

# Regionsskai Eydehavn Sluttdokumentasjon miljø



NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)

**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

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

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 2218 51 00  
Telefax (47) 55 23 24 95

**NIVA Midt-Norge**

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

Tittel Regionskai Eydehavn. Sluttdokumentasjon miljø	Løpenr. (for bestilling) 5738-2009	Dato 15.02.2009
	Prosjektnr. Undernr. O-26421	Sider Pris 30
Forfatter(e) Bakke, Torgeir Homdrom, Roger (Skanska as) Lindland, Jan (Stærk & Co.) Helland, Aud (Rambøll as)	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Arendal Kommune	Oppdragsreferanse
-------------------------------------	-------------------

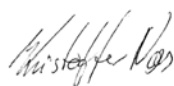
**Sammendrag**

Rapporten omhandler erfaringer fra miljøtiltakene ved anlegg av ny regionshavn i Eydehavn. Miljøundersøkelser før utbyggingen viste forurensning av olje, PAH og tungmetaller i avløpsslam på land, men ingen forurensning av sandmasser eller grunnvann. Miljøgifter i bunnsedimentene utenfor viste risiko for skade på mennesker og miljø. Logging av turbiditet i anleggsperioden knyttet til en alarmfunksjon virket i hovedsak etter hensikten, men bare ca 40 % av alarmene skyldtes anleggsarbeidet. Manuelle turbiditetsmålinger viste klart forhøyet turbiditet på ca 2-4 m dyp nær anleggsområdet. Tungmetaller, PAH og TBT var i stor grad knyttet til suspenderte partikler, og totalnivåene, spesielt av kobber og PAH, overskred teoretiske grenseverdier for biologiske effekter. Anleggsvirksomheten påvirket ikke næringsomsetning eller forurensning i lokale blåskjell.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Bunnsedimenter	1. Bottom sediments
2. Kaiutbygging	2. Harbour construction
3. Miljøkontroll	3. Environmental control
4. Miljøtiltak	4. Environmental remediation



*Torgeir Bakke*  
Prosjektleder



*Kristoffer Næs*  
Forskningsleder



*Jarle Nygard*  
Fag- og markedsdirektør



# **Regionskai Eydehavn**

Sluttdokumentasjon miljø



## Forord

*På oppdrag fra Arendal kommune har NIVA gjennomført rådgiving og miljøkontroll knyttet til mulig forurensningsbelastning av sjøområdene i forbindelse med utbygging av ny regionskai ved Eydehavn, Arendal.*

*Byggherre er Arendal Kommune og entreprenør for utbyggingen er Skanska as. NIVA har gjennomført byggherrens miljøkontrollprogram, og levert og driftet fastmontert instrumentering for kontinuerlig kontroll av turbiditet i sjøen som ledd i entreprenørens eget kontrollprogram. Fra NIVA har følgende deltatt i gjennomføringen.*

*Arne Veidel, Morten Willberg, Theodor Norendal: utsetting og drifting av faste målerigger for turbiditet.*

*Aud Helland, Jo Høkedal: manuelle målinger av turbiditet og vannprøvetaking.*

*Einar Kleven, Jarle Håvardstun, Lise Tveiten: innsamling av blåskjell*

*Anders B. Mills: tilrettelegging av turbiditetsdata for rapportering.*

*Torgeir Bakke: Ansvarlig for sluttrapportering*

*Aud Helland har vært prosjektleder fram til september 2007, Torgeir*

*Bakke etter dette.*

*Kontaktperson for byggherren har vært Jan Lindland, Stærk & Co.*

*Kontaktperson for entreprenøren har vært Roger Homdrom, Skanska.*

*Oslo, 15 februar 2009*

*Torgeir Bakke*

---





# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>Summary</b>	<b>9</b>
<b>1. Innledning, bakgrunn og målsetning</b>	<b>11</b>
1.1 Krav til undersøkelser	11
1.2 Miljømål og kostholdsråd	12
<b>2. Teknisk gjennomføring av tiltaket</b>	<b>13</b>
2.1 Beskrivelse av arbeidet	13
2.2 Prosjektorganisering	13
<b>3. Miljømessige undersøkelser i forkant</b>	<b>15</b>
3.1 Innhold og gjennomføring	15
3.2 Resultater	15
<b>4. Gjennomførte tiltak i sjø</b>	<b>17</b>
4.1 Mudring	17
4.1.1 Arbeidsbeskrivelse	17
4.1.2 Håndtering av muddermasser	17
4.1.3 Dokumentasjon (Vedlegg 4.1)	17
4.2 Sprengning	17
4.2.1 Arbeidsbeskrivelse	17
4.2.2 Dokumentasjon (Vedlegg 4.2)	17
4.3 Tildekking/erosjonssikring	17
4.3.1 Arbeidsbeskrivelse	17
4.3.2 Kvalitetskontroll av tildekkingsmasser	18
4.3.3 Dokumentasjon (Vedlegg 4.3)	18
<b>5. Kontrollprogram under anlegg</b>	<b>19</b>
5.1 Innhold og gjennomføring	19
5.1.1 Entreprenørens program	19
5.1.2 Byggherrens program	20
5.2 Resultater	20
5.2.1 Entreprenørens program	20
5.2.2 Byggherrens program	22
<b>6. Teknisk sluttkontroll</b>	<b>25</b>
<b>7. Miljømessig sluttkontroll - miljøovervåking</b>	<b>27</b>
7.1 Innhold og gjennomføring	27
7.2 Resultater	27

---



<b>8. Evaluering – erfaring med utstyr og teknologi</b>	<b>29</b>
8.1 Tekniske miljøtiltak	29
8.1.1 Mudring	29
8.1.2 Tildekking	29
8.1.3 Sprengning	29
8.1.4 Deponering	29
8.1.5 Teknisk sluttkontroll	29
8.2 Kontrollprogram for turbiditet	29
<b>9. Konklusjoner</b>	<b>31</b>
<b>10. Referanser</b>	<b>33</b>



## Sammendrag

Rapporten omhandler erfaringer fra de miljømessige tiltakene under anleggsarbeidene i sjø ved utbygging av ny regionshavn ved tidligere Arendal smelteverk i Eydehavn. Tillatelse til gjennomføring av tiltak ble gitt av SFT i brev av 12.02.2007. Kravene dekket miljøtekniske tiltak, miljøkontroll og overvåking, og utforming av erfaringsrapport.

Kaiutbyggingen ble gjennomført som en totalentreprise med Arendal kommune som byggeherre og Skanska AS som totalentreprenør. De to partene har brukt hhv NIVA og Asplan Viak som eksterne miljøkonsulenter.

Anleggsarbeidet av relevans for miljøforholdene i sjø omfattet grunnarbeid på land inkl tekniske installasjoner i grunnen, riving av eksisterende kai, kran, losseapparat og silobygg, tildekking av sjøbunn, miljømudring, plassering av stålørspeler for kaiplate og sprenging på land og i sjø.

