



RAPPORT LNR 4889-2004

Overvåkning av
kaiutbygging og
tunnelarbeider ved
Norzink



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

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

Tittel Overvåkning av kaiutbygging og tunnelarbeider ved Norzink, Odda.	Løpenr. (for bestilling) 4889	Dato 1. august 2004
	Prosjektnr. Undernr. O 23201	Sider Pris 30
Forfatter(e) Kai Sørensen	Fagområde Oceanografi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

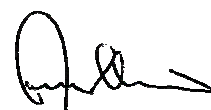
Oppdragsgiver(e) Outokumpu Norzink AS.	Oppdragsreferanse Bestillingsordre: 3.20036 den 13.2.03 3.20089 den 17.3.03
---	--

<p>Sammendrag</p> <p>Det er gjennomført en overvåkning av forurensning fra kaiutbygging ved Norzink i Odda. Det er foretatt kontinuerlige målinger av strøm og turbiditet og foretatt analyser for metallene Cd, Cu, Zn, Pb og Hg samt analyse av PCB7 og PAH16. Det ble ikke funnet vesentlige spredninger av partikler fra anleggsaktivitetene herunder oppvirvling pga pelearbeidet. Kun lokale økninger i partikkelmengdene ved selve kaianlegget er blitt målt, tilsvarende en økning i turbiditet fra et bakgrunnsnivå på ca 1 til 4-5 FTU. Høye turbiditetsverdier registrert i Eitrheimsvågen synes ikke å være forårsaket av anleggsaktiviteten, men må skyldes andre forhold som f.eks. avrenning fra land, oppvirvling pga båttrafikk.</p> <p>Det ble målt høyere metallkonsentrasjoner under anleggsperioden relativt til årsmiddel for Zn, Cd og Hg i Eitrheimsvågen og for Zn og Cd ved Lindenes uten at dette kunne knyttes direkte til pelearbeidet.</p> <p>Overvåkningen av tunnelarbeidene på østsiden av fabrikkanlegget viste høyere verdier for Zn sammenlignet med andre stasjoner i området. Partikkelforurensningen fra dette anleggsarbeidet er begrenset og kun enkeltverdier av Zn og Hg kunne knyttes til dette.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Overvåkning 2. Partikler 3. Miljøgifter 4. Norzink 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring 2. Particles 3. Contaminants 4. Norzink
---	---



Prosjektleder



Følskningsdirektør

**Overvåkning av kaiutbygging og tunnelarbeider ved
Norzink, Odde**

Forord

På oppdrag fra Norzink AS har NIVA gjennomført en overvåkning av spredning av partikler og miljøgifter under utbygging av nytt kaianlegg i Odda i 2003.

Det er også gjennomført en kontroll av forurensningen ved tunnelarbeider på Østsiden av fabrikanlegget.

Prosjektet er gjennomført i samarbeid med Hardanger Miljøsester i Odda (Alex Stewart Environmental Services AS, ASES), som har hatt ansvaret for feltarbeidet. Måleprogrammet bestående av kontinuerlige målinger og analyser er utarbeidet av NIVA. Metallanalyser er utført ved ASES og NIVA, mens de organiske analyser er utført ved NIVA.

Vi takker ASES ved Frode Høyland og Arild Moe for godt samarbeid, og Amund Måge for verdifulle innspill til rapporten og Torleif Olsen for tegninger.

Ved NIVA har teknikerne Tom Christian Mortensen og Morten Willberg hatt ansvaret for de måletekniske installasjoner. Birger Bjerkeng vurderte strømndata fra forundersøkelsen og Jarle Molvær har bearbeidet strømmålingene under pelearbeidet. Alle takkes for innsatsen. Kai Sørensen har vært prosjektleder.

Oslo, 1. August 2004

Kai Sørensen

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
2. Feltarbeid og metoder	7
2.1 Måling av partikler og strøm	7
2.1.1 Måling av strøm	7
2.1.2 Måling av turbiditet	8
2.2 Overvåkning av metaller og organiske miljøgifter	9
2.2.1 Prøveinnsamling	9
2.2.2 Analysemetoder	9
2.2.3 Parallellanalyser mellom NIVA og ASES	10
2.3 Plassering av målerigger og prøvetagningsstasjoner	10
3. Resultater og diskusjon	12
3.1 Partikler og strøm	12
3.1.1 Strøm ved kaianlegget	12
3.1.2 Turbiditet i Eitheimsvågen	14
3.2 Metaller og organiske miljøgifter	18
3.2.1 PCB og PAH	18
3.2.2 Metaller	18
3.3 Partikler og metaller ved tunnelarbeidene	20
4. Litteratur	23
Vedlegg A.	24

Sammendrag

Det er gjennomført målinger av strøm, partikler og miljøgifter under en kaiutbygging ved Norzink, Odda våren 2003 og ved tunnelarbeider på østsiden av Eitrheimsneset.

Strømmålingene i overflaten rett utenfor kaianlegget er styrt av tidevannsvekslingene og følger i hovedsak en nord-sydlig retning. For de dypere liggende vannlag (> ca. 2 m) observeres en dominerende nord og nordøstlig strøm som vil føre vannmassene inn mot kaifronten. På grunn av kaifrontens nordvest-sydøstlige retning kan man anta at det meste av strømmen vil dreie av mot Eitrheimsvågen. De målte strømhastigheter er i hovedsak lavere enn ca. 20 cm/s i 90 % av tiden.

I mesteparten av anleggstiden så ble det registrert lave partikkelkonsentrasjoner (< 1 FTU i 75 % av tiden), men i perioder på 5 min til flere timer ble det målt høye partikkelmengder. Endel av observasjonene av de høye verdiene er målt på tidspunkter hvor det ikke har pågått anleggsarbeid slik at andre årsaker er tilstede. Samtidige målinger av partikler ved kaien under pelearbeidet og ved riggen for kontinuerlige målinger viste at pelearbeidet ikke forårsaket de periodevis høye verdiene. Feilmålinger ved utstyret kan heller ikke utelukkes i kortere perioder.

Målinger av partikler rett ved kaien under pelearbeidet viste at det normalt ikke ble virvlet opp mye partikler, men at en økning fra en bakgrunnsverdi på ca 1 FTU til 4-5 FTU kunne forekomme. Dette er ikke høyere partikkelmengder enn det som kan forekomme i overflatevannet i Havnebasenget. Tilsvarende målinger fra andre steder finnes ikke, men f.eks. under mudringsoperasjoner kommer man opp i betydelig høyere verdier.

Analysen av organiske miljøgifter som PCB7 og PAH16 viste lave konsentrasjoner og bortsett fra lettflyktige naftalener lå de øvrige komponentene under deteksjonsgrensen. De månedsvise analysene av metallene Zn, Cd, Cu, Pb og Hg analysert ved NIVA viste at Cd og Hg har ca 2 ganger høyere verdier enn årsmiddel i Eitrheimsvågen, men ingen økning ved Lindenes. De hyppige analysene foretatt ved ASES avdekker noen tilfeller med høyere verdier for Zn og Cd i Eitrheimsvågen og ved Lindenes. For Hg er det en periode i mars/april noen episoder med høyere verdier enn årsmidlet, men på Lindenes ligger verdiene stort sett innenfor den normale variasjonen. Noen av tilfellene i mai skyldes oversvømmelse i en kum etter en nedbørsperiode. Det var ikke mulig å knytte de høyere verdiene i mars direkte til pelearbeidet.

Resultatene har vist at omfanget av overvåkingen ved slike aktiviteter ved kaianlegget bør inkludere målinger så nær opp til kilden som mulig og inkludere turbiditet og metall- og evt organiske analyser. Dette på grunn av at det er vanskelig å skille de ulike påvirkningene fra hverandre når dette gjøres langt fra kilden. Basert på data fra undersøkelsen i denne fasen kunne omfanget av overvåkingen av fase 2 forenkles.

Metallforurensningen ved tunnelarbeidet på østsiden av fabrikanlegget viser høyere verdier for Zn i overflatevannet sammenlignet med nærliggende stasjoner. Partikkeltilførsel til fjorden fra sprengningen synes å være av begrenset omfang og kun enkeltverdier av Zn og Hg er knyttet til høyere partikkelforurensninger i vannsøylen.

Summary

Title: Monitoring during construction of new quay and tunnel at Norzink, Odda

Year: 2004

Author: Kai Sørensen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4576-6

During construction of the new quay at Norzink in Odda spring 2003 monitoring of currents, particles and contaminants was performed.

The surface currents in the area followed mainly the topography in a North-Northeast direction into the Eitrheimsvågen while the deeper currents had a North-Northeast direction and due to the topography most of the water masses would go into the Eitrheimsvågen. The current speed was lower than 20 cm/s in 90 % of the time.

For most of the time the particle concentration was below 1 FTU in the Eitrheimsvågen. Occasionally high values could not be traced back to the construction work at the quay. Only very locally in the quay area particles of up to 4-5 FTU were recorded which is not more than normal for the surface water in the area.

The results from the organic contaminants PCB7 and PAH16 was low and except for naphthalene the PAH components was below the detection limit. For the metals Cd and Hg the values was up to 2 times the yearly mean in Eitrheimsvågen and within the yearly variation at Lindenes. Some episodes of higher values of Zn, Cd and Hg were recorded, but it was not proved that this was connected to the construction work. On the other hand some of the values were due to an episode with large rainfall and leakage from a tank under the quay.

The results showed that monitoring of such a construction work need to include measurements and sampling close to the activity. The results from this part 1 of the construction work showed that the monitoring for next periode could be made simpler.

The metal contaminants during the construction of the new tunnel showed only very locally any increase in the concentration of Zn and Hg and some of them was connected to increase in particles. High values of Hg close to the bottom were probably due to contaminants from the sediments caused by slide of stones.

1. Innledning

Norzink har foretatt en utbygging av sitt kaianlegg ved fabrikkene i Odda. NIVA fikk i oppdrag å gjennomføre en overvåking av første fase av denne utbyggingen mellom mars og juli i 2003.

Programmet skulle ivareta overvåkingen av partikkelspredning og kartlegge eventuell spredning av miljøgifter fra de forurensede sedimentene under arbeidet med bygging av kaianlegget. Innledende vurderinger kom frem til at den mest kritiske fasen for oppvirvling av forurensede sedimenter var under pelearbeidet. Denne perioden ble estimert til 2-3 ukers varighet. Anleggsarbeidet måtte gjennomføres så skånsomt som mulig og i den grad det var teknisk gjennomførbart skulle det brukes siltgardin rundt de områdene hvor pelingen pågikk.

