

0-91194

Overvåking av
steinmasseutfylling
ved KMV-vest,
Kristiansand havn



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-91194	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2801	

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 23 52 80 Telefax (47 2) 95 21 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (47 5) 95 17 00 Telefax (47 5) 25 78 90	Akvaplan-NIVA AVS Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Rapportens tittel:	Dato:	Trykket:
OVERVÅKING AV STEINMASSEUTFYLLING VED KMV-VEST, KRISTIANSAND HAVN	23/10/92	NIVA 1992
	Faggruppe:	Marinøkologi
Forfatter(e):	Geografisk område:	
Roger M. Konieczny	Vest-Agder	
	Antall sider:	Opplag:
	39	75

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
Kristiansand Havnevesen	

Ekstrakt: Utfylling av steinmasser på forurenset sjøbunn og frigivelse av utvalgte miljøgifter i Koldalsbukta, Kristiansandsfjorden ble overvåket vha. fysiske, kjemiske og biologiske måleteknikker. Lokale blåskjell ble utplassert på flyterigger i 5 og 15 m vanddyp på to stasjoner hhv. 100 m utenfor dumpefeltet og ca. 1 km lenger syd utenfor Myrodden. Hensikten var å kvantifisere opptak av heksaklorbenzen i skjellene som følge av frigivelse fra sedimentene. For å belyse omfanget av resuspensjon av bunnsedimentene og partikkeltransport, ble det benyttet sedimentfeller og utført optiske målinger i vannmassene. Generelt var oppvirvlingen som forventet kraftig, men begrenset i tid og samtidig var frigivelsen av tungmetaller og klororganiske forbindelser mindre en antatt. Tross dette ble det registrert et opptak av HCB i de transplanterte blåskjellene på 3-10x nivåene skjellene hadde før utfyllingen startet, men konsentrasjonene var innenfor størrelsesorden av den maksimale nivået registrert andre steder i resipienten.

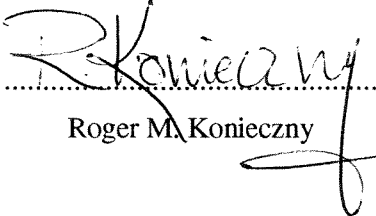
4 emneord, norske

1. Overvåking
2. Miljøgifter
3. Mobilisering
4. Kristiansandsfjorden

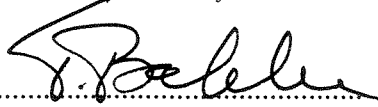
4 emneord, engelske

1. Monitoring
2. Pollutants
3. Mobilization
4. Kristiansandsfjorden

Prosjektleder


Roger M. Konieczny

For administrasjonen


Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2187-5

Norsk institutt for vannforskning

O-91194

**OVERVÅKING AV STEINMASSEUTFYLLING VED KMW-VEST,
KRISTIANSAND HAVN**

Prosjektleder :
Medarbeidere:

Roger M. Konieczny
Einar M. Brevik
Unni Efraimsen
Tone J. Oredalen
Tom Tellefsen

Forord

Dette prosjektet er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på oppdrag av Kristiansand havnevesen. Rapporten omhandler vurderinger rundt frigivelse, spredning og effekter av miljøgifter i forbindelse med utfylling av steinmasser på sterkt forurenset sjøbunn. Et prosjektforslag ble oversendt oppdragsgiver 27. september 1991. Forslaget ble senere revidert etter at prinsippene for utfyllingen ble gjort kjent. Prinsippforslaget er utarbeidet av Ing. Svein E. Skauerud, Noteby A/S. Endelig prosjektforslag ble oversendt 19. november 1991.

Kontaktpersoner ved Kristiansand havnevesen har vært Havnedirektør Odd A. Salvesen og Avd. ing. M. Osen. Kontaktperson hos entreprenøren Kruse Smith AS. var S. Nordahl.

Det rettes en spesiell takk til skipper Dag Holm, Kristiansand havnevesen og Tor Kviljo, Miljøvernavd., Fylkesmannen i Vest-Agder, for velvillig assistanse under arbeidet i felt.

Oslo, den 21 oktober, 1992

R. Konieczny
Roger M. Konieczny
Prosjektleder

Innhold

Forord	3
Innhold.....	4
Sammendrag og konklusjoner.....	5
1. BAKGRUNN	7
2. MÅLSETTING	7
3. MATERIALE OG METODER.....	8
3.1. Områdebeskrivelse	8
3.2. Prøvestasjoner	8
3.3. Feltarbeidet	8
3.4. Måleprogrammet	10
3.4.1. Blåskjell.....	10
3.4.2. Vannprøver	10
3.4.3. Partikler	11
3.4.4. Fysiske målinger	12
4. RESULTATER OG DISKUSJON	13
4.1. Utfyllingsforløpet.....	13
4.2. Temperatur og saltholdighet	13
4.3. Siktedyp.....	14
4.4. Sedimentasjonsforhold	15
4.5. Transmisjon	16
4.6. Turbiditet	18
4.7. Total suspendert materiale	19
4.8. Tungmetaller	20
4.9. Heksaklorbenzen - HCB	22
4.10. Opptak av HCB i blåskjell.....	23
5. REFERANSER	24
Vedlegstabeller.....	25
Vedlegg.....	32

Sammendrag og konklusjoner

Hovedmålsettingen med undersøkelsen var å fastslå om dumping av løsmasser på den forurenset sjøbunnen utenfor KMV-vest i Kristiansand havn, resulterer i frigivelse av tungmetallene nikkell og kobber og klororganiske stoffer (HCB, o.a.) til vannmassene. Videre ved hjelp av ulike målemetoder belyse transport og spredning av partikler og om utvalgte frigitte stoffer var gjenstand for opptak i transplanterte blåskjell.

1. Målinger av temperatur og saltholdighet i undersøkelsesperioden viste ingen utpreget lagdeling i vannmassen, et forhold som ofte er avgjørende for den vertikale transporten av forurensende stoffer.
2. Endringer i vannkvaliteten skyldtes delvis dumping av finkornige masser (<200 mm) og blakking av vannet. Dessuten førte dumping av grove masser til oppvirvling av finkornige bunn-sedimenter.
3. Ved hjelp av sedimentfeller ble den naturlige sedimentasjonen i dumpeområdet beregnet til 1.5 g/m² /d. Under første fase av utfyllingen ble det registrert små endring i vannsøylen ned til 14 m, men derimot en ~7 ganger økning nær bunnen. Under den påfølgende perioden med intensiv dumping ble det registrert en mindre økning i 14 m dypet og en tilnærmet 50 ganger økning nær bunnen. Selv om sedimentmaterialet i sedimentfellene ikke ble analysert, antas det allikevel at økningen vesentlig skyldes oppvirvlet materiale.
4. Transmisjonsmålingene viste at vannmassenes gjennomskinnelighet raskt ble redusert etter hver dumpeepisode som følge av oppvirvlede bunn-sedimenter. Oppvirvlingens vertikale omfang varierte noe, men generelt ble vannsøylens nedre 5-7 m påvirket. Turbiditetsmålingene ga i prinsippet resultater i samsvar med transmisjonsmålingene.
5. Kvantifisering av totalt suspendert materiale viste en tilnærmet 20 ganger økning av vannsøylens partikkelkonsentrasjon nær bunnen umiddelbart etter en regulær dumping av grove steinmasser. Målingene indikerte at størst partikkelmengde opptrådte i de øvre vannlag 1-2 timer etter dumping.
6. Målinger av totale tungmetallkonsentrasjoner ga noe varierende resultater. Høye verdier av kobber 2.0-6.8 µgCu/l (10-30 ganger overkonsentrasjon, relatert til bakgrunnsnivået) i overflaten ble registrert i perioden før utfyllingen startet. Tilsvarende verdier for nikkell var 3.5-4.4 µgNi/l (5-6 ganger overkonsentrasjon). Overkonsentrasjonene av tungmetaller hadde trolig sammenheng med de ordinære utslipp fra Falconbridge og den generelle belastningen i resipienten. Resterende målinger i forbindelse med dumping viste kun 2-5 ganger overkonsentrasjon av kobber og <1-6 ganger for nikkell. Det ble ikke påvist helt entydige sammenhenger med dumpeepisodene, men en 4-5 ganger økning Cu og Ni konsentrasjonene ble registrert nær bunnen 2-3 timer etter dumping av grove steinmasser.

7. Økt frigivelse av heksaklorbenzen (HCB) fra sedimentene var en forutsetning for opptakstudiet. Konsentrasjonene av HCB i vannmassene like over bunnen var normalt <0.05 ng/l og økte etter dumpinger til mellom 0.16-0.21 ng/l; mao. ikke mer enn 5-7x antatt bakgrunnsnivå i uforurenset sjøvann (~0.03 ng/l). Det bemerkes at økningen i HCB konsentrasjonene også var små og sammenlignbare med forholdet som ble registrert for tungmetaller.
8. De utsatte blåskjellene inneholdt 1.4 µgHCB/kg friskvekt og dette nivået ble redusert til mellom 0.3-0.8 µgHCB/kg friskvekt i løpet av 25 dager etter utplassering. Det ble ikke gjort målinger under selve utfyllingen og skjellene ble først innsamlet 34 dager etter avsluttet dumping. Det beregnede opptak av HCB viste at innholdet hadde økt ca. 3x i skjellene på 15 m dyp på begge lokaliteter. Opptaket i 5 m dypet på stasjonen lengst fra dumpeområdet (St. II) viste en 4x økning, mens tilsvarende prøve nær dumpefeltet (St. I) viste en 10x økning. Maksimalt innholdt skjellene på stasjon I i 5 m dypet 4.0 µgHCB/kg friskvekt.

Ut fra disse resultatene kan det sluttet at dumping av steinmasser på bunnen utenfor KMW-vest førte til en resuspensjon-sky eller ras av sedimenter som beveget seg med en hastighet på ca. 1 km/t over bunnen. Det vertikale omfanget av resuspensjonen var mellom 5-7 m noe avhengig av steinmassenes mengde og type. Tilførte masser førte til økt turbiditet og redusert siktedyp i øvre vannlag. Oppvirvlede masser ga hovedsaklig redusert gjennomsjennelighet i dypere vannlag. Grove steinmasser synes å forårsake en noe kraftigere horisontal spredning av sedimentene.

Som følge av resuspensjon av bunnsedimentene kunne det registreres en mindre frigivelse av tungmetaller og HCB til vannmassene omkring 4-7 ganger bakgrunnsnivå. Mobiliseringen av HCB førte i sin tur til at de transplanterte blåskjellene hadde et opptak i størrelse 3-10 ganger utgangsnivået. Opptaket var størst i 5 m dyp, men ikke høyere enn det tidligere har vært registrert i naturlige bestander av skjell i denne del av fjorden. Beregninger basert på halveringstiden av HCB i blåskjell antyder at maksimalt innhold under utfyllingen kan ha vært ca. 10 µgHCB/kg friskvekt.

Den praktiske konklusjon er at utfyllingen medførte spredning av metaller og klororganiske stoffer, men i moderat grad og med forbigående påvirkning begrenset til moderat forhøyet miljøgiftinnhold i organismer berørt av partikkeltransporten.

1. BAKGRUNN

Det forelå et ønske fra Kristiansand havnevesen om å motta overskuddsmasser for anvendelse i utfyllingsarbeid og landvinning i området ved KMV-Vest i Kolsdalsbukta, Kristiansand havn (Figur 1). Den forestående byggingen av to store fjellhaller for mottak av avløpsvann fra Falconbridge Nikkelverk A/S, ville resultere i ca. 40.000-48.000 m³ stein- og løsmasser. I tillegg var ca. 2000-3000 m³ rivningsmasser tilgjengelig (hovedsaklig betong fra bedriften). I henhold til prinsippet for den planlagte utfyllingen (tegning nr. 34265-500 datert 20.08.1991) og dumpeplan for bygging av en motfylling (kote minus 12, tegning nr. 34265-502 datert 20.12.1991) var det totale massebehovet ved utfyllingen anslått til 60.000 m³. Ved oppdragets slutt ville det fortsatt gjenstå et behov for 10.000-20.000 m³ masse (jfr. også vedleggene 1 og 2).

Selve utfyllingen var planlagt å foregå ved dumping av massene fra lekter i to faser. Først en innledende fase med overfylling av en tidligere etablert kabeltracé for utplasserte poretryksmålere (Notebys kontinuerlige målinger og overvåking). Til dette ble det benyttet asortert finmasse fra fjellanlegget (størrelse <200 mm). Deretter selve oppbyggingen av motfyllingen kote minus 12, ved å spre de grovere massene systematisk innenfor angitte felt.

Denne aktiviteten var i utgangspunktet antatt å medføre at de forurensede bunnsedimentene ble forstyrret med de følger at innlagrede miljøgifter kunne mobiliseres til vannmassen. Primært antas dette hovedsaklig å foregå ved partikkelspredning, men i tillegg kan det påregnes en utlekking av kontaminert porevann og/eller desorpsjon fra partikler. Frigitte miljøgifter vil i sin tur kunne være gjenstand for opptak i organismer som lever i resipienten. Det forelå derfor et behov for å belyse hendelsesforløpet ved en slik utfylling og videre vurdere om metoder og utfyllingsprinsipp likevel tilfredstiller de miljømessig hensyn og krav.

