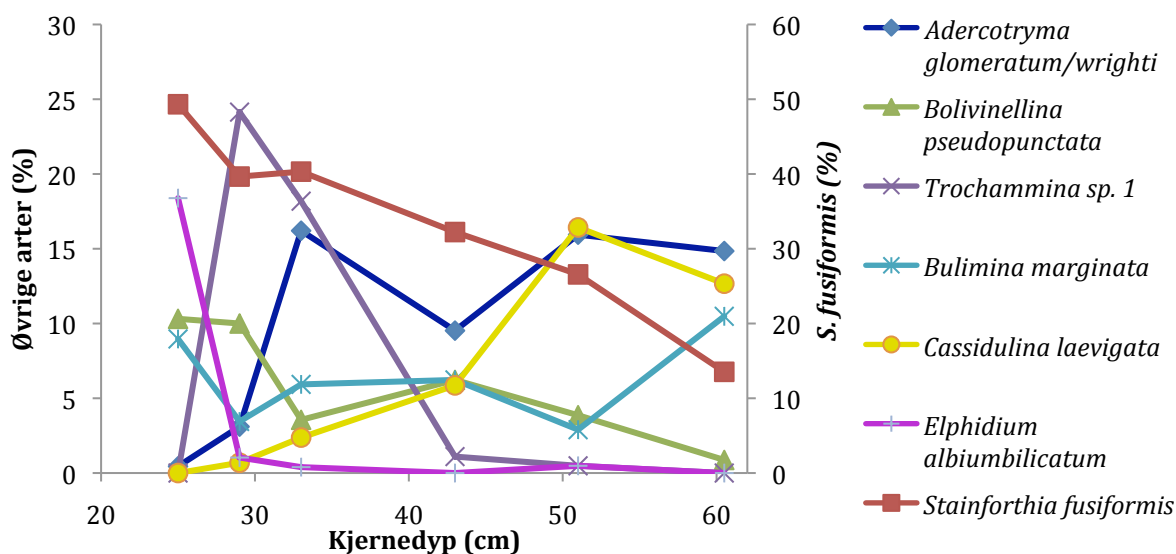


Fig. 5. Fordeling av de viktigste artene i Ep1-kjernen. Artenes prosentandel av den totale fauna er plottet mot dyp i kjernen. De øverste prøvene i Ep1 er ikke tatt med da antallet individer i disse prøvene var svært få.

3.2. Cp3-1 (Bunnefjorden, 101 m vanddyb)

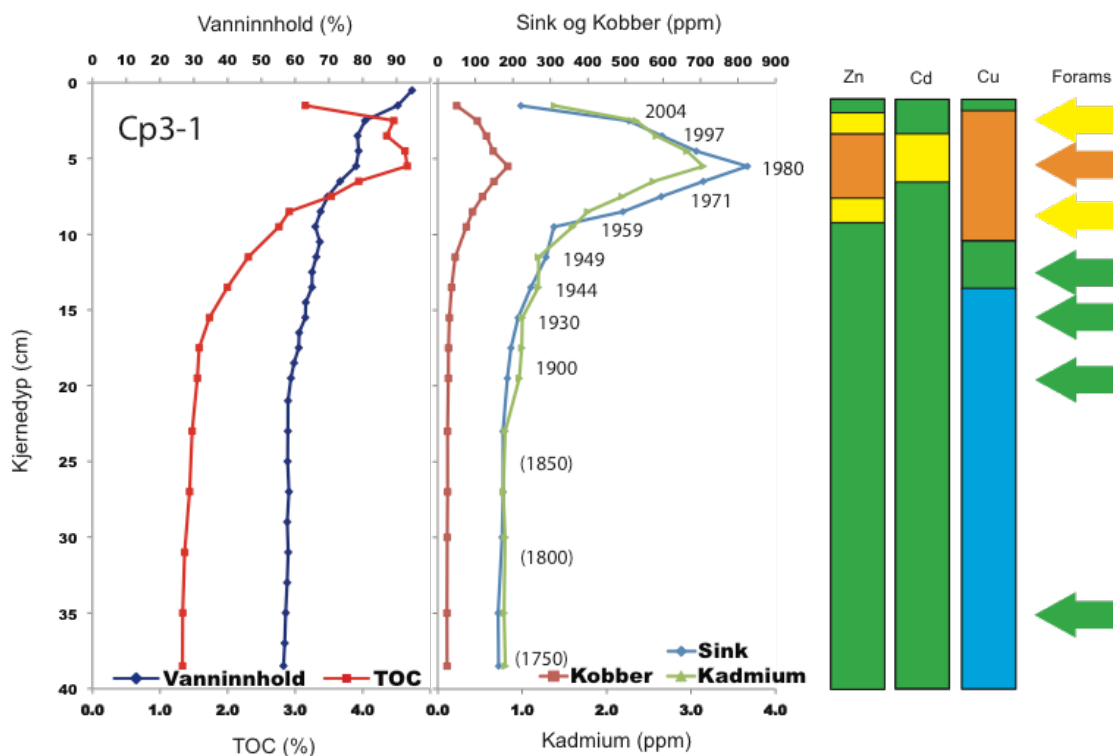


Fig. 6. Analyseresultater fra Cp3-1, inklusive vanninnhold, TOC, sink, kobber, kadmium, og som kolonner og piler til høyre, miljøtilstandsklassene basert på metall- og foraminiferdataene (fargekoder se tab. 1). Årstall i parentes er utregnet ved ekstrapolering og dermed bare ca tall.



Fig. 7. Replikatkjerne splittet på dekk like etter prøvetakning. De øverste 6 cm mangler på bildet.

Sedimentene:

Cp3-1-kjernen er 39 cm lang (fig. 6). De øverste 2 cm består av et sort og svært vannholdig sediment (nb: de øverste 6 cm er ikke synlig på bildet fig. 7). De neste 2 cm er litt mindre bløte og inneholder et mer brunlig sediment. Fra 4 til 10 cm går sedimentets farge over til mørkegrått, deretter stadig lysere grått nedover samtidig som det blir stadig fastere. I sedimentkjernen som ble skjøvet ut og splittet på dekk ble det observert et 1-2 cm tykt mørkt lag ca 10 cm ned i kjernen. Dette mørke laget ble ikke observert i den analyserte kjernen.

Datering:

Målte verdier av ^{210}Pb og ^{137}Cs i kjernens øvre halvdel (<19 cm) virker fornuftige. ^{137}Cs har en karakteristisk topp som er satt til 1986, dvs. året for Chernobyl-ulykken. Mye tyder derimot på at den nedre halvdel, under 19 cm, har vært utsatt for forstyrrelser. Dette vises ved en drastisk endring i sedimenttetthet samt tilstedeværelse av ^{137}Cs i prøver hvor denne isotopen i teorien ikke skulle være tilstede. ^{137}Cs ble ikke frigitt i naturen før på midten av 1950-tallet og bør derfor ikke være tilstede i daterte prøver eldre enn dette slik som i

vårt tilfelle. Thorbjørn Joest Andersen har satt opp to mulige aldresmodeller for denne kjernen, avhengig av om man antar at den nedre delen for forstyrret eller ikke. Vi har valgt å følge Thorbjørn Joest Andersen anbefaling og gå for den første modellen (se vedlegg 2.2, tabell 2a). Dette gir prøve 18-19 cm en alder tilsvarende ca år 1900. Under dette har vi ekstrapolert alderen. Disse tallene er usikre og derfor satt i parentes.

Metall- og TOC-data:

Det skjer en drastisk økning i sink, kadmium og kobber fra 1950-tallet frem til 1980. Deretter avtar metallverdiene kraftig frem til i dag. TOC-kurven viser samme trend med et maksimum på 1970-, '80 og '90-tallet, for så og halveres frem til i dag. Miljøtilstanden for metall viser en referanseverdi/naturtilstand som var "svært god" eller "god", med en utvikling til "dårlig" på 1970, '80 og '90-tallet og tilbake til "god" for de siste 5-10 årne.

Foraminiferdata:

Diversitetsindeksene utregnet på bakgrunn av foraminiferdataene viser at Cp3-1-kjernen nederste del (trolig fra 17-1800-tallet) kan klassifiseres til miljøtilstanden "god" (fig. 6). Denne klassen vedvarer oppover i kjernen til 1960-tallet hvor den endret seg til tilstandsklasse "moderat". På 1980-tallet kunne miljøtilstanden klassifiseres som "dårlig" før den igjen bedret seg til "moderat" på 2000-tallet.

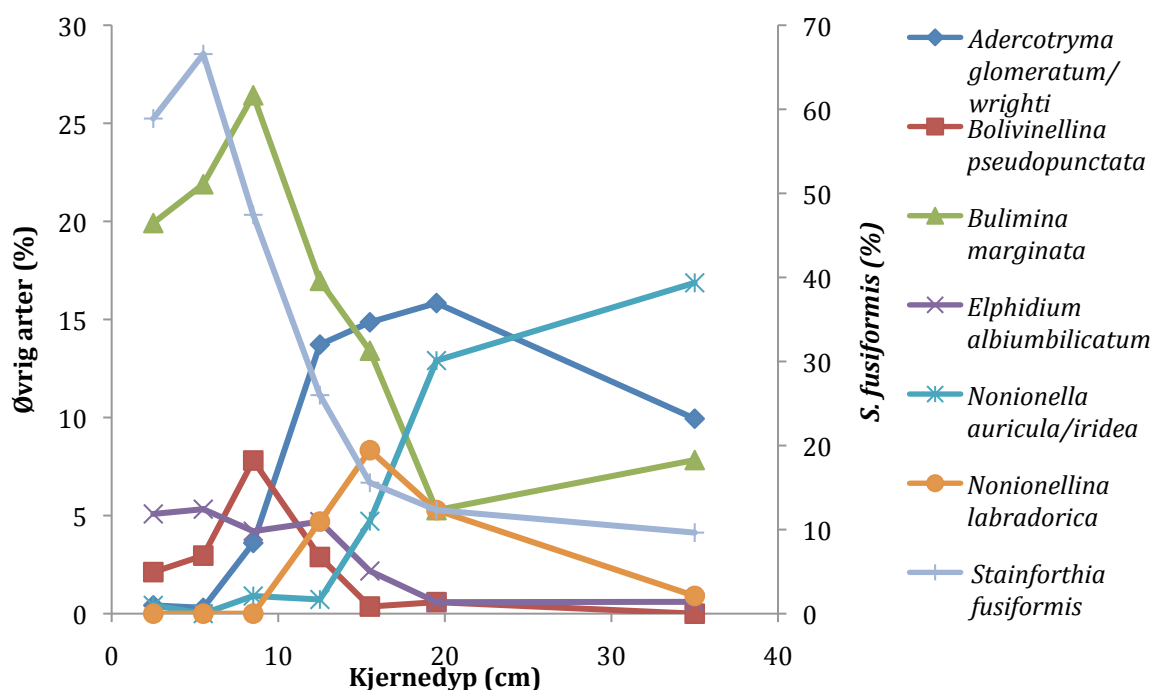


Fig. 8. Fordeling av de viktigste artene i Cp3-1-kjernen. Relativ forekomst av den totale fauna er plottet mot dyp i kjernen. Den øverste analyserte prøven i Cp3-1 (dvs. 2-3 cm) er ikke tatt med da den inneholdt for få individer.

På samme måte som i foregående kjerne, dominerer arten *S. fusiformis* i de øverste, yngste sedimentlagene (fig. 8). Maksimum av *S. fusiformis* er på nøyaktig samme sted som maks metall-konsentrasjon (dvs. 5.5 cm, fig. 6). Kurven til *B. marginata* er påfallende lik kurven til *S. fusiformis*, bare i litt mindre skala (%-verdi) og litt tidsforskjøvet. Det kan synes som om denne arten responderer likt på miljøendringene som *S. fusiformis*, bare noe raskere og i mindre skala. Av arter som viser motsatt trend,

dvs. arter som avtar i mengde ettersom forurensningen tiltar er *A. glomeratum/wrighti* og *N. auricula/iridea*. Også disse kurvene er litt ute av fase, hvor nedgangen i *N. auricula/iridea* skjer litt før nedgangen i *A. glomeratum/wrighti*.

3.3. Bunn18x (Bunnefjorden, 85 m vanddyp)

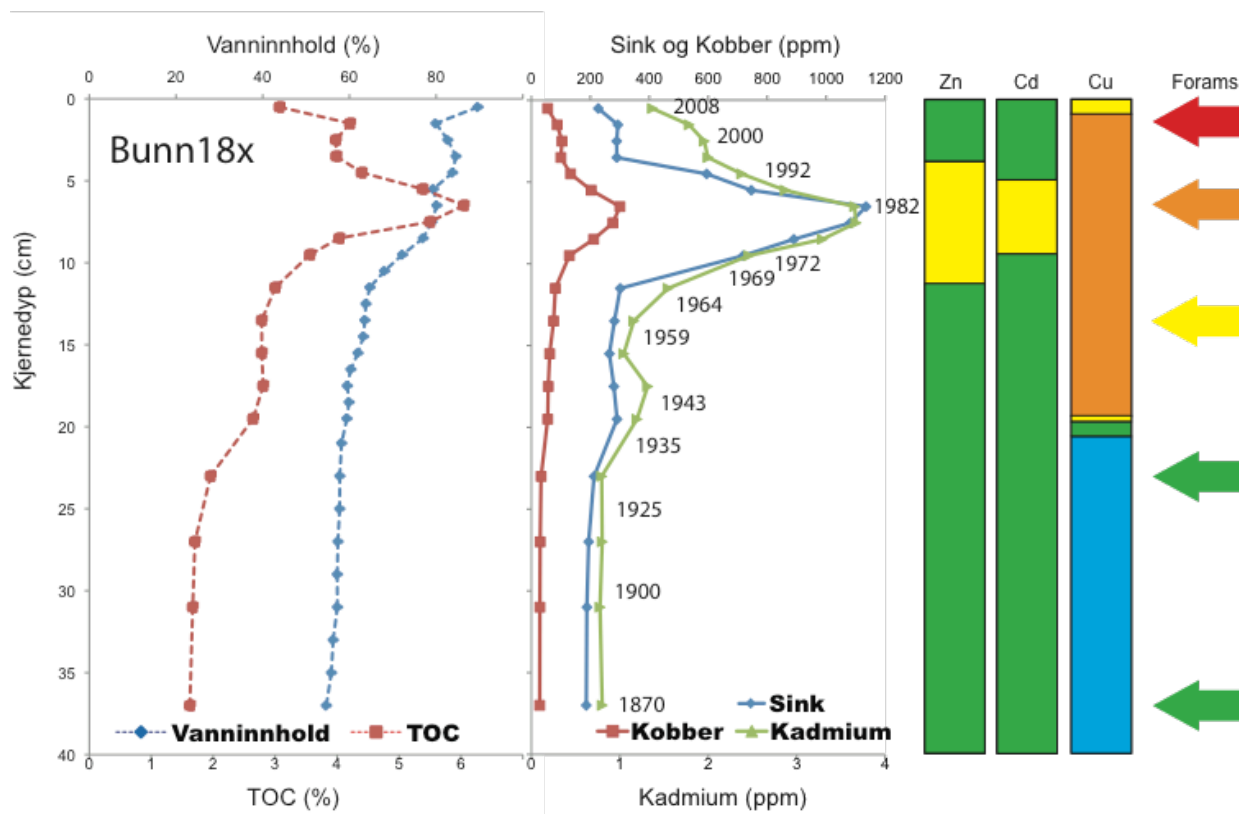
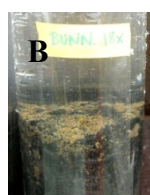


Fig. 9. Analyseresultater fra Bunn18x, inklusive vanninnhold, TOC, sink, kobber, kadmium, og som kolonner og piler til høyre, miljøtilstandsklassene basert på metall- og foraminiferdataene (fargekoder se tab. 1). B, under) Toppen av kjernen like etter prøvetaking. C, under) Replikatkjerne splittet på dekk like etter prøvetaking. De øverste 6 cm mangler på bildet, da disse er tatt ut for videre foraminiferanalyser.



Sedimentene:

Bunn18x-kjernen er 38 cm (fig. 9a). De øverste 0-12 cm består av et bløtt, sort, H₂S-luktende sediment. Toppen var ganske "fluffy" og dekket av et gul-brunt belegg som trolig er bakterier (fig. 9b). Under 12 cm ble sedimentene gradvis mer grå og faste (fig. 9c, nb: de øverste 6 cm mangler på bildet).

Datering:

Bunn18x ble som de øvrige kjerner datert med ²¹⁰Pb og ¹³⁷Cs (vedlegg 2.3). En topp av ¹³⁷Cs ble funnet på 5.5 cm kjernerdyb og er antatt å være relatert til Chernobyl-hendelsen i 1986. Dette punktet ble satt som kronostratigrafisk markør og en CRS-modellering (Appelby, 2001) basert på regresjon foretatt. Bortsett

fra en tetthetsendring observert rundt 10 cm samt muligens noen svake forstyrrelser i de nedre deler av kjernen virker denne aldersmodellen svært lovende. Det endelige ^{137}Cs -profilen passer relativt bra med "utslippshistorien" til denne isotopen. Den nest nederste prøven i kjernen (35 cm) ble datert til ca år 1870.

Metall- og TOC-data:

Fra tidlig 1960-tallet skjer det en dramatisk økning av metall og TOC i sedimentene (fig. 9a). Denne økningen vedvarer frem til tidlig '80-tallet for så å minke kraftig frem til idag. En liten økning (topp) i metall- og TOC-verdier finner også sted fra midten av 1990-tallet til midten av 2000-tallet. For sink og kadmium betyr denne utviklingen et skifte i miljøtilstandsklasse fra forholdene "god" til "moderat", mens det for kobber er noe mer dramatisk. I henhold til dette metallet var forholdene "svært gode" frem til midten av 1930 for så å bli raskt forverret til "dårlige" på begynnelsen av 1940-tallet og med marginal bedring, dvs. endring til "moderat", først mot slutten av 2000-tallet.

Foraminiferdata:

Diversitetsindeksene utregnet fra foraminiferene viser at nedre del av Bunn18x-kjernen, dvs. fra 1870- til 1940-tallet, hadde en miljøtilstand som kan kategoriseres som "god" (fig. 9a). På 1960-tallet endret denne seg til tilstandsklasse "moderat", for så å stadig forverres til "dårlig" og "svært dårlig" mot nyere tid.

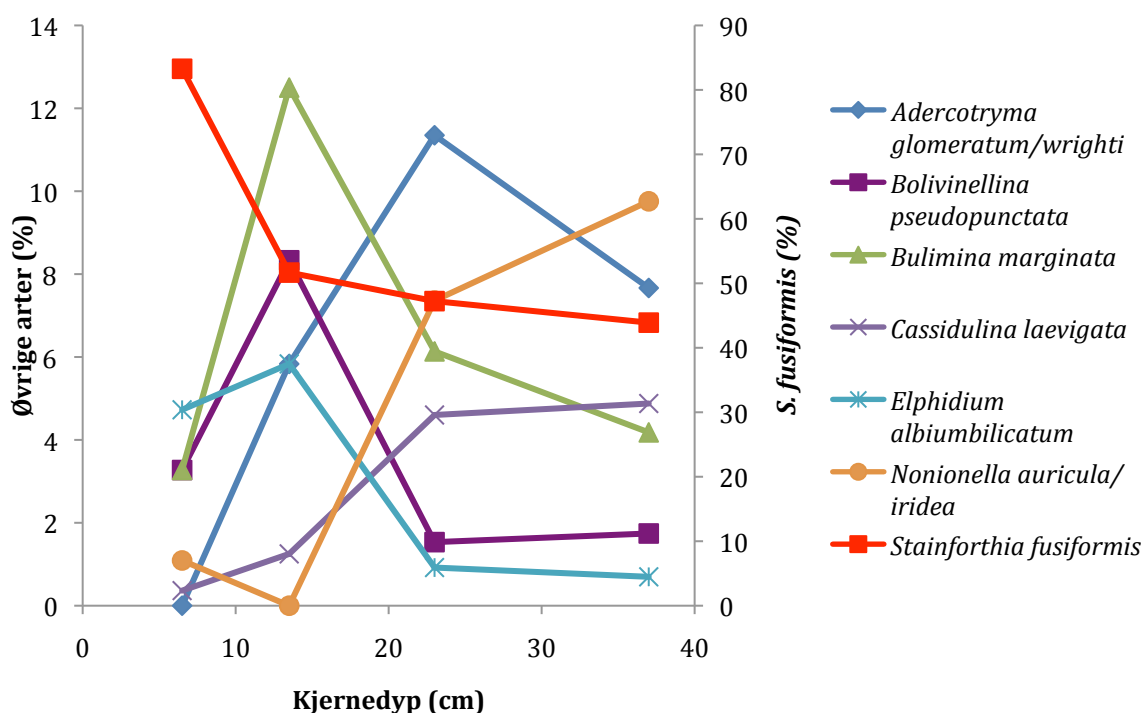


Fig. 10. Fordeling av de viktigste artene i Bunn18x-kjernen. Artenes prosentandel av den totale fauna er plottet mot dyp i kjernen. Den øverste prøven i Bunn18x er ikke tatt med da antallet individer i denne prøvene var svært få.

Stainforthia fusiformis dominerer også denne kjernen (fig. 10), og fordobles fra 40% i bunnen av kjernen til 80% mot toppen (6.5 cm). Data fra den øverste analyserte prøven (1.5 cm) er ikke tatt med da antallet individer i denne prøven var svært få. Ser man bort fra forskjellen i %-verdi er kurvene til *B. marginata* og *B. pseudopunctata* nesten identiske gjennom kjernen. Begge toppene synes å komme litt i forkant av toppen i metall

og TOC, men for å bekrefte eller avkrefte dette bør flere foraminiferprøver analyseres mellom 5-20 cm. *A. glomeratum/wrighti* og *N. auricula/iridea* er blant de hyppigste artene i nedre halvdel av kjernen, med en liten faseforskjell på kurvene hvor igjen nedgangen i sistnevnte skjer først. Begge avtar proporsjonalt med økningen av *S. fusiformis* og *B. marginata/B. pseudopunctata*.

3.4. EA1 (Bunnefjorden, 58 m vanddyb)

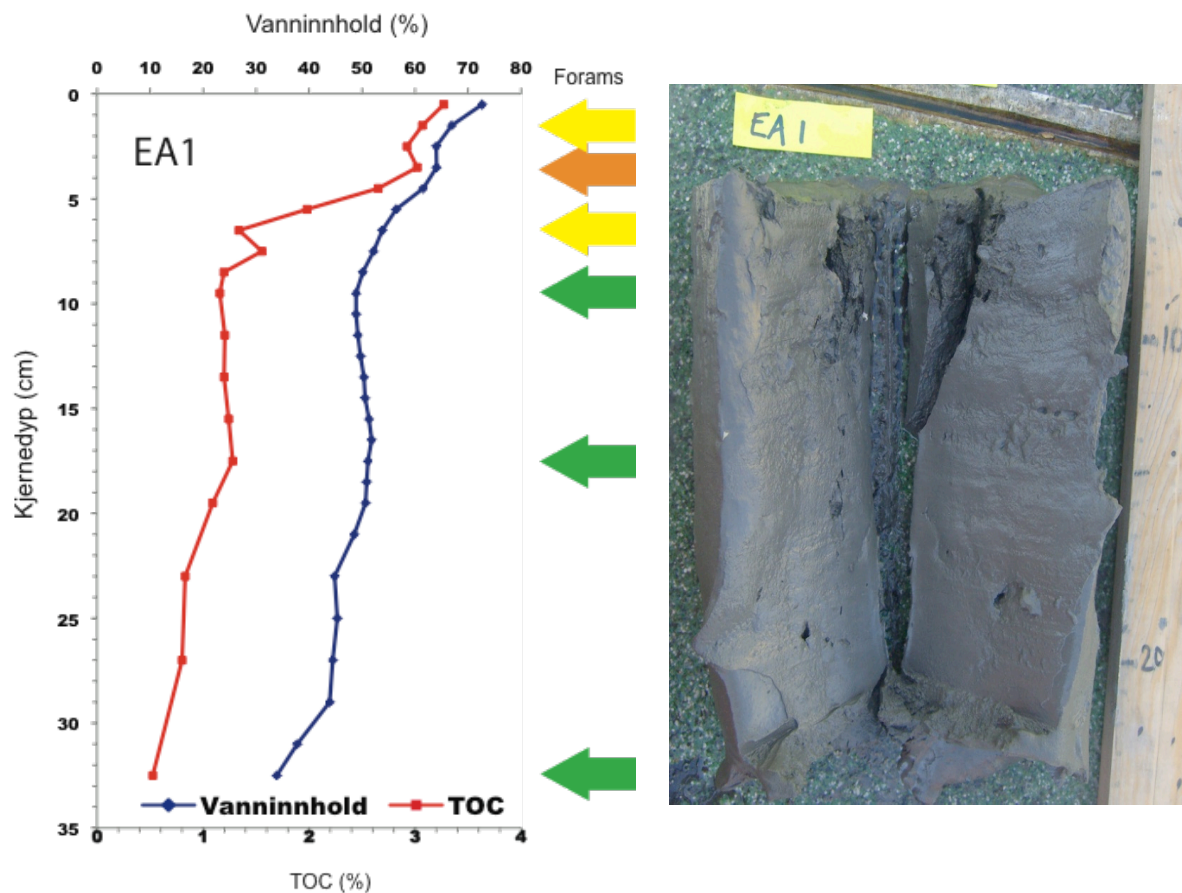


Fig. 11. Analyseresultater fra EA1, inklusive vanninnhold- og TOC-data. Pilene viser miljøtilstandsklassene basert på foraminiferdataene (fargekoder se tab. 1). Til høyre, replikatkjernen som ble splittet på dekk like etter prøvetakning. De øverste 6 cm mangler på bildet, da disse er tatt ut for videre foraminiferanalyser.