Miljøundersøkelser og utredninger i forkant av utbyggingen viste at slam fra overvannskummer på Smelteverket var betydelig forurenset av olje, tjærestoffer (polysykliske aromatiske hydrokarboner, PAH) og tungmetaller. Sandmasser under ovnshusene og grunnvannet under og nedstrøms ovnshusene synes ikke å være forurenset. Miljøgifter i bunnsedimentene utenfor det nye kaiområdet utgjorde en uakseptabel risiko for skade på mennesker og miljø og sedimentene burde i utgangspunktet tildekkes. I sørlige del av området der sjødybden var for liten for tildekking, var massefjerning påkrevd. Området var dekket av stein som ble plukkfjernet. I nordre del av området ble løsmasser fjernet ved mudring og fjellet deretter sprengt ut til ønsket seilingsdyp. For å unngå propellerrosjon ble bunnen ut til ca 15 m i enkelte områder dekket med betongmadrass. Sprengte masser ble benyttet som fyllmasser. Muddermassene ble fraktet til spesialdeponi på Langøya. Området under ny utfylling ble dekket med fiberduk og deretter sandmasser fra anlegget og knuste masser. Området utenfor ny fylling var umulig å dekke med duk. SFT ga tillatelse til å sløffe duken, men lagtykkelsen med sand og pukk måtte økes. I praksis ble lagtykkelsen tykkere enn minimumskravet. Lokale sandmasser ble brukt etter kontroll av forurensning. Tilkjøpte masser ble brukt en kort tid pga høy PAH i lokale masser. Alle områder som er tildekket er kontrollert av dykker.

Entreprenørens kontrollprogram dekket spredning av partikler i vannet under arbeid. Dette ble gjort ved kontinuerlig logging av turbiditet knyttet til en alarmfunksjon, ledsaget av utvalgte vannprøveanalyser. Opplegget har i hovedsak virket etter hensikten, men alarmopplegget var sårbart for feilmålinger. Ca 40 % av utløste alarmer skyldtes anleggsarbeid. Resten skyldtes begroing av målerne, tildekking, feilfunksjon, nedbør, andre lokale utslipp eller aktivitet. I fremtidige tiltak bør man vurdere å heve grensen for alarmutløsning. Vannprøveanalysene viste stort sett miljøgiftnivåer under deteksjonsgrensene, men disse var i noen tilfeller for høye for formålet.

Byggherrens kontrollprogram dekket måling av turbiditetsprofiler ved anleggsområdet i den første tiden av mudringsoperasjonene, samt miljøgifter i utvalgte vannprøver. Målingene viste klart forhøyet turbiditet i nærområdet på ca 2-4 m dyp. Tungmetaller, PAH og TBT var i stor grad knyttet til suspenderte partikler. Totalnivåene av spesielt kobber og PAH overskred grenseverdier for effekter på vannlevende organismer.

Miljømessig sluttkontroll har omfattet måling av miljøgifter i lokale fastsittende organismer (blåskjell) i sammenlikning med tilsvarende målinger før anleggsarbeidet startet. Resultatene viste at anleggsvirksomheten ikke har påvirket næringsomsetningen eller ført til akkumulering av PAH eller TBT i blåskjell i nærområdet.



## Summary

Title: Regional harbour Eydehavn. Final environmental documentation.

Year: 2009

Authors: Torgeir Bakke NIVA, Roger Homdrom, Skanska AS, Jan Lindland, Stærk & Co, Aud Helland, Rambøll.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5473-0

The report covers the experience from environmental measures taken during construction work at sea for the establishment of a new regional harbour at the site of the former Arendal metal smelter at Eydehavn. Permission for the environmental measures was issued by the Pollution Control Authority (SFT) by letter of 12.02.2007. The permission requirements covered technological solutions, environmental control and surveillance, and content of a final assessment report.

The harbour construction was done as a complete delivery with Arendal municipality as responsible developer and Skanska AS being contracted for the construction work. The two parties engaged NIVA and Asplan Viak respectively as external environmental consultants.

Construction activities that might impact the marine environmental conditions included foundations and technical installations on land, removal of existing piers, capping and dredging of sea sediments, rock blasting on land and sea, and establishment of piles to support a new pier.

Investigations prior to the harbour development showed high contamination from oil, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), and heavy metals in waste water sludge from the former smelter. Soil and groundwater beneath and around the smelter were not contaminated. Contaminants in the sea bottom sediments represented a non acceptable risk of damage to human health and the environment, and the sediments should be capped. However, dredging was required in the southern part of the area as the water depth was too small for capping. Here the bottom consisted of rocks that had to be removed individually. To the north the sediments were dredged followed by rock blasting to obtain required sailing depth. To avoid sediment erosion from propellers the bottom was covered with concrete in certain areas out to 15 m depth. The material from rock blasting was used for pier foundation. Dredge material was shipped to the deposit facility at Langøya. The bottom area where a rock foundation supported the new pier was first capped with geotextile and subsequently covered with sand. Geotextile had to be omitted in the cap area outside due to strong currents. This was permitted by SFT, provided the cap thickness was increased. The final cap appeared to be thicker than the SFT specifications. Local sand material was used for capping after control for contamination. Due to an incident of high levels of PAHs in the local sand, material from another source was temporarily used. All capped areas have been inspected by divers.

The environmental control program of Skanska AS consisted of continuous turbidity logging to trace sediment erosion and transport during work in the sea. The turbidity logging was linked to an alarm routine and a seawater sampling program. The control program worked according to expectations, but the alarm routine was too vulnerable to false recordings. About 40 % of alarm incidents could be tied to the work at sea. The rest was caused by marine growth on the sensors, shading from floating objects, malfunction, rainfalls, and other local discharges and activities. In future control programs the turbidity threshold for alarms should set higher than the 5 FTU above background used here. Sea water analyses showed contaminant levels below the detection limits, but these limits were in some cases too high for the purpose.

The environmental control program of the municipality during construction covered manual turbidity measurements and water samples for contaminant analysis. The program was conducted during the initial phase of the dredging operations, and showed a marked elevation of turbidity at 2-4 m depth in and around the construction site. Heavy metals, PAHs and TBT in the water samples taken were mostly adsorbed to suspended particles. The overall levels of Cu and PAHs in these water samples exceeded agreed PNEC<sup>1</sup> values for aquatic organisms.

The environmental control after the construction work was finished comprised analysis of contaminants in local sessile organisms (blue mussel) and comparison with similar analyses performed on mussels collected prior to the construction work. The results showed that neither the tissue levels of contaminants nor the nutritional state of the local blue mussel had been impacted by the harbour construction.

---

<sup>1</sup> Potential No Effects Concentration

---



# 1. Innledning, bakgrunn og målsetning

## 1.1 Krav til undersøkelser

I brev av 12.02.2007 ga Statens forurensningstilsyn (SFT) Arendal kommune (AK) tillatelse til gjennomføring av tiltak i forbindelse med bygging av ny kai ved Arendal smelteverk. Tillatelsen innholdt følgende krav av miljømessig karakter (noe forkortet).