2. MÅLSETTING

På bakgrunn av den aktuelle problemstilling ble følgende hovedmål for undersøkelsen skissert:

1. Fastslå om dumping av løsmasser på forurenset sjøbunn i dette området, resulterer i frigivelse av utvalgte tungmetaller og klororganiske miljøgifter til vannmassene.
2. Ved ulike målemetoder å kvantifisere mengden partikler i vannmassen til en hver tid, for om mulig kunne belyse omfanget av spredningen og tilgjengeligheten av miljøgifter i resipienten.
3. Fastslå om eventuelt mobiliserte klororganiske komponenter, spesielt heksaklorbenzen (HCB), har vært gjenstand for opptak i transplanterte blåskjell.

3. MATERIALE OG METODER

3.1. Områdebeskrivelse

Kristiansandsfjorden forurenes av utslipp fra industri og kommunal kloakk. Vesterhavnen er sterkest belastet og sedimentene her må karakteriseres som moderat til sterkt forurenset (Molvær 1986). Store industriutslipp har ført til at det er spesielt høye konsentrasjoner av organiske miljøgifter og tungmetaller i dette området (Næs 1985, Molvær 1986, Knutzen et al. 1991).

Det må i utgangspunktet skilles mellom undersøkelsesområdet og selve utfyllingsområdet. Utfyllingsområdet/dumpefeltet defineres som det ca. 1 km² store området mellom KMV-Vest og utløpet av Møllervannsbekken, og som strekker seg fra strandlinjen og ca. 50 m utover i Kolsdalsbukta (Figur 1 og vedlegg 1). Dumpefeltet var videre inndelt i 24 underfelt av 18x50 m størrelse. Undersøkelsesområdet/resipienten omfatter foruten dumpefeltet også området utenfor dumpefeltets ytre begrensning og sørover i Vesterhavn, ut til området øst for Myrodden (Figur 1).

De hydrografiske forhold i området viser varierende, men moderate strømforhold. Strømmene er hovedsaklig vinddrevet med en sørlig retning i tillegg til en markert tidevannsstrøm (Molvær 1991). Vanddypet i resipienten øker jevnt fra det indre strandområdet ned til ca. 45 m dyp utenfor Myrodden (Figur 1).

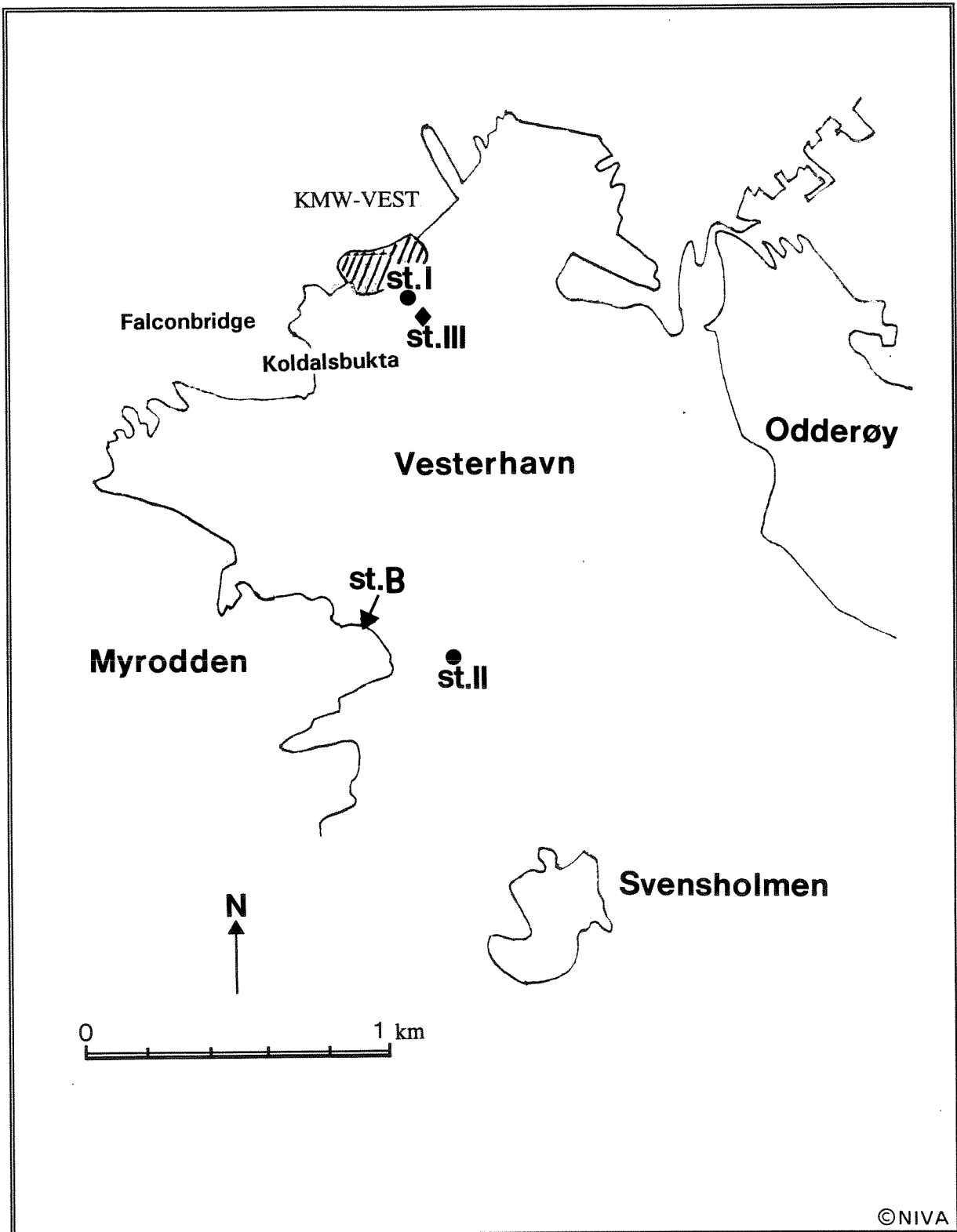
3.2. Prøvestasjoner

Sentralt i overvåkingen var to strategisk oppankrede flyterigger, en ca.100 m utenfor dumpefeltet (Stasjon I) og en ca. 1 km lenger sør, øst for Myrodden (Stasjon II). Disse tjente til festeanordning for de transplanterte blåskjellene og sedimentfeller. Målestasjonen (Stasjon III) ble lagt til det dypområdet marginalt for dumpefeltet ca. 50 m fra stasjon I. Stasjon B ble valgt for innsamling av blåskjell (Figur 1).

3.3. Feltarbeidet

Feltarbeidet ble gjennomført i fire perioder. Det innledende arbeidet ble gjennomført i perioden 18.-19. desember 1991. Dette feltarbeidet omfattet innsamling og transplantering av blåskjell, utplassering av rigger og montering av sedimentfeller. I tillegg ble det gjort enkelte orienterende hydrografiske målinger i resipienten, samt prøvetaking for kjemiske analyser (null-prøver) av vannmassene og det biologisk materiale. Hovedfeltarbeidet ble utført i perioden 12.-17. januar 1992, hvor den innledende del av utfyllingen ble overvåket. Det ble foretatt målinger i vannmassene på en fastlagt stasjon (Stasjon III) før, under og etter dumpeepisodene og nødvendig prøvetaking i forbindelse med dette. Det ble i tillegg samlet inn blåskjellprøver og foretatt vedlikehold av de to utplasserte riggene.

Grunnet en rekke problemer i gjennomføringen av utfyllingens innledende fase, oppsto det et behov for supplerende målinger og prøvetaking. Dette ble utført den 20. februar 1992. Feltarbeidet ble avsluttet med prøveinnsamling og demontering av rigger den 22. april 1992. Ytterligere detaljer vedrørende metodikk under de ulike deler av feltarbeidet blir beskrevet under måleprogrammet.



Figur 1. Kart over undersøkelsesområdet i Kristiansandsfjorden med utfyllingsområdet KMW-vest, samt måle- og prøvetakingsstasjoner.

3.4. Måleprogrammet

3.4.1. Blåskjell

For å kvantifisere den potensielle mobiliseringen av miljøgifter fra sedimentene ble det valgt å konsentrere undersøkelsen om nivåer av heksaklorbenzen (HCB) og med blåskjell (*Mytilus edulis*) som oppsamlingsmedium. Erfaringer fra tidligere undersøkelser av klororganiske forbindelser i sedimentene og blåskjell i området, viser at enkelte av disse komponentene forekommer i høye konsentrasjoner (Næs 1985, Knutzen et al. 1991). Eksperimentelle opptaksstudier fra områder med tilsvarende høy belastning har vist at de aktuelle forbindelser lett tas opp og lagres i vev, men skilles også i noen grad ut igjen (Berge og Knutzen 1991, Knutzen 1992). Dette forhold ble det tatt hensyn til.

Det ble videre valgt å transplantere blåskjellmateriale fra en allerede belastet lokalitet marginalt innenfor undersøkelsesområdet. Dette fordi disse skjellene mulig hadde større toleranse overfor den type belastningen de skulle utsettes for, enn skjell fra et helt upåvirket område. Skjellene ble samlet inn ved hjelp av dykking i området ved Myrodden (Stasjon B) og ble deretter overført til de to flyteriggene (stasjon I og II, Figur 1). Det ble satt ut 3 paralleller hver med 60-70 blåskjell (størrelse 2-8cm) i vandypene 5 og 15 m på begge riggene.

Prøveprogrammet for kvantifisering av opptak av HCB tok utgangspunkt i det opprinnerlige HCB-innholdet i skjellene. Det var nødvendig å først fastslå hvor mye HCB som ble tatt opp som følge av det utslippet som belastet resipienten. Blåskjellene fikk derfor en stabilliseringsperiode etter utplassering på 26 dager, hvor de fikk muligheten til å innstille seg til nye omgivelser og vandyp. I denne perioden ble det antatt å foregå et reellt opptak grunnet primærutslippene. Det ble samlet en prøve fra hvert dyp på begge rigger før utfyllingen startet for å kvantifisere denne mengden. Siste prøveserie ble innhentet 34 dager etter at dumpingene var avsluttet, slik at skjellene igjen fikk anledning til å kvitte seg med uønskede partikler. Dette for at senere målinger skulle være representative for et reellt opptak i vev og ikke målinger på sterkt forurensede partikler tilført under utfyllingen (jfr. tabell 1).

Blåskjell ble etter innsamling fortløpende frosset ned og lagret inntil materialet samlet ble opparbeidet for analyse. Hver prøveenheter besto av en homogenisert blandprøve av bløtdelene fra ca. 50 skjell av varierende størrelse (2-8 cm), men med rimelig jevn fordeling i standard størrelsesklasser. Den kjemiske analysemetode er kortfattet beskrevet og gitt i vedlegg 3.

3.4.2. Vannprøver

Hovedhensikten med analyse av vannprøver var å kvantifisere den eventuelle frigivelsen av tungmetaller fra sedimentoverflaten, ved å måle konsentrasjoner på ulike vandyp før, under og etter utfyllingsepisoder. Det ble valgt å analysere på nikkel (Ni) og kobber (Cu), da disse metallene utgjør en stor belastning i undersøkelsesområdet (Knutzen et al. 1991). Vannprøvene ble tatt på 6 fastlagte dyp (1, 5, 10, 15, 20 og 23 m) med en 3 liters Niskin-vannhenter (jfr. tabell 1). Analysemetoden skjer freonekstraksjon og kvantifiseringen av de enkelte metaller blir gjort i grafittovn.

Det ble også målt konsentrasjoner av HCB i vannmassene like over bunnen (23 m) som grunnlag for vurdering av mobilisering og opptak. Den kjemiske analysemetode for HCB i vann, følger i hovedsak prinsippet gjenngitt i vedlegg 3.

Tabell 1. Måleprogram for kjemiske og fysiske parametre under overvåkingen av utfylling ved KMV-vest, Kristiansandsfjorden i perioden 19.12.1991 - 22.04.1992. B = analyse av biologisk materiale og SF = sedimentfeller. Andre forkortelser refereres i teksten.