Sedimentene:

Bortsett fra de to øverste cm som var svakt brunlig av farge, består hele denne kjernen av et mørkegrått homogent sediment (fig. 11). Over 100 levende børstemark ble observert på overflaten og noen få også lenger nede i sedimentet. Kjernens lengde er 33 cm.

TOC-data:

Ser man på total organisk karbon-dataene fra bunnen og opp (fig. 11), ligger disse på rundt 0.5-1% frem til 7 cm hvor det skjer en gradvis økning til over 3% frem til toppen. Ingen nedgang mot toppen, som i de tre foregående kjerner, er observert.

Foraminiferdata:

I EA1 viser foraminiferindeksene en miljøstatus som er ”god” i de nedre deler av kjernen opp til 10 cm (fig. 11). Deretter går den over til ”moderat” rundt 6.5 cm og til ”dårlig” på rundt 3.5 cm for så å gå tilbake til ”moderat” ved 1.5 cm. Ingen dateringer er gjort på denne kjernen så vi har dessverre ingen direkte årstall å knytte disse hendelsene til.

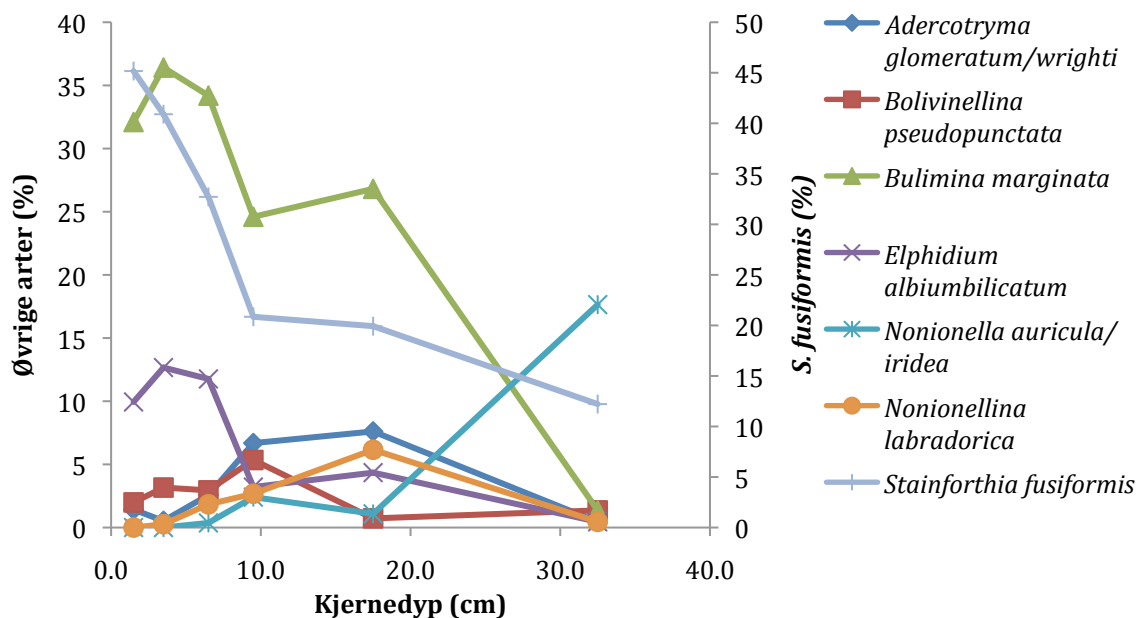


Fig. 12. Fordeling av de viktigste artene i EA1-kjernen. Artenes prosentandel av den totale fauna er plottet mot dyb i kjernen.

Stainforthia fusiformis og *Bulimina marginata* er de to viktigste artene i EA1 (fig. 12). Sammen med *Elphidium albumbilicatum* øker disse kraftig mot toppen av kjernen. Nederste prøve er dominert av *Nonionella auricula/iridea* (18%), *Pullenia osloensis* (12%) og *Cassidulina laevigata* (7%).

3.5. F11-1 (Vestfjorden, 160 m vandndyp)

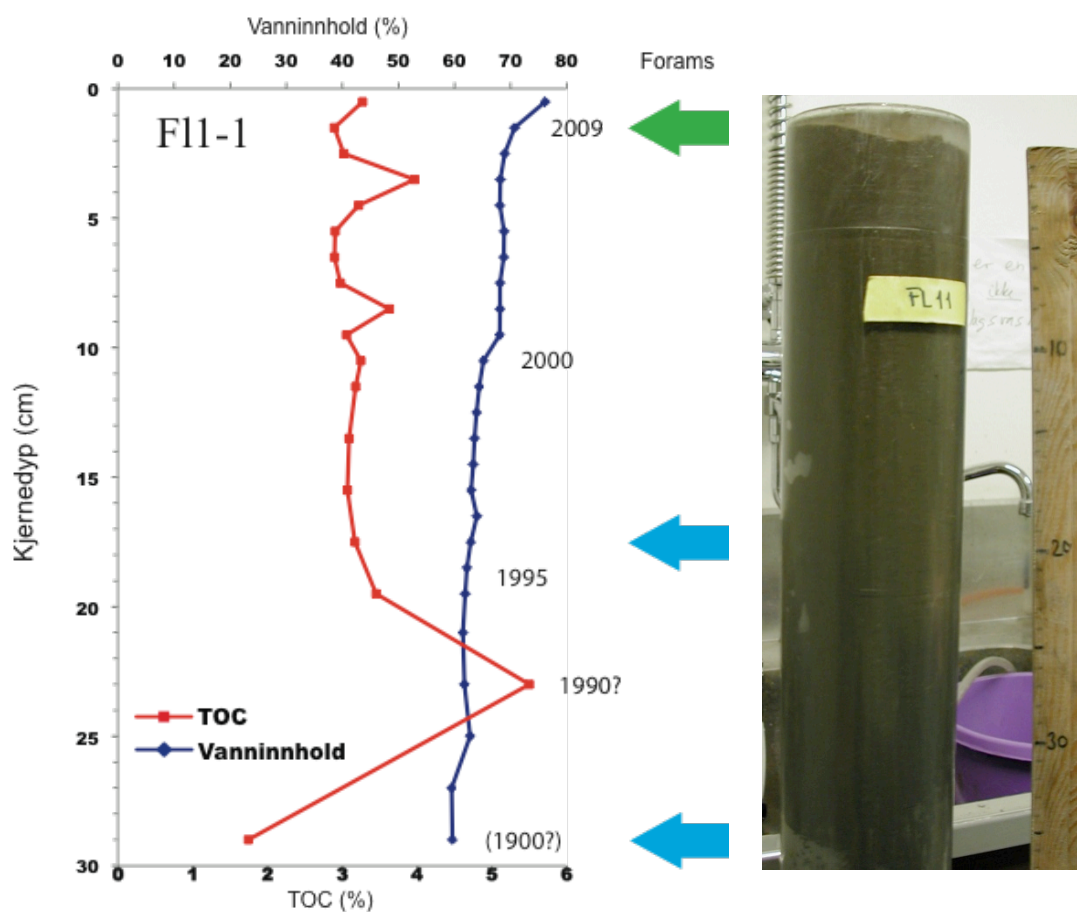


Fig. 13. Analyseresultater fra F11-1, inklusive vanninnhold og TOC. Pilene viser miljøtilstandsklassene basert foraminiferdataene (fargekoder se tab. 1). Til høyre, kjernen før den blir delt opp i skiver i laboratoriet på Institutt for geofag.

Sedimentene:

Totallengde på F11-1-kjernen er 30 cm (fig. 13). Sedimentene er relativt homogene gjennom hele kjernen og brungrå av farge. Hull etter børstemark ble observert i de øverste 15 cm, med økende antall oppover.

Datering:

Den beregnede fluxen av "unsupported" ^{210}Pb i de øvre 25 cm av kjernen er omlag 10 ganger større en forventet lokal atmosfærisk tilførsel, noe som tilsier at det her har funnet sted en sedimentfokusering (økt netto sedimenttilførsel fra omkringliggende områder). En svak topp av ^{137}Cs ble funnet rundt 1990 og er antatt å tilsvare Chernobyl-hendelsen i 1986. Datering av denne kjernen under 27 cm er ikke mulig, pga av en plutselig avtakende aktivitet av "unsupported" ^{210}Pb , men det er svært sannsynlig at bunnen av kjernen (29 cm) er minst 100 år gammel. Aldersmodellen kan studeres nærmere i vedlegg 2.4.

TOC-data:

Innholdet av total organisk karbon viser en noe uvanlig fordeling i forhold til forventet, bortsett fra i nederste prøve (28-30 cm) som viser en tilnærmet normal bakgrunn på ca

1.5% (fig. 13). Herfra øker TOC-verdien raskt til hele 5.5% på 23 cm kjernedyp, for så å avta og ligge på 3-4% i resten av kjernens øverste 20 cm. Det unormalt stabile TOC-profiliet i øvre del av kjernen understøtter antakelsen om sedimentfokusering/resedimentasjon.

Foraminiferdata:

Da den øvre delen av kjernen sannsynligvis inneholdt resedimenterte sedimenter, ble kun tre prøver analysert mhp foraminiferer i F11-1, dvs. en prøve fra bunnen (som reflekterer bakgrunnsforholdene), en fra midten og en fra toppen av kjernen. De to nederste kan ut i fra diversitetsindeksene klassifiseres til "svært god" miljøtilstand, mens den øverste har en tilstand som tilsvarer klassen "god" (fig. 13).

3.6. Dk2-1 (Vestfjorden, 99 m vanddyb)

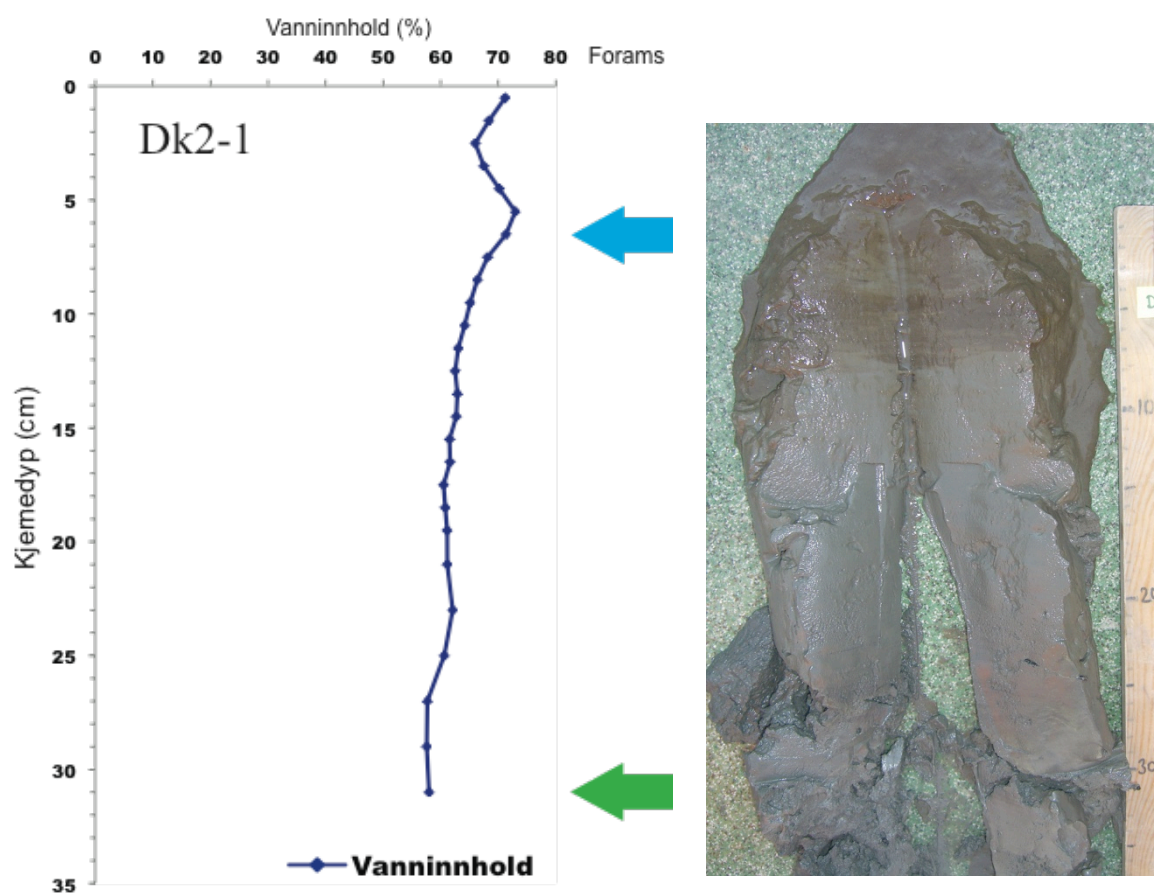


Fig. 14. Analyseresultater fra Dk2-1, inklusive vanninnhold. Pilene viser miljøtilstandsklassene basert på foraminiferdataene (fargekoder se tab. 1). Replikatkjernen som ble splittet på dekk like etter prøvetakning er vist til høyre. De øverste 6 cm mangler, da disse er tatt ut for videre foraminiferanalyser.

Sedimentene:

Dk2-1 er 37.5 cm lang (fig. 14). Sedimentene er relativt homogene gjennom hele kjernen og brun-grå av farge. Hull etter børstemark ble observert i de øvre 15 cm, med økende antall oppover. Vi fikk i en tidlig fase indikasjoner på at denne kjernen til dels inneholdt

forstyrrede sedimenter. Dette blant annet ut i fra observasjoner av kjernen på dekk like etter prøvetakning samt under oppdeling av kjernen i laboratoriet. Vanninnholdsprofilen peker i samme retning.

Foraminiferdata:

Da sedimentene i denne kjernen sannsynligvis var forstyrret, ble kun to foraminiferprøver analysert i Dk2-1, dvs. den nederste prøven i kjernen og prøven på 6.5 cm dyp. Diversitetsindeksen for den nederste prøven viser en tilstandsklasse av kategorien ”god”, mens den øverste analyserte prøven viser en tilstandsklasse som er ”svært god” (fig. 14).

3.7. Dm2-1 (Vestfjorden, 85 m vanddyp)

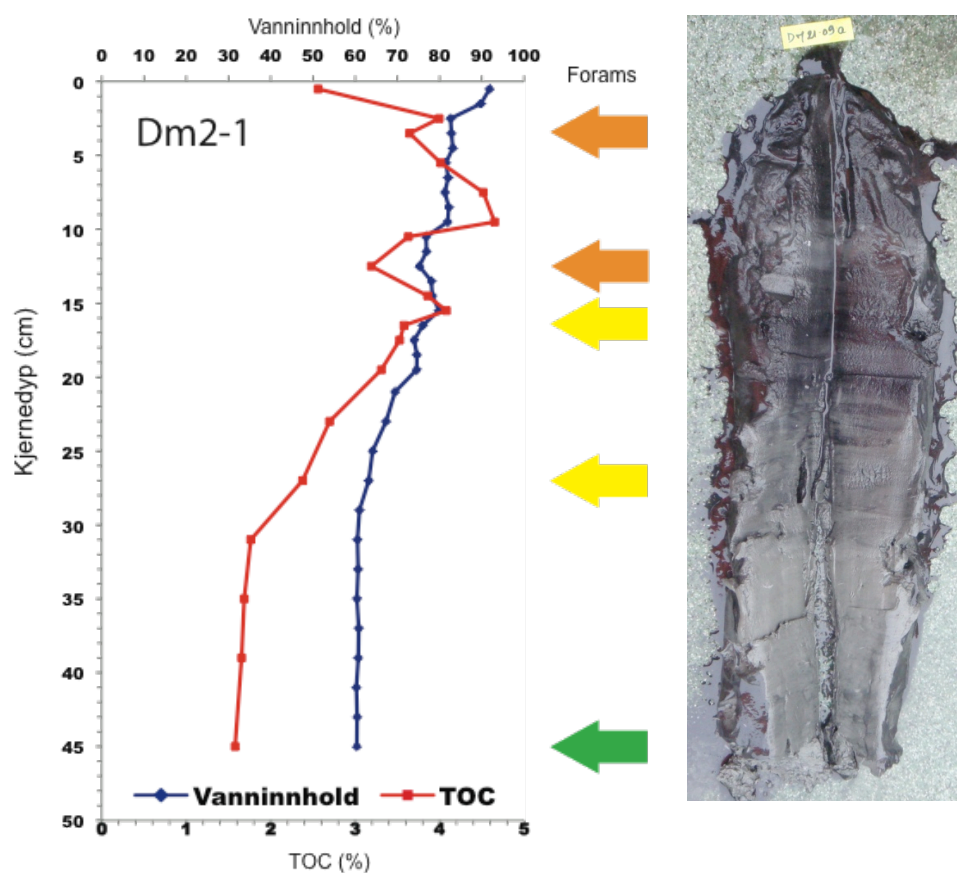


Fig. 15. Analyseresultater Dm2-1, inklusive vanninnhold og TOC. Pilene viser miljøtilstandsklassene basert på foraminiferdataene (fargekoder se tab. 1). Replikatkjernen som ble splittet på dekk like etter prøvetakning er vist til høyre. De øverste 6 cm mangler på bildet, da disse er tatt ut for videre foraminiferanalyser.

Sedimentene:

Kjerne Dm2-1 har en lengde på 46 cm (fig. 15). De øverste 13 cm bestod av et sort, bløtt sediment som luktet av H₂S, bare avbrutt av et tynt lag med grått sediment på 3-4 cm. Fra 13cm og nedover blir sedimentene stadig mer grå og faste, og to små skjell blir observert på 24-26 cm. Lokaltiteten hvor Dm2-1 er prøvetatt var et lite lokalt basseng med til dels anoksiske bunnforhold. Ingen datering ble utført på denne kjernen, så resultatene fra TOC og foraminiferanalysene er vanskelige å tidfeste. Ved å sammenlikne TOC-profilen i

denne kjernen med tilsvarende profil i daterte kjerner, er det imidlertid rimelig å anta at de lave verdiene på større enn 30 cm kjernedyp representerer avsetninger fra 1800- til tidlig på 1900-tallet.

TOC-data:

Nederste prøve i kjernen har en TOC på ca 1.5% (fig. 15). Derfra stiger det svakt til like under 2% ved 30 cm. Fra 30-15 cm skjer det en fordobling av TOC-innholdet. I de øverste 15 cm varierer TOC-verdiene rundt 4% (maks 4.7%, min 3.2%) før de ender på 2.6% i øverste prøve.

Foraminiferdata:

Diversitetsindeksene fra Dm2-1 viser en "god" miljøtilstand helt nederst i kjernen (fig. 15), midtre deler av kjernen kjennetegnes ved "moderate" forhold, mens toppen er karakterisert av "dårlige" miljøforhold.

3.8. Cj3-1 (Vestfjorden, 58 m vanddyb)

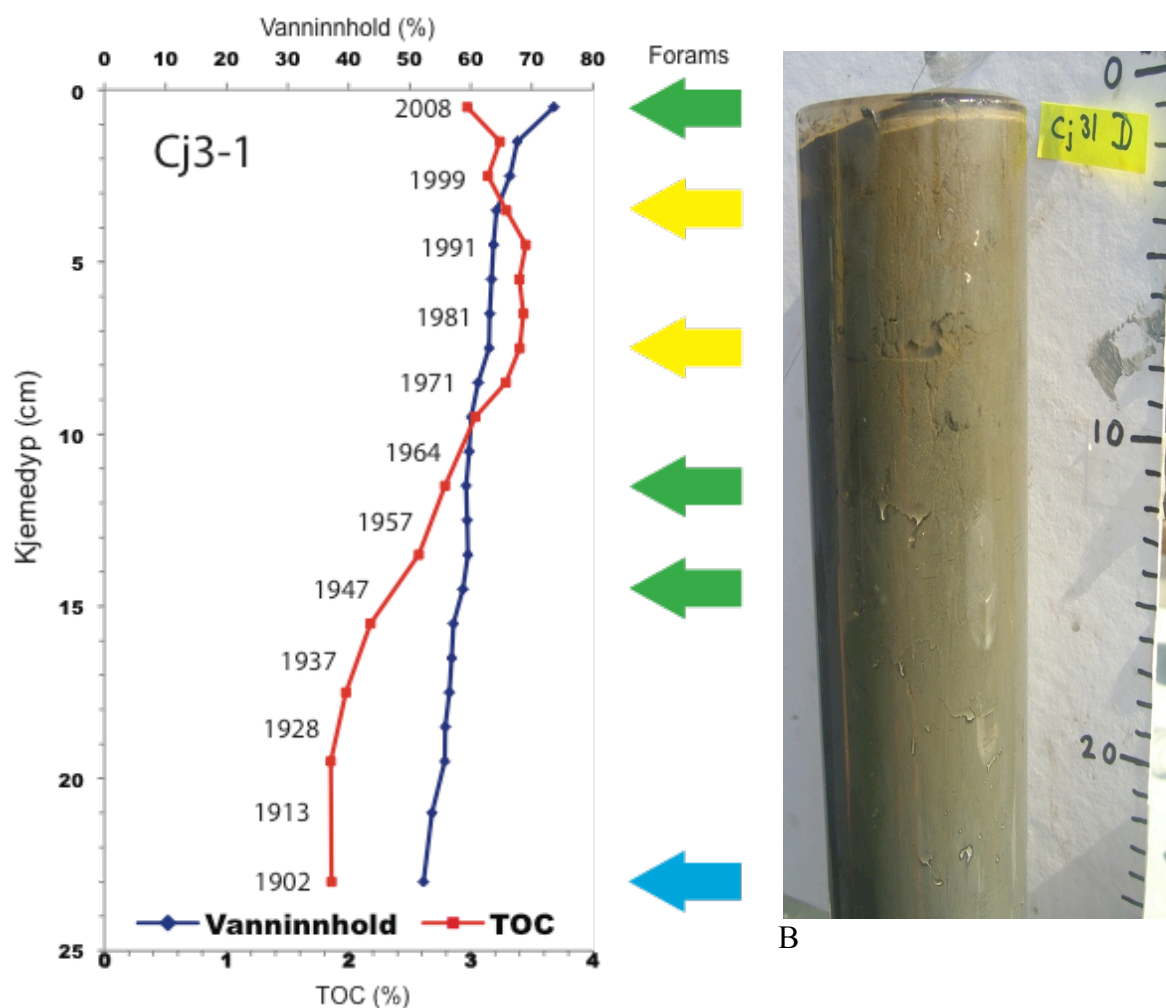


Fig. 16. Analyseresultater fra Cj3-1, inklusive vanninnhold og TOC. Pilene viser miljøtilstandsklassene basert på foraminiferdataene (fargekoder se tab. 1). Bildet til høyre viser kjernen på dekk like etter prøvetakning.

Sedimentene:

Cj3-1 er 24 cm lang og består av et grått homogent sediment, som er svakt bunlig mot toppen (fig. 16). Flere molluskskall ble observert i de nederste 12 cm av denne kjernen.

Datering:

To dateringsmodeller ble laget for denne kjernen ut i fra målinger av ^{210}Pb og ^{137}Cs , hvorav den siste og utvalgte er en revisjon av den første (vedlegg 2.5). I revisjonen har man tatt hensyn til at tre tynne lag ved 10.5 cm, 16.5 cm og 21 cm har et lavere innhold av ^{210}Pb enn forventet. Dette skyldes trolig en resedimentasjon av eldre sedimenter med lavere ^{210}Pb . Ved å korrigere for disse nivåene estimeres alderen på ^{137}Cs -toppen (som antas å være relatert til Chernobyl-hendelsen i 1986) ved 6.5 cm til 1981 mens den i forrige modell var 1978. Med andre ord marginalt bedre. Denne modellen blir derfor foretrukket.

TOC-data:

Nederste prøve i Cj3-1, som er fra tidlig 1900-tallet, har et TOC-innhold på litt under 2% (fig. 16). Fra 1930-tallet øker innholdet av TOC gradvis og når en topp på litt under 3.5% som strekker seg over 1970, '80 og '90-tallet. En svak nedgang er deretter observert frem til i dag.

Foraminiferdata:

Foraminiferindeksene fra Cj3-1 viser en miljøstatus som tilsvarer klasse "svært god" i nederste prøve fra tidlig 1900-tallet (Fig. 16). Fra 1950- og tidlig 1960-tallet var miljøstatusen "god", og "moderat" på 1970-tallet og ut 1990-tallet. Den øverste prøven (0.5 cm) som er omtrent nåtid viser igjen tilstandsklassen "god".