Overvåkningsprogrammet ble utformet med hensyn på å fange opp eventuell spredning av forurensing i slike kortere perioder med høy risiko og samtidig være tilstrekkelig for å overvåke periodene med vanlig anleggsvirksomhet.

I pålegg fra SFT av 10.1.2003 skulle det foretas en utvidet overvåking av partikler og metallene Cd, Cu, Pb, Zn og Hg, samt de organiske miljøgiftene PCB7 og PAH16. Alle analysene omfatter vannprøver.

Programmet ble utformet og ledet av NIVA og Hardanger Miljøsenster har gjennomført feltarbeidet og assistert ved utsetting av instrumenter.

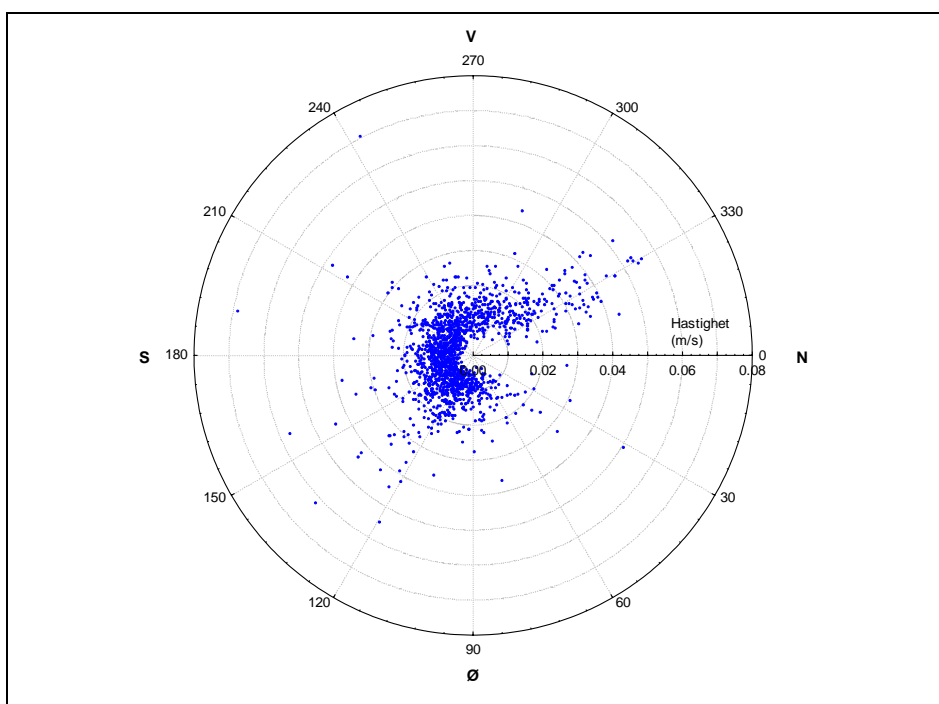
2. Feltarbeid og metoder

2.1 Måling av partikler og strøm

2.1.1 Måling av strøm

En forundersøkelse av strømforholdene ved kaianlegget ble gjennomført i februar 2003 for å finne de dominerende strømhastigheter og retninger for å bestemme den beste plassering av måleriggene for strøm og turbiditet. Det ble brukt en vektorstrømmåler og resultatene fra denne forundersøkelsen viste dominerende nordvestlige og svake strømmer (**Figur 1**).

Strømmålingene under anleggsarbeidet i fase 1 ble lagt opp for å avdekke spredningsretningen av eventuell partikkelforurensning, og på basis av bl.a. forundersøkelsen ble en ADCP strømmåler (Anderaa, DCM12) plassert neddykket på ca 10 m dyp rett utenfor kaianlegget. Det ble målt i 6 nivåer (0, 1.8, 3.2, 4.7, 6.1 og 7.6 m), og for å visualisere strømrretning og strømhastighet ble data overført hvert 5 min til datamaskin via kabel til en brakke på anlegget (**Figur 2**).



Figur 1. Forundersøkelser av strømrretning og hastighet ved kaianlegget fra 5.-11. februar 2003

2.1.2 Måling av turbiditet

Overvåkingen av partikkelspredning fra anleggsarbeidet ved kaianlegget skulle avdekke en mulig spredning ut i fjorden. Basert på de innledende strømmålingene valgte man å kombinere automatiske målinger av strøm og turbiditet med manuelle turbiditetsmålinger.

Det ble benyttet et turbiditetsinstrument av typen Polymetron som ble plassert i 2 måledyp (ved bunn og i overflate). Turbiditet ble registrert hvert 5 min og data ble overført via kabel til en datamaskin som ble plassert i en brakke på anleggsområdet (**Figur 2**). I tillegg ble det brukt et manuelt turbiditetsinstrumentet er av typen YSI når det var behov for å dokumentere partikkeloppvirvling under den intensive peleperioden. Både den automatiske og manuelle turbiditetsmåleren er kalibrert i forhold til ISO standard og verdiene uttrykkes i FTU (Formazin Turbidity Units).

Målepunktet for en automatisk måling av turbiditet ble valgt i Eitrheimsvågen (**Figur 3**) ved overvåkingsstasjonen E0 (Stasjon 1). For å få med målinger både i overflate og ved bunn ble den plassert lenger fra kaianlegget enn strømmåleren. Ut fra de innledende strømmålingene ble turbiditetsmåleren plassert nedstrøms forventet dominerende strømrretning fra kaianlegget. Den ville derved fange opp partikkelspredning som går nordvestover fra kaianlegget og inn i Eitrheimsvågen.



Figur 2. Utstyr for overvåkning av strøm (venstre) og turbiditet (høyre) montert i en brakke på fabrikkkanlegget.

2.2 Overvåkning av metaller og organiske miljøgifter

2.2.1 Prøveinnsamling

Det ble lagt opp til et intensivt analyseprogram under de kritiske fasene av arbeidet, samt en generell utvidelse av eksisterende måleprogrammer i Eitrheimsvågen og det Statlige overvåkningsprogrammet. De utvidede målingene av miljøgifter ble foretatt på stasjon 1, Eitrheimsvågen (E0) og stasjon 5, Lindenes (L2). Det ble lagt inn ekstra analyser av PCB7 og PAH16 under fasen med peling. Analysearbeidet ble delt mellom NIVA og ASES. ASES analyserte metallene Cd og Zn for de hyppige prøvene under pelearbeidet og NIVA analyserte Hg, Cu, Cd, Zn, Pb, PCB7 og PAH16 for den utvidede overvåkingen, samt Hg oversendt fra ASES fra den intensive prøvetagningen.

I forbindelse med tunellarbeidene på østsiden av fabrikkkanlegget ble det igangsatt et lokalt måleprogram for overvåkning av metaller. ASES foretok prøvetagning og analyser av Cd, Cu og Zn i overflatevannet på en stasjon (PT-1) utenfor området med tunellarbeid. Under sprengningsarbeidet den 13. mars ble det foretatt en utvidelse av dette måleprogrammet med analyser av Hg på flere stasjoner og dyp (**Figur 3**) for å studere eventuell partikkelspredning fra sprengingen og ved eventuelle ras.

2.2.2 Analysemetoder

Metodene for metallene Cd, Zn, Cu og Pb analysert ved NIVA fulgte samme prosedyrer som i det Statlige overvåkningsprogrammet med freonekstraksjon og atomabsorpsjon (Danielsson et al., 1978). Analysene av Cd og Cu foretatt ved ASES ble bestemt med atomabsorpsjon (grafittovn-AAS), mens Zn ble bestemt med ICP. Ved ASES ble prøvene fortynnet for å unngå saltinterferens slik at disse data får derved en høyere deteksjonsgrense enn data med NIVAs metode. Analysemetodene av Hg ved NIVA benytter seg av salpetersyreopplutning og kalddampeteknikk og gullfelle (Bloom og Crecelius, 1983). Alle prøver ble analysert ufiltrert. Både ASES og NIVA sine metoder er akkreditert.

Analysene av PCB7 og PAH16 er utført med en gaskromatografisk metode (GC). PCB ekstraheres med diklormetan, tilsettes internstandard, dampes inn til 1 ml, syrebehandles og bestemmes på GC-ECD. PAH ekstraheres med diklormetan, tilsettes internstandard, dampes inn til 1 ml og bestemmes på GC-MS.

2.2.3 Parallellanalyser mellom NIVA og ASES

Prøver til parallellanalyser av metaller ble innsamlet som en del av den rutinemessige prøvetagningen og analyser ble utført på Cd og Zn ved hhv ASES og NIVA. I parallellanalysene inngår også usikkerheten knyttet til prøvetagningen ettersom prøvene ble tatt på laboratorienes respektive prøveflasker direkte i vannmassene. Dette forventes å gi spesielt utslag ved høyere konsentrasjoner for metaller som er knyttet til partikler.

Resultatene (**Tabell 1**) viser at for Cd med konsentrasjoner $< 5 \mu\text{g/l}$ og for Zn $< 100 \mu\text{g/l}$ har laboratoriene relativt bra overensstemmelse tross de forskjellige metoder og prøveuttak. Avvikene kommer som forventet på de høyere konsentrasjoner og skyldes mest sannsynlig at ulike mengder av partikler kommet med i prøvene. For både Zn og Cd ser man slike avvik ved høye verdier.

Ut fra dette er ikke analyseresultatene ved de to laboratoriene så systematisk forskjellige at de ikke kan brukes for formålet med avdekning av akuttforurensning. ASES dataene er også litt høyere for Cd på de lave nivåene som skyldes metodiske forskjeller. For å overvåke langtidstrender hvor man krever en god deteksjonsgrense må det derimot foretas opparbeiding/ekstraksjon av prøvene før analyse.

Tabell 1. Oversikt over parallellanalyser utført ved ASES og NIVA under prøvetagningen på hhv. stasjon 1 Eitremsvågen (E0), stasjon 5 Lindenes (L2) og fra stasjon PT-1.