Dato	Tid	Kommentar	T	S	Sd.	Tr.	Tu.	Partikler		Kjem. anal.	
			°C	‰	m	%	FTU	TSM	SF	Met	HCB
19.12.91	13.00	Orienterende målinger	x	x	x	-	-	-	-	x	B
13.01.92	11.30	1. dag, kontroll og innsamling	x	x	x	x	-	-	x	-	B
	15.00	0-målinger, kalibrering	x	x	x	x	2x	x	-	x	x
14.01.92	08.30	Tidspunkt episode 1									
	10.00	Måling etter episode 1	x	x	x	x	-	-	-	-	-
	13.30	Kontroll-måling	x	x	x	x	-	-	-	-	-
	18.00	Kontroll-måling	-	-	-	x	-	-	-	-	-
15.01.92	09.00	Kalibrering før episode 2	x	x	x	x	-	-	-	-	-
	10.00	Tidspunkt episode 2									
	10.10	Måling under episode 2	-	-	x	3x	-	-	-	-	-
	12.00	Kontroll etter episode 2	-	-	x	x	-	-	-	-	-
	15.00	Kontroll før episode 3	-	-	x	x	-	-	-	-	-
	17.00	Tidspunkt episode 3									
	17.10	Måling under episode 3	-	-	-	2x	-	-	-	-	-
16.01.92	12.30	Måling før episode 4	x	x	x	x	-	-	-	-	-
	13.00	Tidspunkt episode 4									
	13.10	Måling under episode 4	-	-	x	2x	-	-	-	-	-
	14.00	Måling etter episode 4	-	-	x	x	x	x	-	x	x
	16.30	Kontroll etter episode 4	-	-	-	x	x	x	x	x	x
20.02.92	10.30	Kontroll, kalibrering	x	x	x	-	x	-	-	x	-
	13.00	Tidspunkt episode 5									
	13.10	Måling under episode 5	-	-	-	-	6x	-	-	-	-
	14.00	Time-kontroll etter episode 5	x	x	3x	-	3x	x	-	x	x
22.04.92	10.00	Innsamling, avslutning	-	-	-	-	-	-	x	-	B

3.4.3. Partikler

For å kvantifisere partikkelfluks i vannmassenen ble det utplassert sedimentfeller på de to riggene. To parallelle feller i tre ulike vanddyb (4, 14 og 19 m). Oppsamlede mengder under de ulike faser av undersøkelsen dannet grunnlaget for beregning av den naturlige sedimentasjonen før utfyllingen startet og mengden partikler som ble tilført ved dumpingen. Analyse av materiale i fellene (kjemisk og visuelt/mikroskopisk) ville kunne skille mellom resuspenderte og tilførte partikler. Dette ble imidlertid ikke gjort. Derimot ble det samlet inn vannprøver for filtrering og bestemmelse av totalt suspendert materiale (TSM) i de samme fastlagte vanddyb hvor det ble tatt tungmetallanalyser (1, 5, 10, 15, 20 og 23 m). Vannprøvene ble filtrert gjennom ferdig innveide Millipore membranfiltere med porestørrelse 0.45µm, vasket i destilert vann (fjerning av salt) og senere veid for kvantifisering av partikkelmengde (jfr. tabell 1).

3.4.4. Fysiske målinger

Fra de orienterende målingene under det innledende feltarbeidet ble det valgt å overvåke utfyllingen ved hjelp av en rekke fysiske måleparametere. På et fastlagt målepunkt (Stasjon III, se figur 1) ble det gjennomført en rekke måleserier før, under og umiddelbart etter de ulike dumpeepisodene. Profilene for temperatur og saltholdighet fra målinger i standard dyp (overflate til bunn) dannet grunnlag for vurderingen av vannmassenes tetthetssjiktning i tid. Sjiktningen kan være begrensningen for den vertikal partikkeltransport.

Temperatur (T) og saltholdighet (S) ble målt parallelt i tilnærmede standard vanddyp med en salinoterm. Det ble samtidig gjennomført en rekke observasjoner av siktedyp (Sd) og farge ved hjelp av en hvit Sechi-skive (jfr. Tabell 1).

Supplerende metoder for å kvantifisere partikler i vannmassen, gjennomskinlighet og partikkelmengder, er målinger av transmisjon (Tr, %) og turbiditet (Tu, FTU). For å tidfeste når forstyrrelsen av bunnen inntraff og hvor stor del av vannsøylen som ble påvirket ble det benyttet et Martec transmisjonsmeter med grønt fargefilter (520 nm) for kontinuerlige målinger. Dybdeprofilet for transmisjonsmålingene fulgte i hovedsak dypene for TS-målinger. Turbiditeten ble bestemt med et Jenway 6035 Turbimeter, med automatisk korreksjon for rent sjøvann, i de tilfeller det ble registret en positiv resuspensjon. Det ble benyttet de samme vanddyp som for TSM og tungmetallprøver (jfr. Tabell 1).

4. RESULTATER OG DISKUSJON

I det følgende knyttes resultatene til spesifikke tidspunkter for måle- og prøveserier som er relatert de ulike dumpeepisoder beskrevet nedenfor (jfr. også tabell 1). Generelt er tidspunktene avrundet til nærmeste 1/2 time, men er angitt mer eksakt der dette er av avgjørende betydning. Det bemerkes at utfyllingens forløp ikke ble slik som forespeilet, grunnet en del tekniske problemer og dette har influert på valg av tidspunktene for de enkelte målinger og prøvetakinger.

4.1. Utfyllingsforløpet

Det planlagte utfyllingsforløpet i to faser, med dumping av finmasse over kabeltracéen og deretter 1-2 fulle lekterlass pr. dag (à ca. 900 m³) dumpet i angitte felt ble ikke tilfredstillende fulgt. Om morgenen den 14.01.1992, ca. kl. 08.30 mistet lekteren ved et uhell to lass med finmasse (totalt ca. 600 m³) ved kai (episode 1).

Neste dumping av finmasse (ca. 300 m³) over kabeltracéen indre del ble foretatt den 15.01.1992 kl. 10.00 (episode 2). Denne ble etterfulgt av en tilsvarende dumping noe lenger ut ca. kl. 17.00 samme dag (episode 3) og besto av et lass finmasse (ca. 5-600 m³).

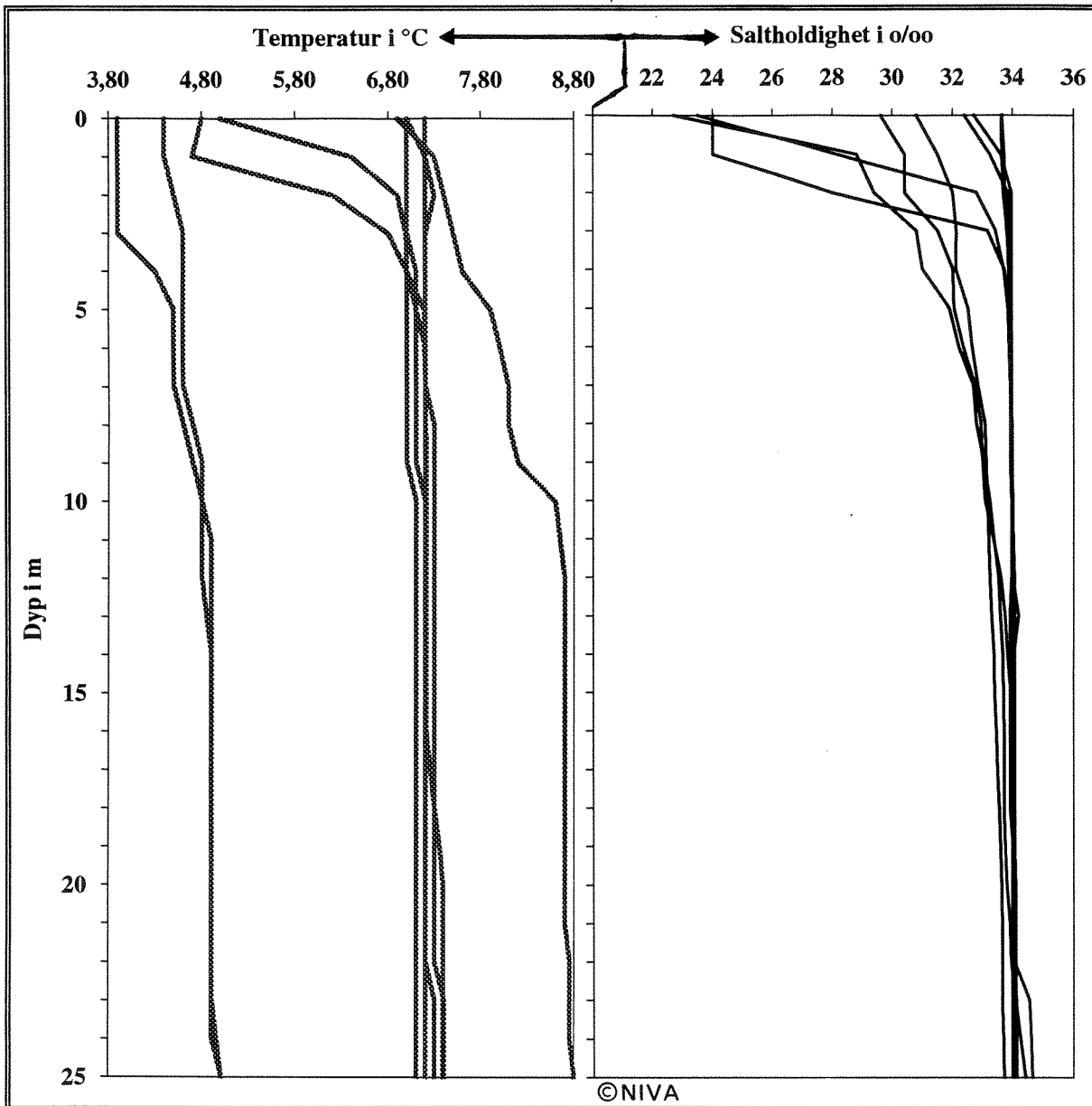
Ca. kl. 13.00 den 16.01.1992 ble den første regulære dumping utfyllingmasse (ca. 4-500 m³) foretatt sentralt i feltet (episode 4).

I perioden etter hovedfeltarbeidet og under det supplerende feltarbeidet forløp utfyllingen tilfredstillende. Det ble den 20.02.1992 foretatt målinger etter et regulært dump på ca. 850 m³. Bygging av motfyllingen og videre utfylling ble avsluttet den 19.03.1992 med total massetilførsel på ca. 23500 m³. Overvåkingen ble avsluttet den 22.04.1992.

4.2. Temperatur og saltholdighet

Målinger av temperatur og saltholdighet i vannmassene gjennom hele undersøkelsesperioden viste små variasjoner både i dypet og over tid (Vedleggstabellene 1 og 2). Temperaturen var dog noe lavere i overflatelaget (ca. 5°C) dagen før utfyllingen startet (den 13.01.92) og dette var sammenfallende med registrering av et ferskvannslag på 1-2 m. På det tidspunkt under utfyllingen hvor en eventuell sjiktning kunne være av størst betydning for vertikaltransport (episode 4 og delvis 3), besto hele vannsøylen av svært homogene vannmasser. Dette hadde årsak i vedvarende relativt kraftig nordlig vind og sydgående strømmer i denne perioden.

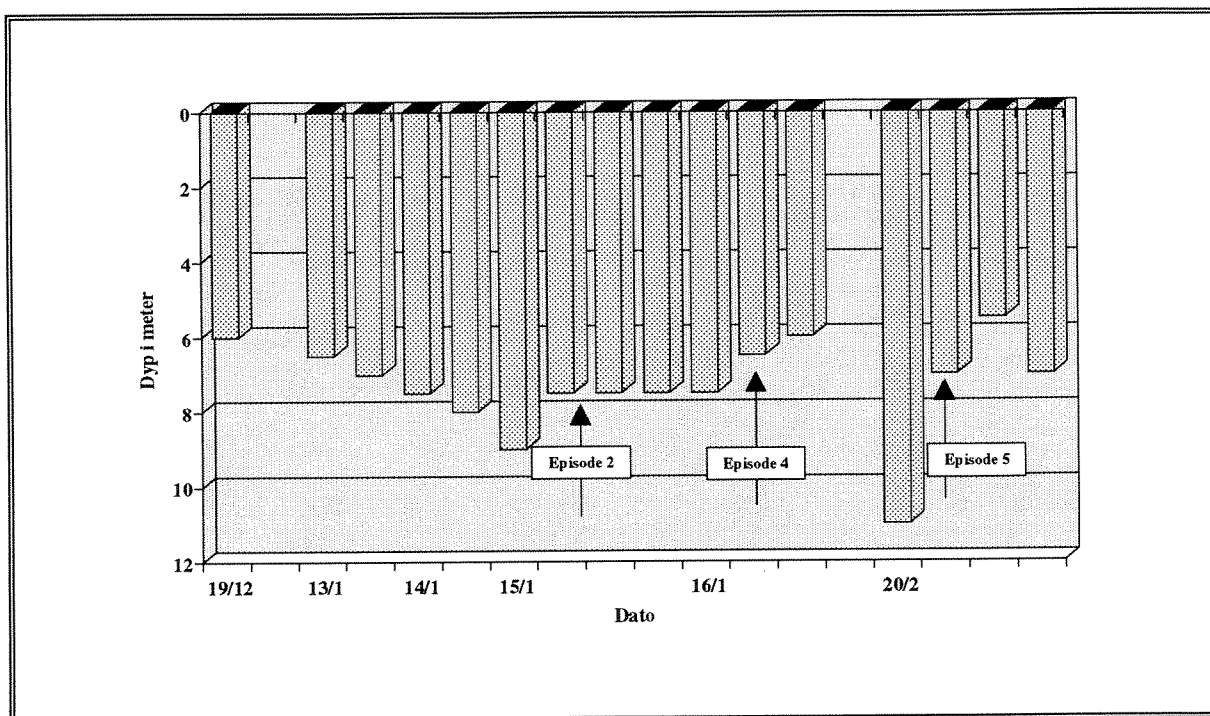
På bakgrunn av disse målingene ble det fastslått at temperatur og saltholdighet hadde liten innvirkning på den vertikale partikkelspredningen i resipienten.