### Miljøtekniske tiltak:

- AK skal ha oversikt over de miljøressurser som kan bli berørt av akutt forurensning og de helse- og miljømessige konsekvenser slik forurensning kan medføre.
- AK skal, på bakgrunn av miljørisikovurdering i søknaden og de iverksatte tiltakene, etablere og vedlikeholde en beredskap mot akutt forurensning. Beredskapsplan skal utarbeides før anleggsarbeidet starter.
- Opptak av masser skal gjøres på en måte som minimerer spredning av forurensning.
- Mengder og tidspunkt for opptak av masser, samt tidspunkt og varighet av eventuell stopp som følge av overskridelse av grenseverdi for turbiditet skal loggføres.
- Mudring av forurenset sediment skal kun gjennomføres i perioden fra 15. september til 1. april
- Forurensete sedimenter som mudres skal håndteres som farlig avfall og føres direkte til godkjent mottak. Mellomlagring er ikke tillatt.
- Mudringsmetode skal gi et minimum av vanninnblanding. Avvanning må foregå slik at spredning av forurensete partikler unngås.
- Gjenværende sedimenter under oppmudrede sedimenter skal analyseres for forurensning. Ved konsentrasjoner over renhetskravet (SFT tilstandsklasse II) skal ettermudring foretas. Prøver av sedimentene skal taes i lekteren.
- Utlekking av rene masser på dypere vann skal gjennomføres som beskrevet i brev av 17.12.2006.
- Oppbygging av tildekkingslaget over forurenset sediment skal hindre diffusjon av miljøgifter og motstå erosjon. Dette skal etterkontrolleres umiddelbart etter gjennomføring og etter ett års drift.
- Tildekkingsmasser skal dokumenteres i henhold til SFT TA-1243/2005.
- Sedimentene på innsiden av ny kai skal tildekkes med fiberduk og graderte masser for å begrense spredning av forurenset sediment.
- Farlig avfall som påtreffes skal leveres til godkjent mottak.

### Kontroll og overvåking:

- Det skal gjennomføres kontroll og overvåking av tiltaksarbeidene, tilstrekkelig til å avdekke eventuelle spredning av forurensning i forbindelse med gjennomføring av tiltaket.
- Kontrollprogrammet skal følge spesifikke krav gitt i brevet fra SFT.
- Prøvetaking, prøvebehandling og analyser skal følge Norsk Standard der slike finnes og gjøres av akkrediterte laboratorier.
- Kontinuerlig måling av turbiditet skal gjøres så lenge arbeidet pågår på to stasjoner ”nedstrøms” tiltaksområdet og på referansestasjon(er) som er representativ(e) for normal turbiditet.
- Grenseverdi for turbiditet settes til 5 FTU over referanseturbiditeten.
- Etterkontroll etter tiltaket skal gjøres med blåskjellanalyser.

SFTs tillatelse setter også spesifikke krav til innholdet i sluttrapport for tiltaket (denne rapporten):

- Beskrivelse av tiltaket og utført arbeid
- Beskrivelse av erfaring med utstyr, teknologi, osv.
- Beskrivelse av hvordan sedimentene er håndtert frem til disponeringssted
- Resultater fra turbiditetsmålinger
- Beskrivelse av eventuelle avbøtende tiltak som er gjennomført for å hindre uheldig påvirkning på omgivelsene fra gjennomførte tiltak
- Dokumentasjon på at forurensede masser og avfall/farlig avfall er levert til godkjent mottak for slike masser
- Dokumentasjon på at tildekkingen av forurensede sedimenter er god nok mht. diffusjon av miljøgifter og erosjon av tildekkingslaget
- Dokumentasjon på at fyllingsfronten bak ny kai er sikret mot erosjon.

## 1.2 Miljømål og kostholdsråd

Det er ikke fastsatt spesifikke miljømål for sjøområdene ved Eydehavn, men nedenstående miljømål satt i forslaget til tiltaksplan for Arendal kommune (Fylkesmannen 2005) kan ansees være relevante for tiltaksområdet.

Langsiktige forvaltningsmål:

- Bunnsedimentene i Arendalsområdet skal ikke være til hinder for utøvelse av rekreasjon og friluftsliv, fritidsfiske og -fangst, yrkesfiske og havnedrift.

Konkrete delmål:

- Byområdet og småbåthavner: Identifisere og stoppe/minske aktive kilder til forurensning
- Byområdet og lokale utbygginger: Bunnsedimentene skal ha miljøgiftkonsentrasjoner  $\leq$  SFTs tilstandsklasse II etter tiltak.
- Områder der tildekking ikke gjennomføres: Konsentrasjonen av miljøgifter skal reduseres i takt med naturlig sedimentering og antatte reduksjoner i tilførsler som har og vil finne sted.

Det er også i ulike sammenhenger uttrykt at eventuelle utbyggingsaktiviteter bør ha som mål å forbedre lokale miljøforhold.

Arendalsområdet er omfattet av følgende kostholdsråd satt av Mattilsynet: "Konsum av lever fra fisk fanget i Arendals havneområde avgrenset av Strømsbrua, Galten i Galtesund og Tromøysund til Hastensund frarådes". Tiltaksområdet ligger innenfor dette området. Kostholdsrådet ble sist vurdert i 2000. Det er også en omsetningsrestriksjon fra 2002 som tilsier at fisk fanget i området for kostholdsråd skal sløyes før salg og leveren skal fjernes.

## 2. Teknisk gjennomføring av tiltaket

### 2.1 Beskrivelse av arbeidet

Arbeidsomfanget kan oppsummeres som følger:

- Grunnarbeider på land inkludert tekniske installasjoner i grunnen
- Bygging av midlertidig adkomstvei
- Riving av eksisterende kai, kran, losseapparat og silobygg
- Tildekking av sjøbunn
- Noe miljømudring
- Plassering av stålrørspeler for bæring av kaiplate
- Bygging av kaiplate
- Etablere nødvendig strømtilførsel og belysning
- Sprenging på land og i sjø

Vedlegg 2.1 presenterer en del illustrasjoner fra anleggsarbeidet.

### 2.2 Prosjektorganisering

Kaiutbyggingen, omfattende arbeidene beskrevet i kap.2.1, ble gjennomført som en totalentreprise med Skanska AS som kontraktspart.

På byggherresiden har prosjektorganiseringen vedrørende miljø vært som følger:

Byggeherre:	Arendal kommune
Prosjektleder:	Arendal kommune, v/Torfinn Wæthing
Byggeleder:	Arendal kommune, v/Steinar Hesthag
Prosjekteringsleder:	Stærk & Co. a.s , v/Jan Lindland
Miljørådgiver:	NIVA, v/Aud Helland og Torgeir Bakke

På entreprenørsiden har prosjektorganiseringen vedrørende miljø vært som følger:

Totalentreprenør:	Skanska AS, v/prosjektsjef Dag H. Søyland
Anleggsleder entreprenør:	Skanska AS, v/Roger Homdrom
Rådgiver miljø:	Asplan Viak AS, v/Per Kraft
Transport/deponering av spesialavfall:	Noah Langøya AS

Alle miljøarbeidene er utført av Skanskas mannskap med unntak av transport og deponering av spesialavfall på Langøya som ble utført av Noah Langøya AS.