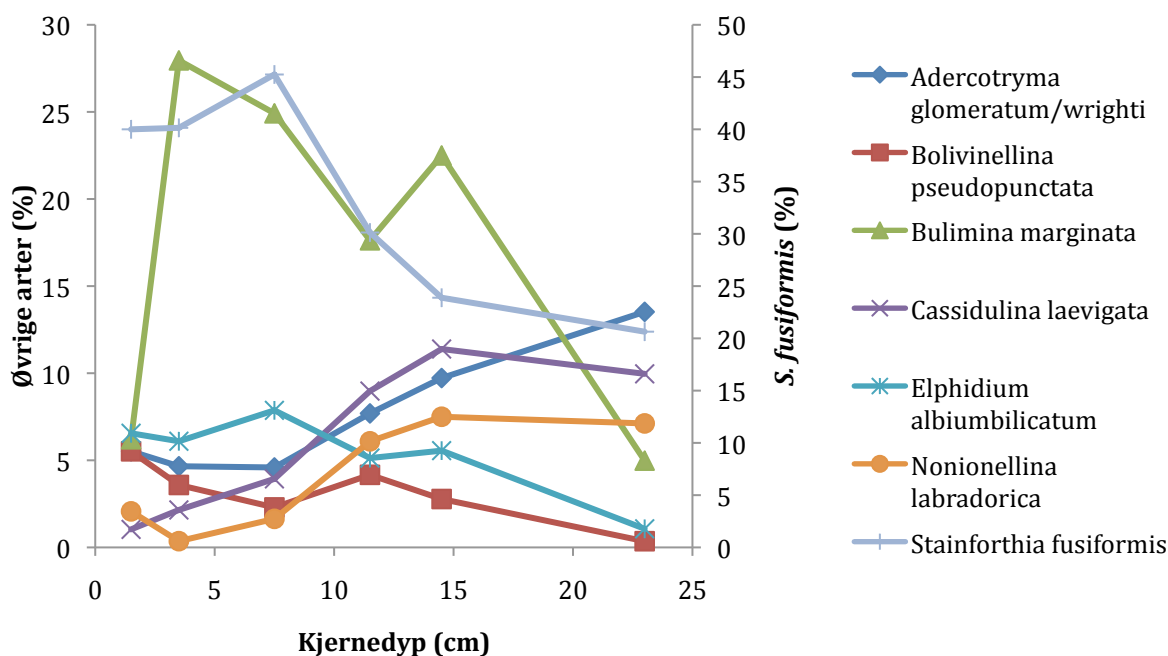


Fig. 17. Fordeling av de viktigste artene i Cj3-1-kjernen. Artenes prosentandel av den totale fauna er plottet mot dyp i kjernen.

Stainforthia fusiformis er den dominerende arten gjennom hele kjernen og den øker i prosentverdi gjennom hele kjernen bortsett fra i toppen hvor den har en svak nedgang (fig.

17). Den nest viktigste arten er *Bulimina marginata* som har høyeste verdier mellom 5 og 15 cm (dvs. 1950-1990-tallet). I kjernens nederste del er i tillegg *A. glomeratum/wrighti*, *Cassidulina laevigata* og *Nonionella labradorica* viktige. På samme måte som i flere andre kjerner viser alle disse en avtagende trend oppover i kjernen og avspeiler en utvikling mot dårligere miljøforhold.

3.9. Bo2-1 (Lysakerfjorden, mellom Vestfjorden og Bunnefjorden)

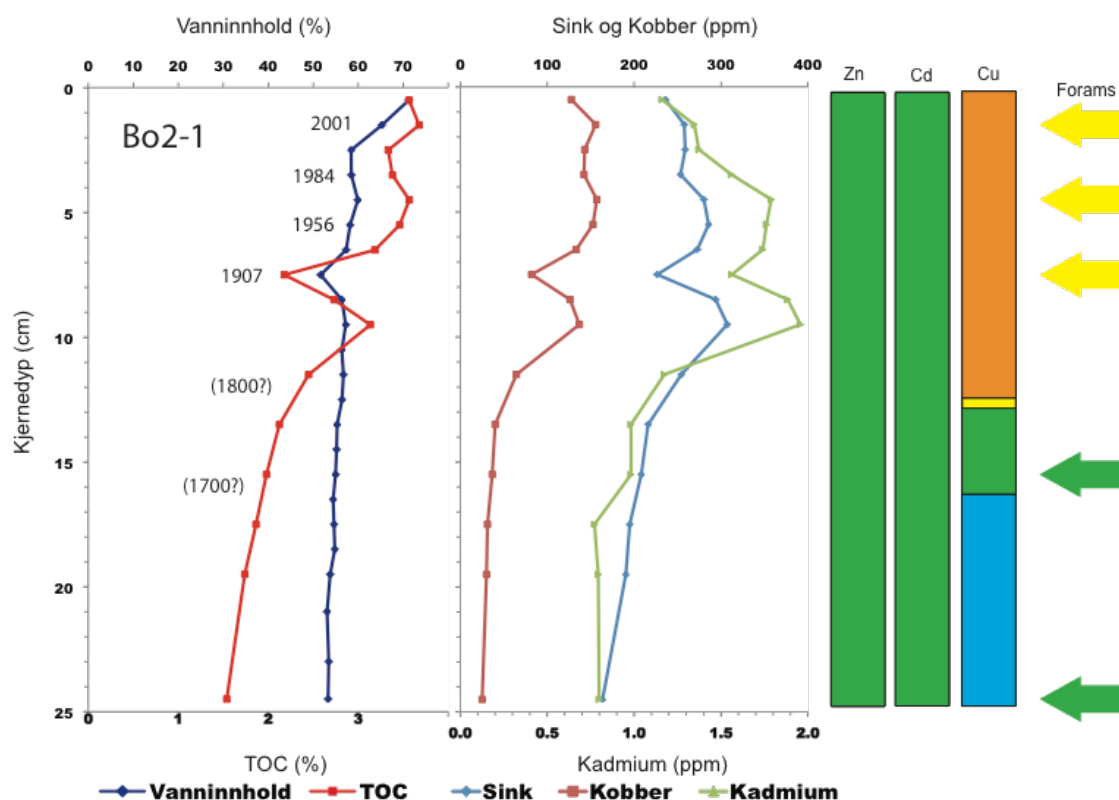


Fig. 18. Analyseresultater fra Bo2-1, inklusive vanninnhold, TOC, sink, kobber, kadmium, og som kolonner og piler til høyre, miljøtilstandsklassene basert på metall- og foraminiferdataene (fargekoder se tab. 1). Årstall i parentes er utregnet ved ekstrapolering og dermed bare ca. tall.

Sedimentene:

Bo2-1 er 25 cm lang (figs. 18-19). De øverste 11 cm består av et mørkegrått homogent sediment som er en anelse brunlig. Under dette blir brunfargen borte og sedimentet synes noe lysere grått. Hull etter børstemarkaktivitet blir observert nederst i kjernen.

Datering:

Formen på ^{210}Pb og ^{137}Cs -profilene og mangel på Chernobyl-topp indikerer at kjernen sannsynligvis er forstyrret, i hvertfall i øverste halvdel (vedlegg 2.6). De gitte dateringer er derfor svært usikre. Dette gjelder også tallene i parentes som er regnet ut ved ekstrapolasjon.

Metall- og TOC-data:

Metall- og TOC-profilene er svært like (fig. 18). Alle viser en svak økning fra bunnen og frem til ca 12 cm fra toppen. Deretter skjer en mer markant økning fra ca 12 cm til 9 cm.

Bortsett fra et lokalt minimum på 7-8 cm, er TOC- og Cu-verdiene relativt stabile, mens Zn og Cd viser en nedgang i øvre del av kjernen.



Foraminiferdata:

To miljøtilstandsklasser dominerer Bo2-1-kjernen (Fig. 18). Dette er klassen ”god” som finnes i prøvene fra nedre del av kjernen (muligens fra 16-1800-tallet) og klassen ”moderat” som kjennetegner prøvene fra kjernens øvre halvdel (1900-tallet frem til i dag). Også i Bo2-1 dominerer artene *Stainforthia fusiformis*, *Bulimina marginata*, *Elphidium albumbilicatum* og *Bolivinelina pseudopunctata*, og samtlige viser en gradvis økning oppover i kjernen.

Fig. 19. Replikatkjerne splittet på dekk like etter prøvetakning. De øverste 6 cm mangler på bildet, da disse er tatt ut for videre foraminiferanalyser.

3.10. Im4x (i Drøbaksundet like utenfor Drøbaksterskelen, 157 m vanddyp)

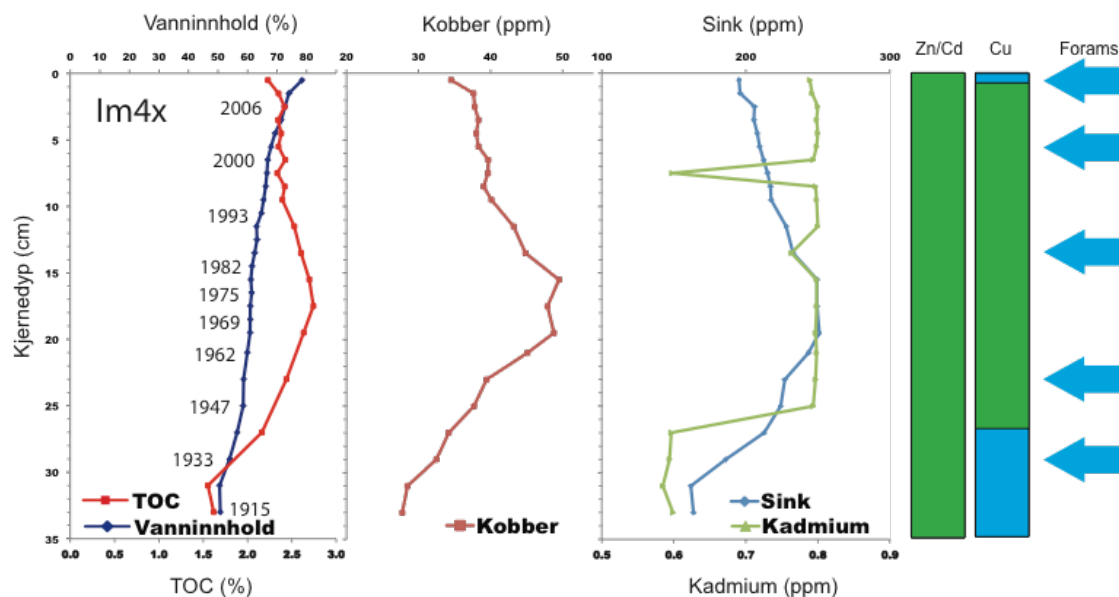


Fig. 20. Analyseresultater fra Im4x, inklusive vanninnhold, TOC, sink, kobber, kadmium, og som kolonner og piler til høyre, miljøtilstandsklassene basert på metall- og foraminiferdataene (fargekoder se tab. 1).

Sedimentene:

Im4x-kjernen er 34 cm lang (figs. 20-21). De øverste 3 cm har brungrå farge. Deretter er sedimentene grå helt ned til bunnen. Fastheten øker med dyp og sammensetningen blir mer sandholdig nedover. Hull etter børstemark ble observert i nedre del av kjernen.

Datering:

Aldersmodellen er basert på ^{210}Pb og ^{137}Cs -målinger og CRS-modellering (vedlegg 2.7). ^{210}Pb indikerer en svak blanding i de øvre 7 cm av kjernen, og muligens noe

sedimentfokusering i resten av kjernen. Likevel anses aldersmodellen som relativt fornuftig, spesielt ut fra tilstedeværelsen av ^{137}Cs .

Metall og TOC-data:

IM4x-kjernens innhold av metaller og TOC (fig. 20) er endel lavere enn hva som er observert i kjernene fra indre Oslofjord. Likevel viser kobber- og TOC-kurvene liknende trender, med høyeste verdier på 1970- og '80-tallet for så å avta frem til i dag.



Fig. 21. Replikatkjerne splittet på dekk like etter prøvetaking. De øverste 6 cm mangler på bildet, da disse er tatt ut for videre foraminiferanalyser.

Miljøtilstandsklassene ut i fra metallanalysene blir aldri dårligere en tilstanden "god" og basert på kobberverdiene er naturtilstanden som var gjeldende på begynnelsen av 1900-tallet nylig gjeninnført.

Foraminiferdata:

Gjennom hele Im4x-kjernen gir foraminiferdataene diversitetsindekser som faller inn under tilstandsklassen "svært god" (se fig. 20). Nedre halvdel av Im4x domineres av *Brizalina skagerrakensis* og *B. spatulata* samt *Cassidulina laevigata* (fig. 22). I øvre halvdel øker andelen av den opportunistiske arten *Stainforthia fusiformis*, men den gjør seg ikke tilnærmelesvis så sterkt gjeldene som i indre fjord.

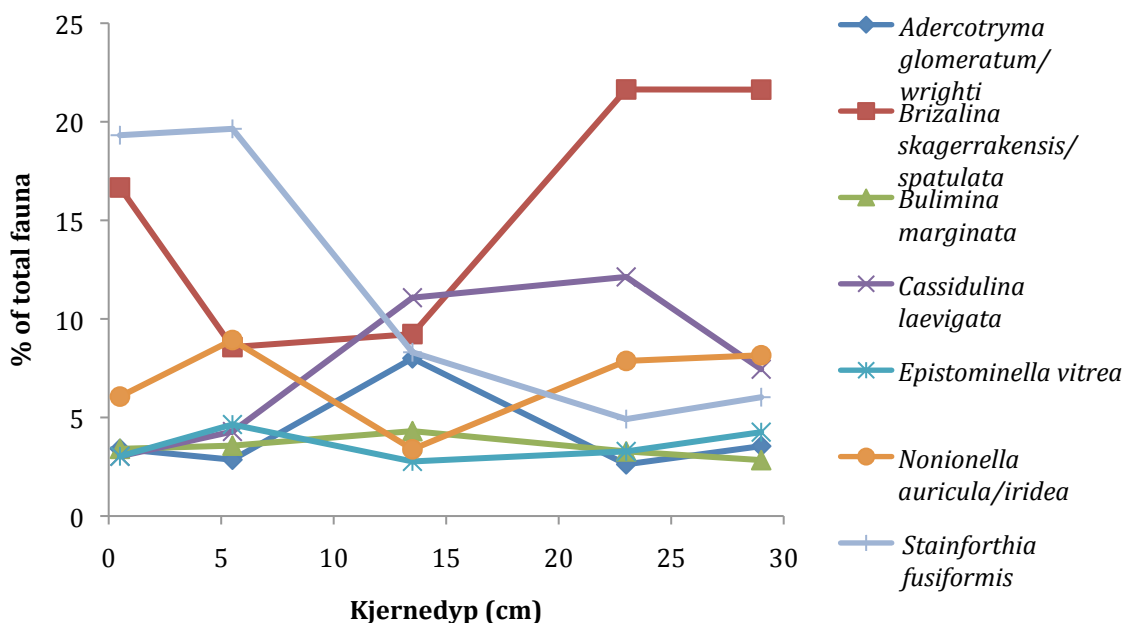


Fig. 22. Fordeling av de viktigste artene i Im4x-kjernen. Artenes prosentandel av den totale fauna er plottet mot dyp i kjernen.

4. Diskusjon og oppsummering

4.1. Endringer i næringstilførsel og eutrofieringssignaler

Som for annen bunnfauna, varierer produksjonen av bentiske foraminiferer med næringstilgangen. I fossile faunaer kommer dette til uttrykk ved endringer i konsentrasjonen av fossile skall i sedimentene. Med mindre man har en god datering av de analyserte sedimentene, presenteres dette gjerne som antall individer per gram tørt sediment. Hva individkonsentrasjonen faktisk reflekterer, er imidlertid påvirket av sediment-akkumulasjonsraten. Hvis sedimentasjonsraten har endret seg over tid, eller man skal sammenlikne områder med forskjellig sedimentasjonsrate, må sammenlikninger baseres på foraminiferproduksjonen uttrykt ved antall individer avsatt pr areal pr tidsenhet. Denne type beregninger forutsetter gode aldersdateringer. Dateringsresultatene i denne undersøkelsen (Vedlegg 2.1-2.7) viser at sedimentakkumulasjonsraten i indre Oslofjord varierer mellom bassengene og, i noen tilfeller, over tid i samme basseng. Av de analyserte kjernene er det fire som viser gode nok resultater til å gi informasjon om endringer i foraminiferproduksjonen over tid (fig. 23). Av disse er en fra 58 m vanddyb i Vestfjorden (Cj 3-1) og tre fra 85-160 m dyp i Bunnefjorden (Ep1, Cp3-1 og Bunn18x).

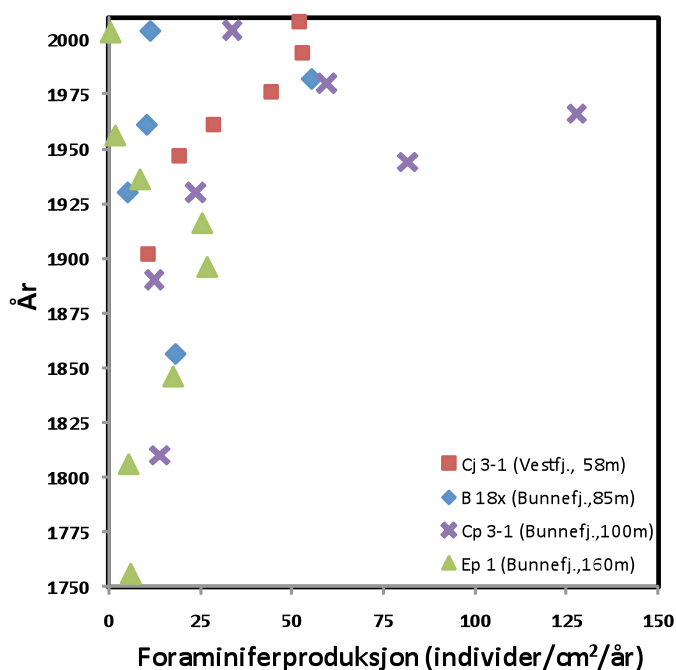


Fig. 23. Endringer i foraminiferproduksjon (antall individer/cm²/år) i fire daterte sedimentkjerner fra indre Oslofjord. Høye verdier i kjernen fra 100 m vanddyb i Bunnefjorden avspeiler betydelig eutrofiering midt på 1900-tallet, mens reduserte verdier på begynnelsen av 1900-tallet i kjernen fra 160 m avspeiler økt oksygensvikt i bunnvannet som endte med permanent død bunn.

Resultatene viser at produksjonen på 1700- og begynnelsen av 1800-tallet lå på <30 individer/cm²/år. Mot slutten av 1800- og utover på 1900-tallet økte produksjonen og nådde maksimumsverdier på rundt 100 individer/cm²/år på 1950-1970-tallet på intermediære dyp i vestlige deler av Bunnefjorden for så å avta (kjerne Cp 3-1), muligens som resultat av redusert næringstilgang. Utviklingen på noe grunnere vann, 85 m dyp, lenger nord i Bunnefjorden (kjerne Bunn 18x) viser også en redusert produksjon i senere år sammenliknet med 1970-tallet. Forklaringen her er sannsynligvis oksygensvikt i bunnsedimentene som har en utarmende effekt på faunaen. Denne tolkningen underbygges ved en sterk økning av *Stainforthia fusiformis* (til >80%, fig. 10) og endring i artsdiversitet som avspeiler utvikling mot betydelig dårligere miljøkvalitet (tilstandsklasse 5, meget dårlig, fig. 9).

Økt produksjon av foraminiferer utover på 1900-tallet er også reflektert i flere av de andre kjernene og avspeiler økt eutrofiering (Vedlegg 3). I de dypeste delene av Bunnefjorden (160 m) øker verdiene (relativt til bakgrunnen) gjennom 1800-tallet og frem til århundreskiftet, med påfølgende dramatisk reduksjon og død bunn fra 1940-tallet. Utviklingen tidlig på 1900-tallet er i samsvar med de første, spredte observasjonene i området (Beyer og Føyn, 1951). På 58 m i Vestfjorden foregikk den økte produksjonen primært på midten av 1900-tallet og har vært relativt stabil siden 1970-tallet (dvs uten tydelig nedgang i senere år). I områder hvor næringstilgangen har vært høy over lengre tid, vil det være mye næring lagret i sedimentet. For arter som kan ernære seg på dødt organisk detritus, bakterier og nedbrytningsprodukter vil dette kunne medføre at effekten av redusert næringsaltutslipp (og derved organisk materiale til sedimentene) blir tidsforsinket (Alve, 2010).

4.2. Faunautviklingen i indre Oslofjord fra ”naturtilstand” til i dag

Likhetsanalysen deler foraminiferfaunaene inn i tre hovedgrupper og hver av dem er igjen delt i to subgrupper (fig. 24). Den ene hovedgruppen omfatter prøvene fra kjernen syd for Drøbakerskelen (Im4x) samt eldste og yngste prøve i kjernen fra dypbassenget i Vestfjorden (Fl 1-1). Den andre hovedgruppen omfatter prøvene fra alle de eldste delene av kjernene i indre Oslofjord, samt prøven fra den midtre delen av kjerne Fl 1-1 i Vestfjorden. Den tredje hovedgruppen representerer faunaer som har dominert på intermedieære og større vanddyp i indre Oslofjord siden 1970-tallet, og i noen tilfeller lenger (fig. 25). På samme måte som hovedgruppene, viser også fordelingen av subgruppene samme suksessive utvikling gjennom hele undersøkelsesområdet, selv om tidspunktet for endringen fra en fauna til en annen viser lokale variasjoner. Dette avspeiler at før forurensningen av indre Oslofjord satt inn for fullt på 1900-tallet var foraminiferfaunaen på større vanddyp enn Bygdøy-Nesoddenterskelen relativt ensartet og skilte seg ut fra faunaen syd for Drøbakerskelen. Et unntak var en ”kile” av den mer sydlige faunaen som forekom i det dypeste bassenget i Vestfjorden (Fl1-1). Diversitetsverdiene viser at alle faunaene på 1700- og 1800- tallet reflekterer tilstandsklasse 1 eller 2 (Fig. 26) og vi betrakter disse som å reflektere ”naturtilstanden” på de undersøkte stedene i indre Oslofjord. Dette er i motsetning til to andre nylig undersøkte bassenger i indre fjord, Bærumbassenget (Alve et al., 2009b) og et subbasseng på 79 m vanddyp øst i Bunnefjorden (kjerne JEG i Enoksen, 2010). I disse bassengene ble forholdene på 1700-tallet, med hhv tilstandsklasse 5 (meget dårlig) og 3 (mindre god) ansett å representere ”naturtilstanden” (fig. 26) .

Utover på 1900-tallet endret faunaen i indre Oslofjord karakter, ble mer artsfattig og dominert av arter som tolererer eutrofiering og nedsatt oksygenkonsentrasjon. De dårligste forholdene, tilsvarende tilstandsklasse 3-5, ble i de fleste områder etablert fra midten av 1900-tallet og utover, med svake tegn til bedring i senere år. I Bunnefjordens dypbasseng endte den negative faunautviklingen som startet allerede på slutten av 1800-tallet med at hele faunaen døde ut på 1940-tallet. På intermedieære vanddyp i Bunnefjorden har utviklingen i miljøkvaliteten vist til dels store lokale variasjoner, bl.a. med utvikling av meget dårlig miljøstatus (klasse 5) på 85 m vanddyp i NV (kjerne Bunn 18x), mens forholdene på noe større vanddyp (100 m, kjerne Cp 3-1 med lavere sedimentasjonsrate og lavere tilførsel av organisk karbon) lenger syd, har holdt seg på Mindre god-Dårlig (klasse 3-4). I motsetning til faunaene i indre fjord, viser faunaen syd for Drøbakerskelen bare minimal endring siden begynnelsen av 1900-tallet (eldste

analyserte prøve) og den økologiske tilstanden har holdt seg innen rammene av tilstandsklasse 1, meget god.

Det har følgelig foregått betydelige endringer i faunasammensetningen til bentiske foraminiferer i indre Oslofjord siden slutten av 1800-tallet og mange arter har enten blitt helt borte eller blitt betydelig redusert. Til sammenlikning har endringene i løpet av det samme tidsrom vært meget moderate i bassenget utenfor, rett syd for Drøbakterskelen.

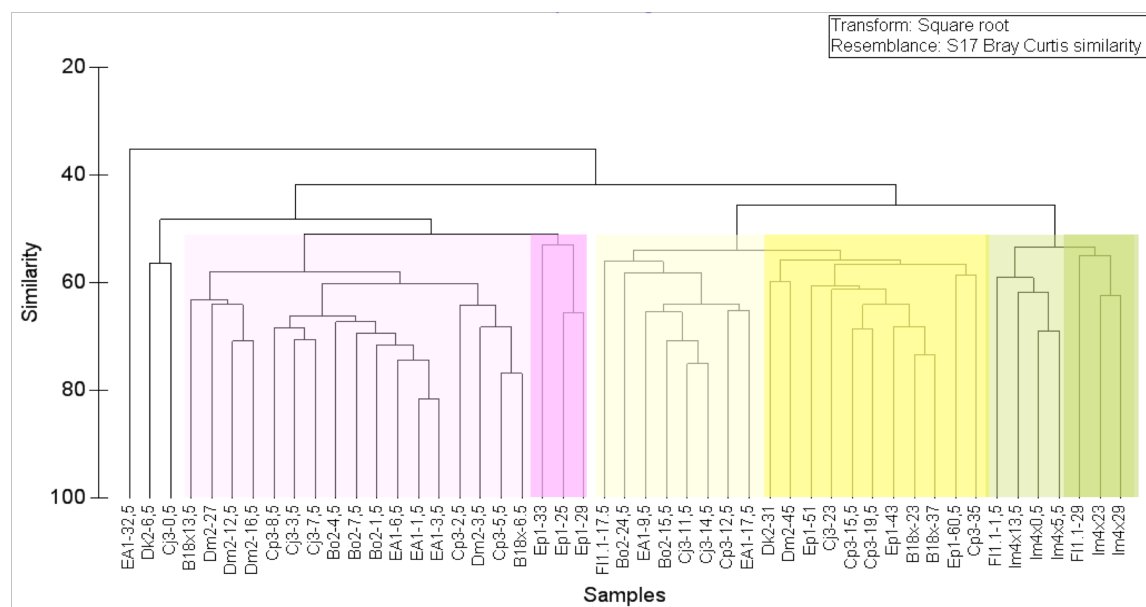


Fig. 24. Dendrogram som viser likheten mellom foraminiferfaunaen i de enkelte prøvene. Tre hovedgrupper, markert rosa, gul og grønn, er definert og hver gruppe er delt i to subgrupper (mørk og lys variant av fargen for hovedgruppen). Tall etter kjernenummer (prøvenavn) angir dybden (cm) i sedimentet.