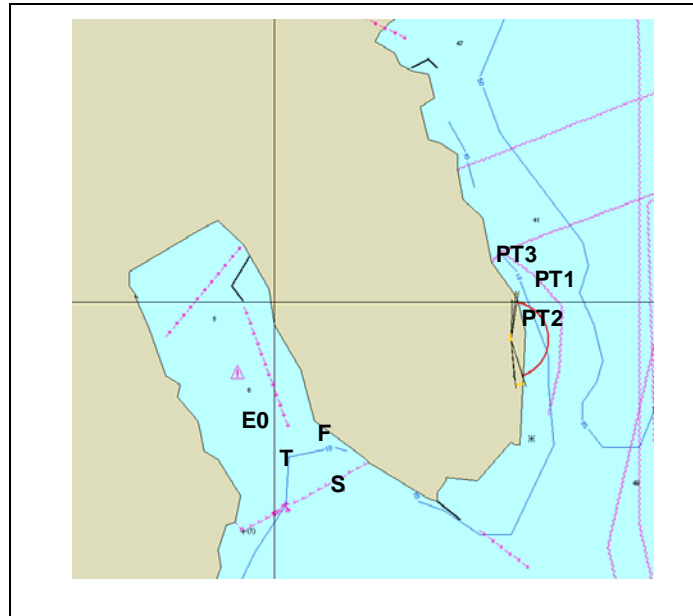
Dato	St.	Cd_ASES ($\mu\text{g/l}$)	Cd_NIVA ($\mu\text{g/l}$)	Zn_ASES ($\mu\text{g/l}$)	Zn_NIVA ($\mu\text{g/l}$)
13.03.2003	PT1	2,21	2,13	21	16,6
01.04.2003	E0	12,8	29,9	67	71
01.04.2003	L2	1,68	1,2	$<7,5$	9,32
15.05.2004	E0	0,78	0,36	122	38,5
15.05.2004	L2	0,45	0,22	13	9,7
07.07.2003	E0	0,33	0,26	27	27,1
07.07.2003	L2	$<0,2$	0,064	$<7,5$	6,92
Gjennomsnitt Cd < 5 ($\mu\text{g/l}$)		0,94	0,71		
Gjennomsnitt Zn < 100 ($\mu\text{g/l}$)				23,8	23,4

2.3 Plassering av målerigger og prøvetagningsstasjoner

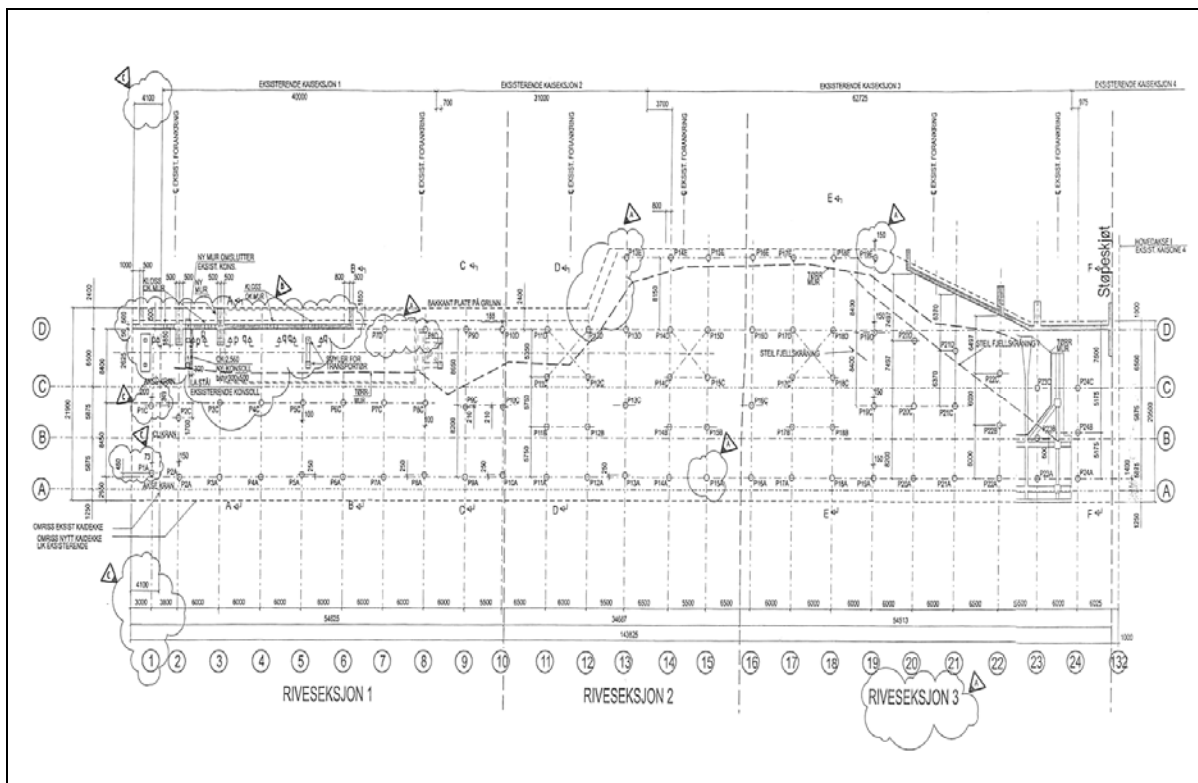
Plassering av de kontinuerlige målerigger for turbiditet og strøm er vist i **Figur 3** sammen med stasjoner for prøvetaking i Eitremsvågen (St.1). I tillegg er stasjon 5, Lindenes som inngår i det Statlige overvåkningsprogrammet benyttet (se Skei, 2004).

Målestasjoner under pelearbeidet ble etablert ved behov og etter fremdriften i anleggsarbeidet, og stasjonene for målinger ved kaianlegget er vist i

Figur 4. Stasjonene markeres med pelenummer regnet fra vest (venstre) mot øst langs kaien. Det ble foretatt målinger ved de ytterste pelene (Pelerekke A).



Figur 3. Plassering av strømmåler ved forundersøkelsen (F), kontinuerlige målerigger for strøm (S) og turbiditet (T), samt prøvetagningsstasjonen i Eitrheimsvågen E0, og stasjonene (PT1, PT2, PT3) for prøvetagningen ved tunnelarbeidet. Stasjon Lindenes (St.5, L2), Eitrem Sør (St. 3) og Øst (St.4) som inngår i Statlig program er ikke vist her, men se Skei 2004.



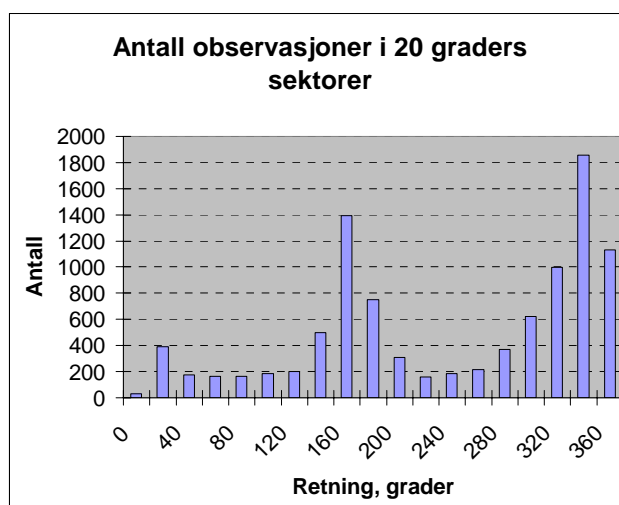
Figur 4. Tegning av nytt kaianlegget hvor det ble tatt prøver under arbeidet med pelingen, for eksempel angis pele 1 i pelerekke A som P1A. Jfr. vedleggstabell A1.

3. Resultater og diskusjon

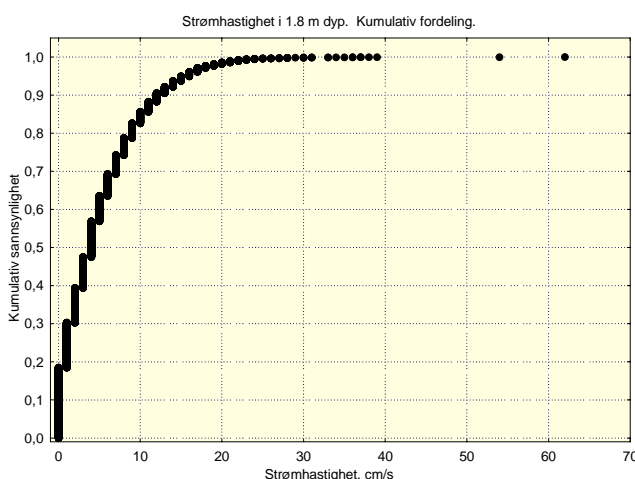
3.1 Partikler og strøm

3.1.1 Strøm ved kaianlegget

Måling av overflatestrøm på utsiden av kaianlegget i perioden mars til juni er fremstilt i **Figur 5** og viser en dominerende Nord-Nordvestlig (340 grader) og Syd-Sydøstlig komponent (160 grader). Dette må man anta hovedsakelig skyldes topografien i området. Eitrheimsvågen ligger i nord-sydlig retning og kaianlegget i en nord-nordvestlig til syd-sydøstlig retning. Strømhastigheten (**Figur 6**) i overflaten er i mesteparten av tiden (80 %) lavere enn ca. 10 cm/s.



Figur 5. Dominerende strømretninger i 20 graders intervaller i overflaten (0 m) i Eitrheimsvågen på utsiden av kaianlegget.



Figur 6. Kumulativ fordeling av strømhastigheter i overflaten (1,8 m) i Eitrheimsvågen på utsiden av kaianlegget.

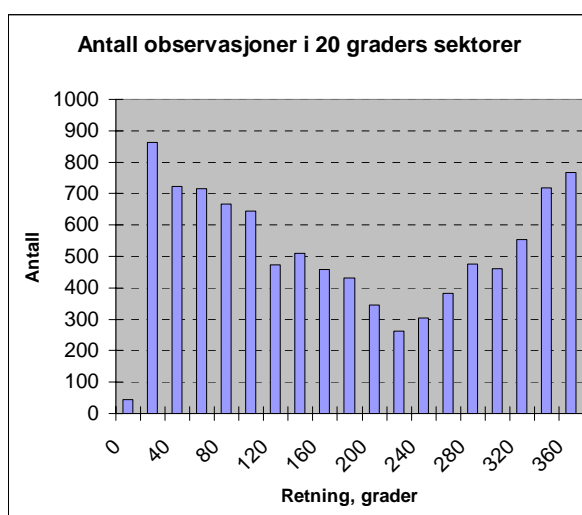
Under brakkvannslaget fra ca 2 meter og ned mot bunn var strømretningen dominert av en nordlig og tildels nordøstlig komponent (**Tabell 2**). Dette er illustrert med målingene foretatt i 6,1 m (**Figur 7** og **Figur 8**). Det betyr at strømmen i det underliggende saltene vannet oftere har ført vannmassene mot

kai-anlegget (nord og nordøstover) enn ut i fjorden (syd-sydøstover). Strømhastighetene var også lave med < 9 cm/s i 90 % av tiden (**Tabell 2**).