## 3. Miljømessige undersøkelser i forkant

### 3.1 Innhold og gjennomføring

Det er gjennomført flere miljøundersøkelser og utredninger i forkant av utbyggingen. Tre av disse er direkte relevante for tiltaket.

I 2005 gjennomførte Jordforsk og Asplan Viak på oppdrag fra Arendal kommune en miljøteknisk grunnundersøkelse på eiendommen til Arendal smelteverk (Kraft og Nordal 2005). Undersøkelsen omfattet gjennomgang av historikk og eksisterende kartgrunnlag, prøver av slam fra overvannskummer, sonderende grunnboringer, løsmasser og grunnvann under ovnshus samt vurdering av miljøtilstand, forurensningsspredning og behov for tiltak.

I 2005 gjennomførte NIVA på oppdrag fra Fylkesmannen i Aust-Agder en sedimentundersøkelse i Tromøysundet knyttet til den fylkesvise tiltaksplanen, Fase 2. Undersøkelsen omfattet anslagsvis 55 stasjoner (Nilsson og Næs 2005), der innholdet av miljøgifter i de øvre 2 cm ble undersøkt på 26 av stasjonene. På basis av disse og tidligere resultater omfattet undersøkelsen også en risikovurdering etter SFT veileder TA-2085/2005.

Samme år gjennomførte NIVA på oppdrag fra kommunen en spesifikk sedimentundersøkelse utenfor selve tiltaksområdet for å kartlegge tilstanden med hensyn på tungmetaller, PAH, PCB og TBT (Helland et al. 2006). Undersøkelsen dekket 10 stasjoner fra Pålsodden til eksisterende kai mot nordøst der prøver av de øvre ca 5 cm av sedimentet ble analysert for miljøgifter. Grad av forurensning ble satt etter SFTs miljøkvalitetskriterier (Veileder 97:03), og risikovurdering etter TA-2085/2005 ble gjennomført. Grunnet tett dekke av stor stein på bunnen utenfor kaiområdet var det ikke mulig å få tatt kjerneprøver som kunne indikere hvor dypt ned sedimentforurensningen strakte seg.

I forbindelse med behandlingen av søknaden om miljøtiltak ved kaiutbyggingen, stilte SFT krav om ytterligere dokumentasjon før det kunne gis tillatelse. Med bakgrunn i dette utarbeidet NIVA en tilleggsutredning der en vurderte tiltak for å minimere miljøvirkningene av utbyggingen (NIVA-notat av 18.12.2006). Utredningen hadde fokus på miljøgiftene som forekom i SFT klasse III – V i sedimentet, dvs PAH og TBT.

### 3.2 Resultater

Kraft og Nordal (2005) viste at slam fra overvannskummer på Smelteverket var betydelig oljeforurenset og hadde konsentrasjoner av PAH og tungmetaller (særlig krom) over grenseverdier for fri disponering. Sandmasser under ovnshusene synes ikke å være forurenset. Det ble heller ikke funnet forurensning i grunnvannet under og nedstrøms ovnshusene. Det ble ikke funnet avfallsmasser i områder med eldre deponi under ovnshus C.

Nilsson og Næs (2005) viste at hele Tromøysundet i varierende grad overskred akseptabel miljørisiko. Ingen av stasjonene dekket sjøområdet i selve tiltaksområdet. Undersøkelse i selve tiltaksområdet (Helland et al. 2006) viste at sedimentene var markert til meget sterkt forurenset av PAH, moderat til sterkt forurenset av TBT og lite til moderat forurenset av metaller og PCB. Hele området overskred grensene for akseptabel risiko for effekter både på human helse og på økosystemet. Det var størst risiko knyttet til spredning av PAH, TBT og PCB og ubetydelig risiko knyttet til metaller. Sedimentene i nordenden av området utgjorde størst risiko. Rapporten ga flere anbefalinger om tiltak knyttet til kaiutbyggingen.

- Alt av sedimenter som blir berørt av utbyggingen burde i utgangspunktet tildekkes, med unntak av enkelte delområder som var meget bratte og uten sedimenter.
- Skånsom pøling av kaipilarer til fjell og deretter tildekking av sand og grus ut til 15 – 20 m dyp ble anbefalt der dypet var tilstrekkelig.
- I sørlige del av området var tildekking ikke aktuelt, derimot fjerning av masser for å gi tilstrekkelig seilingsdyp. Det fantes ikke informasjon om hvor dypt ned sedimentene kunne være forurenset, men ut fra en antatt sedimenteringshastighet på 1-3 mm i året antok NIVA at hvis man kom ned til ca 50 cm ville man være nede i sedimenter avsatt i førindustriell tid. Bunnen i dette området var stort sett dekket av stor stein. Det ble derfor anbefalt å plukkfjerne steinen og deretter mudre til rent sediment og levere muddermasser til deponi (endelig løsning ble kun fjerning av stein siden det fantes lite sedimenter).
- Noe av området i sør hadde fast fjell som må sprenges vekk for å få ønsket dyp. Det ble anbefalt at sprengningen ble utført etter at de omkringliggende løsmassene var fjernet. Utsprengt masse kunne evt brukes som dekkmasser på større dyp.

NIVAs tilleggsutredningen om miljøtiltak (notatet av 18.12.2006) konkluderte med at diffusiv spredning av PAH og TBT fra sedimentene slik de ligger utgjør en ubetydelig risiko for effekter nedstrøms anleggsområdet. Tildekking ville derfor først og fremst gi en risikogevinst i selve tiltaksområdet. Transport av partikkelbundet PAH og TBT ut av området under mudring med grabb eller bakgraver ville også utgjøre en ubetydelig risiko for effekter utenfor anleggsområdet.

Utredningen tok også tak i SFTs krav om at en tildekking av forurensete sedimenter (dvs. i det nordlige området) måtte være erosjonssikker. Ut fra opplysninger om forventet skipmanøvrering ved den nye kaia, ble det anbefalt at bunnen ut til ca 15 m ble dekket med stein på ca 50 cm størrelse, evt. full plastring eller betongdekke.

## 4. Gjennomførte tiltak i sjø

### 4.1 Mudring

#### 4.1.1 Arbeidsbeskrivelse

Før oppstart av arbeidene utførte Skanska ROV-undersøkelse med profilfilming for hver ca 10 m fra land og utover i sjøen. Det ble da bekreftet at sørlige delen av området besto av utfylt steinfylling og ikke løsmasser. I samråd med NIVA ble det derfor bestemt å foreta ”steinplukking” i stedet for mudring. Steinplukkingen ble gjort med såkalt ”appelsingrabb”. Plukkingen bekreftet at det ikke var behov for mudring i dette området.