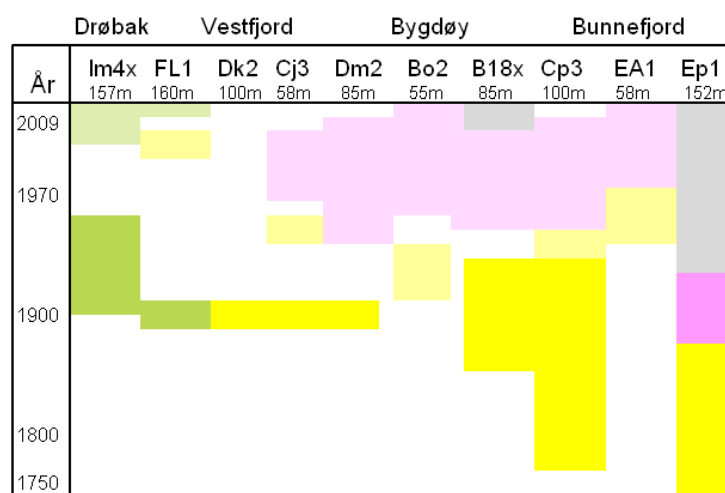


Fig. 25. Summarisk utbredelse av subgruppene i tid og rom ut fra oppkomsten i de analyserte kjernene. Grå farge angir meget individfattig eller ingen fauna.

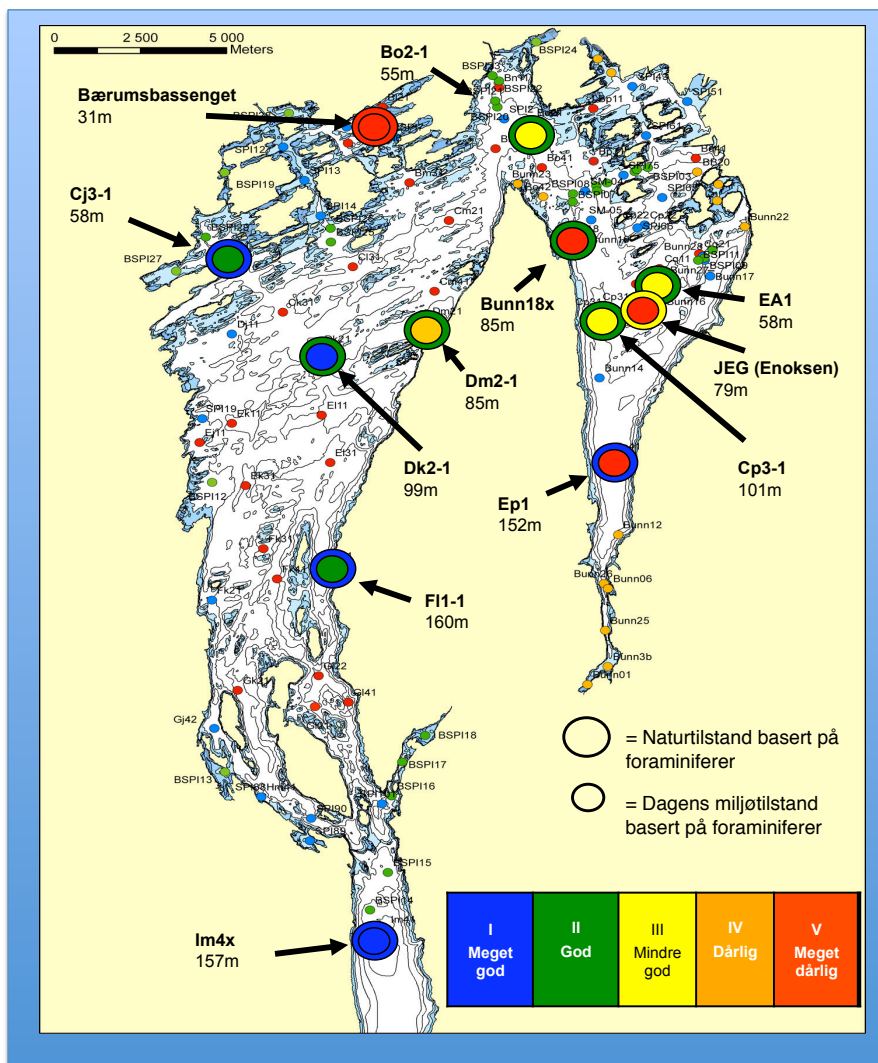


Fig. 26. Dagens miljøstatus (liten sirkel) sammenliknet med "naturlig tilstand" (stor sirkel) på hver av de 10 sedimentkjernene analysert i dette prosjektet, samt på en stasjon fra Bærumsbassenget (Alve et al., 2009b) og en stasjon (JEG) i et sub-basseng i Bunnefjorden (Enoksen, 2010).

4.3. Avsluttende kommentarer

Denne undersøkelsen har primært søkt å illustrere hvordan miljøstratigrafiske analyser kan gi informasjon om naturlig tilstand i et område, her indre Oslofjord. Den dekker lange tidsserier, relativt til det som fremskaffes ved konvensjonell biologisk miljøovervåking. For å få en bedre tidsoppløsning av miljøutviklingen i de enkelte bassengene, må det gjennomføres mer detaljerte studier av de enkelte kjernene. Resultatene viser imidlertid at metoden har et stort potensiale for å karakterisere endringer i økologisk tilstand i sedimentakkumulasjonsbassenger, selv i områder med lite eller ingen tilgjengelig bakgrunnsinformasjon. Det sistnevnte gjelder spesielt for områder med relativt betydelige lokale variasjoner som for eksempel i Bunnefjorden, hvor miljøstatus for naturlig tilstand og tidspunktet for endringer i miljøstatus varierer innen bassenget. I den foreliggende undersøkelsen har vi benyttet Direktoratets system for klassifisering av miljøtilstand basert på diversitetsverdier for bløtbunns makrofauna (Veileder 01: 2009). Dette er en

svakhet, fordi vi ikke vet om grenseverdiene mellom tilstandsklassene er de samme for bentiske foraminiferer som for makrofauna. I tillegg foreligger det per i dag ingen informasjon om fordelingen av levende bentiske foraminiferer i indre Oslofjord og hvordan denne varierer under ulike miljøbetingelser. For å bøte på dette og derved øke anvendbarheten av miljøstratigrafiske undersøkelser i norske kystområder bør man gjennomføre økologiske analyser av de bentiske foraminiferfaunaene i indre Oslofjord, sammenlikne resultatene med makrofaunadata fra samme stasjoner og foreta en kalibrering av grenseverdiene mellom tilstandsklassene for de to faunagruppene. Slike studier gjennomføres for tiden på faunaer langs den norske Skagerrak-kysten innen det NFR-støttede PES-prosjektet (<http://www.geo.uio.no/pes/>).

5. Referanser

Alve, E., 2010. Benthic foraminiferal responses to absence of fresh phytodetritus: a two year experiment. *Mar. Micropaleontol.*, 76: 67-75.

Alve, E., Lepland, A, Magnusson, J og Backer-Owe, K. 2009a. Monitoring strategies for re-establishment of ecological reference conditions: possibilities and limitations. *Marine Pollution Bulletin*, 59: 297-310.

Alve, E., Helland, A. og Magnusson, J., 2009b. Bærumsbassenget et naturlig anoksisk bassen? NIVA rapport L. NR. 5735-2009: 36 pp.

Appleby, P.G., 2001. Chronostratigraphic techniques in recent sediments. In: Last, W.M & Smol, J.P. (eds) *Tracking environmental change using lake sediments. Volume 1: Basin analysis, coring and chronological techniques*. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, 1 (3): 171-203.

Arnesen, V., 2001. The pollution and protection of the inner Oslofjord: Redefining the goals of wastewater treatment policy in the 20th century. *Ambio*, 30 (4-5): 282-286.

Baalsrud, K. og Magnusson, J., 2002. Indre Oslofjord – natur og miljø. Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord, 135 pp.

Beyer, F. and Føyn, E., 1951. Surstoffmangel i Oslofjorden. En kritisk situasjon for fjordens dyrebestand. In: *Naturen*. Bergen, Norway, 75. Årgang: 289-306.

Clarke, K.R. and Gorley, R.N. 2006. *Primer v6: user manual/tutorial*. Primer-E Ltd.

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy, OJ L 327, 22.12.2000, 1–73.

Enoksen, J.H., 2010. Environmental status: From "natural" to polluted conditions in the Bunnefjord, inner Oslofjord. MSc thesis in Geosciences, University of Oslo, 75 pp.

Herguera, J.C., 1992. Deep-sea foraminifera and biogenic opal: Glacial to postglacial productivity changes in the western equatorial Pacific. *Mar. Micropaleontol.*, 19: 79-98.

Magnusson, J., Andersen, T., Amundsen, R., Berge, J., Bjerkeng, B., Gjørseter, J., Hylland, K., Johnsen T., Lømsland E., Paulsen Ø., Ruus A., Schøyen, M., Walday, M., 2006. Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord 2005. NIVA report 5242-2006, 102 pp.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., Sørensen, J., 1997. Classification of environmental quality in fjords and coastal waters. A guide. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97: 03, 36 pp.

Norsk Standard 4770, 1994. Vannundersøkelse. Metaller i vann, slam og sedimenter. Bestemmelse ved atomabsorpsjonsspektrometri i flamme. Generelle prinsipper og retnings-linjer. 2. Utg.

TA-2229/2007 (SFT). Veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. 11 pp.

Veileder 01:2009 (Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanndirektivet). Klassifisering av miljøtilstanden i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforeskriften. 180 pp.

Vedlegg 1.01

Kjerne: Ep1 (=Ep4-1)

Kjerne- dyp (cm)	Gj.snitts- dyp (cm)	Alder	Vann- innhold (%)	Kjerne- dyp (cm)	TOC (%)	Sink (ppm)	Kobber (ppm)	Kadmium (ppm)
0-1	0.5	2009	89.256	0-2	2.76	208	39	1.60
1-2	1.5		85.365	3-4	3.20	256	57	2.19
2-3	2.5		88.496	6-8	3.81	292	69	2.60
3-4	3.5	2000	89.986	9-10	3.93	317	75	2.99
4-5	4.5		88.433	12-14	4.83	893	220	4.37
5-6	5.5	1994	86.869	16-18	3.89	807	142	2.76
6-7	6.5		88.538	20-22	3.04	559	70	2.00
7-8	7.5	1989	88.873	22-24	2.89			
8-9	8.5		88.419	24-26	2.45	275	46	1.58
9-10	9.5	1984	90.780	26-28	2.54	275	39	1.39
10-11	10.5		90.980	30-32	2.37			
11-12	11.5	1980	89.673	32-34		232	29	1.00
12-13	12.5		88.981	34-36	1.95			
13-14	13.5	1976	89.540	38-40	1.71	176	26	0.80
14-15	14.5		89.008	42-44	1.68	169	25	1.00
15-16	15.5	1972	88.338	46-48	1.58	172	25	0.99
16-17	16.5		89.774	50-52	1.45	222	24	0.78
17-18	17.5	1968	89.121	54-56	1.49	160	24	0.79
18-19	18.5		86.890	60-61	1.44	164	24	0.78
19-20	19.5	1961	87.939					
20-22	21.0		84.406					
22-24	23.0	1956	81.431					
24-26	25.0	1936	77.772					
26-28	27.0		71.200					
28-30	29.0		72.372					
30-32	31.0		71.155					
32-34	33.0	(1900)	70.155					
34-36	35.0		70.090					
36-38	37.0		68.321					
38-40	39.0		67.797					
40-42	41.0		67.329					
42-44	43.0		66.869					
44-46	45.0	(1850)	66.092					
46-48	47.0		65.590					
48-50	49.0		64.053					
50-52	51.0		63.377					
52-54	53.0		63.054					
54-56	55.0	(1800)	62.756					
56-58	57.0		63.422					
58-60	59.0		62.981					
60-61	60.5		61.047					

Vedlegg 1.02

Kjerne: Cp3-1

Kjerne- dyp (cm)	Gjennomsnitts- dyp (cm)	Alder	Vann- innhold (%)	TOC (%)	Sink (ppm)	Kobber (ppm)	Kadmium (ppm)
0-1	0.5	2008	94.58				
1-2	1.5	2007	90.36	3.15	221	50	1.38
2-3	2.5	2004	80.65	4.46	509	105	2.35
3-4	3.5	1997	78.44	4.35	598	129	2.59
4-5	4.5	1986	78.76	4.63	689	148	2.95
5-6	5.5	1980	78.02	4.66	825	187	3.14
6-7	6.5	1975	73.32	3.94	707	149	2.55
7-8	7.5	1971	69.66	3.53	595	119	2.18
8-9	8.5	1966	67.51	2.91	493	93	1.78
9-10	9.5	1959	65.96	2.76	309	76	1.60
10-11	10.5	1953	67.28				
11-12	11.5	1949	66.22	2.31	288	46	1.19
12-13	12.5	1944	64.98				
13-14	13.5		64.98	2.00	248	37	1.19
14-15	14.5		63.11				
15-16	15.5	1930	63.00	1.73	214	31	1.00
16-17	16.5		61.15				
17-18	17.5		61.03	1.58	195	28	0.99
18-19	18.5	1900	59.63				
19-20	19.5		58.73	1.55	185	28	0.97
20-22	21.0		57.86				
22-24	23.0		57.82	1.47	174	26	0.80
24-26	25.0	(1850)	57.74				
26-28	27.0		58.13	1.44	174	26	0.77
28-30	29.0		57.62				
30-32	31.0	(1800)	57.91	1.36	171	25	0.80
32-34	33.0		57.60				
34-36	35.0		57.17	1.33	161	24	0.78
36-38	37.0		56.89				
38-39	38.5	(1750)	56.52	1.33	162	25	0.80

Vedlegg 1.03

Kjerne: Bunn18x (=AA4)

Kjerne- dyp (cm)	Gj. snitts- dyp (cm)	Alder	Vann- innhold (%)	TOC (%)	Sink (ppm)	Kobber (ppm)	Kadmium (ppm)
0-1	0.5	2009	89.63	3.07	227	55	1.37
1-2	1.5	2008	79.93	4.21	293	87	1.78
2-3	2.5	2000	82.66	3.98	289	104	1.95
3-4	3.5	1996	84.55	3.99	289	100	2.00
4-5	4.5	1992	83.78	4.40	594	133	2.38
5-6	5.5	1986	79.38	5.38	746	203	2.87
6-7	6.5	1982	80.14	6.05	1135	300	3.65
7-8	7.5		78.98	5.50	1081	276	3.67
8-9	8.5	1975	77.01	4.04	890	211	3.29
9-10	9.5	1972	72.24	3.56	718	129	2.46
10-11	10.5	1969	68.08				
11-12	11.5		64.71	3.00	301	81	1.54
12-13	12.5	1964	63.79				
13-14	13.5		63.55	2.79	281	75	1.16
14-15	14.5	1959	63.23				
15-16	15.5		61.95	2.79	264	62	1.04
16-17	16.5	1952	60.32				
17-18	17.5		59.49	2.81	280	57	1.31
18-19	18.5	1943	59.91				
19-20	19.5		59.41	2.65	290	55	1.19
20-22	21.0	1935	58.18				
22-24	23.0		57.77	1.96	212	33	0.79
24-26	25.0	1925	57.74				
26-28	27.0		57.34	1.71	194	30	0.80
28-30	29.0	1908	57.19				
30-32	31.0	1897	57.22	1.67	188	29	0.78
32-34	33.0		56.25				
34-36	35.0	1870	55.83				
36-38	37.0		54.67	1.62	186	28	0.80

Vedlegg 1.04

Kjerne: EA1

Kjerne- dyp (cm)	Gjennomsnitts- dyp (cm)	Vann- innhold (%)	TOC (%)
0-1	0.5	72.653	3.27
1-2	1.5	66.899	3.07
2-3	2.5	63.994	2.92
3-4	3.5	64.052	3.02
4-5	4.5	61.533	2.65
5-6	5.5	56.427	1.98
6-7	6.5	53.812	1.34
7-8	7.5	52.161	1.56
8-9	8.5	50.121	1.20
9-10	9.5	48.865	1.16
10-11	10.5	48.866	
11-12	11.5	49.200	1.21
12-13	12.5	49.695	
13-14	13.5	50.341	1.20
14-15	14.5	50.565	
15-16	15.5	51.295	1.24
16-17	16.5	51.800	
17-18	17.5	51.101	1.28
18-19	18.5	50.863	
19-20	19.5	50.648	1.09
20-22	21.0	48.516	
22-24	23.0	44.804	0.83
24-26	25.0	45.317	
26-28	27.0	44.450	0.80
28-30	29.0	43.879	
30-32	31.0	37.758	
32-33	32.5	33.892	0.52

Vedlegg 1.05

Kjerne: FL1-1 (=AG1)

Kjerne- dyp (cm)	Gjennomsnitts- dyp (cm)	Alder	Vann- innhold (%)	TOC (%)
0-1	0.5	2009	76.162	3.27
1-2	1.5	2008	70.718	2.89
2-3	2.5	2008	68.951	3.02
3-4	3.5		68.176	3.97
4-5	4.5	2007	68.106	3.22
5-6	5.5	2006	68.841	2.90
6-7	6.5		68.786	2.90
7-8	7.5		68.117	2.97
8-9	8.5	2003	68.116	3.63
9-10	9.5		68.071	3.06
10-11	10.5	2002	65.162	3.25
11-12	11.5		64.413	3.18
12-13	12.5		63.929	
13-14	13.5		63.567	3.09
14-15	14.5		63.347	
15-16	15.5	1998	62.967	3.07
16-17	16.5		63.992	
17-18	17.5	1996	62.900	3.17
18-19	18.5		62.215	
19-20	19.5	1994	61.908	3.45
20-22	21.0		61.507	
22-24	23.0	1991	61.772	5.50
24-26	25.0	1989	62.788	
26-28	27.0	1987	59.496	
28-30	29.0		59.624	1.74

Vedlegg 1.06

Kjerne: Dk2-1

Kjerne- dyp (cm)	Gjennomsnitts- dyp (cm)	Vann- innhold (%)
0-1	0.5	71.203
1-2	1.5	68.406
2-3	2.5	66.007
3-4	3.5	67.487
4-5	4.5	70.184
5-6	5.5	72.966
6-7	6.5	71.351
7-8	7.5	68.163
8-9	8.5	66.363
9-10	9.5	65.132
10-11	10.5	64.159
11-12	11.5	63.049
12-13	12.5	62.522
13-14	13.5	62.908
14-15	14.5	62.708
15-16	15.5	61.539
16-17	16.5	61.620
17-18	17.5	60.505
18-19	18.5	60.794
19-20	19.5	61.120
20-22	21.0	61.147
22-24	23.0	62.087
24-26	25.0	60.618
26-28	27.0	57.684
28-30	29.0	57.578
30-32	31.0	57.982

Vedlegg 1.07

Kjerne: DM2-1

Kjerne- dyp (cm)	Gjennomsnitts- dyp (cm)	Vann- innhold (%)	TOC (%)
0-1	0.5	91.838	2.56
1-2	1.5	89.759	
2-3	2.5	82.612	4.00
3-4	3.5	82.802	3.65
4-5	4.5	83.132	
5-6	5.5	81.493	4.01
6-7	6.5	82.032	
7-8	7.5	81.259	4.52
8-9	8.5	82.177	
9-10	9.5	81.907	4.65
10-11	10.5	76.801	3.63
11-12	11.5	76.898	
12-13	12.5	75.223	3.19
13-14	13.5	78.042	
14-15	14.5	78.276	3.86
15-16	15.5	79.849	4.08
16-17	16.5	76.023	3.58
17-18	17.5	73.977	3.53
18-19	18.5	74.630	
19-20	19.5	74.579	3.31
20-22	21.0	69.440	
22-24	23.0	67.314	2.70
24-26	25.0	64.137	
26-28	27.0	63.213	2.38
28-30	29.0	61.014	
30-32	31.0	60.532	1.76
32-34	33.0	60.694	
34-36	35.0	60.418	1.69
36-38	37.0	60.836	
38-40	39.0	60.731	1.66
40-42	41.0	60.292	
42-44	43.0	60.464	
44-46	45.0	60.392	1.58

Vedlegg 1.08

Kjerne: Cj3-1

Kjerne- dyp (cm)	Gjennomsnitts- dyp (cm)	Alder	Vann- innhold (%)	TOC (%)
0-1	0.5	2008	73.616	2.97
1-2	1.5	2004	67.634	3.24
2-3	2.5	1999	66.408	3.14
3-4	3.5		64.226	3.29
4-5	4.5	1991	63.717	3.45
5-6	5.5	1987	63.409	3.40
6-7	6.5	1981	63.106	3.43
7-8	7.5	1976	62.988	3.40
8-9	8.5	1971	61.213	3.29
9-10	9.5		60.081	3.04
10-11	10.5	1964	59.733	
11-12	11.5		59.241	2.79
12-13	12.5	1957	59.409	
13-14	13.5		59.536	2.57
14-15	14.5	1947	58.715	
15-16	15.5		57.161	2.18
16-17	16.5	1937	56.871	
17-18	17.5		56.498	1.98
18-19	18.5	1928	55.814	
19-20	19.5		55.740	1.85
20-22	21.0	1913	53.644	
22-24	23.0	1902	52.261	1.86

Vedlegg 1.09**Kjerne: BO2-1**

Kjerne- dyp (cm)	Gj.snitts- dyp (cm)	Alder	Vann- innhold (%)	TOC (%)	Sink (ppm)	Kobber (ppm)	Kadmium (ppm)
0-1	0.5	2005	71.263	3.57	236	128	1.16
1-2	1.5	2001	65.270	3.68	258	156	1.35
2-3	2.5	1994	58.438	3.33	259	143	1.37
3-4	3.5	1984	58.491	3.38	253	142	1.56
4-5	4.5	1972	59.925	3.57	280	157	1.79
5-6	5.5	1956	58.213	3.46	286	153	1.76
6-7	6.5	1934	57.328	3.19	273	133	1.74
7-8	7.5	1907	51.651	2.18	227	82	1.56
8-9	8.5		56.364	2.73	294	126	1.88
9-10	9.5		57.239	3.14	307	137	1.96
10-11	10.5		56.363				
11-12	11.5	(1800)	56.722	2.45	254	65	1.17
12-13	12.5		56.419				
13-14	13.5		55.327	2.12	216	40	0.98
14-15	14.5		55.199				
15-16	15.5	(1700)	54.973	1.98	208	37	0.98
16-17	16.5		54.433				
17-18	17.5		54.621	1.86	195	31	0.77
18-19	18.5		54.799				
19-20	19.5		53.778	1.74	190	30	0.79
20-22	21.0		53.078				
22-24	23.0		53.451				
24-25	24.5		53.298	1.54	164	25	0.80

Vedlegg 1.10**Kjerne: Im4x**

Kjerne- dyp (cm)	Gj.snitts- dyp (cm)	Alder	Vann- innhold (%)	TOC (%)	Sink (ppm)	Kobber (ppm)	Kadmium (ppm)
0-1	0.5	2009	78.448	2.23	195	35	0.79
1-2	1.5		73.977	2.35	196	38	0.79
2-3	2.5	2006	72.685	2.42	206	38	0.80
3-4	3.5		71.433	2.35	206	38	0.80
4-5	4.5	2004	69.294	2.38	208	38	0.80
5-6	5.5		67.958	2.35	210	38	0.80
6-7	6.5	2000	66.825	2.43	212	40	0.79
7-8	7.5		66.561	2.34	215	40	0.60
8-9	8.5	1997	66.115	2.42	217	39	0.80
9-10	9.5		65.445	2.39	218	40	0.80
10-11	10.5	1993	64.703				
11-12	11.5		63.064	2.53	228	43	0.80
12-13	12.5	1988	63.216				
13-14	13.5		62.412	2.60	233	45	0.76
14-15	14.5	1982	61.524				
15-16	15.5		61.124	2.70	250	50	0.80
16-17	16.5	1975	61.401				
17-18	17.5		60.938	2.74	250	48	0.80
18-19	18.5	1969	60.902				
19-20	19.5		60.854	2.63	251	49	0.80
20-22	21.0	1962	59.921		244	45	0.80
22-24	23.0	1954	58.669	2.44	227	39	0.80
24-26	25.0	1947	58.522		224	38	0.79
26-28	27.0		56.486	2.16	213	34	0.60
28-30	29.0	1933	53.938		186	32	0.59
30-32	31.0	1924	50.532	1.55	162	28	0.58
32-34	33.0	1915	50.775	1.62	164	28	0.60

Gamma Dating Center Copenhagen

Copenhagen, 20 November 2009

Thorbjørn J. Andersen
Department of Geography and geology
University of Copenhagen
Oester Voldgade 10
1350 Copenhagen K
e-mail tja@geo.ku.dk
phone +45 35 32 25 03
fax +45 35 32 25 01

Dating of core EP1

Dating of core EP1

Methods

The samples have been analysed for the activity of ^{210}Pb , ^{226}Ra and ^{137}Cs via gamma-spectrometry at the Gamma Dating Center, Institute of Geography, University of Copenhagen. The measurements were carried out on a Canberra low-background Ge-well-detector. ^{210}Pb was measured via its gamma-peak at 46,5 keV, ^{226}Ra via the granddaughter ^{214}Pb (peaks at 295 and 352 keV) and ^{137}Cs via its peak at 661 keV.