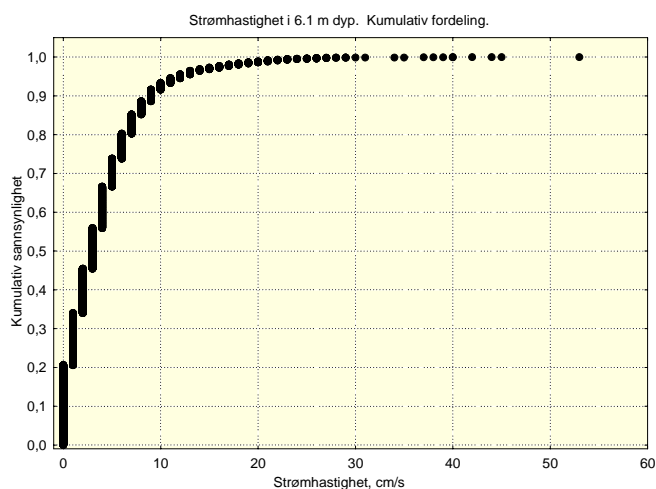
Tabell 2. Dominerende strømreretning og varighet på strømhastigheter ved kaianlegget i perioden mars til juni 2003.

Dyp (m)	Dominerende strømreretning (Grader)	Strømhastighet i 70 % av tiden (cm/s)	Strømhastigheter i 90 % av tiden (cm/s)
0 ¹⁾	300-360	< 15	< 40
1,8	280-20	< 7	< 12
3,2	320-80	< 7	< 20
4,7	320-90	< 7	< 12
6,1	320-90	< 5	< 9
7,6	320-90	< 5	< 9

1) Av måletekniske årsaker er strømmålingene i 0 m usikre.



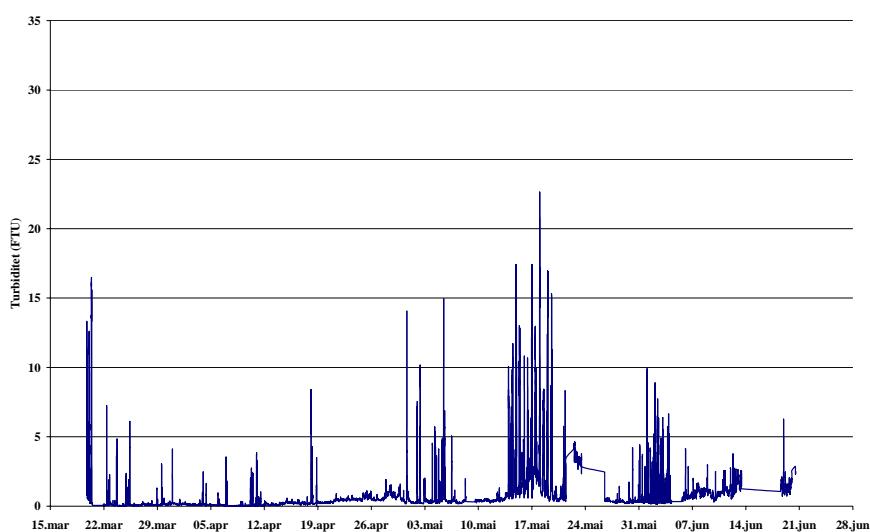
Figur 7. Dominerende strømreretninger i 20 graders intervaller i 6,1 m i Eitrheimsvågen på utsiden av kaianlegget.



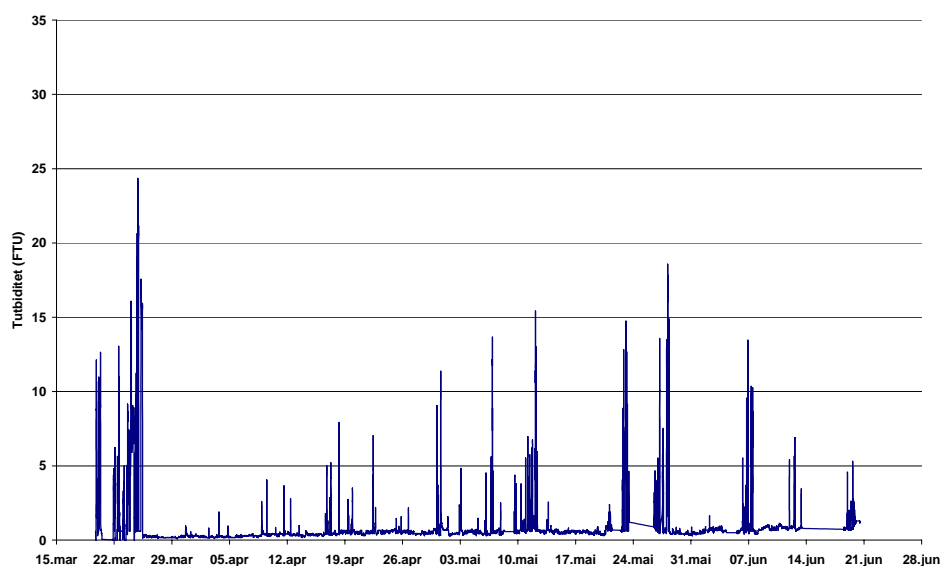
Figur 8. Kumulativ fordeling av strømhastigheter i 6,1 m i Eitrheimsvågen på utsiden av kaianlegget.

3.1.2 Turbiditet i Eitrheimsvågen

Pelarbeidet begynte den 20. mars og resultatene fra de kontinuerlige turbiditetsmålingene i Eitrheimsvågen i perioden 20. mars til 21. juni 2003 er vist i **Figur 9** og **Figur 10**. Åpenbare feilregistreringer og enkeltverdier er fjernet ved å sette en terskelverdi på 25 FTU, og dataene er midlet over 30 minutter. Ser man bort fra noen enkeltverdier med høye turbiditeter så er det frem til begynnelsen av mai 2003 lave turbiditetsverdier det meste av tiden (75 % av tiden < 1 FTU). I en periode i mars, ved noen situasjoner i april og frem til 14. mai ble det registrert høyere turbiditeter i 30-60 min varighet. Det er verdt å merke seg at høye turbiditetsverdier forekommer også på natten dvs. tidspunkter som det ikke pågår peleaktivitet eller annen anleggsaktivitet. Det betyr at det også var andre årsaker en anleggsarbeidet som forårsaket de sporadisk høye turbiditetsverdiene.



Figur 9. Turbiditet (FTU) i overflatelaget i Eitrheimsvågen i perioden 20. mars til 21. juni 2003.



Figur 10. Turbiditet (FTU) ved bunn (ca.10 m) i Eitrheimsvågen i perioden 20.mars til 21. juni 2003.

Før oppstart av pelearbeidet ble det den 13.mars målt turbiditet ved kaianlegget som lå stort sett under 1 FTU (vedleggstabell A1). I den første peleperioden fra 20. til 25. mars ble det målt turbiditet der hvor det foregikk peling for å studere oppvirvling under peleoperasjonen (vedleggstabell A1). En sammenstilling av middellkonsentrasjonen til turbiditet i vannsøylen fra disse målingene er vist i **Tabell 3**.

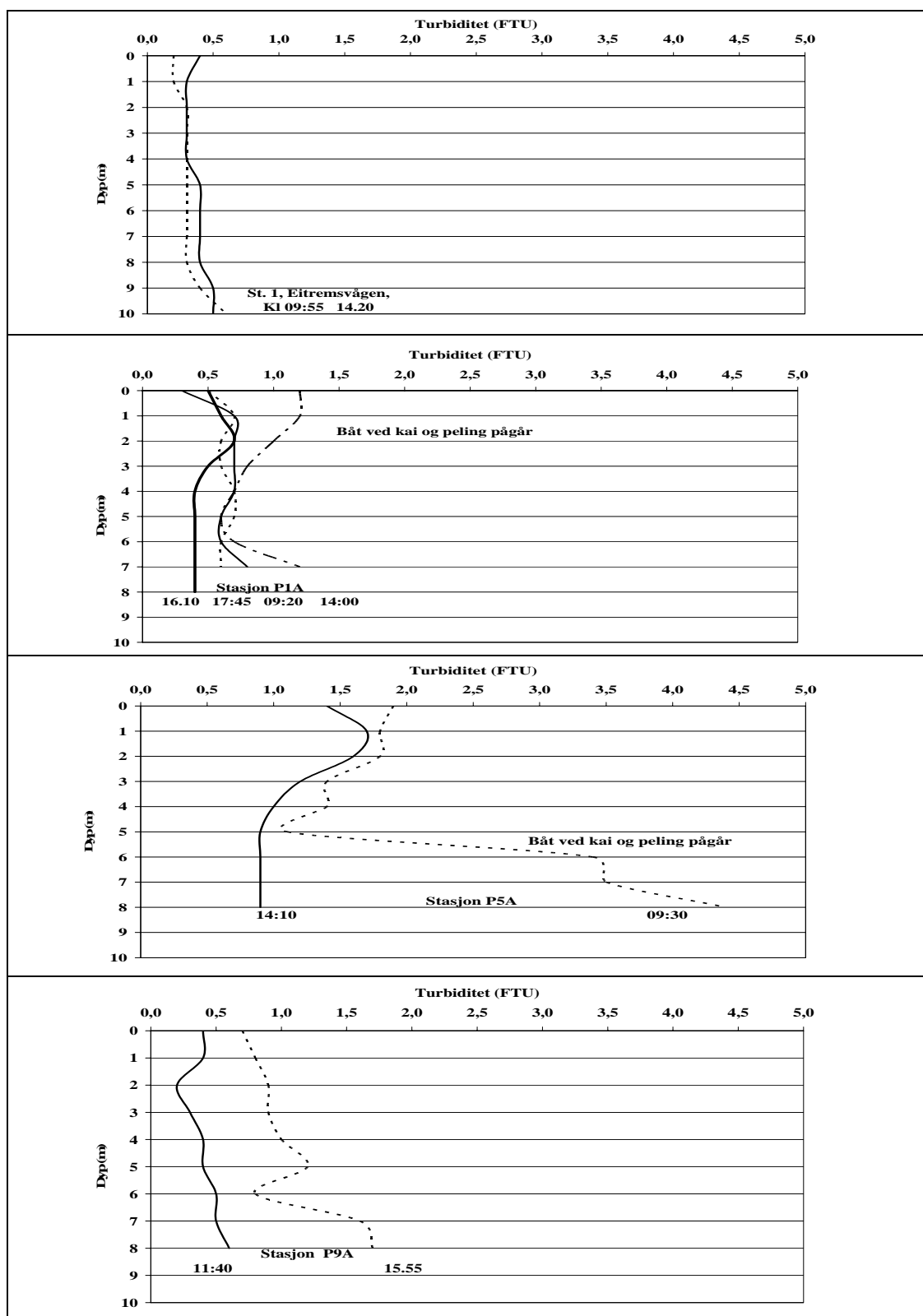
Tabell 3. Midlere turbiditet i vannsøylen i perioden rett før og ved oppstart av pelearbeidet.