I nordre del av området, utenfor eksisterende ”importkai” ble alle løsmasser over fjell fjernet ved mudring og fjellet deretter sprengt ut til ønsket seilingsdyp. Grabben som ble benyttet til mudringen var en tett miljøgrabb som bidrar til å redusere spredning av forurensede løsmasser.

#### 4.1.2 Håndtering av muddermasser

Muddermassene ble overført til lekter og videre hentet av båt og fraktet til spesialdeponi på Langøya (vedlegg 4.1 og 5.1.1). Det ble tatt vannprøver fra lekteren for analyse av miljøgifter. Resultatene fra en prøve tatt 14.03.2007 (Vedlegg 4.1) viste SFT tilstandsklasse II (god) – V (svært dårlig) for PAH-forbindelsene<sup>2</sup> og klasse II – IV (dårlig) for metallene (SFT TA-2227/2007).

#### 4.1.3 Dokumentasjon (Vedlegg 4.1)

- Mudringskisse fra GPS på mudringsfartøyet, mudringslogg
- Kvittering på levert masse Langøya
- Resultater fra analyse av vannprøve fra lekter

### 4.2 Sprengning

#### 4.2.1 Arbeidsbeskrivelse

Sprengningsarbeidene ble utført etter at løsmasser på fjellet var fjernet (ref pkt 4.1.1). Risikoen for spredning/oppvirvling av forurenset masse ble dermed minimert. De sprengte massene ble benyttet som fyllmasser for å etablere ny fyllingsfront for den nye kaien samt for å etablere påkrevd støttefylling. De områder der sprengstein ble deponert ble først tildekket.

#### 4.2.2 Dokumentasjon (Vedlegg 4.2)

- Analyse av vannprøver
- Oversikt over sprengte områder
- Oversikt over alle undervannssalver.

Se også ukerapporter vedr turbiditet (Vedlegg 4.4).

### 4.3 Tildekking/erosjonssikring

#### 4.3.1 Arbeidsbeskrivelse

Tildekking er utført iht tegning BT 100 (se Vedlegg 4.3).

---

<sup>2</sup> Forbindelser dårligere enn klasse II lå under deteksjonsgrensen, men denne var relativt høy.

Området under ny utfylling er dekket med fiberduk og minimum 0,2 m masse bestående av sandmasser fra anlegget (5-10 cm) og 0-100 mm knuste masser (10-15cm). Området utenfor ny fylling ned mot kote -18 m viste seg umulig å dekke med duk. Her ble det av SFT gitt tillatelse til å sløyfe duken og øke lagtykkelsen til min 0,5 m sand og 0-100 mm pukk. Dykkerrapportene viser at i praksis blir lagtykkelsen fort tykkere enn minimumskravet, da massene (spesielt sanden) hadde tendens til å henge i lekterveggen inntil en viss åpning er nådd, for deretter å dumpes i større volum enn ønsket pga at massene plutselig slipper fra lekteren.

Fyllingen er utført med splittlekter og slepebåt og posisjonering vha bøyer i aktuelt område. Erosjonssikring av fyllingsskråning med betongmadrass kom inn i prosjektet som et nytt element etter at kontrakt var tildelt. Hele fyllingsskråningen fra land og ned til ca kote -12 m er dekket med betongmadrass ca 500kg/m<sup>2</sup>. (Type Flexitex). Dette arbeidet er utført av Skanska Norge's dykkeravdeling.

#### **4.3.2 Kvalitetskontroll av tildekkingsmasser**

Eksisterende tilgjengelige sandmasser ble kontrollert av Asplan Viak for forurensninger og egnethet som tildekkingsmasser før bruk. Ved ett tilfelle ble det påvist for høye PAH-nivåer og bruk av stedlige masser ble stoppet. Rene tildekkingsmasser ble tilkjørt utenfra i perioden fram til SFT ga ny tillatelse til bruk av de stedlige massene.

Alle områder som er tildekket er enten filmet eller kontrollert med dykker og det er utarbeidet dykker rapport. Resultatene av de utførte kontrollene viste at det var påkrevd å etterfylle tildekkingen enkelte steder, spesielt inn mot eksisterende konstruksjoner, da det her var umulig å få lekteren inn under konstruksjonene. Her ble det supplerende tildekking gjort fra graveflåte. Områder som viste for liten tildekkingstykkel med er blitt etterdekket og ny kontroll foretatt. Sluttkontroller viser en tildekkingstykkel over minimumskravet.

#### **4.3.3 Dokumentasjon (Vedlegg 4.3)**

- Analyser/utredninger fra Asplan Viak vedr egnethet
- Kartskisse over tildekking av delområder (BT100)
- Dykkerrapporter fra Agder Dykk AS
- Betongmadrass er filmet i forbindelse med byggherrens sluttkontroll



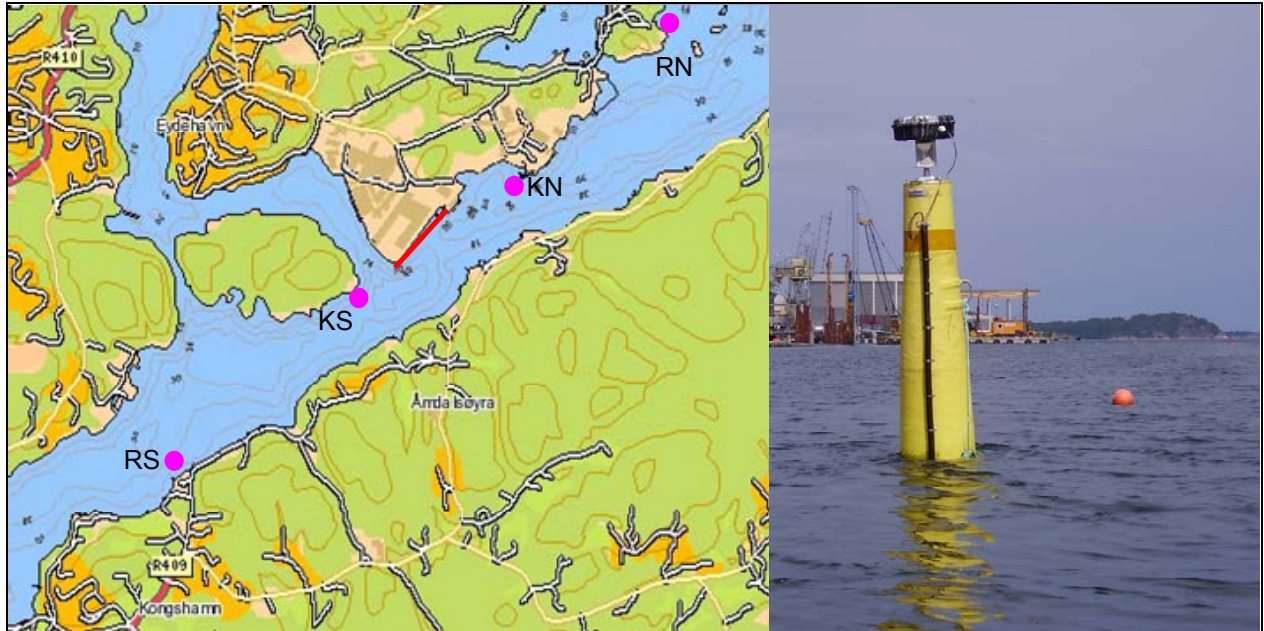
## 5. Kontrollprogram under anlegg

### 5.1 Innhold og gjennomføring

#### 5.1.1 Entreprenørens program

Entreprenøren har benyttet ekstern bistand til miljøoppfølging. Dette har vært utført av Asplan Viak AS v/Per Kraft. Før oppstart ble det utarbeidet et oppfølgingsprogram for entreprenøren for både land og i sjø. Dette besto av rutiner og prosedyrer knyttet til utførelsen.