Results

A rather abrupt increase in density was observed from about 22 cm and downwards. This could indicate a major change in deposition-rate and/or a hiatus. The core showed surface contents of unsupported ^{210}Pb of about 26Bq kg^{-1} which decreased fairly monotonically downcore. The calculated flux of unsupported ^{210}Pb is $137\text{ Bq m}^{-2}\text{ y}^{-1}$. This is about twice the estimated local atmospheric supply (based on data shown in Appleby, 2001) and shows that the site is subject to some degree of sediment focusing.

^{137}Cs was measured in the upper part of the core and showed minor peaks around 7.5 and 19 cm depth.

CRS-modeling (Appleby, 2001) has been applied on the profile using a modified method where the activity below the level of the lowermost sample (19.5 cm) in the upper low-density part of the core is calculated on the basis of the regression line shown in plot in fig 2. The result is given in table 2 and fig 3 and 4.

Based on the ^{210}Pb -dating, the two peaks in ^{137}Cs -peak are dated to around 1989 and 1965 which is in good agreement with the expected Chernobyl and nuclear weapons testing origin (maxima in 1986 and 1963 respectively). The chronology is therefore considered to be reliable. Due to the marked change in density it is difficult to come up with a reliable chronology below 22 cm depth.

20 November 2009

Thorbjørn J Andersen

Reference:

Appleby, P.G. (2001): Chronostratigraphic techniques in recent sediments. In: Last, W.M & Smol, J.P. (eds) Tracking environmental change using lake sediments. Volume 1: Basin analysis, coring and chronological techniques. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands.

Table 1. Core EP1

Depth	Pb-210tot	error Pb-210 tot	Pb-210 supupp 210Pb	error pb-210 sup	Pb-210 un-sup	error pb-210 un-sup	Cs-137	error Cs-137
cm	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1
3.5	372	44	109	3	263	44	30	6
5.5	266	36	51	3	216	36	36	5
7.5	215	24	97	1	118	24	99	7
9.5	215	27	73	12	142	29	36	5
11.5	206	25	80	8	126	26	15	4
13.5	163	21	76	5	87	22	16	4
15.5	156	18	101	2	55	19	8	3
17.5	180	22	79	12	101	25	20	4
19.5	174	21	84	8	90	22	16	3
21.0	154	17	105	6	49	18	3	2
25.0	151	15	100	2	51	15	2	2
31.0	105	13	82	1	23	13	0	0
35.0	145	18	83	5	63	19	3	2
41.0	147	17	82	4	64	18	0	0
49.0	127	15	95	1	33	15	0	0
60.5	86	12	84	0	2	12	0	0

Table 2, Core EP1

Depth cm	Age y	error age y	Date y	acc rate (kg m-2 y-1)	error rate (kg m-2 y-1)
0.0			2009		
3.5	9	3	2000	0.45	0.08
5.5	15	3	1994	0.39	0.07
7.5	20	3	1989	0.47	0.10
9.5	25	3	1984	0.52	0.11
11.5	29	4	1980	0.44	0.10
13.5	33	4	1976	0.49	0.13
15.5	37	4	1972	0.65	0.22
17.5	41	4	1968	0.52	0.13
19.5	48	5	1961	0.36	0.10
21.0	53	5	1956	0.41	0.13
25.0	73	9	1936	0.39	0.11

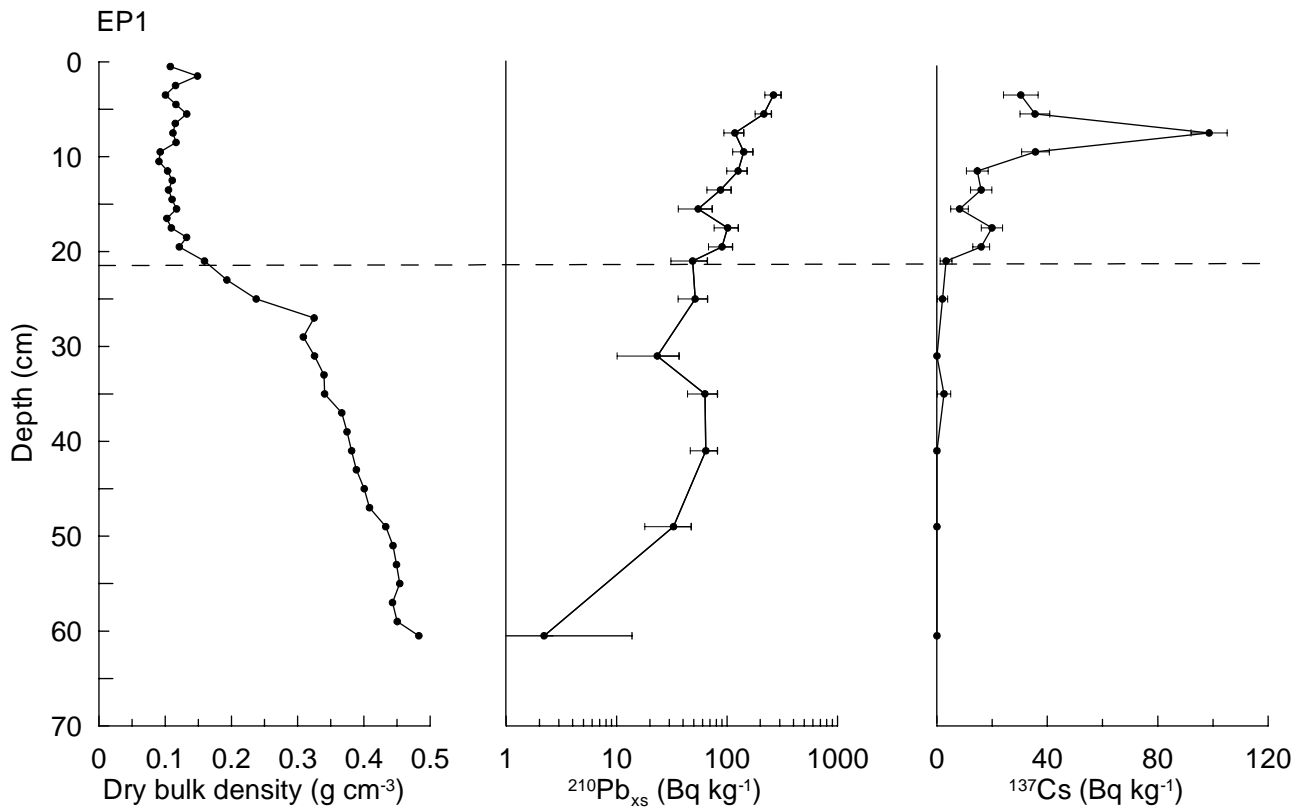


Fig 1

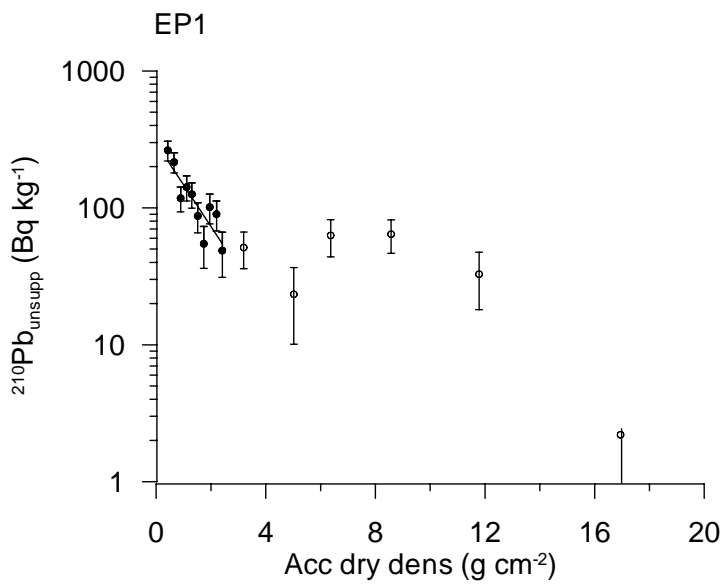


Fig 2

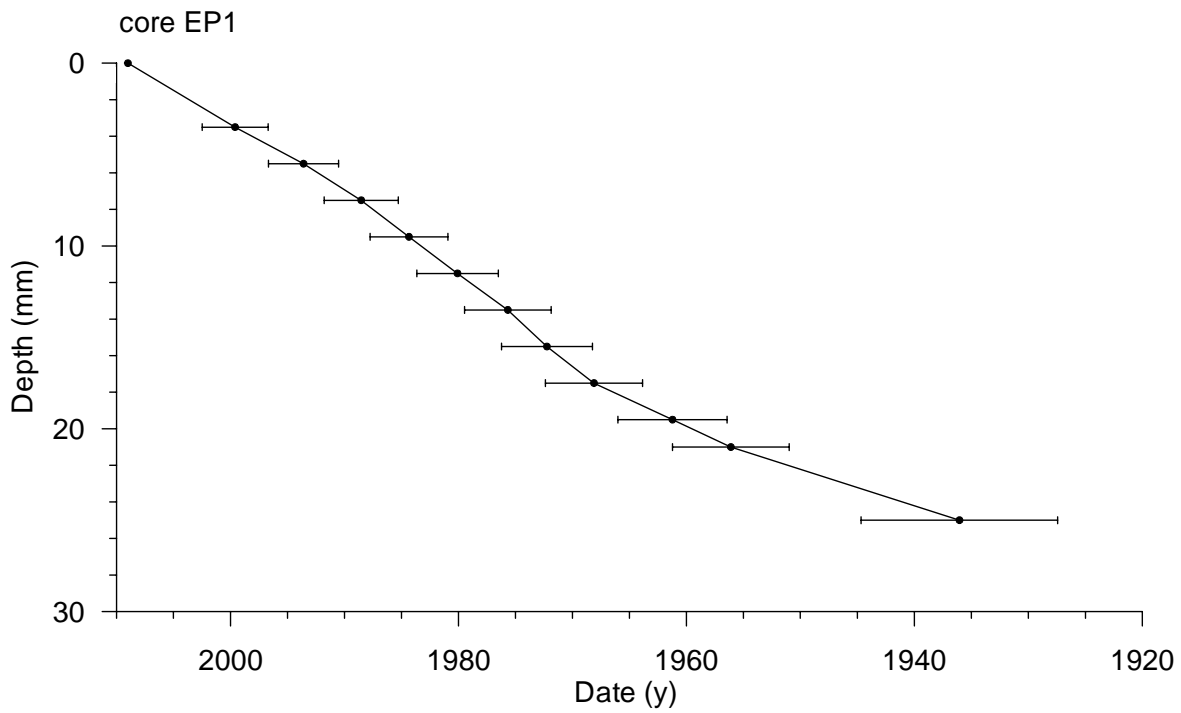


Fig 3

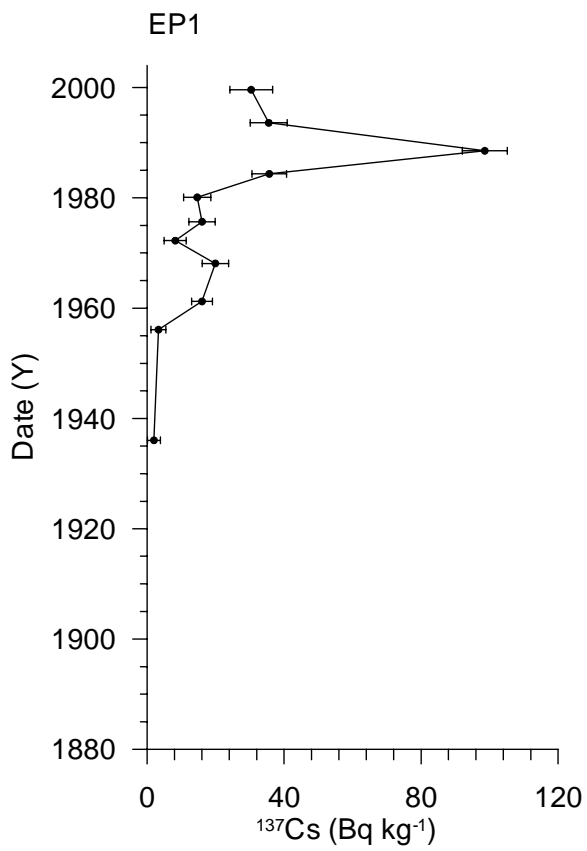


Figure 4

Gamma Dating Center Copenhagen

Copenhagen, 17 February 2010

Thorbjørn J. Andersen
Department of Geography and geology
University of Copenhagen
Oester Voldgade 10
1350 Copenhagen K
e-mail tja@geo.ku.dk
phone +45 35 32 25 03
fax +45 35 32 25 01

Revised Dating of core CP31

Revised Dating of core CP31

Methods

The samples have been analysed for the activity of ^{210}Pb , ^{226}Ra and ^{137}Cs via gamma-spectrometry at the Gamma Dating Center, Institute of Geography, University of Copenhagen. The measurements were carried out on a Canberra ultralow-background Ge-detector. ^{210}Pb was measured via its gamma-peak at 46,5 keV, ^{226}Ra via the granddaughter ^{214}Pb (peaks at 295 and 352 keV) and ^{137}Cs via its peak at 661 keV.

Results

The core showed surface contents of unsupported ^{210}Pb of about 160 Bq kg^{-1} but higher activities were found at a depth of around 4 cm. The calculated flux of unsupported ^{210}Pb is $95 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ which is similar to the estimated local atmospheric supply (based on data shown in Appleby, 2001).

^{137}Cs was measured in the upper part of the core and showed a peak around 4.5 cm

CRS-modeling (Appleby, 2001) has been applied on the profile using a modified method where the peak in ^{137}Cs has been set to 1986, the year for the Chernobyl.-accident. The activity in the bottom of the core has been calculated using two different assumptions, fig 2a and fig 2b. In 2a the activity below 19 cm is assumed to be caused by sediment mixing whereas in 2b the activities below 19 cm are assumed to be real, not caused by mixing. The results of the two models are given in table 2a and 2b and fig 3 and 4.

The plot in fig 5 which shows a scatter-plot of unsupported ^{210}Pb vs. ^{137}Cs indicates that mixing is likely to be responsible for a significant part of the profile. Therefore the assumption made in fig 2a is considered to be the most realistic and the chronology based on this assumption (table 2a) should be preferred unless other data indicates that 2b is the more realistic.

17 February 2010

Thorbjørn J Andersen

Reference:

Appleby, P.G. (2001): Chronostratigraphic techniques in recent sediments. In: Last, W.M & Smol, J.P. (eds) Tracking environmental change using lake sediments. Volume 1: Basin analysis, coring and chronological techniques. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands.

Table 1. Core CP31

Depth	Pb-210 _{tot}	error Pb-210 tot	Pb-210 _{sup}	error pb-210 sup	Pb-210 _{unsup}	error pb-210 _{unsup}	Cs-137	error Cs-137
cm	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹
0.5	215	19	47	39	168	59	0	0
1.5	213	18	50	27	163	44	28	4
2.5	239	17	37	1	202	18	38	3
3.5	296	21	40	2	256	23	60	3
4.5	282	20	39	1	243	21	72	3
5.5	200	15	37	3	163	18	43	3
6.5	134	10	34	1	100	11	27	2
7.5	105	9	31	5	74	14	22	3
8.5	105	9	36	1	69	10	18	2
9.5	115	10	33	1	83	11	13	2
10.5	69	6	40	5	29	11	11	2
11.5	77	7	33	8	44	15	9	2
12.5	50	5	35	1	15	6	9	2
15.5	68	6	39	2	29	9	4	2
18.5	53	5	40	2	13	8	3	2
21.0	66	6	37	1	29	7	5	2
25.0	64	6	42	2	22	8	3	2
29.0	72	6	47	3	25	9	0	0
31.0	73	7	46	9	27	16	0	0
35.0	44	4	46	2	1	7	3	2

Table 2a, Core CP31

Depth cm	Age y	error age y	Date y	acc rate (kg m ⁻² y ⁻¹)	error rate (kg m ⁻² y ⁻¹)
0			2009		
0.5	1	1	2008	0.5	0.2
1.5	2	1	2007	0.5	0.1
2.5	5	1	2004	0.4	0.0
3.5	12	1	1997	0.3	0.0
4.5	23	1	1986	0.2	0.0
5.5	29	3	1980	0.4	0.1
6.5	34	3	1975	0.5	0.1
7.5	38	3	1971	0.7	0.1
8.5	43	4	1966	0.7	0.1
9.5	50	4	1959	0.6	0.1
10.5	56	5	1953	0.6	0.3
11.5	60	6	1949	0.8	0.3
12.5	65	6	1944	0.9	0.4
15.5	79	10	1930	0.9	0.3
18.5	109	17	1900	0.5	0.3

Note: chronology is only indicative in the bottom of the core due to sediment mixing.

Table 2b, Core CP31

Depth cm	Age y	error age y	Date y	acc rate (kg m ⁻² y ⁻¹)	error rate (kg m ⁻² y ⁻¹)
0			2009		
0.5	1	1	2008	0.5	0.2
1.5	2	1	2007	0.5	0.1
2.5	5	1	2004	0.4	0.0
3.5	12	1	1997	0.3	0.0
4.5	23	1	1986	0.2	0.0
5.5	26	3	1983	0.7	0.1
6.5	29	3	1980	1.0	0.1
7.5	31	3	1978	1.4	0.3
8.5	33	3	1976	1.6	0.3
9.5	36	4	1973	1.4	0.2
10.5	39	4	1970	1.7	0.7
11.5	40	4	1969	2.5	0.9
12.5	41	4	1968	2.9	1.3
15.5	45	5	1964	3.7	1.2
18.5	49	5	1960	3.4	1.9
21.0	54	6	1955	3.0	0.8
25.0	65	8	1944	1.9	0.7
29.0	81	11	1928	1.4	0.7
31.0	94	13	1915	0.8	0.5
35.0	122	20	1887	0.8	0.5

Note: chronology is only indicative in the bottom of the core due to sediment mixing. Ages are minimum-ages.