Figur 2. Temperatur- og saltholdighetsmålinger i Kristiansandsfjorden (Stasjon III) i perioden 19.12.1991 - 20.02.1992 (jfr. vedleggstabellene 1 og 2).

4.3. Siktedyp

Variasjonene i siktedypet (Sd) var på mellom 6 og 11 m gjennom hele undersøkelsesperioden (Figur 3). Det reduserte siktedypet (6-7 m) under det innledende feltarbeidet i desember og i begynnelsen av hovedfeltarbeidet i januar hadde sammenheng med det 1-2 m tykke ferskvannslaget som befant seg i overflaten i disse periodene. Etter hvert foregikk det en miksing av overflatelaget og underliggende vann slik det ble etablert en homogen vannmasse. Siktedypet økte samtidig gradvis til $Sd = 9.5$ m. I siste del av hovedfeltarbeidet ble siktedypet igjen redusert til 6 m. Dette hadde klar sammenheng med dumpeepisodene 2 og 4 og skyltes økt suspendert materiale i vannmassene. Det var samtidig en svak endring i vannmassenes farge fra grønn til grågrønn.

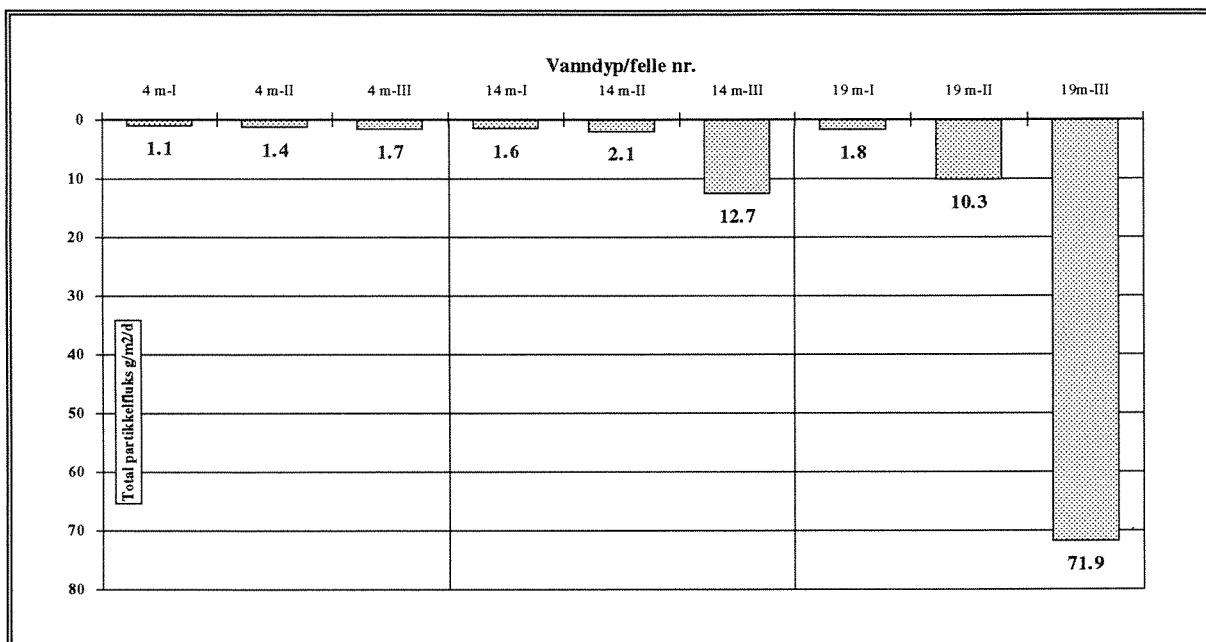


Figur 3. Variasjoner i observert siktedyp (S_d) i Kristiansandsfjorden (Stasjon III) i perioden 19.12.1991 - 20.02.1992. Pilene indikerer tidspunkt for viktige dumpeepisoder.

Under det supplerende feltarbeidet i februar ble det observert en klar sammenheng mellom observert siktedypet og suspendert materiale i vannmassene som følge av dumping av løsmasser. Ved den innledende kontrollmålingen var $S_d = 11$ m, som var den høyeste verdien observert i hele undersøkelsesperioden. Dette ble raskt redusert til $S_d = 7$ m ved observasjon en time etter dumpeepisode 5 og ytterligere redusert til $S_d = 5.5$ m ca. 2 timer dumping. Observasjonen etter ca. 3 timer viste et siktedyp igjen hadde økt til 7 m (Figur 3).

4.4. Sedimentasjonsforhold

Resultatene fra målinger og beregninger av sedimentasjonsforholdene ved hjelp av sedimentfeller ga et relativt entydig bilde. Den naturlige sedimentasjonen i området ble beregnet til å være ca. $1.5 \text{ g/m}^2/\text{d}$ basert på målingene før utfyllingen startet. Fellene hadde da hengt ute i 26 dager. Det var ikke nevneverdig forskjell på fluksverdiene i de tre undersøkte dypene (jfr. figur 4, 4 m-I, 14 m-I og 19 m-I). Beregningene av sedimentfluksen under hovedfeltarbeidets 4 dager (dumpeepisodene 1-4) viste at påvirkningen fra det tilførte sediment (dumpemateriale) nærmest ikke var målbar på 4 m og 14 m vanddyb. Derimot var sedimentfluksen i 19 m dypet i dette tidsrommet reelt høyt med mer enn $10 \text{ g/m}^2/\text{d}$ (jfr. figur 4, 4 m-II, 14 m-II og 19 m-II).



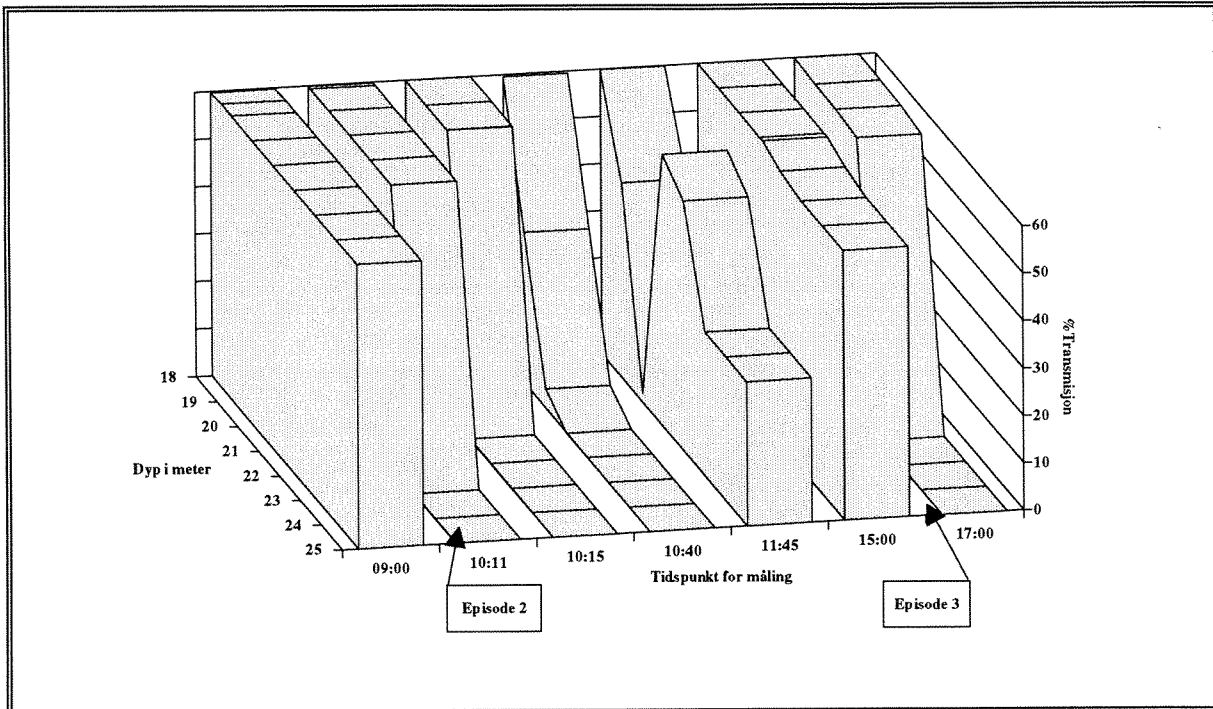
Figur 4. Sedimentasjonsforholdene i Kristisandsfjorden (Stasjon I) i perioden 19.12.1991 - 22.04.1992 målt som total partikkelfluks i g/m²/d.

Dette tyder på at resuspensjonen trolig utgjorde en større andel enn den mengden som ble fanget opp av sedimenterende dumpemateriale. Det var å forvente at det tilførte materialet ville fordele seg tilnærmedesvis likt på alle fellene da den naturlige sedimentasjonen viste små endringer i dypet. Dette er selvfølgelig avhengig av type materiale, kornstørrelse og det hydrografiske regime i området.

De beregningene av sedimentfluksen som ble gjort etter at utfyllingen var avsluttet understøtter dette, ved at fellene på 4 m fortsatt ikke viser økt sedimentasjon (1.7 g/m²/d) selv etter 98 dager med dumping. Tilsvarende beregning på 14 m var nå hele 12,7 g/m²/d og på 19 m dypet 71,9 g/m²/d. Dersom den høye sedimentfluksen hovedsaklig skyldes resuspensjon, antyder resultatene at de nedre 10 m av vannsøylen ble påvirket (Figur 4).

4.5. Transmisjon

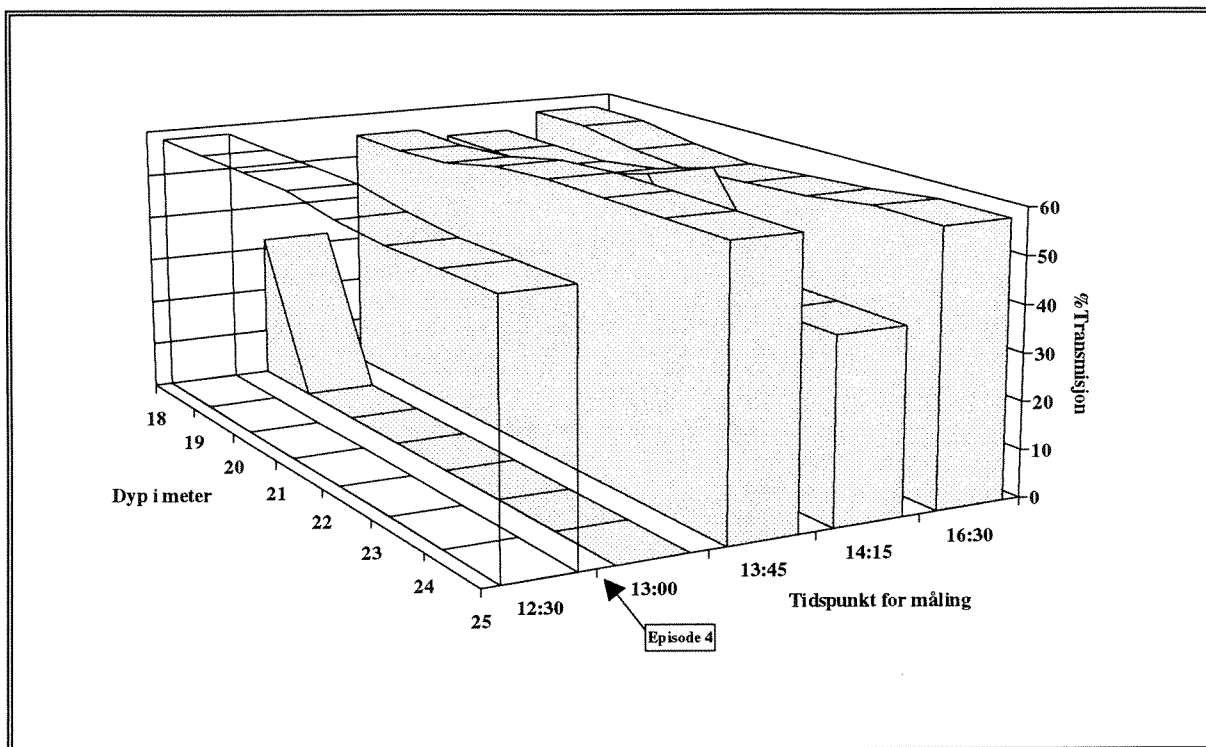
Transmisjonsmåling (Tr,%) var den retningsgivende fysiske måleparameteren under overvåkingen. Totalt ble det gjennomført 18 måleserier før og etter de ulike dumpeepisodene. Etter at de respektive lass med steinmateriale var dumpet og bunnsedimentene resuspendert, ble det registrert prosentvise endringer i vannsøylen gjennomskinnlighet. Omfanget av reduksjonen i transmisjonen varierte dog og var klart avhengig av type og mengde dumpemateriale. De innledende kontrollmålingene (den 13.01.1992) viste at normal transmisjon var ca. 50-60% og med noe lavere verdier i overflatelaget rundt 35-45%, når dette bestod av brakkvann (jfr. vedleggstabell 4). Den påfølgende dag ble det registrert redusert transmisjon i de nederste 6-7 m av vannsøylen på målestasjonen, som følge av dumpeepisode 1 (jfr. 4.1 over og vedleggstabell 4). Målingene ble utført ca. 1 1/2 time etter "uhellet" og gjentatt 3 1/2 time senere. Redusert transmisjon ble da registrert mellom 19-22 m og normaltstanden var gjenopprettet ned mot bunnen.