Dato	Klokke	St1, Vågen	P1A	P5A	P7A, P8A, P9A
13.3.2003	10	0,52	0,62	0,34	0,64
20.3.2003	15	0,75	1,28	1,40	
21.3.2003	10	0,74	0,76		0,80
21.3.2003	13	0,65	0,96		1,57
21.3.2003	15		0,72		1,07
21.3.2003	21		0,78		0,80
24.3.2003	10	0,38	0,64	2,30	
24.3.2003	14	0,32	0,93	1,17	
24.3.2003	16		0,48		1,07
24.3.2003	18		0,63		0,79
25.3.2003	12		0,46		0,41

Et utvalg av disse målingene fra den 24. mars er vist som turbiditetsprofiler i **Figur 11**. Her finner man noe høyere turbiditet ved et tilfelle av peling (St P1A og P5A), men partikkelmengdene var allikevel små (maksimum 4-5 FTU). Disse mengdene avviker ikke fra hva som er normalt for eksempel i Havnebassenget (Skei, 2004). Her fant man i 2003 TSM-verdier mellom 0,5 til 4 mg/l og sammenhengen mellom turbiditet og TSM er omtrent som 1:1 ($TSM = 1,15 * \text{Turbiditet}$) som vist i en undersøkelse fra Kamfjordkilen (Sandefjord havn) under en mudringsoperasjon i 2003 (NCC 2003).

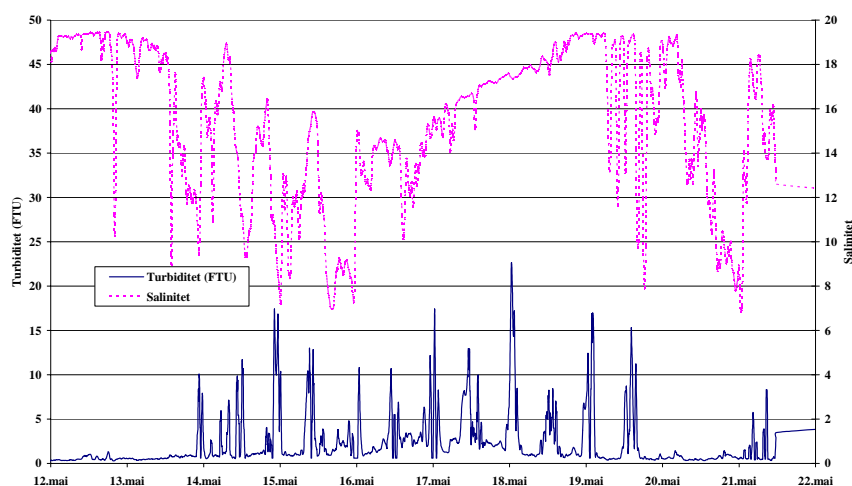
Under de første pelearbeidene ble det også benyttet kamera som også bekreftet at det ikke var oppvirvling av partikler. Tilsvarende undersøkelser fra andre områder finnes ikke, men under mudringsoperasjoner er det vist at partikkelmengden kan komme opp i 5-20 FTU nær mudringpunktene, avhengig hva slags mudringsteknikk som brukes (NCC 2003).

Det ble i begynnelsen av mars registrert meget høye turbiditetsverdier ved bunn ved den kontinuerlige turbiditetsmålerne (opp mot 70-80 FTU den 24. mars). Disse høye partikkelkonsentrasjonene kan ikke komme fra pelingen, men må skyldes lokale oppvirvlinger av sedimenter som måleriggen selv har forårsaket. Dette støttes av at også ved stasjon 1 (**Figur 11**) rett nord av måleriggen ble det ikke registrert tilsvarende høye turbiditetsverdier. Man kan heller ikke utelukke at skipsanløp og avgang kan gi høye verdier av partikler, selv om en kort studie av dette fra 2002 ikke kunne påvise dette (ASES 2002). Det er derimot vist fra andre havneområder at skipspropeller kan virvle opp betydelige mengder partikler (NCC 2003).

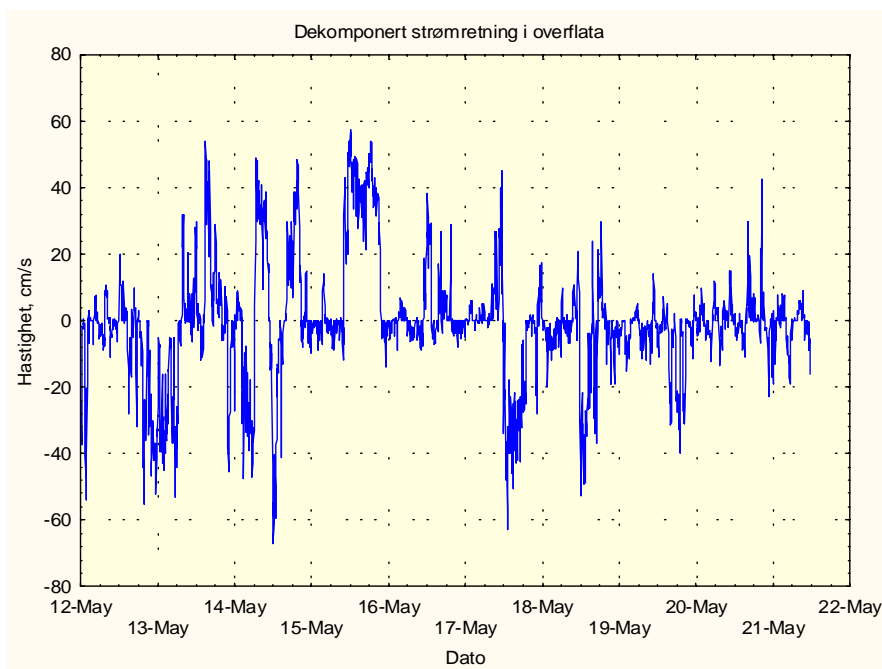


Figur 11. Turbiditetsprofiler fra den 24. mars 2003 på et utvalg av punkter ved kaien med og uten peleaktivitet.

Fra ca. 14. mai så er det en vedvarende periode med høye turbiditetsverdier i overflaten (**Figur 12**) som sammenfaller med en lavere saltholdighet. I denne perioden var det mye nedbør og man må anta at de høyere turbiditetsverdiene skyldes generelt mer partikler i Eitremsvågen på grunn av avrenning fra land. Turbiditetstoppene sammenfaller med forandringene i saltholdighet som tyder på at det ferskere vannet i Vågen hadde høyere partikkelmengder. **Figur 13** viser strømhastigheten for den dekomponerte strømretningen (nord-syd) som dominerte i denne perioden og som styrker dette ved at man får høyere turbiditet når vannet strømmer ut og inn av Vågen. Det er derfor lite sannsynlig at disse episodene stammer fra anleggsarbeidet, men heller skyldes høyere partikkellinnhold i det ferskere vannet som ligger i Eitrheimsvågen etter nedbørsperioden.



Figur 12. Turbiditet og saltholdighet i overflaten i perioden 12.- 22. mai 2003 under en situasjon med mye nedbør og ferskvannstilførsler til Eitrheimsvågen.



Figur 13. Strømhastighetene for den dekomponerte dominerende nord-syd strømretningen i perioden 12.- 22. mai 2003.

3.2 Metaller og organiske miljøgifter

3.2.1 PCB og PAH

Resultatene fra prøver innsamlet for analyse av sum PCB7 og sum PAH16 fra oppstartingen av anleggsarbeidet i mars til avslutningen av fase 1 i juli fremgår av **Tabell 4**. Ved stasjon 1 (E0), Eitrheimsvågen er det blitt foretatt 6 prøveinnsamlinger.

Tabell 4. Resultater fra sum PCB7 og sum PAH16 på stasjon 1 (E0) i Eitrheimsvågen under fase 1 av pelearbeidet.

Dato	Sum PCB7 (ng/l)	Sum PAH16 (ng/l)
21.03.2003	<0,5	24,0
25.03.2003	<0,5	25,4
01.04.2003	<0,3	15,0
15.05.2003	<0,5	25,5
11.06.2003	<0,5	16,5
07.07.2003	<0,3	7,1
Gjennomsnitt	<0,5	18,9

Det ble ikke påvist noen forurensning av polyklorete biphenyler målt som sum PCB7 i overflatevannet i Eitremsvågen i denne perioden. Alle resultater er lavere enn deteksjonsgrensen. For de polyaromatiske hydrokarbonene målt som sum PAH16 var det også lave verdier (< 20-25 ng/l). Av dette var det den lettflyktige PAH komponenten naftalen som dominerte. De øvrige komponenter var stort sett under deteksjonsgrensen (se Vedlegg A3). Data fra tilsvarende peleoperasjoner finnes ikke, men til sammenligning fant man under en mudringsoperasjon i Kamfjordkilen (Sandefjord havn) PAH16 nivåer på 10-30 ng/l i nærområdene til mudringen og fra 150 til 300 ng/l i selve mudringspunktene (NCC 2003).