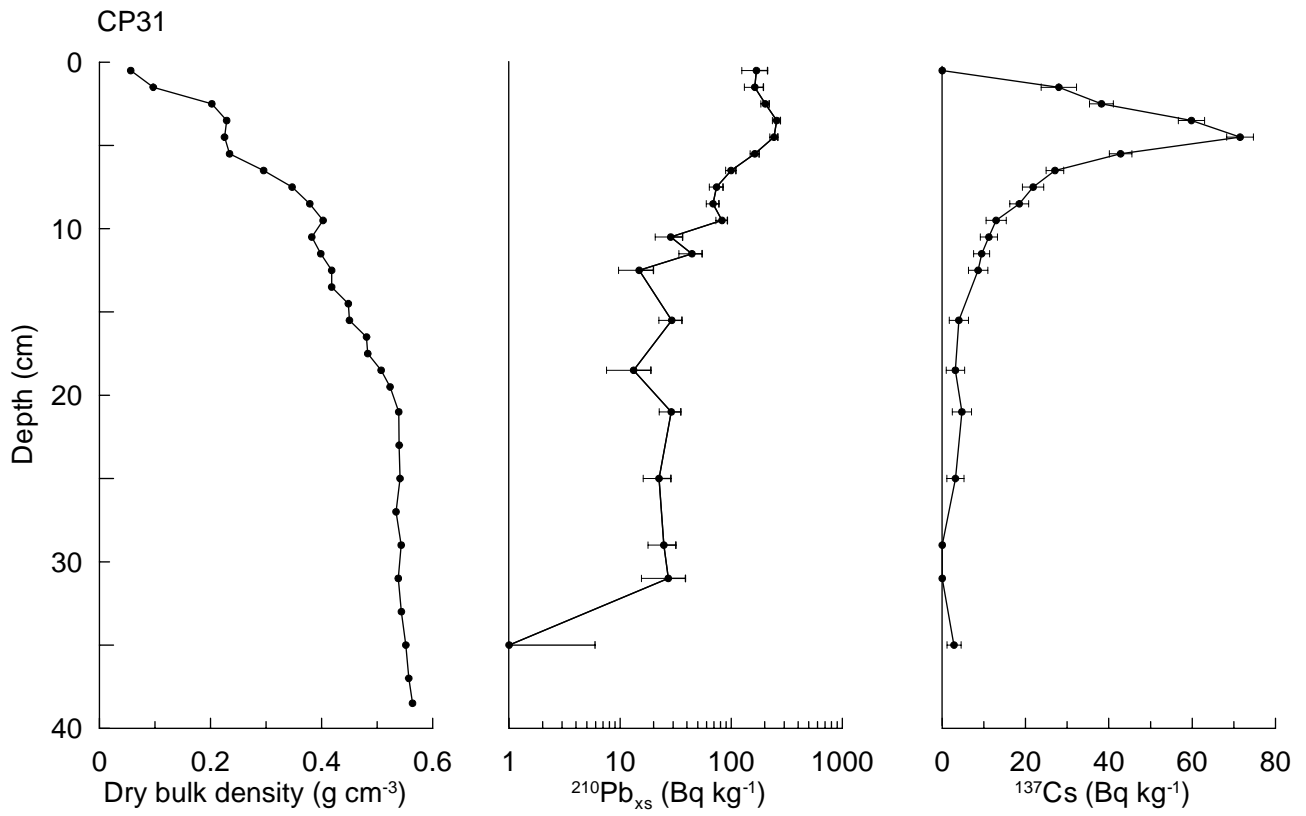


Fig 1

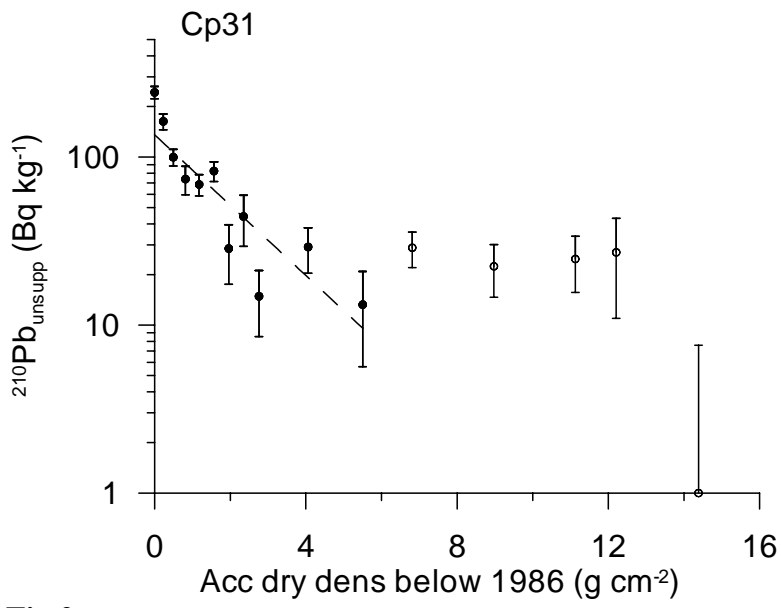


Fig 2a

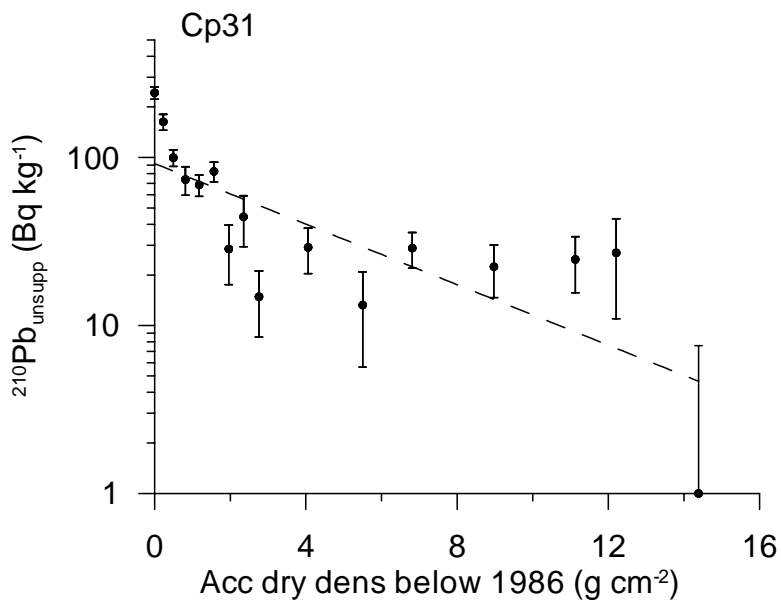


Fig 2b

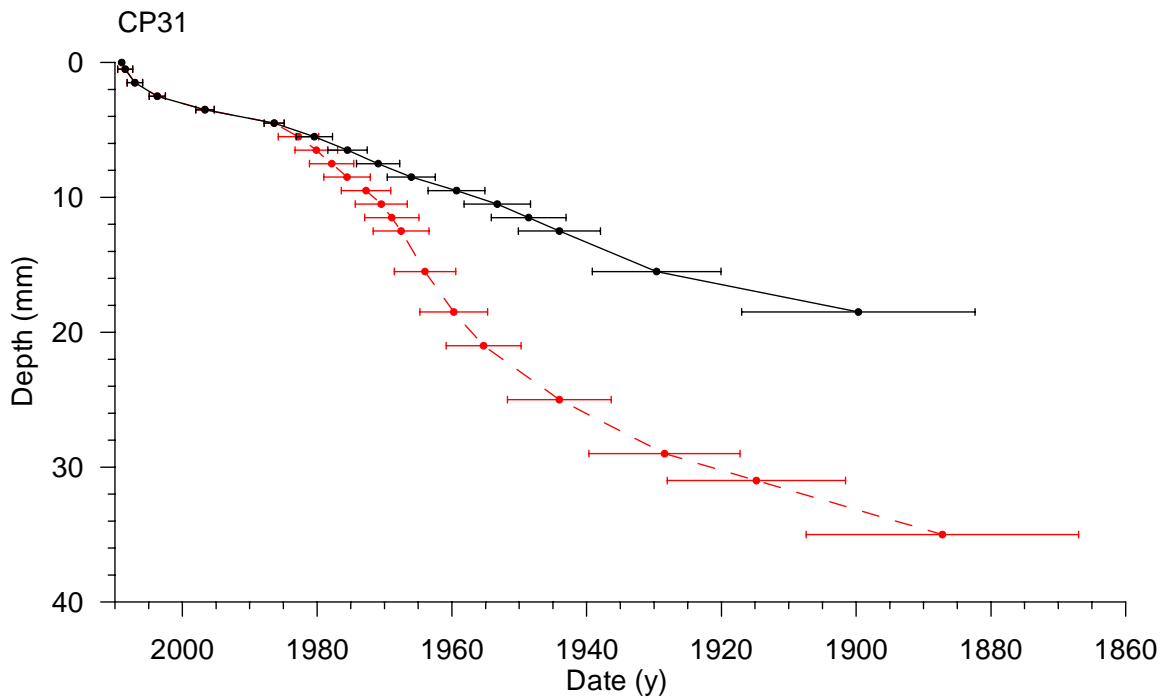


Fig 3. Black curve: estimated chronology. Red: alternative chronology

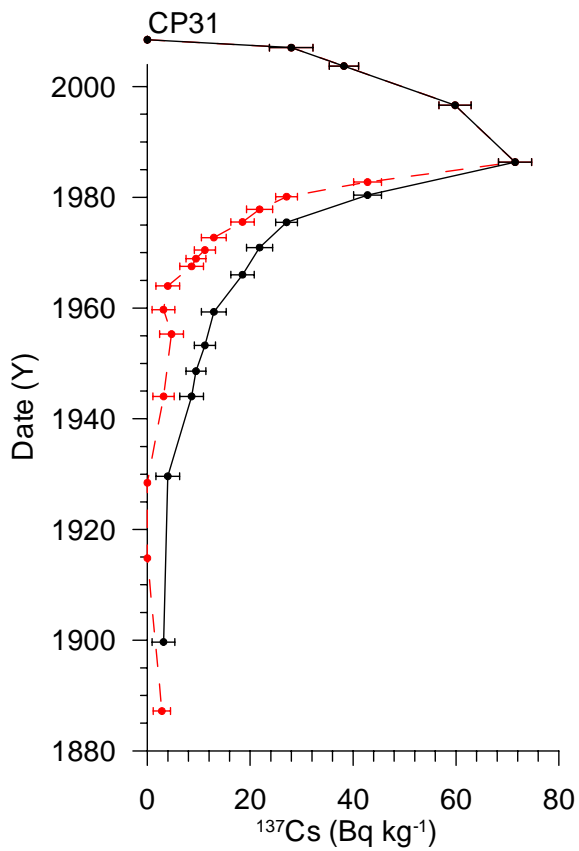
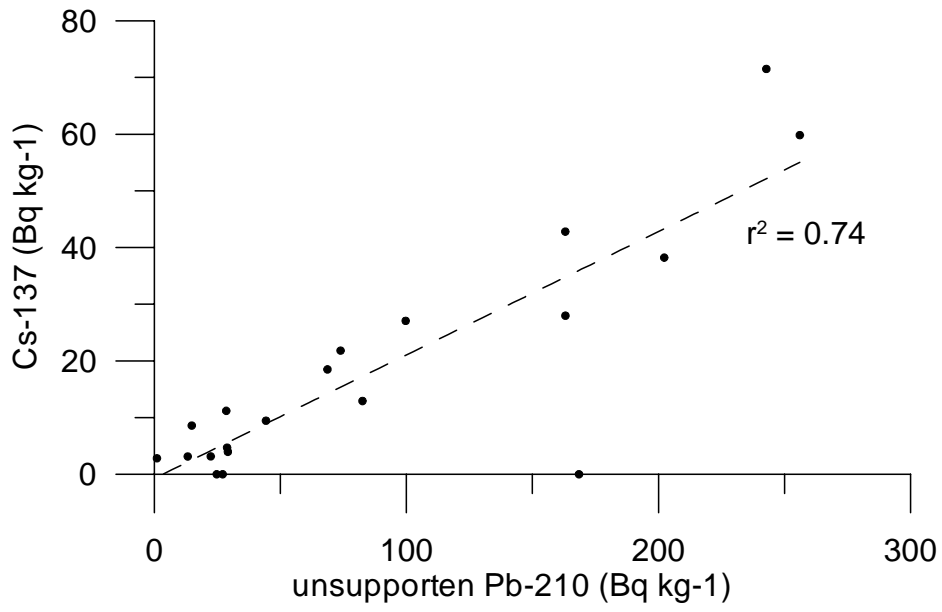


Figure 4 Black curve: estimated chronology. Red: alternative chronology



Figur 5

Gamma Dating Center Copenhagen

Copenhagen, 5 May 2010

Thorbjørn J. Andersen
Department of Geography and geology
University of Copenhagen
Oester Voldgade 10
1350 Copenhagen K
e-mail tja@geo.ku.dk
phone +45 35 32 25 03
fax +45 35 32 25 01

Dating of core AA4 = Bunn18x

Dating of core AA4, Bunn18x

Methods

The samples have been analysed for the activity of ^{210}Pb , ^{226}Ra and ^{137}Cs via gamma-spectrometry at the Gamma Dating Center, Department of Geography and Geology, University of Copenhagen. The measurements were carried out on a Canberra ultralow-background Ge-detector. ^{210}Pb was measured via its gamma-peak at 46,5 keV, ^{226}Ra via the granddaughter ^{214}Pb (peaks at 295 and 352 keV) and ^{137}Cs via its peak at 661 keV.

Results

A rather abrupt increase in density was observed from about 10 cm and downwards. This could indicate a major change in deposition-rate and/or a hiatus. The core showed surface contents of unsupported ^{210}Pb of about 240 Bq kg^{-1} which decreased non-monotonically with depth.

The calculated flux of unsupported ^{210}Pb is around $125 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$. This is about 50 % higher than the estimated local atmospheric supply (based on data shown in Appleby, 2001) and shows that the site is subject to some degree of sediment focusing.

^{137}Cs was measured in the upper part of the core and showed a distinct peak at a depth of 5.5 cm. This peak is without doubt related to the Chernobyl accident in 1986 and has been used as a chronostratigraphic marker in the following CRS-modelling. The CRS-modeling (Appleby, 2001) has been applied on the profile using a modified method where the activity below the level of the lowermost sample is calculated on the basis of the regression line shown in plot in fig 2. The level 5.5 cm has been set to 1986. The result is given in fig 3 and 4. Allowing for some degree of mixing the lower part of the ^{137}Cs profile agrees reasonably well with the known history of release of this isotope into nature and the chronology is therefore considered to be fairly accurate.

5 May, 2010

Thorbjørn J Andersen

Reference:

Appleby, P.G. (2001): Chronostratigraphic techniques in recent sediments. In: Last, W.M & Smol, J.P. (eds) Tracking environmental change using lake sediments. Volume 1: Basin analysis, coring and chronological techniques. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands.

Table 1. Core AA4

Depth	Pb-210 _{tot}	error Pb-210 tot	Pb-210 _{sup}	error pb-210 sup	Pb-210 _{unsup}	error pb-210 _{unsup}	Cs-137	error Cs-137
cm	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹
0.5	267	21	32	2	235	21	13	4
2.5	274	22	30	1	244	22	22	4
3.5	230	19	19	6	211	20	22	4
4.5	210	18	20	8	190	20	69	5
5.5	250	19	30	8	220	21	120	5
6.5	197	15	38	2	160	15	41	3
8.5	118	9	29	1	89	9	13	2
9.5	82	7	31	1	51	7	0	0
10.5	60	5	30	1	30	5	9	1
12.5	65	6	33	3	32	7	6	2
14.5	56	5	31	3	25	6	5	1
16.5	61	5	33	1	28	6	7	1
18.5	56	4	35	3	21	5	5	1
21.0	36	4	32	2	4	4	0	0
25.0	44	4	34	3	10	5	0	0
29.0	47	4	41	1	7	4	0	0
31.0	43	4	36	3	7	5	0	0
35.0	41	4	39	0	2	4	0	0

Table 2, Core AA4

Depth	Age	error age	Date	acc rate	error rate
cm	y	y	y	(kg m ⁻² y ⁻¹)	(kg m ⁻² y ⁻¹)
0			2009		
0.5	1	1	2008	0.43	0.04
2.5	9	2	2000	0.37	0.04
3.5	13	2	1996	0.32	0.03
4.5	17	2	1992	0.32	0.04
5.5	23	2	1986	0.27	0.03
6.5	27	3	1982	0.43	0.04
8.5	34	3	1975	0.55	0.08
9.5	37	3	1972	0.83	0.15
10.5	40	4	1969	1.32	0.27
12.5	45	4	1964	1.53	0.46
14.5	50	5	1959	1.42	2.99
16.5	57	6	1952	1.26	0.33
18.5	66	7	1943	1.06	0.36
21.0	74	9	1935	1.55	1.37
25.0	84	12	1925	2.07	1.14
29.0	101	17	1908	1.18	0.91
31.0	112	17	1897	0.92	0.66
35.0	139	34	1870	0.79	0.84

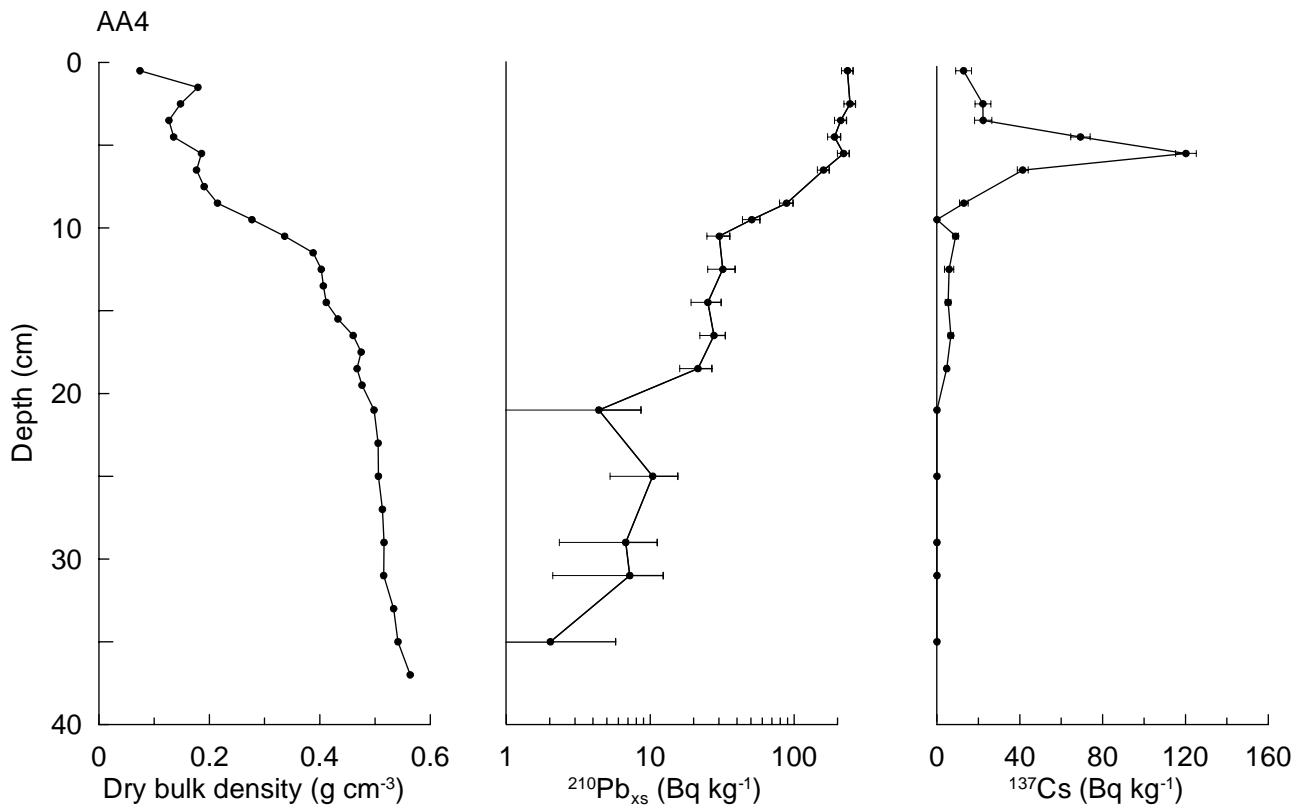


Fig 1

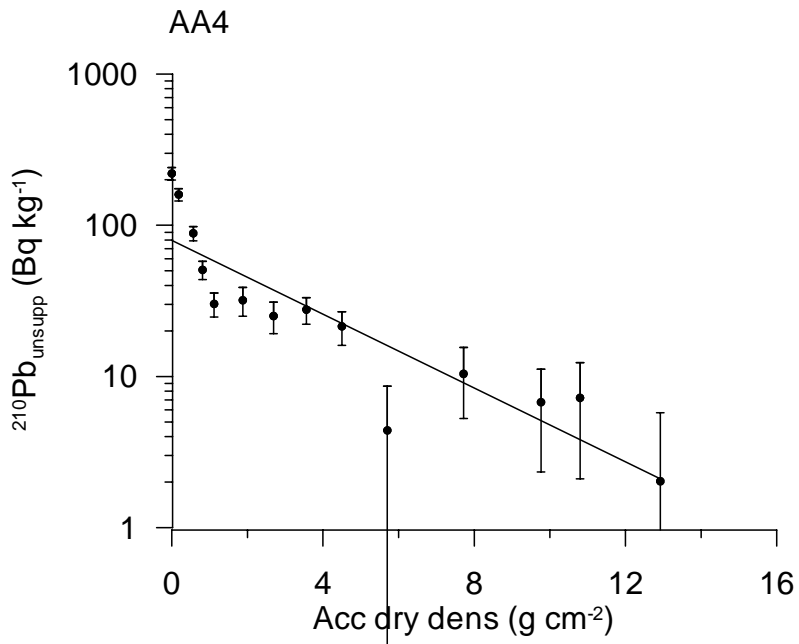


Fig 2

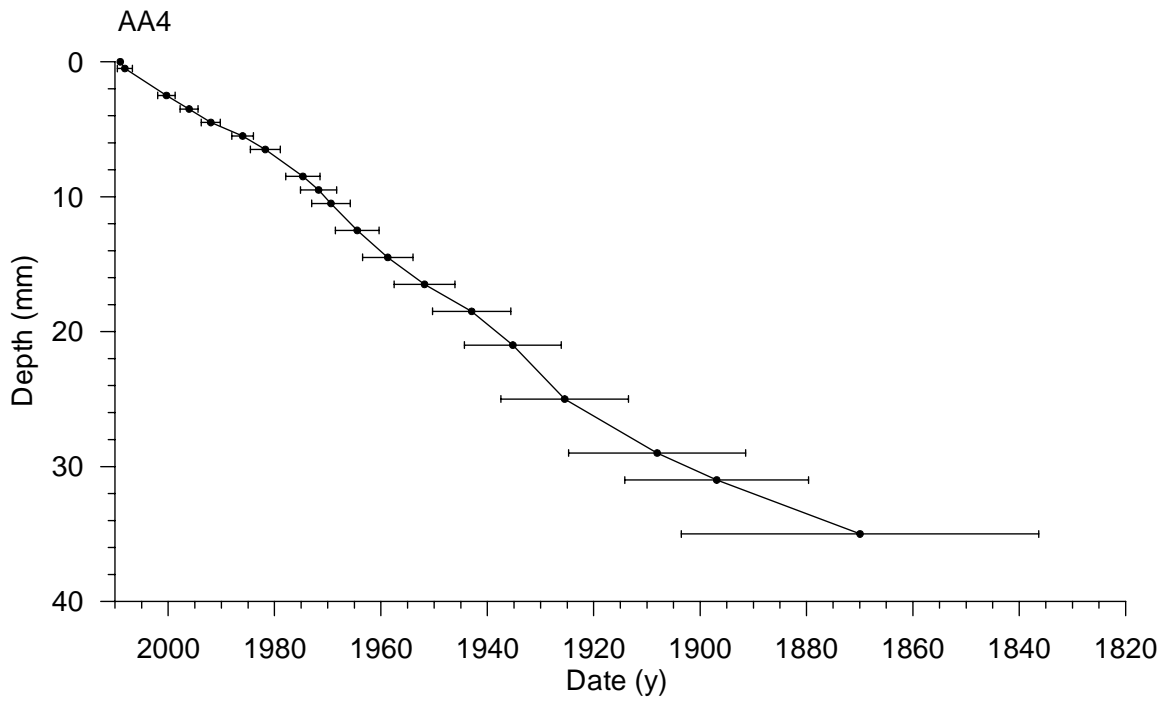


Fig 3

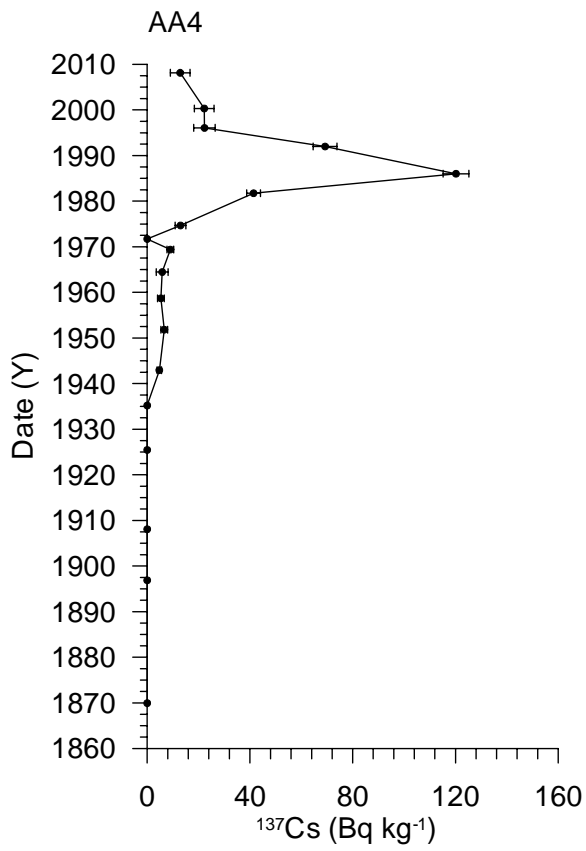


Fig 4

Gamma Dating Center Copenhagen

Vedlegg 2.4

Copenhagen, 23 November 2009

Thorbjørn J. Andersen
Department of Geography and geology
University of Copenhagen
Oester Voldgade 10
1350 Copenhagen K
e-mail tja@geo.ku.dk
phone +45 35 32 25 03
fax +45 35 32 25 01

Dating of core AG1 = FI1-1

Dating of core AG1

Methods

The samples have been analysed for the activity of ^{210}Pb , ^{226}Ra and ^{137}Cs via gamma-spectrometry at the Gamma Dating Center, Institute of Geography, University of Copenhagen. The measurements were carried out on a Canberra ultralow-background Ge-detector. ^{210}Pb was measured via its gamma-peak at 46,5 keV, ^{226}Ra via the granddaughter ^{214}Pb (peaks at 295 and 352 keV) and ^{137}Cs via its peak at 661 keV.

Results

The core showed surface contents of unsupported ^{210}Pb of about 150Bq kg^{-1} and only a very weak tendency for exponential decrease with depth. The activity changes rapidly in the interval 25 to 29 cm. The calculated flux of unsupported ^{210}Pb is very high, around $900\text{ Bq m}^{-2}\text{ y}^{-1}$. This is about ten times larger the estimated local atmospheric supply (based on data shown in Appleby, 2001) which show that the site could be subject to intense sediment focusing.

^{137}Cs was measured in the entire core with the highest level reached around 24 cm.

CRS-modeling (Appleby, 2001) has been applied on the profile using a modified method where the activity below 27 cm is calculated on the basis of the regression line shown in plot in fig 2. The result is given in table 2 and fig 3 and 4.

Based on the ^{210}Pb -dating, the peak in ^{137}Cs -peak is dated to around 1990 which clearly indicate that it is related to the Chernobyl-accident in 1986. Due to the abrupt change in activity of unsupported ^{210}Pb it is not possible to calculate a chronology below 27 cm but it is most likely that 29 cm is at least 100 years old.

23 November 2009

Thorbjørn J Andersen

Reference:

Appleby, P.G. (2001): Chronostratigraphic techniques in recent sediments. In: Last, W.M & Smol, J.P. (eds) Tracking environmental change using lake sediments. Volume 1: Basin analysis, coring and chronological techniques. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands.

Table 1. Core AG1

Depth	Pb-210 _{tot}	error Pb-210 tot	Pb-210 supupp 210Pb	error pb-210 sup	Pb-210 un-sup	error pb-210 un-sup	Cs-137	error Cs-137
cm	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹
0.5	191	16	43	2	148	16	21	2
1.5	184	14	35	3	150	15	20	2
2.5	173	16	42	3	131	16	19	2
4.5	194	20	42	3	152	20	15	3
5.5	196	16	44	1	152	16	23	2
8.5	237	19	43	0	194	19	22	3
10.5	155	10	36	2	119	11	22	2
15.5	184	16	41	3	143	16	25	3
17.5	157	14	46	4	111	15	25	2
19.5	138	14	41	3	96	14	29	3
23.0	152	14	46	2	106	14	31	3
25.0	151	9	40	2	110	9	30	2
27.0	94	11	35	3	59	12	24	2
29.0	49	7	47	1	2	7	4	2

Table 2, Core AG1

Depth	Age	error age	Date	acc rate	error rate
cm	y	y	y	(kg m ⁻² y ⁻¹)	(kg m ⁻² y ⁻¹)
0.0			2009		
0.5	0	1	2009	6.1	0.7
1.5	1	1	2008	6.0	0.6
2.5	1	1	2008	6.2	0.8
4.5	2	1	2007	6.0	0.8
5.5	3	1	2006	5.4	0.6
8.5	6	1	2003	4.5	0.5
10.5	7	1	2002	4.7	0.4
15.5	11	1	1998	5.1	0.6
17.5	13	1	1996	4.8	0.6
19.5	15	1	1994	5.6	0.8
23.0	18	1	1991	5.3	0.7
25.0	20	1	1989	4.6	0.4
27.0	22	1	1987	5.6	0.0