Figur 5. Transmisjonsmålinger i 18-25 m dypet under dumpeepisode 2 og 3 (finmasse) utenfor KMW-Vest, Kristiansandsfjorden den 15.01.1992.

Dumpeepisode 2 og 3 (dumping av finmasse den 15.01.1992) ga indikasjoner på resuspensjonens mulige forløp. Registreringene ga 0% transmisjon i 22-25 m dyp 11 minutter etter dumping (fig. 5). Fire minutter senere kunne påvirkningen registreres fra bunnen og opp til 20 m dypet. Det tydet på at dumpemassene satte igang et "ras", hvor fronten var ca. 3-5 m tykk og beveget seg med en hastighet på ca. 1 km/t over bunnen på stasjon III. De påfølgende måling 40 minutter etter episode 2 viste observasjonen at den reduserte transmisjonen var vedvarende fra 18 m dyp og ned til bunnen (se figur 5 og vedleggstabell 4). Etter ytterligere 1 time var situasjonen noe endret ved fortsatt redusert transmisjon i 18-25 m dypet, med et minimum på $Tr=2\%$ på 20 m dyp. Etter 5 timer var situasjonen igjen normal. Dersom "raset" opprettholdt den hastigheten ville det nådd stasjon II utenfor Myrodden (Figur 1) etter omkring 1 time. Et tilsvarende forløp ble også registrert etter episode 3, selv om dette ikke ble overvåket like intensivt. De nedre 4 m av vannsøylen viste 0% transmisjon 7 minutter etter dumping.

Dumpingen av grove masser (episode 5, den 16.01.1992) som kunne betraktes som mer regulært, det vil si av samme type som den resterende utfylling, ga et noe annet hendelsesforløp. I prinsippet var det sammenlignbart med dumping av finmasse, men resuspensjonen virket mer spontan og synes å være noe kraftigere. Registreringen viste i dette tilfelle at "raset" hadde en hastighet på 1,5 km/t og tykkelsen var ca. 7 m ($Tr = 0\%$, jfr. vedleggstabell 4). Fra 18 m og opp til overflaten hadde vannsøylen på dette tidspunkt ca. 25-30% transmisjon, i motsetning til situasjonen under dumping av finmassen (episode 2) hvor det var normalforhold i denne delen av vannsøylen på tilsvarende tidspunkt. Normaltilstanden var tilnærmet gjenopprettet etter ca. 45 minutter, med et lite minimum i 8-11 m dypet. Etter ytterligere 30 minutter var minimumet flyttet til de nederste 3 m over bunnen (Figur 6).



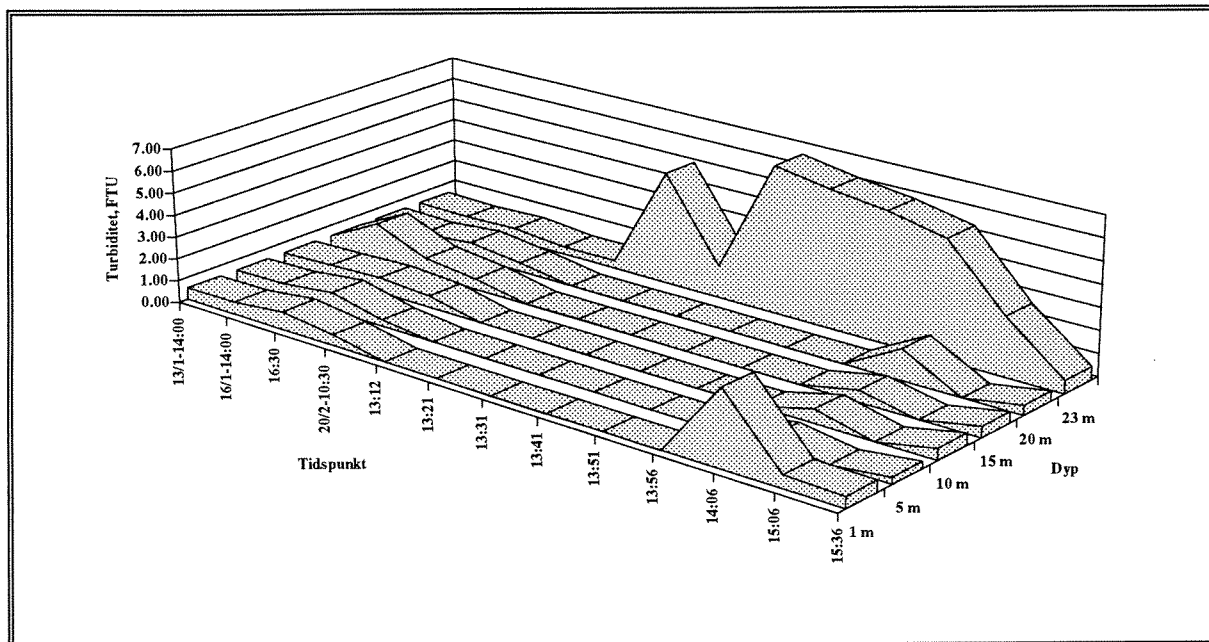
Figur 6. Transmisjonsmålinger under dumpeepisode 4 (grove steinmasser) utenfor KMW-Vest, Kristiansandsfjorden den 16.01.1992. Målingen kl. 12:30 er ikke skravert i figuren av hensyn til visualisering av påfølgende måling.

Det antas på bakgrunn av dette at årsaken til den reduserte transmisjonen i det alt vesentlige ligger i resuspenderte partikler fra den forstyrrede bunnen. De største partiklene sedimenterer relativt raskt, til tross for at partikkelskyen beveget seg lateralt med en hastighet på 1-1.5 km/t. Derimot vil den fineste fraksjonen holde seg lenger svevende i vannsøylen. Effekten med lav transmisjon i de høyere vannlag vil i enkelte tilfeller også skyldes sedimentasjon av svært fine partikler fra de tilførte masser. Normaltilstanden vil under alle omstendigheter gjenopprettes etter 2-3 timer etter forstyrrelsen fant sted.

4.6. Turbiditet

Turbiditetsmålingene (Tu) som mål for partikler i vannmassene ble ikke utført med samme intensitet som transmisjonsmålinger da dette i prinsippet var mer tidkrevende og ikke ga samme spontane resultat. En innledende måling den 13.01.92 viste at den normale turbiditeten i vannsøylen var 0.53 FTU. Det ble ikke utført nye målinger før ca. 1 time etter det regulære dumpet (episode 4) den 16.01.92. Måleserien ga tilnærmet samme resultat som transmisjonsmålingene ved at økte partikkelmengder (økt turbiditet) ble registrert et stykke over bunnen. Det ble da målt maksimalt 1.7 FTU i 15 m dypet. Målingen 2 1/2 time senere ga et noe avvikende resultat i forholdet til transmisjonen, som viste tilnærmedesvis normal gjennomskinnlighet, mens turbiditeten var gjennomsnittlig i overkant av 0.7 FTU i hele vannsøylen (Vedleggstabellene 4 og 5).

Under det supplerende feltarbeidet i februar ble det lagt vekt på å følge utviklingen under dumpeepisode 5 med en serie turbiditetsmålinger i 23 m dypet. Resultatet som er vist i Figur 7 viser en resuspensjon i to faser. Først økte turbiditeten fra på det tidspunktet normale 0.36 FTU til hele 5.07 FTU etter 15 minutter. I løpet av de neste 20 minutter gikk turbiditeten ned til 1.44 FTU for så igjen å øke til det maksimale 6.64 FTU. Dette kan tolkes som om det først passerte en front av oppvirvlet bunnsediment (et ras) som den spontane følge av dumpemassene. Deretter ble det målt på den resuspensjonen som svevde i vannmassene og delvis beveget seg oppover. Først etter 2 timer ble det registrert en markert nedgang og en tilnærmet normaltilstandsnd etter 2 1/2 time (jfr. også vedleggstabell 5).

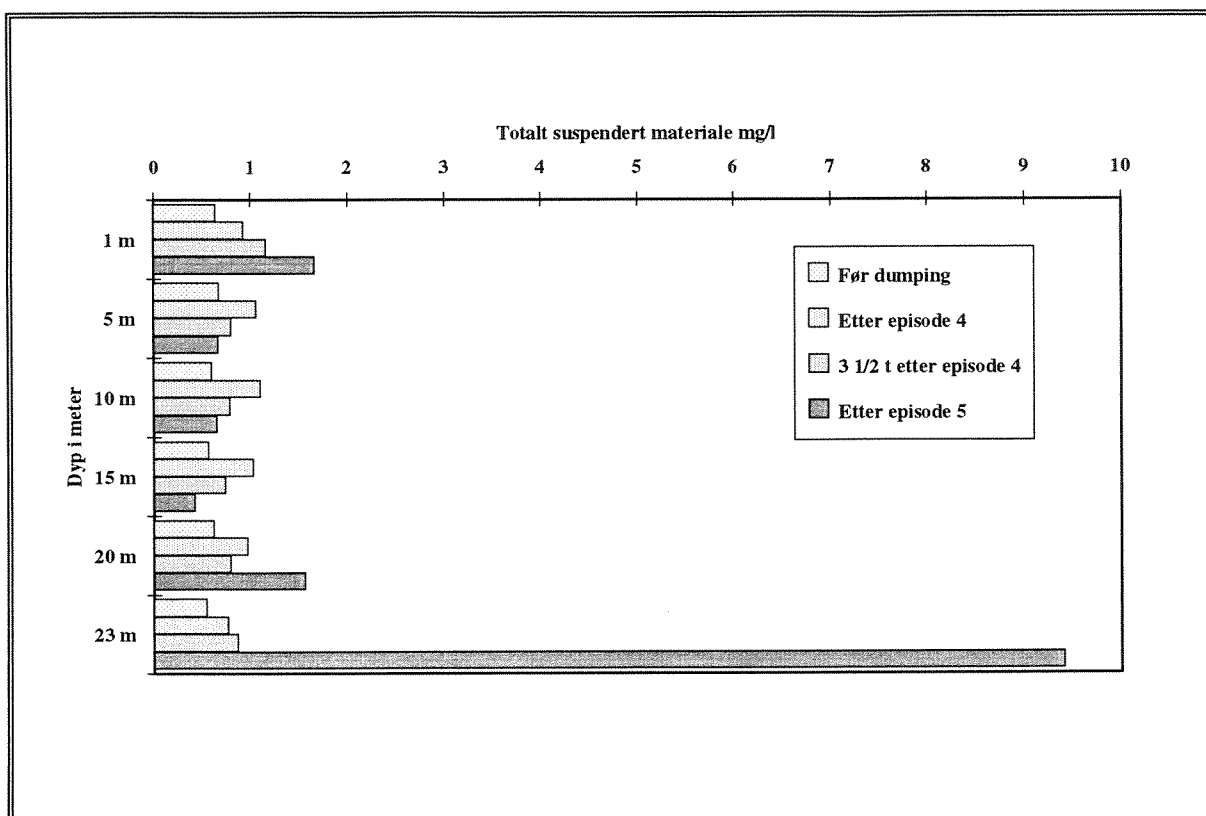


Figur 7. Turbiditetsmålinger i FTU-enheter på stasjon III i Kristiansandsfjorden i perioden 13.01.92 - 20.02.92.

4.7. Total suspendert materiale

Det ble tatt totalt 4 prøveserier med vannprøver på fastlagte dyp (1, 5, 10, 15, 20 og 23 m) for å bestemme mengden totalt suspendert materiale (TSM) i vannsøylen. Den første prøveserien (0-prøver) ble tatt under den første dag av hovedfeltarbeidet, før selve utfyllingen startet. Nullprøvene inneholdt mellom 0.55-0.67 mgTSM/l som ga et gjennomsnitt 0.61 mgTSM/l (Vedleggstabell 6).

De neste prøveseriene ble samlet inn i forbindelse med den første regulære dumping (episode 4). Første serie ble tatt en time etter dumping og vannsøylen inneholdt mellom 0.77 og 1.1 mgTSM/l, hvor høyeste verdi ble registrert på 10 m dyp. Et gjennomsnittlig innhold var 0.98 mgTSM/l. Målingene 2 1/2 time senere viste en svak reduksjon med et gjennomsnitt på 0.86 mgTSM/l. Høyeste verdi ble nå målt i 1 m dypet (jfr. vedleggstabell 6).