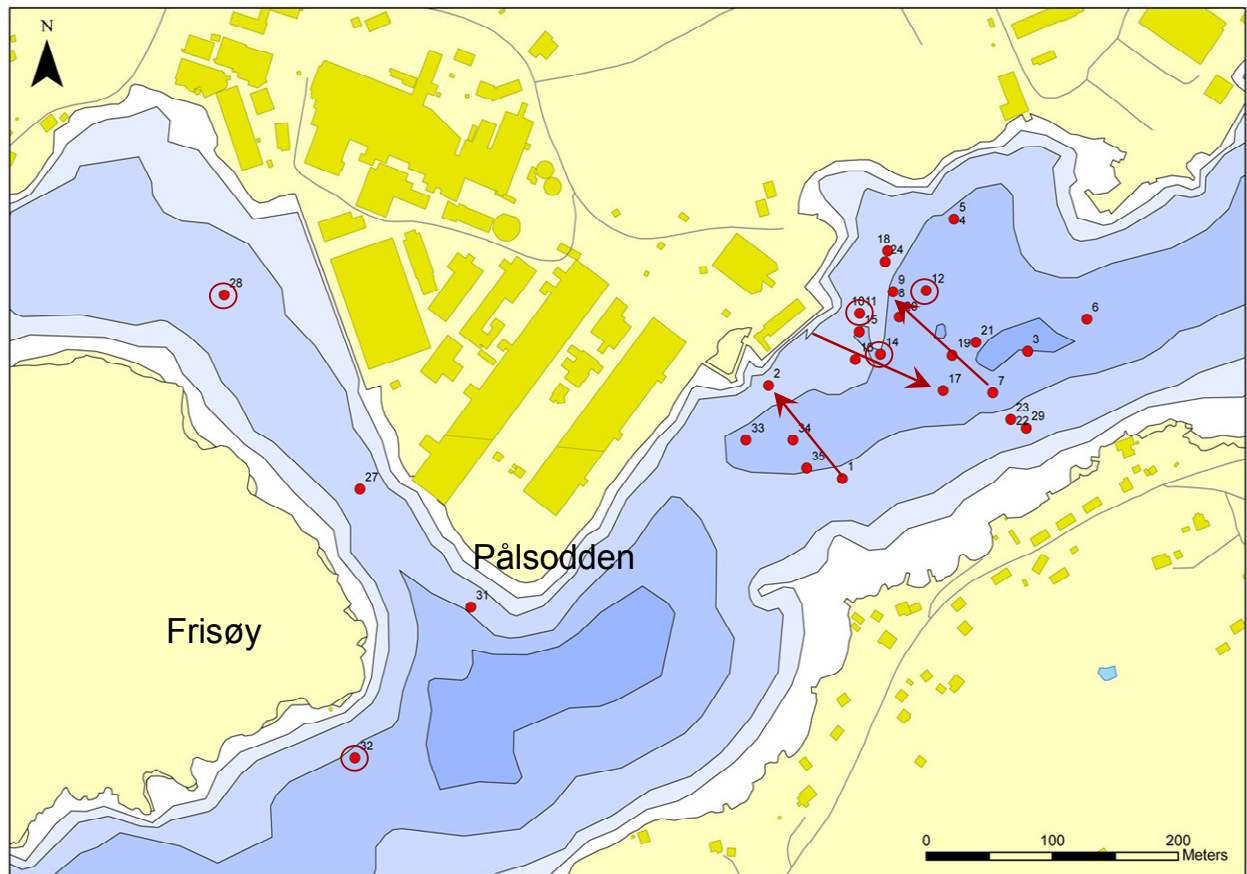
Under hele byggeperioden med aktiviteter i sjø har det vært automatisk turbiditetsmåling. Det ble inngått et samarbeid med Arendal Kommune og NIVA om måleprogrammet. Fire stasjoner med kontinuerlig turbiditetsmåling sammen med måling av temperatur og saltholdighet, ble etablert den 15 og 16 mars 2007, to fast stasjonerte referansemålere og to måleriggler i ytterkant av anleggsområdet not nord og sør (Figur 1, se også Vedlegg 5.1). Referansestasjonene lå 1 til 1,5 km nord og sør for anleggsområdet. Entreprenør fikk løpende tilgang til resultatene fra de automatiske målerne og ble varslet automatisk i form av SMS og e-post ved alarmer. Entreprenøren har også hatt manuell turbiditetsmåler samt vannprøvetaker/prøveflasker plassert på anlegget. Ved evt turbiditetsalarmer gjennomførte entreprenøren manuell kontrollmåling av turbiditet. Entreprenøren har utført vedlikeholdet på turbiditetsmålerne i form av batteribytte og rengjøring, mens NIVA har utført kalibreringer, reparasjoner og utskiftninger ved instrumentsvikt. Kontrollprogrammet varte fra 19.03.2007 til 31.12.2007 da arbeidene i sjø var avsluttet. Deretter ble det i avtale med SFT etablert en beredskap for manuell måling av turbiditet i tilfelle det skulle gjennomføres arbeider som kunne påvirke sedimentene.



Figur 1. Plassering av faste rigger for turbiditetskontroll. KN og KS: kontrollgrense mot nord og sør. RN og RS: referanserigger i nord og sør. Rød linje: anleggsområdet. Foto av bøye KS til høyre.

### 5.1.2 Byggherrens program

Programmet dekket måling av spredning av partikler og miljøgifter under mudring. Mudringsarbeidet ble igangsatt 13.03.2007. I perioden 13.03.2007 til 16.03.2007 ble partikkelspredningen overvåket ved bruk av håndholdt profilerende turbiditetssensor fra lettboat. Det ble målt i transekter inn mot mudringsområdet og vertikalt i vannmassen i utvalgte posisjoner (Figur 2). Det ble også utført målinger i forbindelse med en prøveutlegging av sand for tildekning av sjøbunnen. Ved disse operasjonene ble det samlet inn vannprøver i lag med forhøyet turbiditet. Prøvene er analysert for miljøgifter. På bakgrunn av disse målingene ble det også bestemt hvor de faste overvåkingsstasjonene for turbiditet i entreprenørens kontrollprogram skulle plasseres.