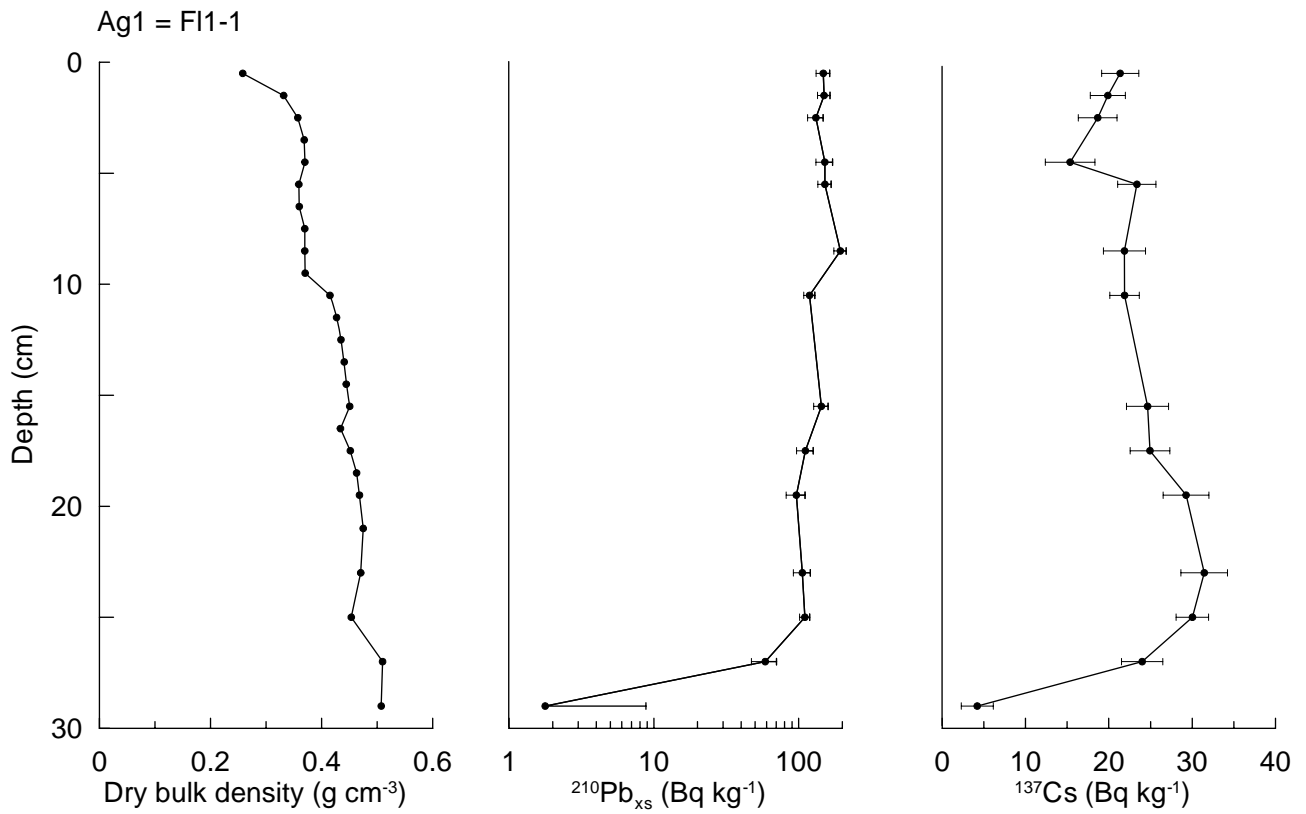


Fig 1

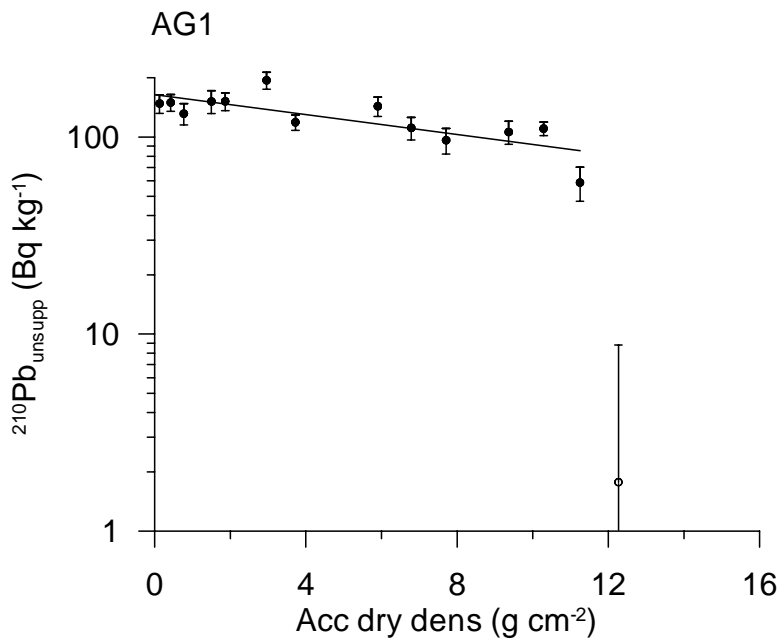


Fig 2

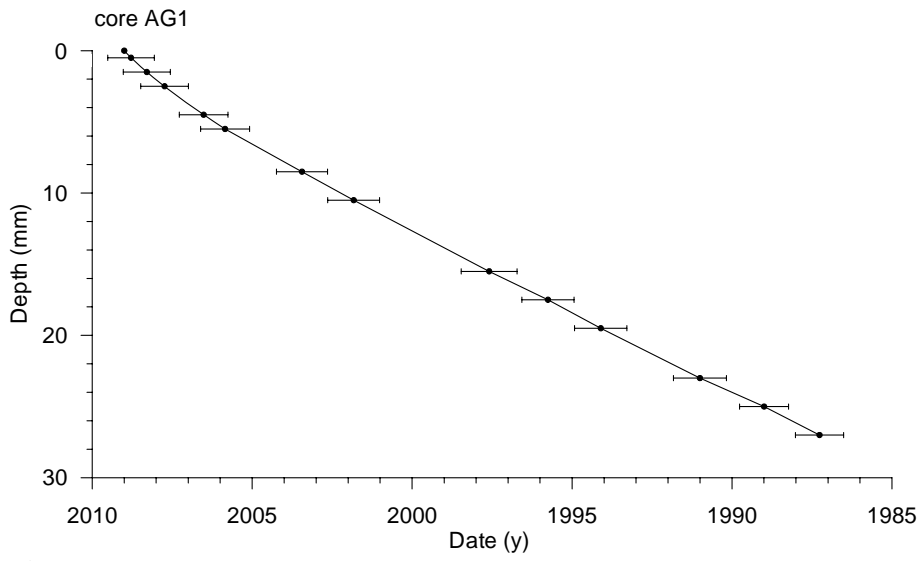


Fig 3

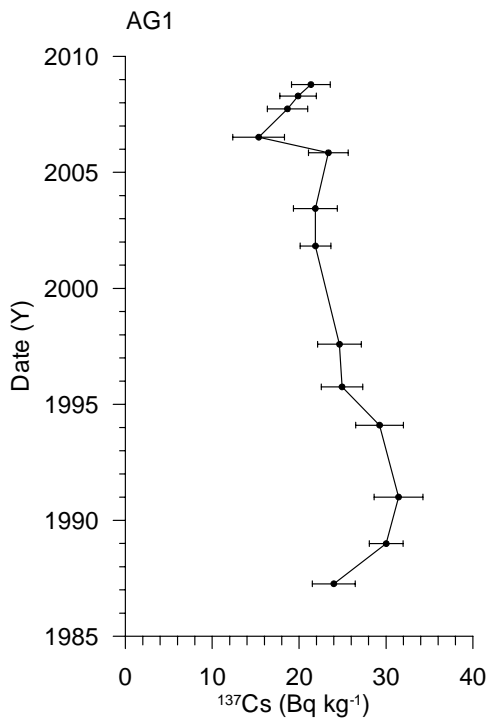


Figure 4

Gamma Dating Center Copenhagen

Copenhagen, 17 February 2010

Thorbjørn J. Andersen
Department of Geography and geology
University of Copenhagen
Oester Voldgade 10
1350 Copenhagen K
e-mail tja@geo.ku.dk
phone +45 35 32 25 03
fax +45 35 32 25 01

Revised dating of core CJ31

Revised dating of core CJ31

Methods

The samples have been analysed for the activity of ^{210}Pb , ^{226}Ra and ^{137}Cs via gamma-spectrometry at the Gamma Dating Center, Institute of Geography, University of Copenhagen. The measurements were carried out on a Canberra ultralow-background Ge-detector. ^{210}Pb was measured via its gamma-peak at 46,5 keV, ^{226}Ra via the granddaughter ^{214}Pb (peaks at 295 and 352 keV) and ^{137}Cs via its peak at 661 keV.

Results

The revision made in this report is based on the assumption that the layers 10.5, 16.5 and 21.0 cm are affected by deposition of material anomalously low in unsupported ^{210}Pb . The better match of the ^{137}Cs -peak to 1986 indicates that this revised chronology is more reliable.

The core showed surface contents of unsupported ^{210}Pb of about 150Bq kg^{-1} and a tendency for exponential decrease with depth. The calculated flux of unsupported ^{210}Pb is only $46\text{ Bq m}^{-2}\text{ y}^{-1}$. This is about half the estimated local atmospheric supply (based on data shown in Appleby, 2001) which shows that the site could be subject to occasional erosion.

^{137}Cs was measured in the upper part of the core and showed a minor peak around 6.5 cm

CRS-modeling (Appleby, 2001) has been applied on the profile using a modified method where the activity below 23 cm is calculated on the basis of the regression line shown in plot in fig 2. The result is given in table 2 and fig 3 and 4.

Based on the ^{210}Pb -dating, the peak in ^{137}Cs -peak is dated to 1981 which is in reasonable agreement with the expected date 1986 (Chernobyl accident) The slight displacement may be explained as caused by mixing of the two expected peaks from 1963 and 1986 (Nuclear weapons testing in the atmosphere and Chernobyl-accident respectively). Cs-137 is also found at depths dated to well before the initial release into nature in the mid 1950's. This indicates that the site is subject to some sediment mixing and the ages given in table 2 are therefore minimum ages.

17 February 2010

Thorbjørn J Andersen

Reference:

Appleby, P.G. (2001): Chronostratigraphic techniques in recent sediments. In: Last, W.M & Smol, J.P. (eds) Tracking environmental change using lake sediments. Volume 1: Basin analysis, coring and chronological techniques. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands.

Table 1. Core CJ31

Depth	Pb-210tot	error Pb-210 tot	Pb-210 supupp 210Pb	error pb-210 sup	Pb-210 un-sup	error pb-210 un-sup	Cs-137	error Cs-137
cm	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1
0.5	143	13	25	2	128	13	16	3
1.5	180	22	35	7	155	23	28	2
2.5	142	14	24	0	127	14	27	3
4.5	107	10	24	2	94	11	31	2
5.5	144	18	51	7	103	20	30	3
6.5	115	11	23	0	102	11	39	3
7.5	102	14	36	6	76	15	34	3
8.5	63	9	20	3	53	9	21	3
10.5	31	6	25	4	40	7	11	2
12.5	55	8	27	1	38	8	10	3
14.5	47	7	21	3	36	8	11	2
16.5	24	5	24	0	17	5	7	2
18.5	31	6	24	8	16	10	7	2
21.0	15	5	29	3	8	6	5	2
23.0	20	5	26	3	4	6	3	2

NB: values in red are estimated values assuming that the measured value is affected by some sort of redeposition of material with low activity of unsupported ^{210}Pb

Table 2, Core CJ31

Depth	Age	error age	Date	acc rate	error rate
cm	y	y	y	(kg m-2 y-1)	(kg m-2 y-1)
0.0			2009		
0.5	1	2	2008	0.38	0.04
1.5	5	2	2004	0.32	0.05
2.5	10	2	1999	0.28	0.03
4.5	18	2	1991	0.29	0.04
5.5	22	2	1987	0.27	0.05
6.5	28	3	1981	0.22	0.03
7.5	33	3	1976	0.21	0.05
8.5	38	3	1971	0.25	0.05
10.5	45	4	1964	0.28	0.05
12.5	52	5	1957	0.27	0.06
14.5	62	6	1947	0.23	0.06
16.5	72	7	1937	0.22	0.07
18.5	81	9	1928	0.25	0.14
21.0	96	11	1913	0.24	0.14
23.0	107	12	1902	0.30	0.11

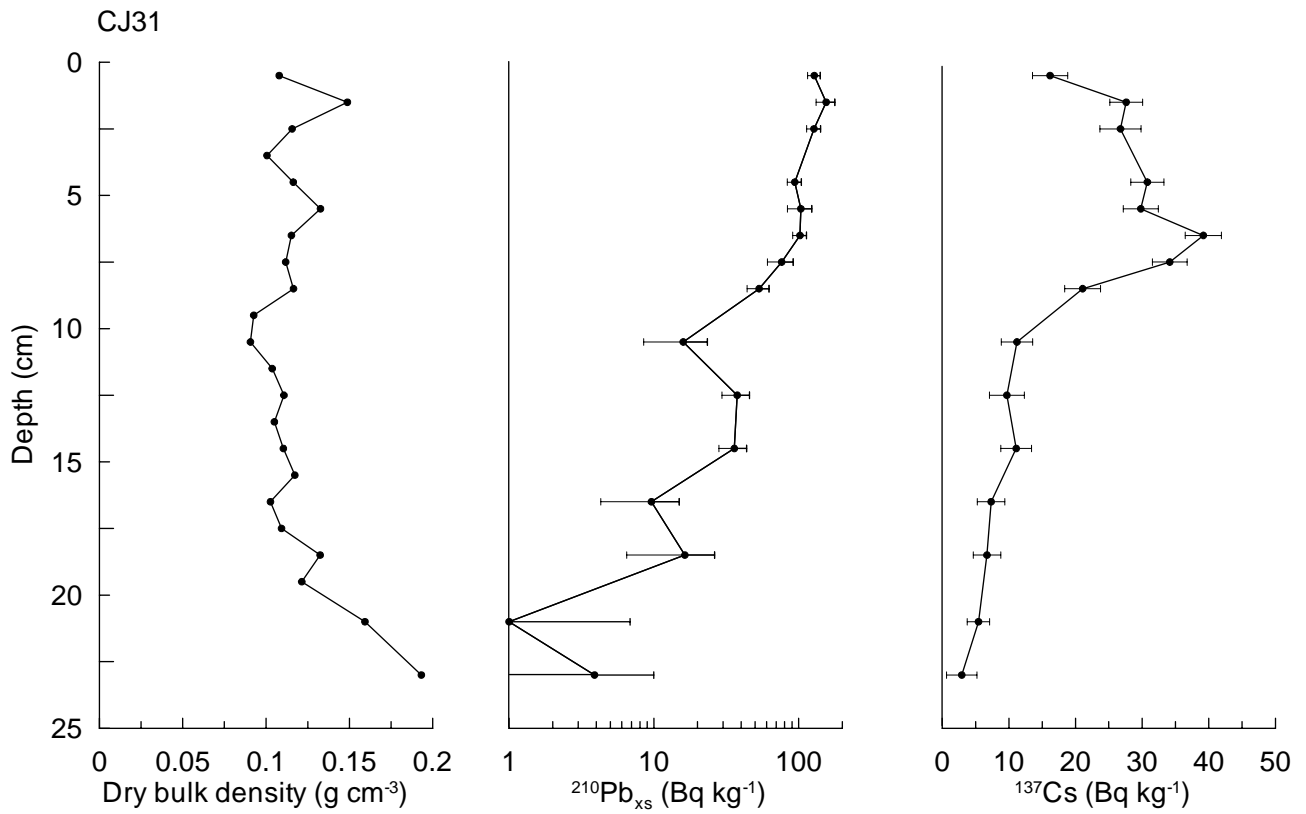


Fig 1

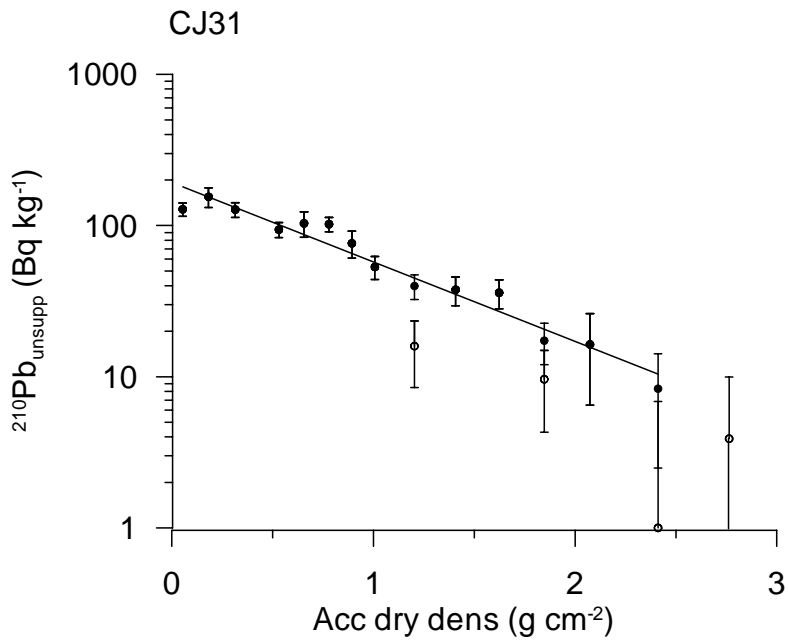


Fig 2

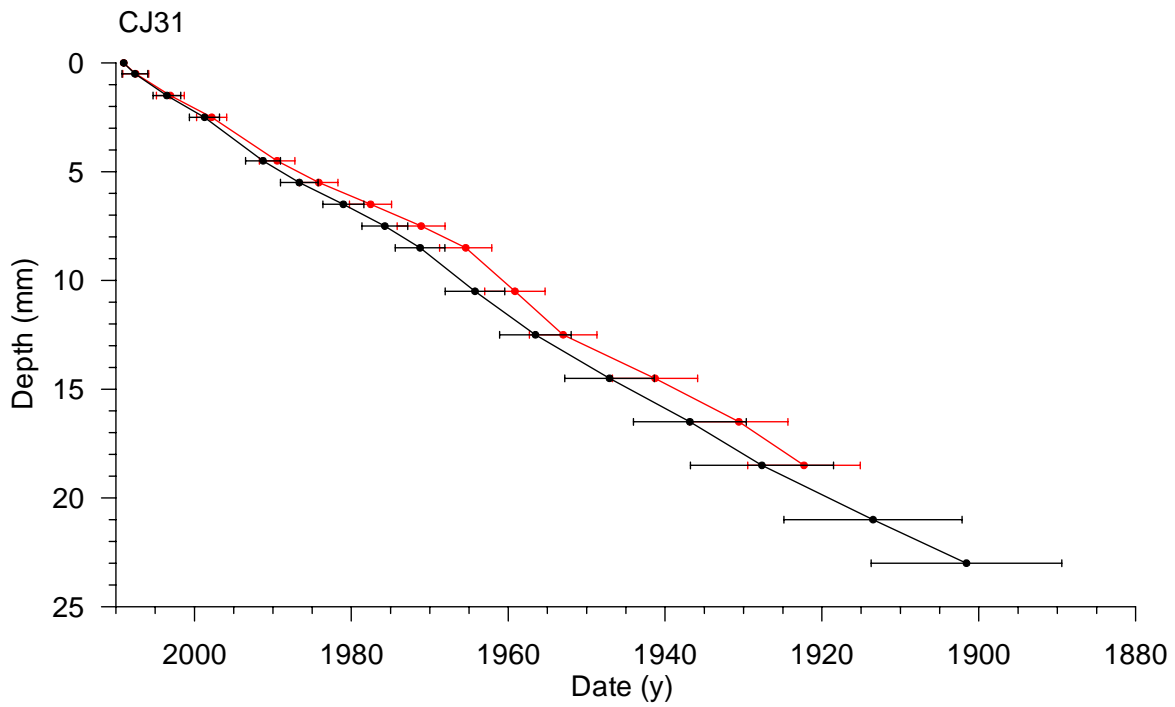


Fig 3 Red: original chronology, Black: revised chronology

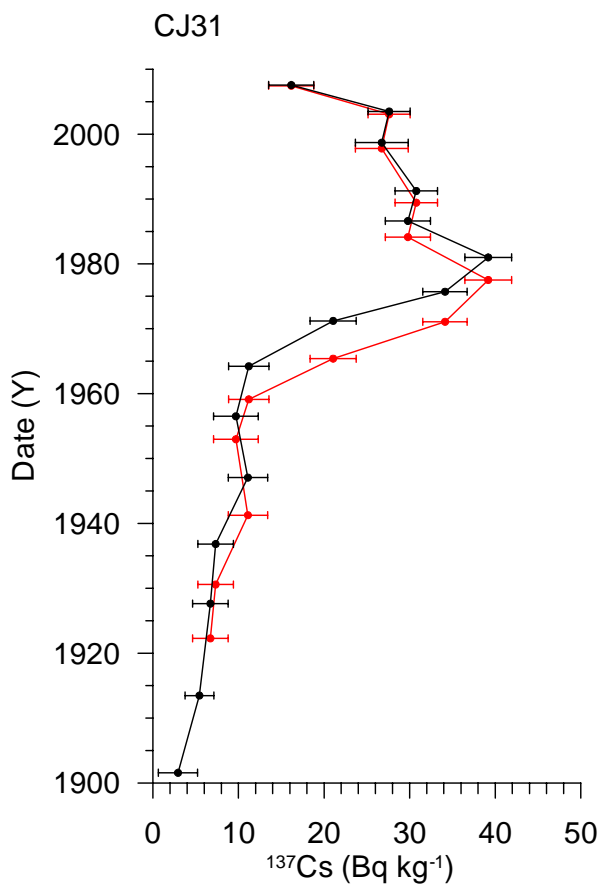


Figure 4 Red: original chronology, Black: revised chronology

Gamma Dating Center Copenhagen

Copenhagen, 27 August 2009

**Thorbjørn J. Andersen
Institute of Geography
University of Copenhagen
Oester Voldgade 10
1350 Copenhagen K
e-mail tja@geogr.ku.dk
phone +45 35 32 25 03
fax +45 35 32 25 01**

Dating of core AA2 = Bo21

Dating of core AA2 = Bo21

Methods

The samples have been analysed for the activity of ^{210}Pb , ^{226}Ra and ^{137}Cs via gamma-spectrometry at the Gamma Dating Center, Institute of Geography, University of Copenhagen. The measurements were carried out on a Canberra low-background Germanium detector. ^{210}Pb was measured via its gamma-peak at 46,5 keV, ^{226}Ra via the granddaughter ^{214}Pb (peaks at 295 and 352 keV) and ^{137}Cs via its peak at 661 keV.

Results

The core showed surface contents of unsupported ^{210}Pb of about 100 Bq kg^{-1} and the activity decreased exponentially with depth. The first levels with absence of unsupported ^{210}Pb were found at a depth of 8.5 cm. The calculated flux of unsupported ^{210}Pb is $104 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ which is about the same as the estimated local atmospheric supply (based on data shown in Appleby, 2001).

Significant contents of ^{137}Cs were measured to a depth of about 17 cm.

CRS-modeling (Appleby, 2001) has been applied on the profile using a modified method where the activity below 7.5 cm is calculated on the basis of the regression line shown in the plot in fig 2. The result is presented in table 2 and fig 3 and 4.

Based on this chronology, high contents of ^{137}Cs were found in samples from about 1960 and onwards and no peak around 1986 (Chernobyl accident) was observed. It is possible that this really reflects the history at the site but it is not very likely. It is also somewhat worrying that the profiles of unsupported ^{210}Pb and ^{137}Cs looks very alike. This indicates that the profiles could be dominated by mixing rather than deposition. Because of this the chronology can only be regarded as indicative and the true ages may be older.

Copenhagen, 27 August 2009

Thorbjørn J Andersen

Gamma Dating Center,
Department of Geography and Geology,
University of Copenhagen,
e-mail: tja@geo.ku.dk
Phone: +45 26393503

Reference:

Appleby, P.G. (2001): Chronostratigraphic techniques in recent sediments. In: Last, W.M & Smol, J.P. (eds) Tracking environmental change using lake sediments. Volume 1: Basin analysis, coring and chronological techniques. Kluwer Academic Publishers: 171-203.

Table 1. Core AA2

Depth	Pb-210 tot	error Pb- 210 tot	Pb-210 supp	error pb- 210 supp	Pb-210 unsupp	error pb- 210 unsupp	Cs-137	error Cs- 137
cm	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1
0.50	137	13	31	7	106	15	29	3
1.50	149	12	39	6	110	14	28	2
2.50	139	12	31	3	108	13	27	2
3.50	159	13	33	2	125	13	27	2
4.50	110	10	32	1	77	10	28	2
5.50	122	11	35	7	87	13	31	3
6.50	78	8	36	2	42	8	17	2
7.50	48	6	28	5	20	8	11	2
8.50	44	5	45	5	1	7	12	2
9.50	42	5	41	0	1	5	7	2
10.50	54	6	45	5	9	8	7	2
11.50	39	4	40	3	1	5	5	2
16.50	35	4	40	4	1	6	4	2
24.50	46	5	49	4	1	7	0	0

Table 2, Chronology of core AA2

Depth	Age	error age	Date	acc rate	error rate
cm	y	y	y	(kg m-2 y-1)	(kg m-2 y-1)
0.00			2009		
0.50	2	2	2005	0.95	0.13
1.50	6	2	2001	0.85	0.11
2.50	13	2	1994	0.71	0.09
3.50	23	3	1984	0.51	0.06
4.50	35	3	1972	0.42	0.06
5.50	51	5	1956	0.33	0.06
6.50	73	6	1934	0.24	0.06
7.50	100	10	1907	0.23	0.07