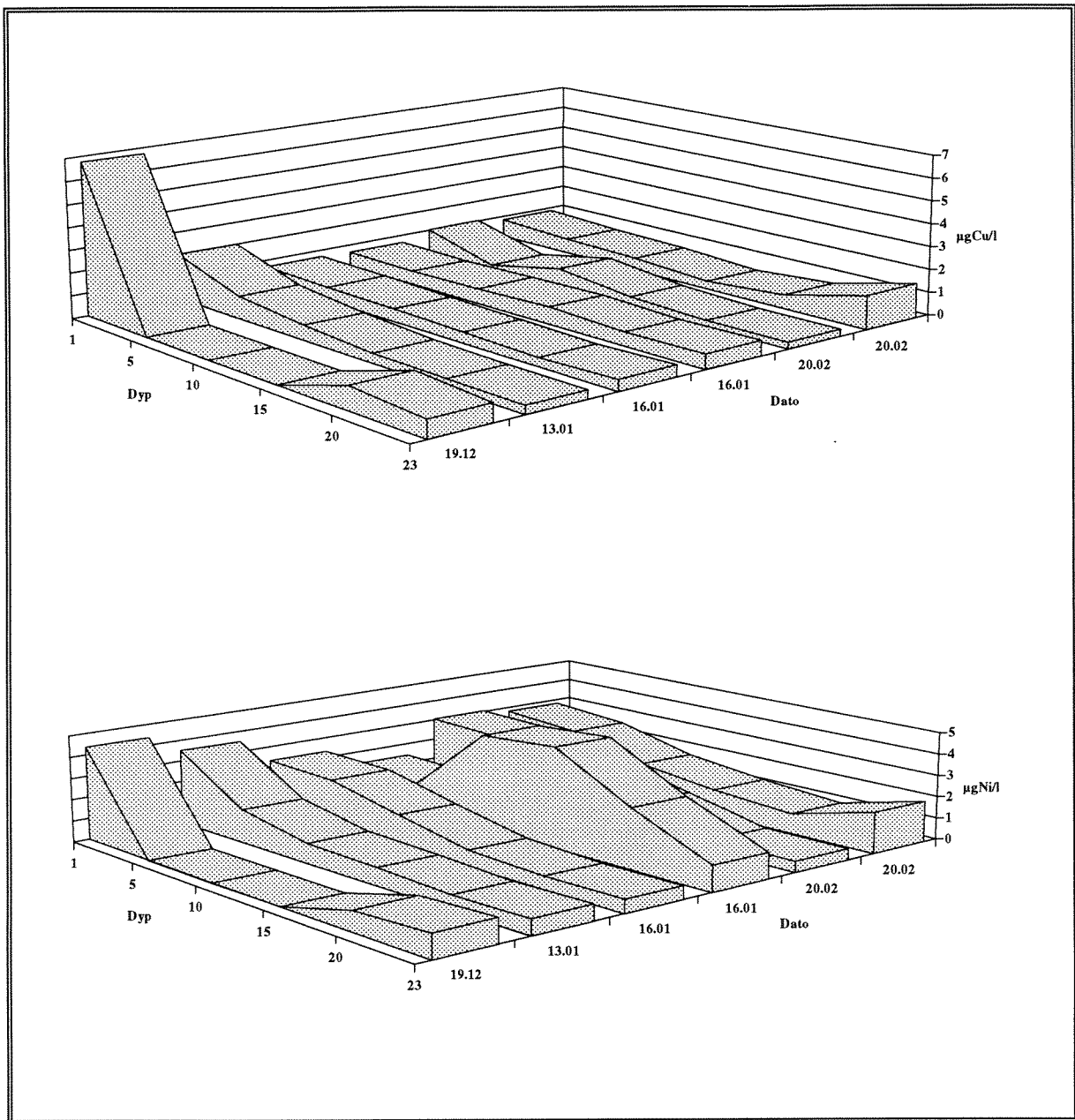


Figur 8. Mengden totalt suspendert materiale (TSM) målt i mg/l i dybdeprofilet, stasjon III, Kristiansandsfjorden i perioden 13.01.1992-20.02.1992.

Av disse innledende observasjonene kan det slutes at målinger av TSM bør foregå umiddelbart etter en dumpeepisode da det resuspenderte bunnsedimentet raskt sedimenterer igjen. Dataene fra målingene 1-4 timer etter viste da heller ingen markert økning i TSM. Dette forhold bekreftes av de supplerende målinger som ble gjennomført i forbindelse med episode 5. Her ble det registrert en markert økning i TSM i de nedre 5 m av vannsøylen, med maksimalt 9,42 mgTSM/l i 23 m dypet (Figur 8).

4.8. Tungmetaller

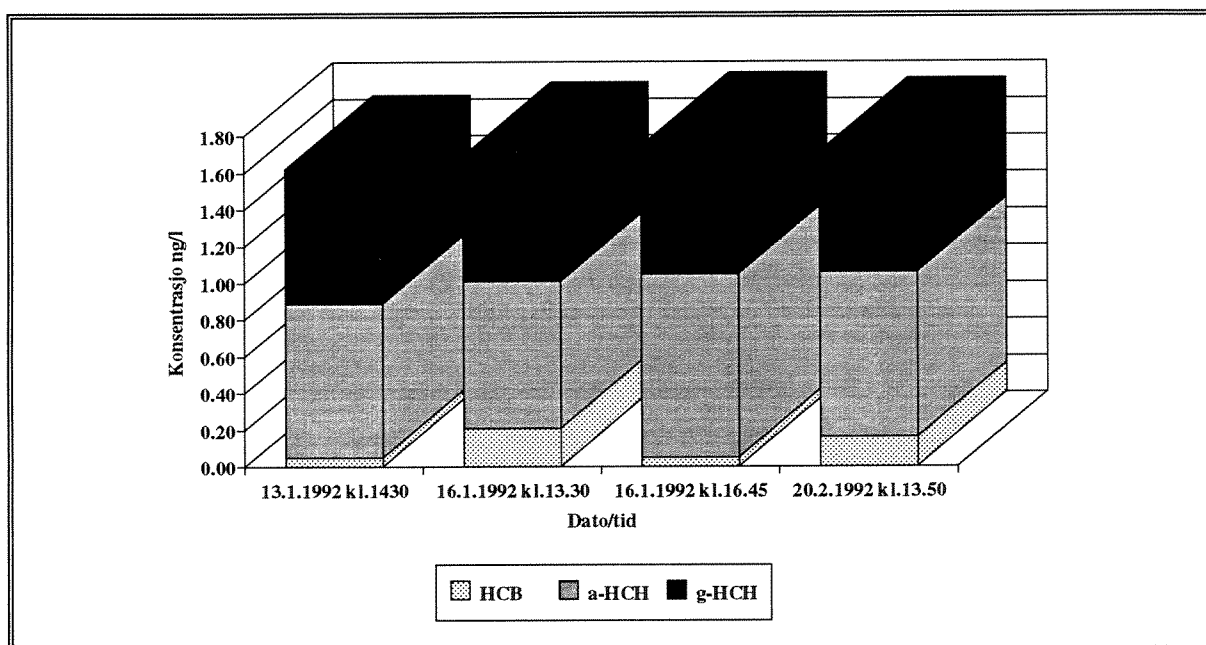
Målinger av tungmetaller i vannsøylen ble konsentrert på kobber (Cu) og nikkel (Ni) i fastlagte dyp. Rådataene er gjengitt i Vedleggstabell 7 og viste noe varierende størrelser. To av måleseriene ble utført før utfyllingen startet (den 19.12.91 og 13.01.92). Det ble ved begge anledninger registrert forholdsvis høye konsentrasjoner av begge metallene i overflatevannmassene. Mest markert var konsentrasjonen av Cu som tilsvarte mer enn 30x det som antas å være et bakgrunnsnivå (Knutzen og Skei 1990). Dette hadde trolig sammenheng med de ordinære utslipp til resipienten. Det ble imidlertid ikke påvist helt klare sammenhenger mellom dumping og konsentrasjoner av metaller i vannmassene. Men det ble registrert en svak økning av Cu og Ni nær bunnen 2-3 timer etter dumpinger av grove steinmasser.



Figur 8. Konsentrasjoner av kobber (Cu) og nikkel (Ni) gitt i $\mu\text{g/l}$ mål i dypene 1,5,10,15,20 og 23 m på stasjon III, Kristiansandsfjorden i perioden 19.12.1991-20.02.1992. Merk den 16.01 målinger ifm. episode 4 og 20.02 målinger ifm. episode 5.

4.9. Heksaklorbenzen - HCB

At det foregikk en frigivelse av HCB fra sedimentene til vannmassene som følge av dumping og dette var utgangspunktet for opptaksstudiet i blåskjellene. Rådata er gitt i vedlegg 4. Men som for metaller var det ingen markert mobilisering av klororganiske forbindelser. Ved de to målingene som ble foretatt etter dumpeepisode 4 og 5 var økningen i HCB-konsentrasjonen ikke mer en 5-7 ganger et antatt bakgrunnsnivå (Muir et al. 1992). Maksimalt ble det målt 0.21 ngHCB/l. Det ble samtidig også målt variasjoner i α -HCH (heksaklorsyκλοheksan) og γ -HCH (Lindan) med hhv. 0.8-1.0 ng/l og 0.65-0.73 ng/l. Disse forbindelsene ga et motsatt bilde i forhold til HCB, ved at de laveste konsentrasjonene ble målt i vannmassen etter dumping (Figur 9).

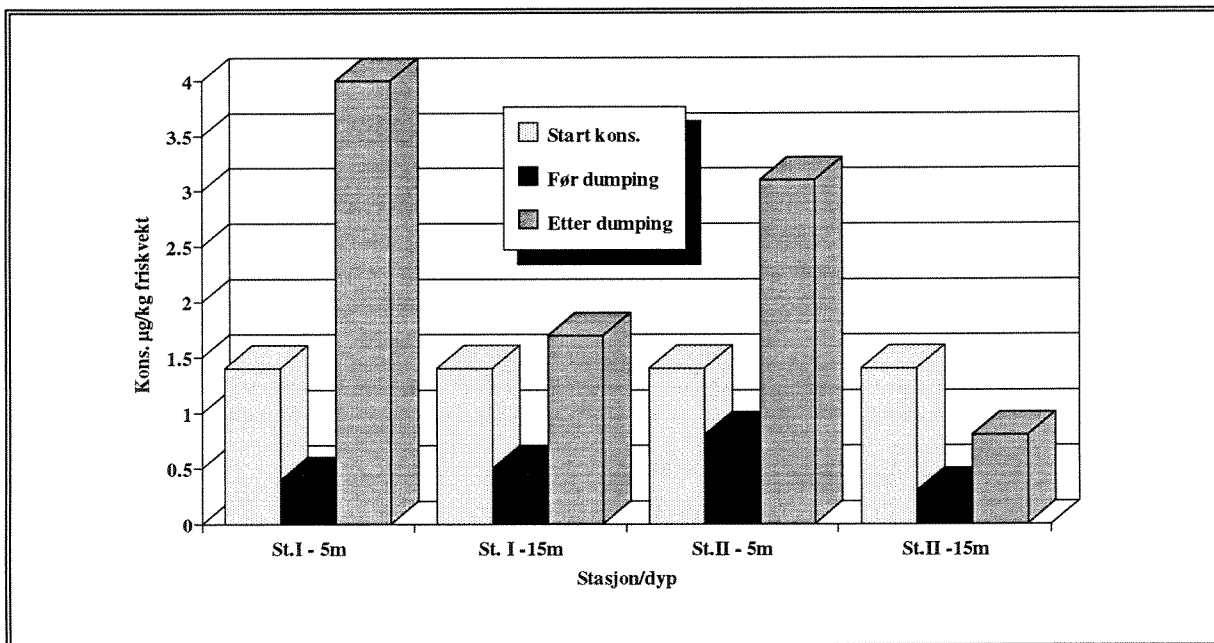


Figur 9. Konsentrasjoner i ng/l av HCB, α -HCH (heksaklorsyκλοheksan) og γ -HCH (Lindan) målt i 23 m vanddyp på stasjon III, Kristiansandsfjorden i perioden 13.01-20.02.1992.

4.10. Opptak av HCB i blåskjell

Rådata for opptaksstudiet er gjengitt i vedlegg 5. Undersøkelse av HCB i blåskjell i 1988 og 1990 i det indre havneområdet viste overkonsentrasjoner på vel 10 ganger over antatt høyt bakgrunnsnivå (Knutzen og Skei, 1990). I begge tilfeller var HCB-konsentrasjonene mellom 1.7-2.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ friskvekt (Knutzen et al. 1991). Blåskjellene som ble utplassert inneholdt i utgangspunktet 1.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ friskvekt som er innenfor samme størrelsesordenen som tidligere. Dette nivået ble redusert til mellom 0.3-0.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ friskvekt i perioden (25 dager) før utfyllingen startet.