3.2.2 Metaller

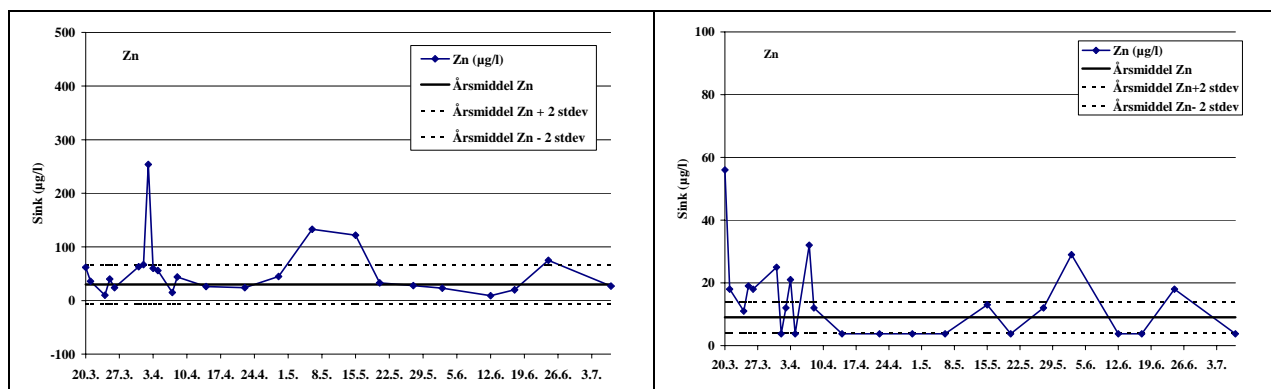
Analysen av Cd, Cu, Pb, Zn og Hg er utført som en utvidelse av det Statlige overvåkningsprogrammet og i tillegg har Cd, Zn og Hg blitt analysert hyppig i den mest intensive peleperioden. Data fra det utvidede programmet er vist i **Tabell 5** sammen med data fra overvåkningsprogrammet. Data fra det Statlige program for denne perioden er inkludert i tabellen samt data for årsmiddel (Skei 2004).

Tabell 5. Resultater fra utvidet måleprogram av metaller i Eitrheimsvågen (E0) og ved Lindenes (L2) i perioden mars til juli 2003. Data fra Statlige program er merket *.

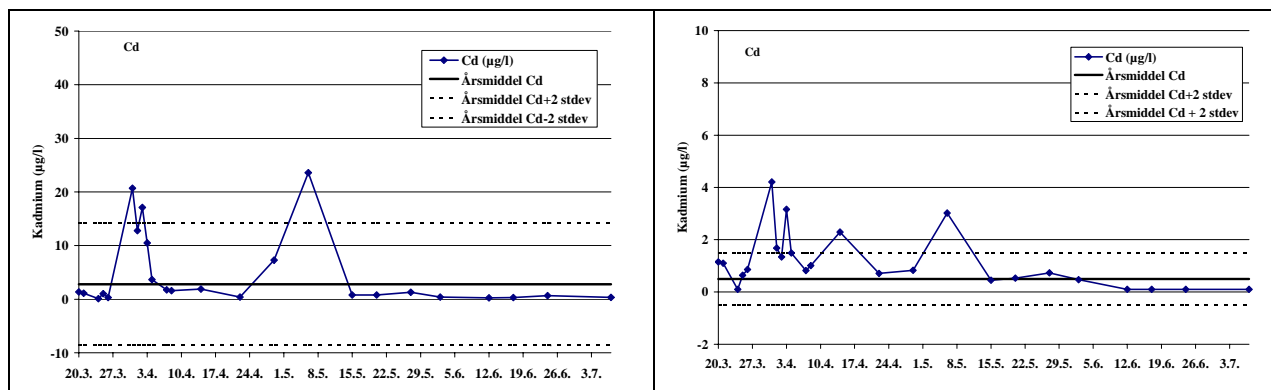
Dato	Stasjon 1 (E0), Eitrheimsvågen					Stasjon 5 (L2), Lindenes				
	Cd (µg/l)	Cu (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	Hg (ng/l)	Cd (µg/l)	Cu (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	Hg (ng/l)
12.03.2003 *	1,85	0,38	0,33	14	2,5	0,91	0,29	0,3	7,1	1,5
01.04.2003	29,9	0,93	3,44	71	19	1,2	0,47	0,47	9,32	2,5
10.04.2003 *	0,66	0,41	1,05	16,6	3	0,58	0,35	0,47	11,1	2
06.05.2003	18,8	0,57	1,11	56,1	2,5	1,47	0,32	0,3	7,2	2
15.05.2003	0,36	0,77	0,69	38,5	3,5	0,22	0,37	0,25	9,7	<1,0
11.06.2003	0,17	0,36	1,46	15,3	1,5	0,095	0,3	0,37	8,89	1,5
24.06.2003 *	0,34	0,7	1,68	26,7	1,5	0,1	0,63	0,43	8,14	12
07.07.2003	0,26	0,81	1	27,1	2,5	0,064	0,61	0,38	6,92	1
Gjennomsnitt	6,5	0,6	1,3	33,2	4,5	0,6	0,4	0,4	8,5	3,2
Årsgjennomsnitt	2,8	0,7	1	29,9	2,5	0,5	0,5	0,4	9	2,8
Standardavvik (Årsm.)	5,7	0,3	0,5	17,8	0,6	0,5	0,2	0,12	2,5	3,3

Gjennomsnittsverdiene i denne perioden ligger for Cd og Hg ca 2 ganger over årsgjennomsnittet i Eitrheimsvågen, mens Cu, Pb og Zn ikke avviker vesentlig. På Lindenes stasjonen så avviker ingen av metallene i denne perioden fra årsgjennomsnittet.

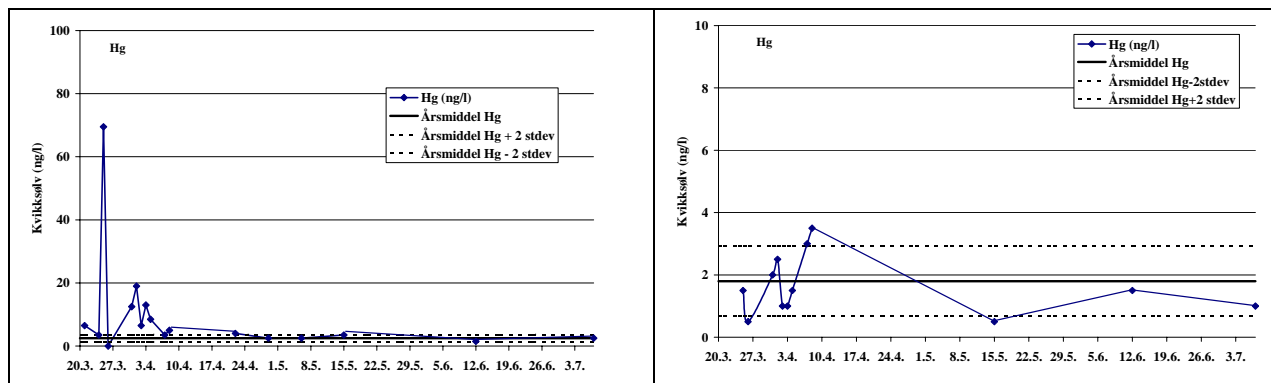
De hyppige observasjonene av Zn, Cd og Hg (**Figur 14**, **Figur 15** og **Figur 16**) sammenlignet med årsgjennomsnittet viser enkeltverdier med høyere konsentrasjoner for både Zn, Cd og Hg. I Eitrheimsvågen ligger 3 verdier utenfor årsvariasjonen for Zn og Cd, mens for Hg noen flere verdier i månedsskiftet mars/april. På Lindenes ligger flere Zn verdier utenfor den normale årsvariasjonen spesielt i månedsskiftet mars/april, fem observasjoner for Cd og en for Hg.



Figur 14. Sink på Stasjon 1 Eitrheimsvågen (venstre) og Stasjon 5 Lindenes (høyre) i 2003.



Figur 15. Kadmium på Stasjon 1 Eitrheimsvågen (venstre) og Stasjon 5 Lindenes (høyre) i 2003

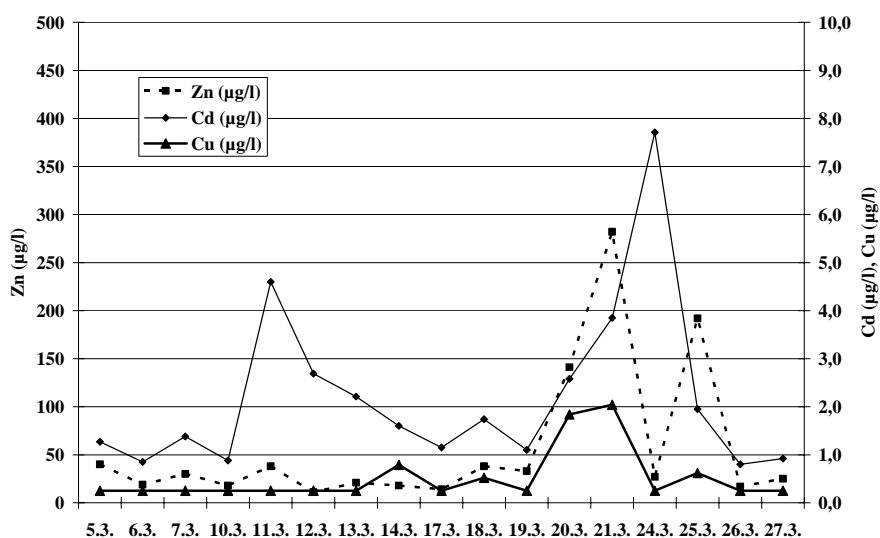


Figur 16. Kvikksølv på Stasjon 1 Eitrheimsvågen (venstre) og Stasjon 5 Lindenes (høyre) i 2003.

De høyere verdiene i begynnelsen av mai skyldes sannsynligvis i avrenning fra land etter en intensiv nedbørperiode. Den 6. mai rant en kum over som samler opp avrenning fra kaien og dette forårsaket de høyere verdiene i begynnelsen av mai.

3.3 Partikler og metaller ved tunnelarbeidene

Resultatene fra metallanalysene ved stasjon PT-1 utenfor fylling ved gjennomslag av tunnel er vist i vedleggstabell A5 og i **Figur 17**. Sammenligner man disse dataene med observasjonene på stasjon Eitrem Øst (St.4) og Sør (St.3) som ligger hhv nord og sør for stasjon PT-1 (**Tabell 6**), så ligger konsentrasjonen for Cd og Cu innenfor den normale spredningen (data og stasjonsplassering Skei 2004). Zn ligger derimot fra 3-5 ganger høyere, men 50 % av denne høyere verdien utgjøres av målingene fra perioden 20.-25. mars. Det ble ikke rapportert til NIVA noe uvanlig for denne perioden.



Figur 17. Resultater av Zn, Cd og Cu for stasjon PT-1 i perioden 5.- 27. mars 2003. Data fra lokalt analyseprogram utført av ASES.