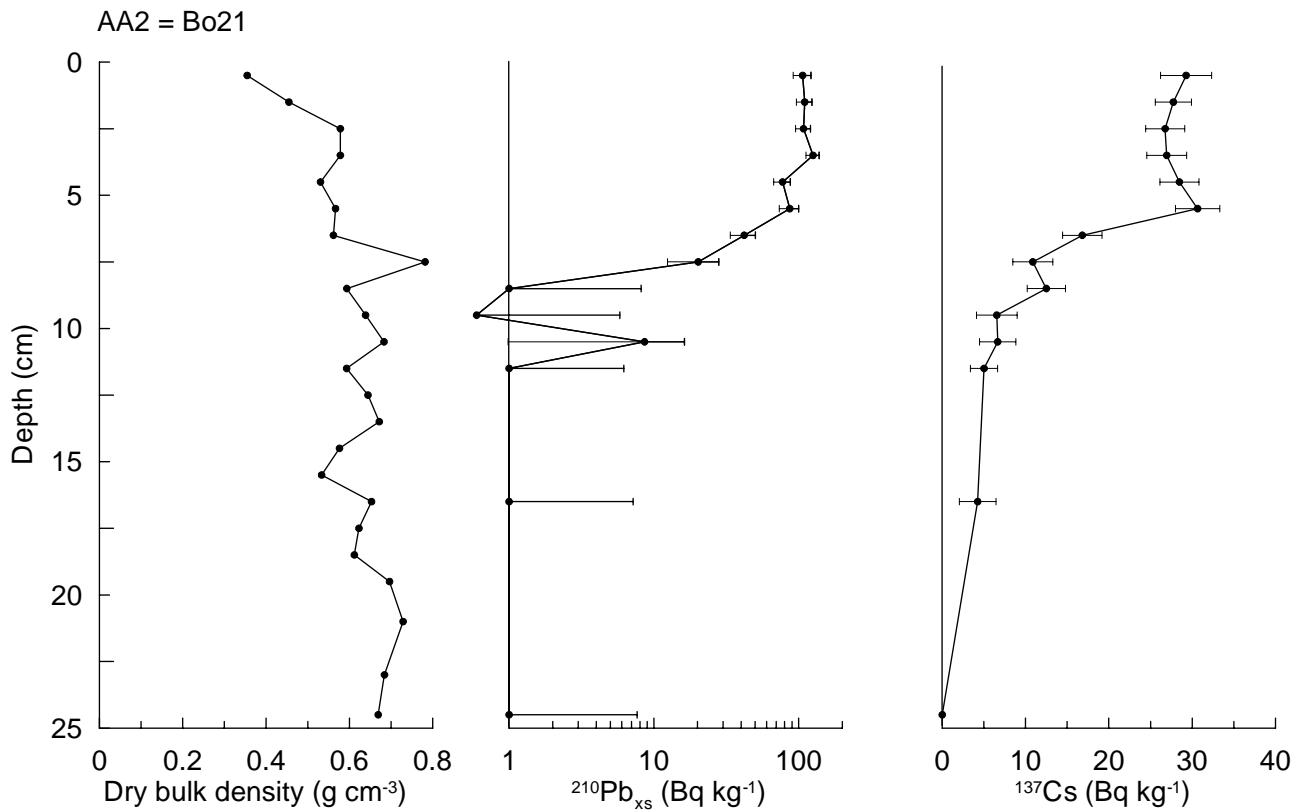


Fig 1

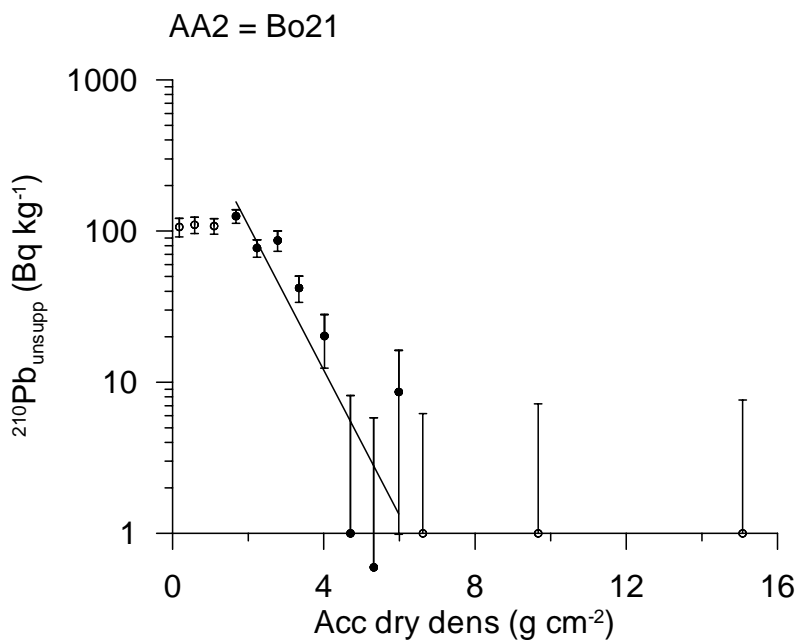


Fig 2

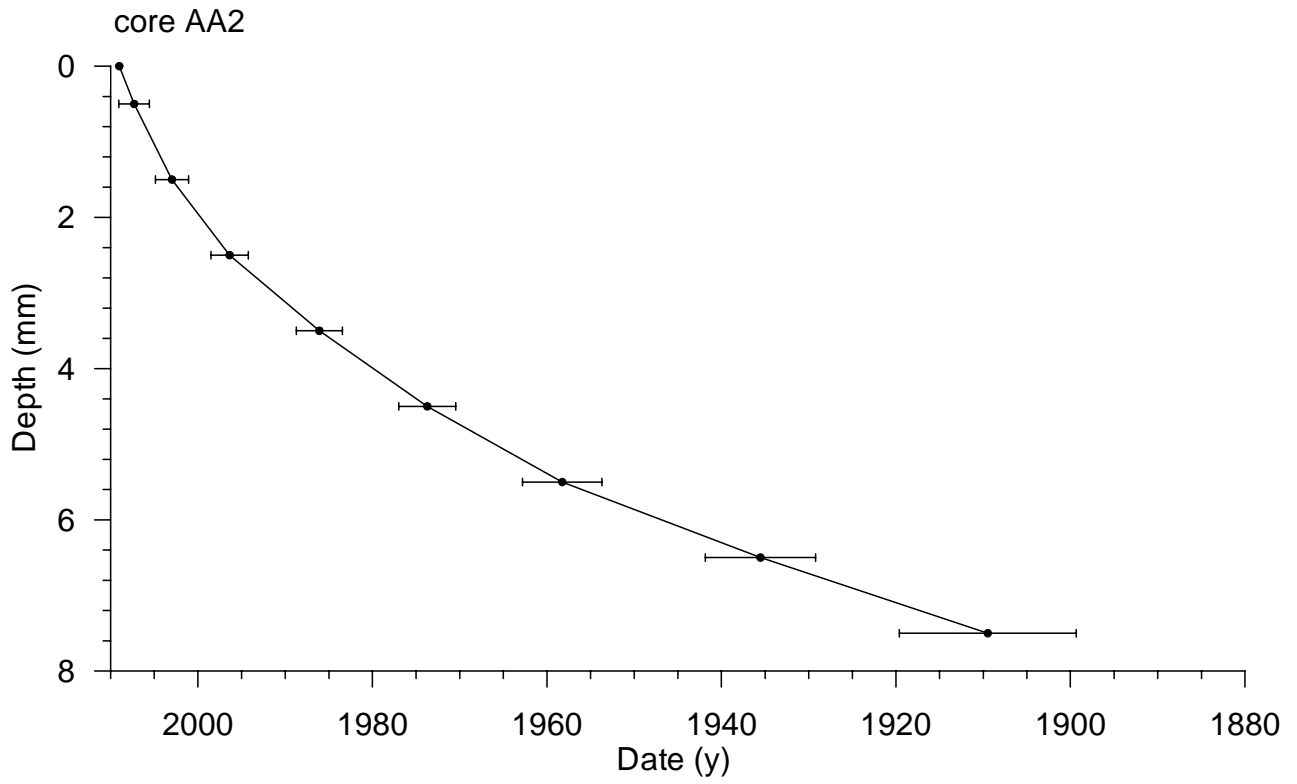


Fig 3

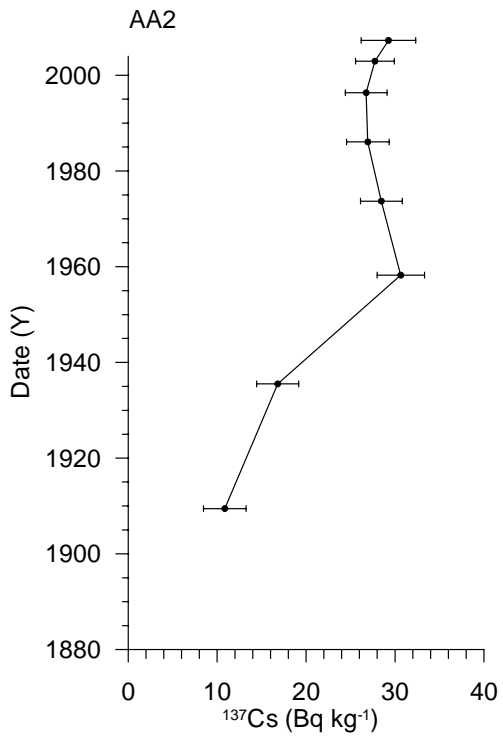


Fig 4

Gamma Dating Center Copenhagen

Copenhagen, 30 August 2009

Thorbjørn J. Andersen
Department of Geography and Geology
University of Copenhagen
Oester Voldgade 10
1350 Copenhagen K
e-mail tja@geo.ku.dk
phone +45 35 32 25 03
fax +45 35 32 25 01

Dating of core AG3 = 1M4X

Dating of core AG3 = 1M4X

Methods

The samples have been analysed for the activity of ^{210}Pb , ^{226}Ra and ^{137}Cs via gamma-spectrometry at the Gamma Dating Center, Institute of Geography, University of Copenhagen. The measurements were carried out on a Canberra low-background Germanium detector. ^{210}Pb was measured via its gamma-peak at 46,5 keV, ^{226}Ra via the granddaughter ^{214}Pb (peaks at 295 and 352 keV) and ^{137}Cs via its peak at 661 keV.

Results

The core showed surface contents of unsupported ^{210}Pb of about 170 Bq kg^{-1} and the activity generally decreased exponentially with depth although little variation was observed in the 7 cm. This indicates that site may be subject to shallow mixing/bioturbation. The calculated flux of unsupported ^{210}Pb is $385 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ which is about four times higher than the estimated local atmospheric supply (based on data shown in Appleby, 2001). This shows that the site is subject to sediment focusing.

Significant contents of ^{137}Cs were measured to a depth of about 25 cm and a broad peak was situated at about 15 cm depth..

CRS-modeling (Appleby, 2001) has been applied on the profile using a modified method where the activity below the lowermost sample is calculated on the basis of the regression line shown in the plot in fig 2. The result is presented in table 2 and fig 3 and 4.

Based on this chronology, the peak activities of ^{137}Cs were dated to around early 1980's. This points to a Chernobyl-origin (1986) of this material and the small age-discrepancy is probably related to the slight mixing/bioturbation observed in the profile of unsupported ^{210}Pb . However, the chronology is generally confirmed by the ^{137}Cs -data (fig 4) and is therefore considered to be reasonably accurate.

Copenhagen, 30 August 2009

Thorbjørn J Andersen

Gamma Dating Center,
Department of Geography and Geology,
University of Copenhagen,
e-mail: tja@geo.ku.dk
Phone: +45 26393503

Reference:

Appleby, P.G. (2001): Chronostratigraphic techniques in recent sediments. In: Last, W.M & Smol, J.P. (eds) Tracking environmental change using lake sediments. Volume 1: Basin analysis, coring and chronological techniques. Kluwer Academic Publishers: 171-203.

Table 1. Core AG3

Depth	Pb-210 _{tot}	error Pb-210 tot	Pb-210 supupp 210Pb	error pb-210 sup	Pb-210 un-sup	error pb-210 un-sup	Cs-137	error Cs-137
cm	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹
0.5	195	25	29	6	166	26	12	4
2.5	165	16	34	1	131	16	18	2
4.5	164	19	33	5	132	19	18	3
6.5	182	18	36	2	146	18	21	2
8.5	153	7	35	2	118	7	25	2
10.5	162	20	33	4	129	21	29	3
12.5	146	15	33	4	113	15	40	3
14.5	153	18	36	3	117	18	41	3
16.5	131	15	34	0	97	15	38	3
18.5	69	10	24	6	45	12	18	2
21.0	101	14	33	4	68	14	21	3
23.0	93	13	35	1	59	13	12	2
25.0	65	10	33	4	32	11	5	2
29.0	55	9	33	2	22	9	2	2
31.0	56	7	34	4	23	8	2	1
33.0	37	7	28	8	10	10	3	2

Table 2, Chronology of core AG3

Depth	Age	error age	Date	acc rate	error rate
cm	y	y	y	(kg m ⁻² y ⁻¹)	(kg m ⁻² y ⁻¹)
0.00			2009		
0.50	0	2	2009	2.3	0.4
2.50	3	2	2006	2.5	0.3
4.50	5	2	2004	2.6	0.4
6.50	9	2	2000	2.2	0.3
8.50	12	2	1997	2.1	0.2
10.50	16	2	1993	2.0	0.3
12.50	21	2	1988	1.8	0.3
14.50	27	3	1982	1.6	0.3
16.50	34	3	1975	1.4	0.2
18.50	40	3	1969	1.7	0.4
21.00	47	4	1962	1.8	0.4
23.00	55	4	1954	1.3	0.3
25.00	62	5	1947	1.4	0.5
29.00	76	7	1933	1.7	0.7
31.00	85	7	1924	1.4	0.5
33.00	94	7	1915	1.5	0.3

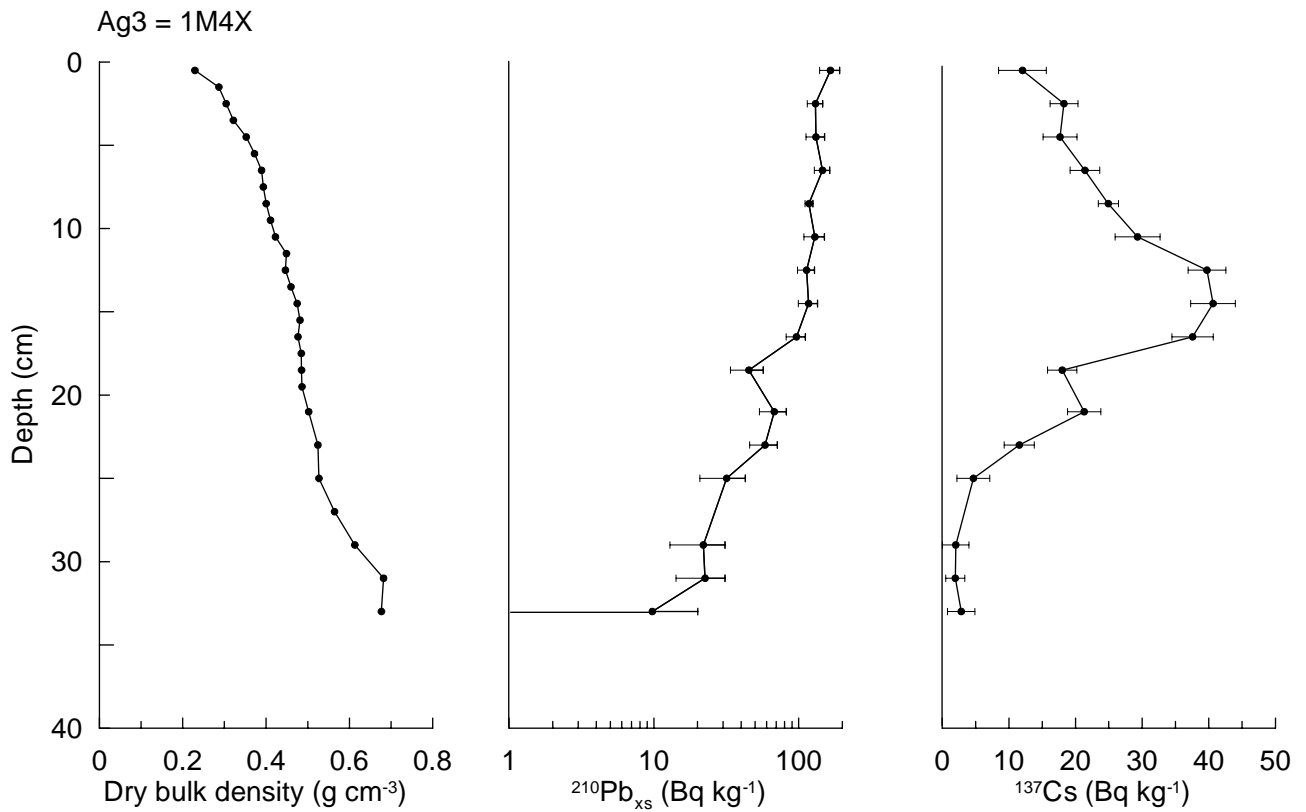


Fig 1

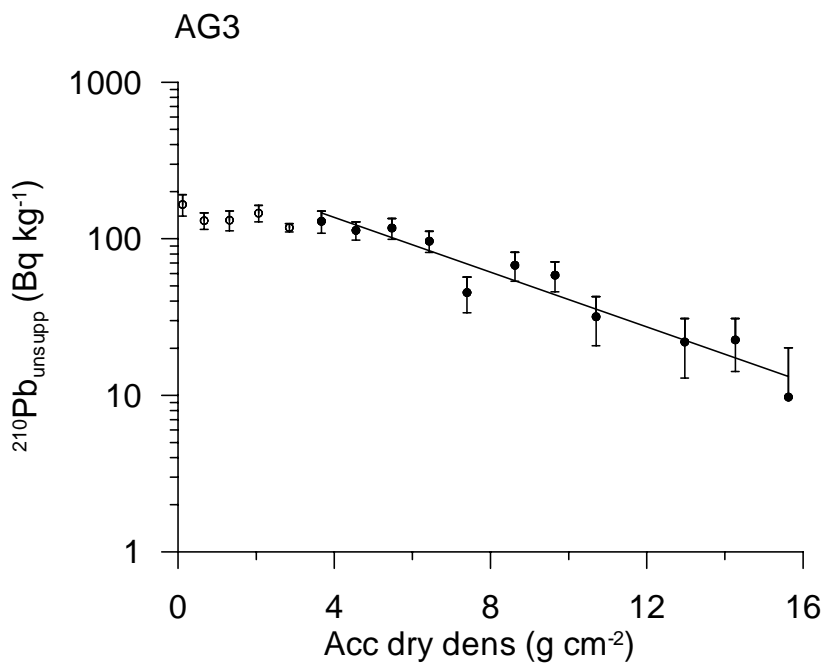


Fig 2

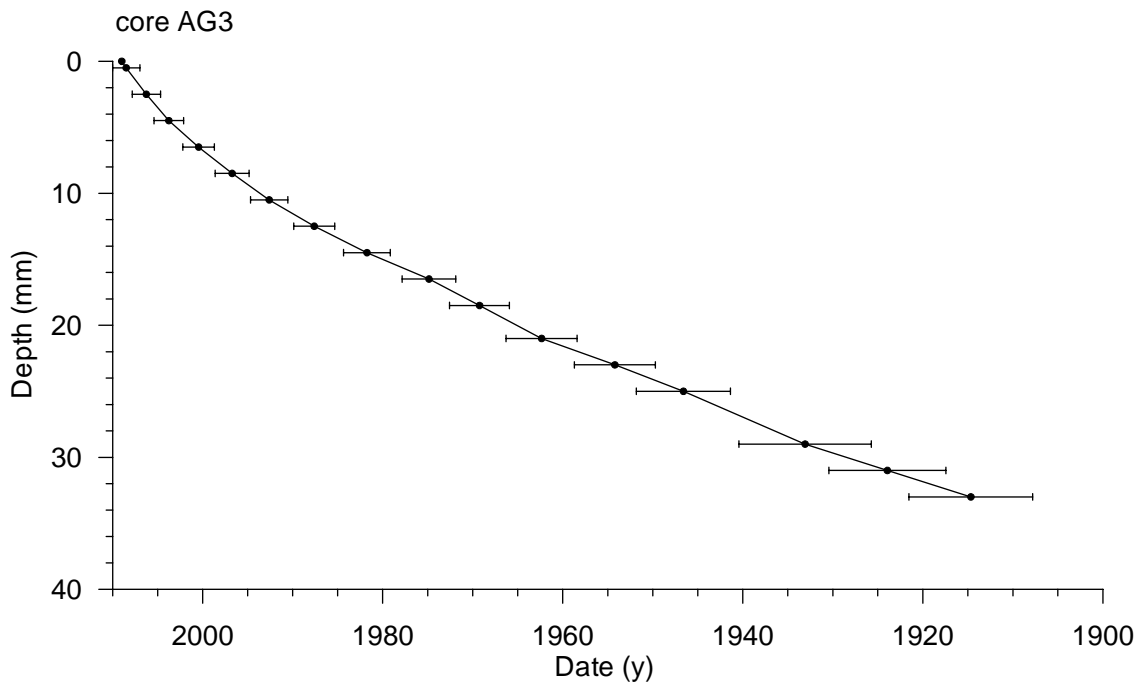


Fig 3

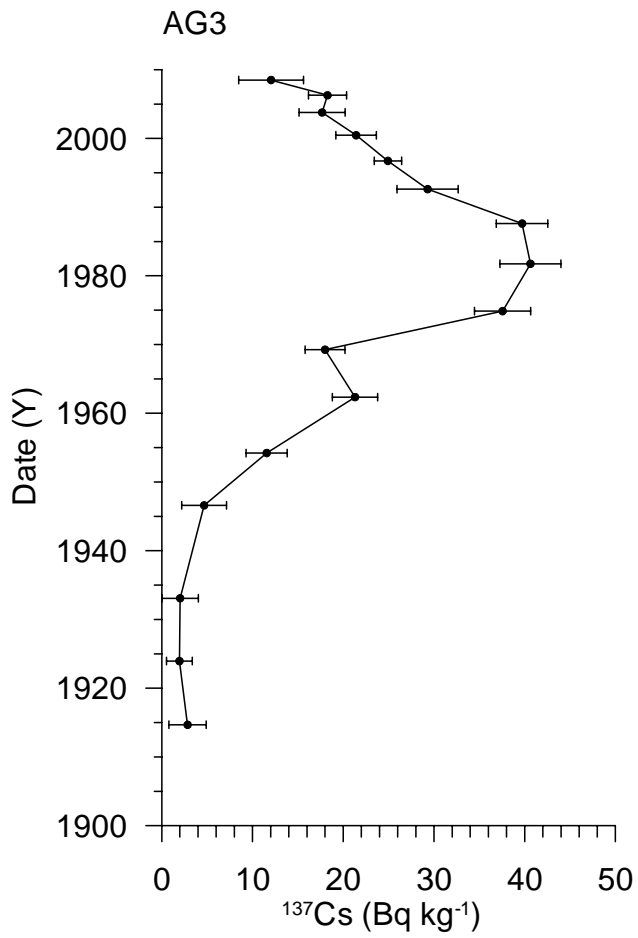


Fig 4

Prøve	Im4x0,5	Im4x5,5	Im4x13,5	Im4x23	Im4x29	F11.1-1,5	F11.1-17,5	F11.1-29
Ant. arter	46	48	51	42	43	35	40	48
N	264	280	325	305	282	281	277	282
ES(100)	31.56	33.37	31.93	26.00	29.03	23.84	27.12	31.07
H'(log2)	4.57	4.74	4.77	4.16	4.42	3.87	4.31	4.46
Ind/gr sed	3041	no data	1699	no data	1016	1212	862	489

Prøve	Ep1-25	Ep1-29	Ep1-33	Ep1-43	Ep1-51	Ep1-60,5	Dk2-6,5	Dk2-31
Ant. arter	15	17	20	31	34	37	39	35
N	223	290	253	273	207	229	234	256
ES(100)	10.76	13.26	13.18	22.06	23.35	25.44	26.15	22.71
H'(log2)	2.35	2.70	2.72	3.72	3.67	4.04	3.98	4.00
Ind/gr sed	209	633	667	435	131	145	1126	398

Prøve	Cp3-2,5	Cp3-5,5	Cp3-8,5	Cp3-12,5	Cp3-15,5	Cp3-19,5	Cp3-35	B18x-6,5
Ant. arter	18	12	19	36	33	37	43	16
N	236	338	333	277	276	341	332	275
ES(100)	11.95	6.90	11.34	21.55	21.64	22.63	24.05	9.03
H'(log2)	2.08	1.50	2.34	3.64	3.81	3.93	3.86	1.17
Ind/gr sed	841	1483	1825	907	263	248	275	1284

Prøve	B18x13,5	B18x-23	B18x-37	Dm2-3,5	Dm2-12,5	Dm2-16,5	Dm2-27	Dm2-45
Ant. arter	25	35	30	7	17	20	33	36
N	240	326	287	223	280	347	278	299
ES(100)	15.66	20.02	20.17	5.81	9.64	12.79	19.72	22.99
H'(log2)	2.66	3.13	3.29	0.98	1.33	2.31	2.75	3.87
Ind/gr sed	697	296	226	222	1119	1427	1208	416

Prøve	EA1-1,5	EA1-3,5	EA1-6,5	EA1-9,5	EA1-17,5	EA1-32,5	Bo2-1,5	Bo2-4,5
Ant. arter	19	15	24	43	33	31	27	21
N	352	379	272	374	276	221	413	260
ES(100)	11.37	9.11	15.30	24.30	20.92	22.77	13.94	13.53
H'(log2)	2.22	2.08	2.73	3.86	3.57	3.98	2.57	2.43
Ind/gr sed	3186	3415	1209	237	495	12	2564	2014

Prøve	Bo2-7,5	Bo2-15,5	Bo2-24,5	Cj3-0,5	Cj3-3,5	Cj3-7,5	Cj3-11,5	Cj3-14,5
Ant. arter	19	30	28	33	28	21	35	37
N	278	271	254	290	279	305	312	360
ES(100)	11.35	21.40	19.09	21.25	17.19	13.52	21.03	19.57
H'(log2)	2.42	3.45	3.34	3.48	2.84	2.56	3.58	3.50
Ind/gr sed	729	312	161	1403	1816	2106	1062	827

Prøve	Cj3-23		Ep1-2,5	Ep1-21	B18x-1,5
Ant. arter	45		3	6	5
N	281		5	8	25
ES(100)	27.43		no data	no data	no data
H'(log2)	4.20		no data	no data	no data
Ind/gr sed	361		8	39	280

Core & depth (average cm)	12-13cm		16-17cm		20-26cm		44-46cm		1-2cm		3-4cm		4-6cm		7-8cm		15-16cm		24-26cm		0-1cm		3-4cm		7-8cm		11-12cm		14-16cm		22-24cm	
	Dm2	L2.5	Dm2	L2.5	Dm2	L2.5	Dm2	L2.5	EA	L1.5	EA	L1.5	EA	L1.5	EA	L1.5	EA	L1.5	EA	L1.5	EA	L1.5	EA	L1.5	EA	L1.5	EA	L1.5	EA	L1.5	EA	
Asterionon gallowayi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Baccharis turgida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bolivina abarrosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bolivina sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bolivina pseudopunctata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bolivina sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bolivina sp.?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bulimina marginata	16	65	17	20	113	138	93	92	74	3	95	69	68	56	22	18	78	76	55	81	14											
Bulimina elegantissima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cassidulina laevigata	1	2	6	29	1	6	1	3	35	31	15	1	0	4	7	37	3	6	12	28	41											
Cassidulina obtusa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cassidulina cf. reniforme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ceratobulimina arctica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chicadoceras planifidit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chicadoceras pseudopulchellus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chicadoceras retifidus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chicadoceras sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Conuspira sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cyathina involvens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