Blåskjellene gjennomgikk en fase på 34 dager etter avsluttet utfylling, hvor de fikk anledning til å skille ut det meste av forurensede partikler og akkumulert HCB. De påfølgende målinger viste et reellt opptak eller konsentrasjonsøkning på mellom 3-10 ganger. Størst var opptaket i 5 m dypet på begge stasjoner og samtidig var både HCB-konsentrasjonen og økning i forholdet til utgangskonsentrasjonen størst nær dumpfeltet (stasjon I). Konsentrasjonene i 15 m dypet klart lavere enn i de øvre vannlag, men økningen var den samme på begge stasjoner (Figur 10).



Figur 10. Konsentrasjoner i blåskjell målt i $\mu\text{g}/\text{kg}$ friskvekt før og etter dumping utenfor KMV-Vest, Kristiansandsfjorden (19.12.1991-20.02.1992).

5. REFERANSER

- BERGE, J.A. og J. KNUTZEN, 1991. Sedimentenes betydning for forurensningstilstanden i Frierfjorden og tilgrensende områder. Rapport 3: Eksperimentelt opptak av persistente klororganiske forbindelser og kvikksølv i skrubbe og krabbe, opptak/utskillelse i blåskjell og registrering av miljøgiftinnhold i bunndyr fra Frierfjorden og Brevikfjorden. NIVA-rapport nr.2573, 143s.
- KNUTZEN, J., 1992. Accumulation and elimination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and persistent organochlorines in gill-breathing marine animals. NIVA-rapport nr. 2717, 40s.
- KNUTZEN, J. og J. SKEI, 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvaliteter. NIVA-rapport nr. 2540, 139s.
- KNUTZEN, J., K. MARTINSEN, K. NÆS, M. OEHME og E. OUG, 1991. Tiltaksorientert overvåking av miljøgifter i organismer og sedimenter fra Kristiansandsfjorden 1988 og 1990. Statl. prog. forurensningsovervåk. nr. 443/91, SFT/NIVA, 183s.
- MOLVÆR, J., 1986. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden 1982-84. Delrapport 6. Konklusjoner. Statl. prog. forurensningsovervåk. nr. 237/86, SFT/NIVA, 36s.
- MOLVÆR, J., 1991. Utslipp fra Odderøya renseanlegg, Kristiansand. Vurdering av innlagring, spredning og miljøeffekter. NIVA-rapport nr. 2530, 26s.
- MUIR, D.C.G., R. WAGEMANN, B.T. HARGRAVE, D.J. THOMAS, D.B. PEAKALL og R.J. NORSTRÖM, 1992. Arctic marine ecosystem contamination. Sci. Tot. Environm., 122, 75-134.
- NÆS, K., 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 2. Metaller i vannmassene, metaller og organiske miljøgifter i sedimentene, 1983. Statl. prog. forurensningsovervåk. nr. 193/85, SFT/NIVA, 62s.

VEDLEGGSTABELLER

Vedleggstabell 1. Rådata for temperatur (T°C) i Kristiansandfjorden - stasjon I, utenfor KMV-vest. Målinger utført i perioden 19.12.1991 - 20.02.1992. Manglende målinger merket (-).

Dato/Tid									
Vanddyp	19.12.91	13.1.92	13.1.92	14.1.92	14.1.92	15.1.92	16.1.92	20.2.92	20.2.92
m	kl. 13.00	kl. 11.30	kl. 15.00	kl. 10.00	kl. 13.30	kl. 09.00	kl. 12.30	kl. 10.30	kl. 14.00
0	6,90	5,00	4,80	7,00	7,20	7,00	7,00	3,90	4,40
1	7,30	6,40	4,70	7,20	7,20	7,00	7,00	3,90	4,40
2	7,40	6,90	6,20	7,30	7,20	7,00	7,00	3,90	4,50
3	7,50	6,99	6,80	7,20	7,20	7,00	7,00	3,90	4,60
4	7,60	7,00	7,00	7,20	7,20	7,10	7,00	4,30	4,60
5	7,90	7,19	7,10	7,20	7,20	7,10	7,00	4,50	4,60
6	8,00	7,19	7,20	7,20	7,20	7,10	7,00	4,50	4,60
7	8,10	7,20	7,20	7,20	7,20	7,10	7,00	4,50	4,60
8	8,10	7,20	7,30	7,20	7,20	7,10	7,00	4,60	4,70
9	8,20	7,21	7,30	7,20	7,20	7,10	7,00	4,70	4,80
10	8,60	7,21	7,30	7,20	7,20	7,20	7,10	4,80	4,80
11	-	-	-	7,20	-	-	7,10	4,90	4,80
12	8,70	7,21	7,30	7,20	7,20	7,20	7,10	4,90	4,80
13	-	-	-	7,20	-	-	7,10	4,90	-
14	8,70	7,21	7,30	7,20	7,20	7,20	7,10	4,90	4,90
15	-	-	-	7,20	-	-	7,10	4,90	4,90
16	8,70	7,21	7,30	7,20	7,20	7,20	7,10	4,90	4,90
17	-	-	-	-	-	-	7,10	-	-
18	8,70	7,30	7,30	7,20	7,20	7,20	7,10	4,90	4,90
19	-	-	-	-	-	-	7,10	-	-
20	8,70	7,39	7,30	7,20	7,20	7,20	7,10	4,90	4,90
21	-	-	-	-	-	-	7,10	-	-
22	-	7,39	7,30	7,20	7,20	7,20	7,10	4,90	4,90
23	-	7,39	7,40	7,20	7,30	7,20	7,10	4,90	4,90
24	-	-	-	-	-	-	7,10	4,90	-
25	8,80	-	-	-	-	-	-	5,00	5,00

Vedleggstabell 2. Rådata for saltholdighet (S,‰) i Kristiansandfjorden - stasjon I, utenfor KMV-vest. Målinger utført i perioden 19.12.1991 - 20.02.1992. Usikre verdier merket (*) og manglende målinger merket (-).

Dato/Tid									
Vann	19.12.91	13.1.92	13.1.92	14.1.92	14.1.92	15.1.92	16.1.92	20.2.92	20.2.92
m	kl.13.00	kl.11.30	kl.15.00	kl.10.00	kl.13.30	kl.09.00	kl.12.30	kl.10.30	kl.14.00
0	22,70	23,49*	24,00*	32,72	32,39	33,64	33,62	29,60	30,80
1	28,80	28,14*	24,00*	33,61	33,23	33,72	33,64	30,40	31,50
2	29,40	32,78	28,00*	33,96	33,85	33,72	33,69	30,40	32,00
3	30,80	33,43	33,16	33,96	33,89	33,80	33,82	31,50	32,12
4	31,00	33,71	33,72	33,96	33,89	33,95	33,87	32,01	32,10
5	31,90	33,84	33,89	33,96	33,89	33,97	33,87	32,05	32,52
6	32,20	33,89	33,89	33,96	33,89	33,97	33,90	32,35	32,66
7	32,70	33,91	33,94	33,96	33,92	33,97	33,92	32,75	32,84
8	32,79	33,96	33,99	33,96	33,92	33,97	33,92	32,95	33,09
9	33,05	33,98	33,99	33,96	33,96	33,97	33,92	33,01	33,12
10	33,23	34,00	33,99	33,96	33,96	34,00	33,96	33,08	33,15
11	-	-	-	33,96	-	-	33,96	33,35	33,20
12	33,53	34,00	34,06	33,96	33,96	34,00	33,96	33,61	33,23
13	-	-	-	33,99	-	-	33,90	33,75	33,31
14	33,67	34,03	34,06	33,99	33,96	34,00	33,90	33,83	33,38
15	-	-	-	33,99	-	-	33,90	33,92	33,40
16	33,70	34,03	34,06	33,99	33,98	34,00	33,90	34,00	33,46
17	-	-	-	-	-	-	33,90	-	-
18	33,70	34,03	34,06	33,99	33,98	34,00	33,90	34,05	33,55
19	-	-	-	-	-	-	34,00	-	-
20	33,80	34,09	34,06	33,99	33,99	34,02	34,00	34,05	33,62
21	-	-	-	-	-	-	34,00	-	-
22	-	34,09	34,06	33,99	33,99	34,02	34,00	34,05	33,65
23	-	34,09	34,12	33,99	34,00	34,06	34,00	34,55	33,65
24	-	-	-	-	-	-	34,02	34,60	33,68
25	34,40	-	-	-	-	-	-	34,64	33,71

Vedleggstabell 3. Rådata for totalt oppsamlede mengder materiale i de respektive sedimentfellene i perioden 19.12.1991 - 22.04.1992. Manglende verdier merket (*).

Innsamlings- dato	Antall dager	Vandyp i meter	Felle nr.	Mengde sed. i gram	Kommentar
13.01.92	26	4	I	0,9298	Ødelagt felle
	26	4	II	0,9263	
	26	14	I	1,2983	
	26	14	II	*	
	26	19	I	1,5844	
	26	19	II	1,3956	
16.01.92	4	4	I	0,1924	
	4	4	II	0,1692	
	4	14	I	0,2559	
	4	14	II	0,2781	
	4	19	I	12,2781	
	4	19	II	13,5234	
22.04.92	98	4	I	7,4669	Mistet felle
	98	4	II	3,2475	
	98	14	I	40,1094	
	98	14	II	38,2620	
	98	19	I	221,1562	
	98	19	II	*	

Vedleggstabell 4. Rådata for transmisjonsmålinger i %, stasjon III, Kristiansandsfjorden 13.01.92-16.01.92.

Dato/tid Dyp, m	13.1.92				14.1.92				15.1.92				16.1.92			
	11:30	15:00	10:00	18:00	9:00	10:11	10:15	10:40	11:45	15:00	17:00	12:30	13:00	13:45	14:15	16:30
0	47,7	41,4	55,2	57,0	58,0	56,8	55,5	57,6	52,9	39,5	58,0	49,9	25,5	43,7	45,0	45,0
-1	36,3	48,8	57,1	57,8	58,1	58,7	59,2	57,9	52,0	56,2	58,0	49,9	26,2	46,5	46,3	44,7
-2	54,7	50,3	56,9	59,8	58,2	58,0	57,8	58,4	58,1	60,6	58,0	54,5	29,2	45,2	50,7	46,8
-3	54,2	57,2	56,7	58,8	58,6	58,3	57,9	59,2	58,1	61,0	58,0	54,9	29,5	47,5	51,4	49,5
-4	56,9	59,0	56,5	60,9	59,1	58,0	56,8	58,4	57,2	60,9	58,0	55,5	30,0	48,5	54,3	49,9
-5	56,6	55,9	57,5	60,9	58,1	56,9	55,7	57,4	57,4	60,5	58,0	55,7	29,6	50,0	54,9	51,8
-6	58,6	56,9	56,9	60,9	55,6	55,4	55,2	55,0	56,3	60,5	59,0	57,5	29,6	49,5	55,7	52,0
-7	57,4	57,2	58,7	60,9	53,8	54,2	54,5	54,6	56,5	60,5	59,0	57,7	30,2	49,7	56,4	55,0
-8	58,2	58,4	58,9	60,0	53,7	54,0	54,3	54,6	58,2	60,5	59,0	57,5	30,5	48,7	56,7	57,1
-9	58,2	59,3	57,6	60,8	59,4	56,7	53,9	53,8	59,5	60,4	59,0	57,5	31,5	38,6	55,5	55,6
-10	58,7	60,2	57,5	60,1	58,7	56,6	54,4	57,9	60,4	60,3	59,0	57,4	31,6	35,5	56,2	55,8
-11	59,8	60,6	57,4	60,7	59,4	59,3	59,1	58,5	60,2	60,3	59,0	55,0	31,8	48,5	56,6	56,2
-12	60,2	60,7	57,4	60,7	59,5	59,5	59,5	58,5	60,2	60,3	59,0	53,5	30,6	49,3	56,9	55,9
-13	60,8	60,7	57,2	60,7	59,3	59,6	59,9	59,1	59,9	60,5	60,0	52,5	30,5	56,8	56,9	56,6
-14	60,8	60,5	57,2	60,7	59,8	59,8	59,8	59,2	59,7	60,3	60,0	52,0	29,6	57,0	56,5	56,3
-15	60,8	60,5	58,7	60,1	59,9	60,2	60,5	59,1	59,8	60,3	60,0	52,0	30,2	57,1	54,7	56,3
-16	60,6	60,6	56,9	59,2	59,9	60,6	61,2	59,1	54,5	60,3	60,0	54,2	30,2	52,8	52,8	56,3
-17	60,6	60,6	55,2	61,2	59,7	60,2	60,6	59,0	60,5	60,3	60,0	57,5	31,6	53,6	53,1	56,8
-18	60,5	60,4	51,2	59,2	59,7	59,9	60,1	59,5	59,9	60,3	60,0	58,0	32,0	54,5	52,8	57,0
-19	60,4	60,4	42,4	60,9	60,3	60,7	60,7	31,8	41,2	60,3	60,0	58,0	0,2	54,9	52,6	56,8
-20	59,8	60,4	47,2	49,8	60,3	60,7	60,7	4,1	2,0	60,3	59,5	58,2	0,2	56,4	53,2	55,3
-21	59,2	60,4	48,9	60,2	60,8	60,7	0,0	0,0	57,6	60,3	58,7	57,9	0,2	59,2	55,2	54,1
-22	58,9	60,2	43,9	59,8	61,2	60,7	0,0	0,0	53,0	58,1	0,0	55,5	0,2	59,7	59,1	54,8
-23	58,9	60,1	33,4	60,2	61,5	0,0	0,0	0,0	30,5	56,9	0,0	54,6	0,0	59,8	39,2	56,3
-24	58,9	60,0	33,4	60,2	61,5	0,0	0,0	0,0	30,5	56,9	0,0	54,6	0,0	59,8	38,6	58,3
-25	58,9	60,0	33,4	60,2	61,5	0,0	0,0	0,0	30,5	56,9	0,0	54,6	0,0	59,8	38,6	58,3

Vedleggstabell 5. Rådata for turbiditetsmålinger (FTU) på stasjon III, Kristiansandsfjorden i perioden 13.01.1991-20.02.1992.