Tabell 6. Middell og standardavvik for stasjon PT-1 sammenlignet med stasjon Eitrem Øst og Eitrem Sør (Skei 2004)

Stasjon	Zn (µg/l)		Cd (µg/l)		Cu (µg/l)	
	Middel	Stdev	Middel	Stdev	Middel	Stdev
Eitrem Øst	9,9	3,2	0,8	1,8	0,5	0,2
PT-1	54,8	73,8	2,4	1,9	0,7	0,5
Eitrem Sør	15,5	9,3	2,0	5,4	0,5	0,2

For å se om en eventuell økning av partikkelkonsentrasjonen ved sprengning førte til en økning av metallkonsentrasjonen ble det foretatt en studie av dette den 13. mars 2003. Prøver ble tatt før og etter sprengning og det ble foretatt måling av turbiditet i vannsøylen som vist i vedleggstabell A2. Stasjon PT-1 ligger 25 m rett ut for fyllingen, mens PT2 er syd for fyllingen og PT3 nord for fyllingen. Det var en svak strøm inn fjorden dvs. fra PT3 mot PT2 forbi steinfyllingen den 13. mars.

Resultater før sprengning den 13. mars fremgår av **Tabell 7**. Man fant et partikkellag rett over bunn (14 m) på stasjon PT1. Høy turbiditet ble målt i felt, men ble ikke funnet i vannprøven. Hg verdien var allikevel høy i denne prøven (182 ng/l). Det ble ikke funnet høyere verdier for de andre metallene, men dette kan skyldes at uttaket av prøver for Hg er på en separat flaske. Etter sprengningen (**Tabell 8**) fant man noe høyere turbiditet både i felt (2,7 FTU) og i vannprøven (2,4 FTU) på PT-2 samtidig med høyere metallverdier. Dette betyr at det var et lokalt bidrag av partikler og metallforurensning ved fyllingen.

Tabell 7. Metallresultater før sprengning ved tunellarbeidene i mars 2003.

Stasjon og tid	Turbiditet (FTU) Feltmåling	Cd (µg/l)	Hg (ng/l)	Zn (µg/l)	Turbiditet (FTU) Laboratorium	Cd (µg/l) SFT klasse	Hg (ng/l) SFT klasse	Zn (µg/l) SFT klasse
PT1 0 m 07:19	1	2,13	3	16,6	0,54	V	II	IV
PT1 5 m 07:19	1,1	0,36	2,5	5,36	0,54	IV	II	III
PT1 14 m 07:19	15,7	0,14	182	9,04	0,37	III	V	III
PT2 0 m 07:44	0,9	0,87	2	12,8	0,45	V	II	IV
PT2 3 m 07:44	1	0,77	1,5	10,3	0,51	V	II	IV
PT2 6 m 07:44	1	0,26	1	4,89	0,55	IV	I/II	III
PT3 0 m 08:00	1,3	1,02	1,5	33	0,37	V	II	V
PT3 5 m 08:00	1,6	0,3	2,5	5,57	0,48	IV	III	III
PT3 9 m 08:00	1,7	0,2	6,5	4,34	0,5	IV	III	III

Tabell 8. Metallresultater etter sprengning ved tunellarbeidene i mars 2003.

Stasjon og tid	Turbiditet (FTU) Feltmåling	Cd (µg/l)	Hg (ng/l)	Zn (µg/l)	Turbiditet (FTU) Laboratorium	Cd (µg/l) SFT klasse	Hg (ng/l) SFT klasse	Zn (µg/l) SFT klasse
PT1 0 m 18:45	0,7	0,77	1	12	0,57	V	I/II	IV
PT1 5 m 18:45	0,6	0,38	1,5	8,43	0,58	IV	II	III
PT1 14 m 18:45	0,5	0,15	3,5	3,09	0,45	III	II	III
PT2 0 m 19:00	0,9	0,97	1,5	10,5	0,49	V	II	IV
PT2 3 m 19:00	2,7	1,91	6,5	94	2,4	V	III	V
PT2 6 m 19:00	0,9	0,19	6	4,48	0,8	III	III	III
PT3 0 m 18:30	0,7	0,72	1,5	11,5	0,62	V	II	IV
PT3 5 m 18:30	0,9	0,28	6	5,05	0,69	IV	III	III
PT3 9 m 18:30	0,7	0,12	1,5	2,55	0,52	III	II	III

Den høyere Hg verdien som ble målt på PT1 ved bunnen før sprengning kan skyldes oppvirvling forårsaket av streinras fra fyllingen. De hyppige prøvetagningene (**Figur 17**) viser en økning i perioden 20.-25. mars av alle metallene relativt til perioden tidligere. Dette sammenfaller med en økning også på de andre stasjonene i området, som for eksempel fra Eitrheimsvågen. Om det er noen sammenheng her kan ikke utelukkes.

Gjennomsnittsverdiene før og etter sprengning for alle 3 stasjonene og dypene er vist i tabell **Tabell 9**. Den 13. mars kunne man ikke påvise at sprengnings og gravearbeidene forårsaket noen økning i metall-konsentrasjonene over større områder av fjorden. Mest sannsynlig kun i nærområdet og ved bunn under utfylling av masse.

Tabell 9. Middelerverdier for turbiditet og metaller før og etter sprengning den 13. mars 2003.

Middel og standardavvik	Turbiditet (FTU) Feltmåling	Cd ($\mu\text{g/l}$)	Hg (ng/l)	Zn ($\mu\text{g/l}$)	Turbiditet (FTU) Laboratorie
Middelerverdi og standardavvik før sprengning	2,8 \pm 4,8	0,67 \pm 0,63	22,5 \pm 59,8	11,3 \pm 9,1	0,48 \pm 0,07
Middelerverdi og standardavvik etter sprengning	0,96 \pm 0,67	0,61 \pm 0,58	3,2 \pm 2,3	16,8 \pm 29,2	0,79 \pm 0,61
Middelerverdi og standardavvik før sprengning uten stasjon PT1 14 m	1,2 \pm 0,30	0,74 \pm 0,64	2,6 \pm 1,7	11,6 \pm 9,7	0,49 \pm 0,06
Middelerverdi og standardavvik etter sprengning uten stasjon PT1 14 m	1,0 \pm 0,69	0,67 \pm 0,59	3,2 \pm 2,5	18,6 \pm 30,7	0,83 \pm 0,64

4. Litteratur

ASES 2002. Miljøovervåkning ved skipsanløp. Rapport utarbeidet for Outokumpu Norzink AS. Alex Stewart Environmental Services AS. Hardanger Miljøsenster, Rapport 2002-0071.

Bloom, N.S. og Crecelius, 1983. Determination of mercury in seawater at subnanogram per liter levels. *Mar Chem.*, 14: 49-59.

Danielsson, L.G., B. Magnusson og S.Westerlund, 1978. An improved metal extraction procedure for the determination of trace metals in sea water by atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization. *Anal. Chim. Acta.*, 98:47-59.

NCC 2003. Erfaringsrapport fra miljømudring i Kamfjordkilen. Rapport utarbeidet for Sandefjord kommune. 17 november 2003. NCC, NIVA og NGI. 201 sider.

Skei, J., 2004. Overvåkning av miljøforholdene i Sørfjorden 2003. Delrapport 2. Metaller i vannmassene. Rapport 900/2004. TA-nummer 2015/2004.

Vedlegg A.

Vedleggstabell A1. Manuelle turbiditetsmålinger under den intensive peleperioden.

Dato: 13.3.2003 kl 10 - 11

Dyp (m)	St1, Vågen (10:00)	P1A (10:15)	P 5A (10:25)	P9A (10:30)	P12A (10:40)	P20A (10:50)
0	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4
1	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5
2	0,5	0,9	0,8	0,6	0,6	0,6
3	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6
4	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6
5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6	0,6
6	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6
7	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6
8	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6
9	0,5		0,5	0,6	0,5	0,5
10	0,5		0,6	0,6	0,5	0,5
11	0,5				0,5	0,5
12	0,6				0,4	0,5
13						
14						
15						0,5
20						0,4
Middel	0,52	0,62	0,64	0,64	0,56	0,53
Under arbeid med:	Ingen aktivitet påbegynt.					

Dato: 20.3.2003 kl 15-17

Dyp	P5A (15:00)	P1A (15:15)	St1, Vågen (16:30)
0	2,9	1,3	1,0
1	2,6	1,2	0,9
2	2,1	1,0	0,7
3	1,1	0,9	0,7
4	1,1	1,0	0,7
5	0,7	1,3	0,6
6	0,6	2,2	0,6
7	0,7	1,3	0,6
8	0,8	1,3	0,6
9			0,7
10			0,8
11			1,1
Middel	1,40	1,28	0,75
Under arbeid med		Pele 1	Pele 2

Vedleggstabell A1 (forts)

Dato: 21.3.2003 kl 10-11 og 13-14

Dyp(m)	P7A (09:50)	P1A (10:00)	St1, Vågen (11:40)	P8A (13:10)	P1A (13:15)	St.1, Vågen (13:30)
0	1,0	0,8	0,7	0,7	1,6	0,7
1	0,9	0,8	0,7	6,6	0,8	0,7
2	0,8	0,8	0,8	1,0	0,8	0,7
3	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7
4	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7
5	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8	0,6
6	0,7	0,7	0,7	0,6	1,0	0,6
7	0,7	0,7	0,7	1,5	1,0	0,6
8	0,8	0,8	0,7	1,7	1,0	0,6
9			0,7			0,6
10			0,7			0,6
11						
Middel	0,80	0,76	0,74	1,57	0,96	0,65
Under arbeid med:	Pele 3	Pele 3	Pele 3	Pele 4	Pele 4	Pele 4

Dato: 21.3.2003 kl 15 og 21

Dyp	P8A (15:00)	P1A (15:15)	P8A (20:45)	P1A (21:00)
0	0,7	0,7	0,8	0,7
1	0,8	0,7	0,9	0,7
2	0,9	0,8	0,7	0,9
3	0,9	0,7	0,8	0,7
4	1,0	0,6	0,7	0,8
5	1,2	0,6	0,7	0,8
6	0,8	0,8	0,8	0,7
7	1,6	0,8	0,8	0,8
8	1,7	0,8	1,0	0,9
9				
10				
11				
Middel	1,07	0,72	0,80	0,78
Under arbeid med:	Ved peling	Ved peling	Etter peling	Etter peling

Dato: 24.3.2003 kl 9-10 og 14

Dyp	P5A (09:30)	P1A (09:20)	St1, Vågen (09:55)	P5A (14:10)	P1A (14:00)	St.1, Vågen (14:20)
0	1,9	0,3	0,4	1,4	1,2	0,2
1	1,8	0,7	0,3	1,7	1,2	0,2
2	1,8	0,7	0,3	1,6	1,0	0,3
3	1,4	0,7	0,3	1,2	0,8	0,3
4	1,4	0,7	0,3	1,0	0,7	0,3
5	1,1	0,6	0,4	0,9	0,6	0,3
6	3,4	0,6	0,4	0,9	0,7	0,3
7	3,5	0,8	0,4	0,9	1,2	0,3
8	4,4		0,4	0,9		0,3
9			0,5			0,4
10			0,5			0,6
Middel	2,30	0,64	0,38	1,17	0,93	0,32
Under arbeid med:	Båt v/kai og peling		Ved peling		Båt ved kai, Peling	Båt ved kai, Peling

Vedleggstabell A1
(forts.)