Figur 2. Kart over manuelle turbiditetsmålinger utført av NIVA 13-16.03.2007. Stasjonene relateres til feltrapporten gitt i vedlegg 5.2. For stasjoner merket med ring er vertikalprofilene vist i Figur 3. Pilene viser horisontaltransektene vist i samme figur. Rådata og øvrige profiler er gitt i vedlegg 5.2.

## 5.2 Resultater

### 5.2.1 Entreprenørens program

Entreprenøren har ført egen logg over turbiditetsalarmer (Vedlegg 5.1). I denne fremgår målt turbiditetsnivå, dato, klokkeslett, aktivitet og evt tiltak. En sammenfatning av alarmhendelser og årsak ekstrahert fra ukerapportene i Vedlegg 4.4 er gitt i Tabell 1.

Svært mange alarmer ble utløst utenom arbeidstid og uten at det nødvendigvis har vært aktivitet i sjø. Mange alarmer har også gått under aktivitet, men der påfølgende manuelle målinger eller vannprøver

ikke har påvist turbiditet eller forurensing. Ved et spesielt tilfelle gikk det uforklarlige alarmer over flere dager. Det ble da avholdt eget møte mellom partene for å prøve å korrigere/avdekke årsak til alle alarmene. Dette hadde etter all sannsynlighet sammenheng med et utenlandsk (tysk) gravefartøy som var innleid og som benyttet egen GPS basestasjon. (Ved nærmere undersøkelser viste det seg at disse alarmene startet da GPS basen ble oppmontert og stoppet når basen ble demontert.)

Målingene på Kai S viste stadig overskridelse av alarmnivå for turbiditet uten at det kunne tilskrives begroing eller tildekking. Disse alarmene kom også når det ikke foregikk utbyggingsaktivitet i sjø. NIVA gjennomførte den 14.03.2007 en begrenset turbiditetskartlegging rundt et prosessvannutslipp fra bedriften St Gobain i sundet mot Eydehavn. Målingene (se Vedlegg 4.3) viste et sjikt i ca 5 – 10 m dyp med klart forhøyet turbiditet rundt utslippet. Dette sjiktet kunne spores helt ut til Pålsodden og var sannsynligvis årsaken til overskridelsene på Kai S.

Entreprenøren har hatt god nytte av automatisk måling og teknikken syntes effektiv. Likevel syntes det nok som grenseverdiene var for lave med bakgrunn i alle alarmer som kom utenom aktivitet i sjø og også utenom arbeidstid og i helger. Når det er supplert med manuelle målinger har det vært vanskelig å finne turbid vann, selv ved forsøk på ulike dybder.

Vannprøveanalysene viste stort sett verdier under deteksjonsgrensene, men for flere av PAH-forbindelsene og de fleste metallene lå deteksjonsgrensene så høyt som i SFT klasse III (moderat) – V (svært dårlig).

I Vedlegg 5.1 finnes:

- Logg turbiditetsalarmer (excel-ark)
- Referat fra møte vedr turbiditet
- Oversikt over spesiell turbiditetsperiode ifm tysk GPS basestasjon .
- Beredskaps og overvåkingsprogram
- Lekterlogg for all lekterdumping.
- Ukerapporter for turbiditetsovervåkingen (NIVA).

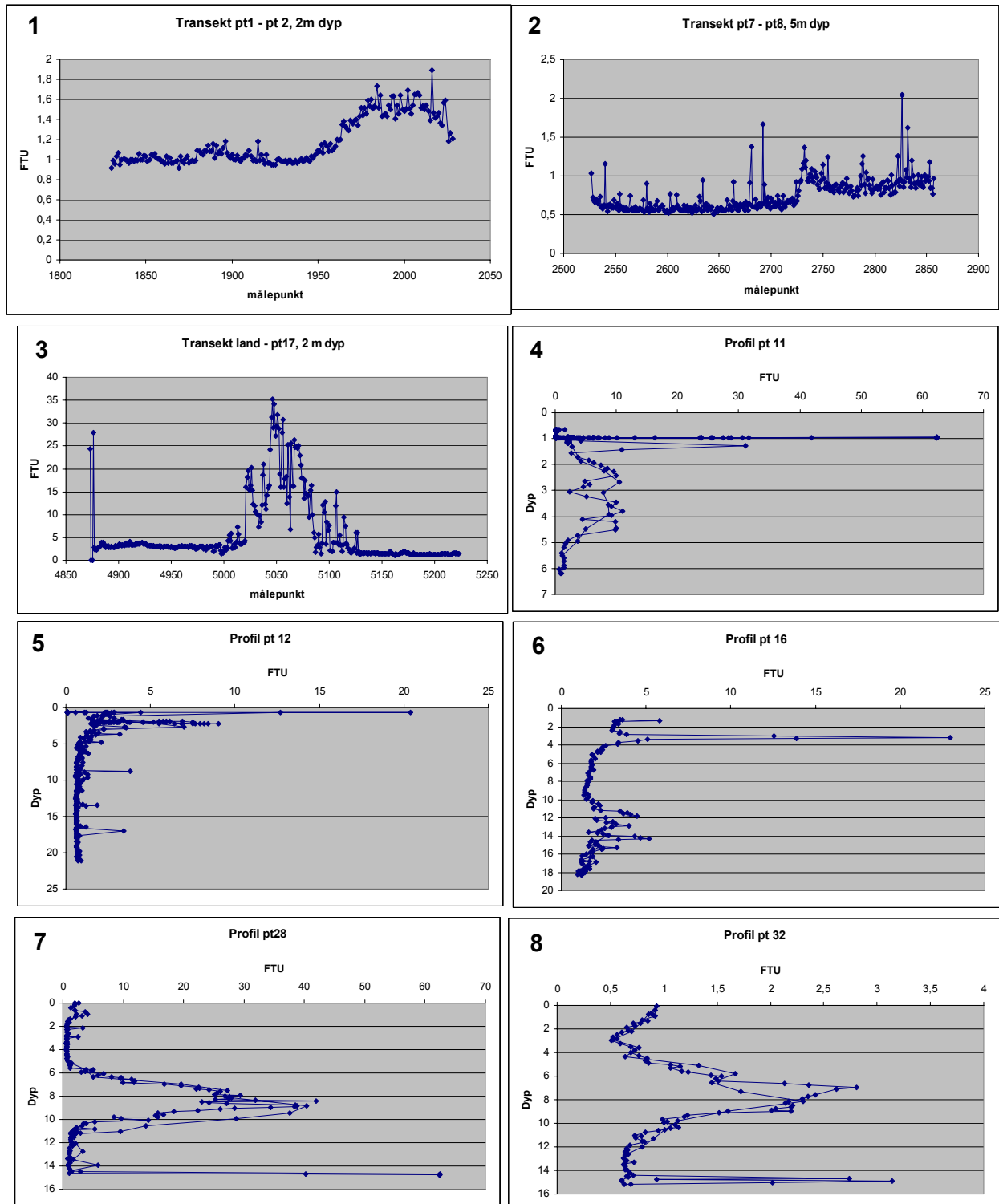
Tabell 1. Sammenfatning av turbiditetsalarmer og sannsynlige årsaker i anleggsperioden hentet fra ukerapportene uke 12 til 52 2007.