Dato	Tid	Dyp					
		1 m	5 m	10 m	15 m	20 m	23 m
13.Jan. 91	14:00	0.53	0.52	0.52	0.52	0.54	0.53
16.Jan. 92	14:00	0.57	0.58	0.59	1.71	0.49	0.49
	16:30	0.81	0.83	0.67	0.76	0.7	0.58
20.Feb. 92	10:30	0.49	0.29	0.53	0.47	0.4	0.34
	13:12						0.36
	13:21						5.07
	13:31						1.44
	13:41						6.64
	13:51						6.22
	13:56						5.9
	14:06	3.42	0.38	0.63	0.51	1.4	5.35
	15:06	0.58					2.63
	15:36	0.51	0.31	0.52	0.49	0.45	0.58

Vedleggstabell 6. Rådata for målinger av totalt suspendert materiale i mgTSM/l på stasjon III, Kristiansandsfjorden i perioden 13.01.1992-20.02.1992.

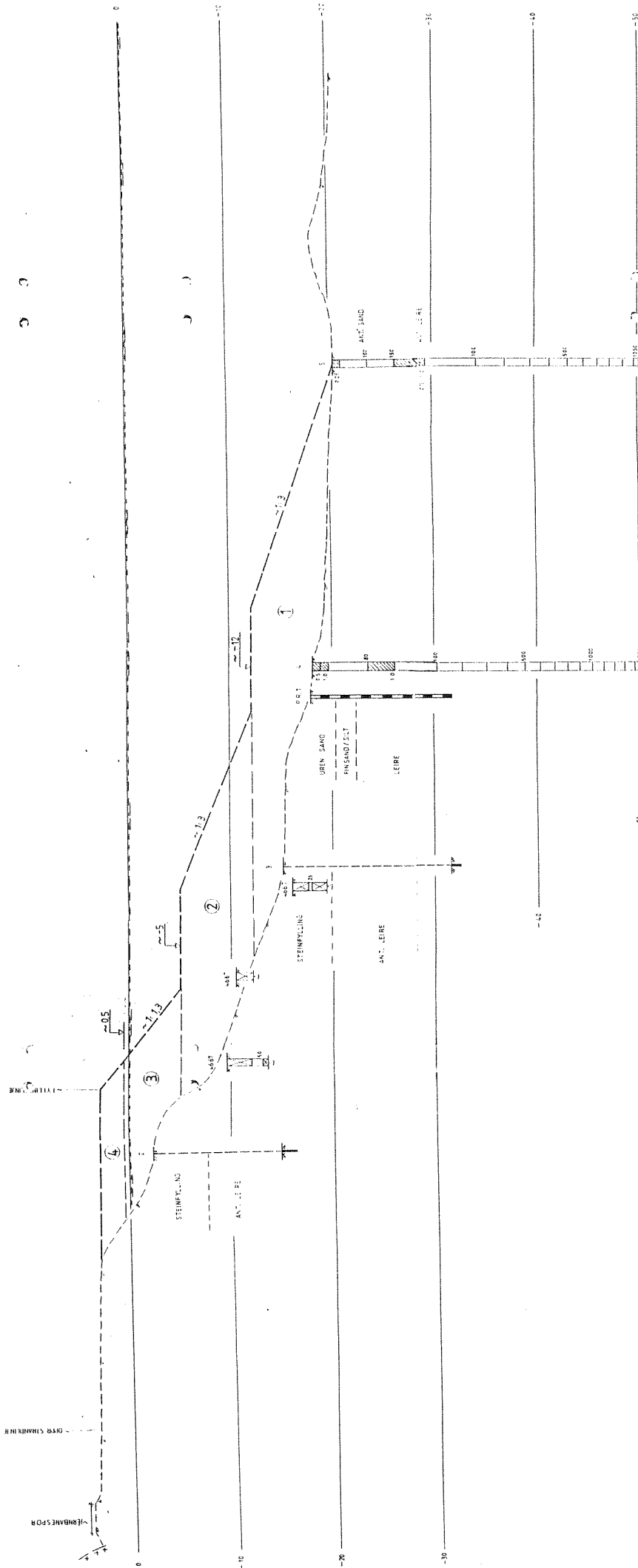
Dato-tid	13.01.1992-15:00	16.01.1992-14:00	16.01.1992-16:30	20.02.1992-14:00
1 m	0,642	0,932	1,167	1,671
5 m	0,672	1,063	0,805	0,670
10 m	0,598	1,102	0,791	0,657
15 m	0,567	1,033	0,741	0,429
20 m	0,619	0,969	0,795	1,565
23 m	0,550	0,767	0,872	9,416

Vedleggstabell 7. Rådata for målinger av tungmetallene Cu og Ni $\mu\text{g/l}$ (=ppb) på stasjon III, Kristiansandsfjorden i perioden 19.12.1991-20.02.1992.

Dyp, m	$\mu\text{gCu/l}$						$\mu\text{gNi/l}$					
	19.12	13.01	16.01		20.02		19.12	13.01	16.01		20.20	
1	6,75	2,00	0,70	0,66	1,04	0,84	4,35	3,50	2,30	1,40	3,06	2,80
5	-	0,99	0,63	0,61	1,14	0,67	-	1,56	2,20	1,29	2,92	2,50
10	-	0,67	0,57	0,67	0,83	0,59	-	0,94	1,44	4,45	2,15	1,65
15	-	0,44	0,49	0,77	0,42	0,37	-	0,83	0,74	4,70	1,33	1,20
20	1,02	0,39	0,39	0,63	0,30	0,62	0,93	0,67	0,59	2,80	0,53	0,92
23	0,79	0,37	0,50	0,67	0,30	1,49	1,10	0,72	0,61	1,20	0,51	1,90
Middel												

Vedlegg

Vedlegg 1	Prinsipp for utfylling ved KMV-vest
Vedlegg 2	Dumpeplan for utfylling
Vedlegg 3	Analysemetodikk HCB i biologisk materiale
Vedlegg 4	Rådata HCB i vann
Vedlegg 5	Rådata HCB i blåskjell



ANMERKNINGER:

1. ILLUSTRASJONER FRA NKS
TEKNISKE TEGNINGER, TEKN. NR. 34265-2, TRASEL 8-2

ORIENTERENDE BESKRIVELSE:

- FASE 1 : UTTYLLING I SJØEN TIL CA. KT. -12.
ETABLERES V/ DUMING FRA LEKTER.
- FASE 2 : UTTYLLING I SJØEN TIL CA. KT. -5.
LEKTER ETABLERES I HØYDEN AV KT. -5.
- FASE 3 : UTTYLLING FRA LAND TIL CA. KT. 0,5.
LEKTER ETABLERES I HØYDEN AV KT. 0,5.
- FASE 4 : UTTYLLING FRA LAND TIL ENDELIG NIVÅ
CA. KT. 2-3.

UTTYLLING UTFØRES UNDER KONTROLL AV PORETRYK OG DEFORMASJONER I DEN UNDERLIGGENDE LEIREN.
DET MÅ PÅREGNES ETAPPEVIS UTFØRELSE MED MIDLERTIDIG STANS FOR KONSOLIDERING MELLOM RIVER HVERFASE ANGT.
KONTROLL AV LEIREN MÅT PORETRYK- / DEFORMASJON- MÅLINGER TILSETTES DER.
FORBVRIG HENVISES TIL KAPITTEL "STABILITET" I VÅR RAPPORT NR. 34265-1.

PRINSIPP UTTYLLING		SKJ MÅTTAK	1:200
KRISTIANSDAND HAAREVEBEN KKT. - VES		DATE	1971
NOTEBY KONSTRUKSJON INGENIØRBYRÅ		PROJEKT NR.	34265
		TEMA NR.	500

Kortfattet beskrivelse av analysemetode for klororganiske forbindelser i biologisk materiale.

Vått homogenisert materiale ristes i Erlen-Meyerkolbe med en 1:1 - blanding av cykloheksan og isopropanol tilsatt PCB - 53 som indre standard. Etter henstand dekanteres klarfasen over i en skilletrakt og ekstraksjonen gjentas. Det samlede ekstrakt i skilletrakten tilsettes destillert vann, slik at vann/isopropanol kan tappes av. Etter vasking av cykloheksan med destillert vann, tørkes ekstraktet og inndampes til tørrhet for fettvektbestemmelse. For videre analyse veies en del av fettut, løses i cykloheksan og renses/ forsåpes med konsentret svovelsyre.

Før kvantitativ analyse blir ekstraktet inndampet til ønsket volum i små glødede prøveglass. Identifisering og kvantifisering av de nevnte parametre utføres på en gasskromatograf (GC) med 60 m kapillærkolonne og elektroninnfangningsdetektor (ECD). Kvantifisering utføres via egne dataprogram ved bruk av 7 - punkts standardkurver, og konsentrasjonsnivået til alle parametre som skal kvantifiseres, justeres til å ligge innenfor standardkurvens lineære område.

Analyseresultatene kvalitetssikres ved blant annet å analysere kjente standarder for hver 10 - ende prøve på gasskromatografen, samt ved jevnlig kontroll av hele opparbeidings- og analyseprosessen ved bruk av internasjonalt sertifiserte referansematerialer, regelmessig blindprøvetesting og hyppig kalibrering av instrumentene ved bruk av 7 - punkts standardkurver.

NIVA, Oktober 1992
Einar M. Brevik

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Kristiansandsfjorden, FALCON
 Oppdragsnr. : 91194
 Prøver mottatt : 25.02.92
 Lab.kode : NXI
 Jobb.nr. : 92/26
 Prøvetype : Sjøvann
 Kons. i : Ng/l
 Dato : 5.03.92
 Analytiker : EMB

1: 23m, 20.02.92, k.13.50 4:
 2: 5:
 3: 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	<0.05					
a-HCH	0.90					
HCB	0.16					
g-HCH	0.65					
PCB 28	<0.05					
PCB 52	<0.05					
OCS	<0.05					
PCB 101	<0.05					
p,p-DDE	<0.05					
PCB 118	<0.05					
p,p-DDD	<0.05					
PCB 153	<0.05					
PCB 138	<0.05					
PCB 180	<0.05					
PCB 209	<0.05					
SUM						
SUM PCB						
%Tørrstoff						
%Fett						
EOPCL ppb						

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : FALCON
 Oppdragsnr. : 91194
 Prøver mottatt : 18.05.92
 Lab.kode : PZT1-6
 Jobb.nr. : 92/88
 Prøvetype : Blåskjell
 Kons. i : Ug/kg våtvekt
 Dato : 9.07.92
 Analytiker : EMB

1: 19.12,O-prøve
 2: 13.01,Rigg 1 5m
 3: 13.01,Rigg 1 15m
 4: 13.01,Rigg 2 5m
 5: 13.01,Rigg 2 15m
 6: 22.4,Falcon 5m

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB						
a-HCH						
HCB	1.4	0.4	0.5	0.8	0.3	4.0
g-HCH						
PCB 28						
PCB 52						
OCS						
PCB 101						
p,p-DDE						
PCB 118						
p,p-DDD						
PCB 153						
PCB 105						
PCB 138						
PCB 156						
PCB 180						
PCB 209						
SUM						
SUM PCB						
%Fett	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	2.2
%Tørrstoff	48.4	51.2	55.5	55.0	55.3	65.5

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : FALCON
 Oppdragsnr. : 91194
 Prøver mottatt : 18.05.92
 Lab.kode : PZT7-9
 Jobb.nr. : 92/88
 Prøvetype : Blåskjell
 Kons. i : Ug/kg våtvekt
 Dato : 9.07.92
 Analytiker : EMB

1: 22.4, Falcon 15m 4:
 2: 19.12, Myrodd.2 5m 5:
 3: 19.12, Myrodd.2 15m 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB						
a-HCH						
HCB	1.7	3.1	0.8			
g-HCH						
PCB 28						
PCB 52						
OCS						
PCB 101						
p,p-DDE						
PCB 118						
p,p-DDD						
PCB 153						
PCB 105						
PCB 138						
PCB 156						
PCB 180						
PCB 209						
SUM						
SUM PCB						
%Fett	1.8	2.1	1.6			
%Tørrstoff	52.1	48.5	58.5			

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2187-5