Dato: 24.3.2003 kl 16 -18

Dyp (m)	P9A (15:55)	P1A (16:10)	P8A (17:30)	P1A (17:45)
0	0,7	0,5	0,5	0,5
1	0,8	0,6	0,6	0,7
2	0,9	0,7	0,6	0,6
3	0,9	0,5	0,8	0,6
4	1,0	0,4	0,7	0,7
5	1,2	0,4	0,9	0,7
6	0,8	0,4	1,0	0,6
7	1,6	0,4	0,9	0,6
8	1,7	0,4	1,1	
9				
10				
Middel	1,07	0,48	0,79	0,63
Under arbeid med:				

Dato: 25.3.2003 kl 12

Dyp	P9A (11:40)	P1A (11:50)
0	0,4	0,5
1	0,4	0,6
2	0,2	0,3
3	0,3	0,3
4	0,4	0,5
5	0,4	0,4
6	0,5	0,5
7	0,5	0,6
8	0,6	
9		
10		
11		
Middel	0,41	0,46
Under arbeid med:		

Vedleggstabell A2. Resultater fra manuell turbiditetsmålinger ved tunnelarbeid.

Turbiditetsdata fra den 13. mars kl 07-08 og kl 14-15 før sprengning.

Dyp (m)	PT1 (07:19)	PT2 (07:44)	PT3 (08:00)	Dyp (m)	PT1 (14:55)	PT2 (15:05)	PT3 (14:15)
0	1,0	0,9	1,1	0	0,7	1,1	0,5
1	1,0	0,9	1,1	1	0,9	1,3	1
2	1,0	0,9	1,1	2	0,8	1,2	0,9
3	1,0	0,9	1,1	3	0,7	0,9	0,8
4	1,0	1,0	1,1	4	0,7	0,8	0,8
5	1,1	1,0	1,6	5	0,6	0,8	0,7
6	1,0	1,0		6	0,6	Bunn	0,6
7	1,0	1,0		7	0,6		0,6
8	1,0			8	0,6		0,6
9	1,0		1,7	9	0,5		1,2
10	1,0			10	0,5		Bunn
11				11	0,5		
12				12	0,5		
14	15,7			14	0,5		
Middel	2,23	0,95	1,26	Middel	0,62	1,02	0,77

Turbiditetsmålinger fra den 13. mars kl 18-19 rett etter sprengning (18:25)

Dyp (m)	PT1 (18:45)	PT2 (19:00)	PT3 (18:30)
0	0,7	0,9	0,7
1	0,7	1,5	0,8
2	0,7	5,2	0,9
3	0,8	2,7	1,1
4	0,7	1,1	0,9
5	0,6	0,9	0,9
6	0,6	0,9	
7	0,6		
8			
9			0,7
10			
11			
12			
13			
14	0,5		
Middel	0,66	1,89	0,86

Vedleggstabell A3. PCB7 og PAH16 resultater

De enkelte PCB komponentene på Stasjon E0 i Vågen.

Dato	CB28 (ng/l)	CB52 (ng/l)	CB101 (ng/l)	CB118 (ng/l)	CB138 (ng/l)	CB153 (ng/l)	CB180 (ng/l)
21.03.2003	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
25.03.2003	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
01.04.2003	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30
15.05.2003	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
11.06.2003	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
07.07.2003	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3

De enkelte PAH komponentene på Stasjon E0 i Vågen.

Dato	NAP (ng/l)	ACNLE (ng/l)	ACNE (ng/l)	FLE (ng/l)	PA (ng/l)	ANT (ng/l)	FLU (ng/l)	PYR (ng/l)	BAA (ng/l)	CHRTR (ng/l)	BBF (ng/l)	BKF (ng/l)	BAP (ng/l)	ICDP (ng/l)	DBA3A (ng/l)	BGHIP (ng/l)
21.03.2003	17	1	<1,0	1,2	2,5	<0,5	1,6	0,7	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
25.03.2003	17	1,1	1,3	1,6	2,5	<0,5	1,3	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
01.04.2003	10	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
15.05.2003	<17	<15	<5,0	<5,0	<20	6,3	9,2	10	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
11.06.2003	13	<2	<2	<2	3,5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
07.07.2003	7,1	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0

PAH-koder:

NAP	Naftalen	BAA	Benz(a)antracen
ACNLE	Acenaftylen	CHRTR	Chrysen+trifenylen
ACNE	Acenaften	BBF	Benzo(b)fluoranten
FLE	Fluoren	BKF	Benzo(k)fluoranten
PA	Fenantren	BAP	Benzo(a)pyren
ANT	Antracen	ICDP	Indeno(1,2,3cd)pyren
FLU	Fluoranten	DBA3A	Dibenz(a,c/a,h)antracen
PYR	Pyren	BGHIP	Benzo(ghi)perylen

Vedleggstabell A4. Resultater fra analyser av Zn, Cd og Hg. (Zn og Cd, er utført ved ASES, mens Hg er analysert ved NIVA).

Dato:	Tidspkt	Stasjon 1 (E0), Eitrheimsvågen			Stasjon 5 (L2), Lindenestua			Merknader:
		Zn (µg/l)	Cd (µg/l)	Hg (ng/l)	Zn (µg/l)	Cd (µg/l)	Hg (ng/l)	
20.03.03	1100	62	1,34		56	1,15		Peling.
21.03.03	1100	36	1,12	6,5	18	1,10		Peling.
24.03.03	1000	10	< 0,20	3,5	11	< 0,20		Peling. Båt ved kai.
25.03.03	1100	40	1,02	69,5	19	0,64	1,5	Peling. Båt ved kai.
26.03.03	1030	24	0,32	<1,0	18	0,86	<1,0	Peling. Båt ved kai.
31.03.03	1100	63	20,7	12,5	25	4,21	2,0	Peling
01.04.03	0930	67	12,8	19	< 7,5	1,68	2,5	Peling
02.04.03	1000	254 1)	17,1 1)	6,5	12	1,34	1	Peling
03.04.03	0930	60	10,5	13	21	3,16	1	Peling/båt ved kai
04.04.03	0900	56	3,65	8,5	< 7,5	1,49	1,5	Peling/båt ved kai
07.04.03	1000	15	1,73	3,5	32	0,82	3	Peling/båt ved kai
08.04.03	1000	44	1,60	5	12	1,01	3,5	Peling/båt ved kai
14.04.03	0830	26	1,89		< 7,5	2,29		Båt ved kai
22.04.03	1000	24	0,39	4	< 7,5	0,71		Båt ved kai
29.04.03	1100	45	7,28	2,5	< 7,5	0,83		Riving av kai.
06.05.03	1000	214 2)	26,6 2)	2,5	< 7,5	3,02		Rant over full kum under kai.
06.05.03	1400	52 2)	20,9 2)					Rant over full kum under kai.
15.05.03	1000	122	0,78	3,5	13	0,45	< 1,0	Riving av kai/båt ved kai
20.05.03	1100	33	0,79		< 7,5	0,53		Riving av kai/båt ved kai
27.05.03	1100	28	1,30		12	0,73		Riving av kai/båt ved kai
02.06.03	1100	23	0,40		29	0,47		Riving av kai/båt ved kai
12.06.03	1100	9	0,25	1,5	< 7,5	< 0,2	1,5	Riving av kai/båt ved kai
17.06.03	1100	20	0,32		< 7,5	< 0,2		Riving/bygging av kai/båt ved kai
24.06.03	1000	75	0,67		18	< 0,2		Riving/bygging av kai/båt ved kai
07.07.03	1100	27	0,33	2,5	< 7,5	< 0,2	1	Riving/bygging av kai/båt ved kai
Middel		58,8	5,4	9,7	11,8	1,2	1,6	3)
Standardavvik		63,8	7,9	16,2	9,3	1,1	1,0	3)

1) Brukt reanalyserte data fra Hg-flasken ved NIVA. Opprinnelige data for Zn var 308 og Cd 380 µg/l.

2) Store nedbørmengder forårsaket at kum under kai rant over. Brukt middelverdi i plott for figur 13 og 14 hhv 133 og 23,8 µg/l.

3) Brukt halve verdi av deteksjonsgrensen ved beregning av middelverdi og standardavvik.

Vedleggstabell A5. Metallresultater fra tunellarbeidet. Analyser utført av ASES.

Dato:	Tid	Zn (µg/l)	Cd (µg/l)	Cu (µg/l)	Merknader:
05.03.2003	10:30	40	1,27	< 0,50	Sprenging og graving
06.03.2003	10:30	19	0,85	< 0,50	Sprenging og graving
07.03.2003	10:30	30	1,38	< 0,50	Sprenging og graving
10.03.2003	10:30	18	0,88	< 0,50	Sprenging og graving
11.03.2003	11:00	38	4,60	< 0,50	Sprenging og graving
12.03.2003	12:00	11	2,69	< 0,50	Sprenging og graving
13.03.2003	12:00	21	2,21	< 0,50	Sprenging og graving
14.03.2003	12:00	18	1,60	0,79	Sprenging og graving
17.03.2003	12:00	14	1,15	< 0,50	Sprenging og graving
18.03.2003	12:00	38	1,74	0,52	Sprenging og graving
19.03.2003	11:00	33	1,10	< 0,50	Sprenging og graving
20.03.2003	11:00	141	2,58	1,84	Sprenging og graving
21.03.2003	11:00	282	3,85	2,04	Sprenging og graving
24.03.2003	10:00	27	7,71	< 0,50	Sprenging og graving
25.03.2003	11:00	192	1,95	0,62	Sprenging og graving
26.03.2003	11:00	17	0,80	< 0,50	Sprenging og graving
27.03.2003	11:00	25	0,92	< 0,50	Sprenging og graving
02.04.2003	10:00	22	5,41		Sprenging og graving