Uke nr	Antall alarmer	Reelle alarmer	Sannsynlig årsak/kommentarer
12	0		Noe begroing
13	0		
14	1	0	
15	4	4	Tipping av rene fyllmasser
16	6	4	Tipping av rene fyllmasser
17	2	1	Sprengning
18	60 % av tiden	samme	Graving av sprengstein, planering
19	60 % av tiden	samme	Graving av sprengstein, planering
20	0		
21	4	0	Svak sammenheng mellom aktivitet og turbiditet
22	Flere	0	Brennmaneter
23	17	17	Peling, utfylling
24	0		
25	0		Gradvis begroing
26	4	3	Graving/dumping av rene masser
27	3	1	Lasting av sprengstein. Sterk nedbør
28-31			Ferie, målere tatt opp
32	0		
33	0		
34	1	1	Mulig sammenheng med peling
35	1	0	Upålitelig måler
36	1	0	Upålitelig måler
37	9	2	Peling. Målere rengjort
38	19	0	Tiltakende begroing
39	0		
40	2	0	Skyldtes begroing
41	11	11	Gravearbeid i ren steinfylling
42	7	0	Begroing
43	6	< 6	Peling. Modulaktivitet i Bukkevika, begroing
44	7	0	Sannsynligvis begroing
45	19	0	Sannsynligvis begroing
46	3	0	Sannsynligvis begroing
47	0		
48	1	0	
49	0		
50	0		
51	0		
52	0		

### 5.2.2 Byggherrens program

Resultatene av den manuelle turbiditetsloggingen gjort under starten av mudringsoperasjonen (13.03.2007 – 16.03.2007, se Figur 2) er gitt i Vedlegg 5.2. De fleste av profilene rundt anleggsområdet viste et turbiditetsmaksimum på ca 2 - 4 m dyp (Figur 3). Enkelte horisontale snitt hadde maksimumsturbiditet på 30 – 45 FTU (eks Figur 3, profil 1), som er ca 10 - 20 ganger over

normal lokal turbiditet, men i de fleste tilfellene var maksimumsverdiene i profilene lavere enn 20 FTU.



Figur 3. Utvalgte horisontale (1-3) og vertikale (4-8) turbiditetsprofiler fra NIVAs målinger 13-16.03.07. Pt-tallene referer til stasjoner vist i Figur 2. Merk ulike skalaer på aksene.

Det ble også tatt en del turbiditetsprofiler i sundet NV av Pålsodden og rett sør for Frisøy (Figur 2). Disse viste et markert turbiditetsmaksimum i 5-10 m dyp, avtagende utover sundet (Figur 3, profil 7 og 8). Etter alt å dømme er dette partikler fra prosessutslippet fra St Gobain som ligger omtrent ved stasjon 28.

Turbiditetsnivåene i vannprøvene (Tabell 2) sammenholdt med rådata gitt i Vedlegg 5.2 viser at man ikke alltid traff turbiditetstoppen med vannprøven, men man kan likevel regne med at det suspenderte materialet i vannprøvene besto av samme type partikler som i turbiditetsskyene. Analyseresultatene for vannprøvene er vist i Tabell 2 (rådata i Vedlegg 5.3). De fleste nivåene lå i klasse I og II (god tilstand) etter SFTs reviderte klassifiseringssystem (SFT TA-2229/2007). Kobber lå i klasse IV (dårlig) i alle prøvene og TBT i klasse III-IV (moderat – dårlig). Flere av enkeltforbindelsene av PAH lå i klasse V (svært dårlig). Prøvene med høyest innhold av suspendert stoff (St 1B 1,5 m) hadde også de høyeste nivåene av miljøgifter og sammenhengen viste at det meste av miljøgiftene var bundet til suspenderte partikler.

Ut fra likevektsfordelingen mellom partikler og vann er det usannsynlig at utlekkingen av PAH-forbindelser eller kobber fra suspenderte partikler vil utgjøre noen miljørisiko i vannmassene. For det første er disse forbindelsene normalt sterkt knyttet til partiklene, for det andre regner vi med at den langsomme utlekkingen fra partiklene ikke vil gi målbart bidrag til konsentrasjonen av løste miljøgifter på grunn av den vedvarende innblandingen med nytt omgivende sjøvann.

Tabell 2. Turbiditet, suspendert tørrstoff og miljøgiftinnhold i utvalgte vannprøver tatt rundt mudringsområdet i perioden 13. – 16.03.2007. Stasjon 1 og 1B ligger i området ved stasjon 20-21 i Figur 2. Farger indikerer klasse i SFTs reviderte klassifisering (SFT TA-2229/2007).

Prøve	TURB	STS	Cd	Cu	Hg	Pb	PCB7	BAP-V	PAH16	KPAH	TBT-V
	FNU	mg/l	µg/l	µg/l	ng/l	µg/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
St 1 1,5m	3,03	4,3	0,022	1,54	1	0,3	0	29	259,1	82,6	<1
St 1B 1,5m	8,22	8,6	0,033	1,79	<1,0	1,05	0	130	1245,4	402	2,4
19 m etter dumping	1,65	5	0,02	1,13	<1,0	0,16	0	17	304,8	87,3	<1
Kai S 12 m	1,48	3,5	0,019	0,81	<1,0	0,11	0	6,4	141,2	33	<1
Frisøy 6 m	5,04	3,4	0,018	1,15	1,5	0,059	0	<2	2,2	0	<1

FNU tilsvarer i praksis FTU som er enheten brukt i turbiditetsloggerne

## **6. Teknisk sluttkontroll**

Entreprenøren har som tidligere nevnt utført sluttkontroll på tildekkingsarbeidene i form av stikkprøver og filming gjort av dykkere. Filming av betongmadrassene etter utstøping er også utført som en del av entreprenørens arbeider.

Byggherrens sluttkontroll er begrenset til kontroll av arbeidene i sjøen ved bruk av ROV-ustyr. Dette er utført av firmaet Dagfinn Skaar AS. Undersøkelsen viser at angitte områder for tildekking er tildekket og at erosjonssikring er utført som beskrevet. Dette er dokumentert med en DVD-film.





## 7. Miljømessig sluttkontroll - miljøovervåking

### 7.1 Innhold og gjennomføring

Den miljømessige sluttkontrollen har omfattet analyse av miljøgifter i lokale blåskjell. Innsamling av skjell for analyse ble gjort både før og etter anleggsarbeidet. Målet var å fastslå i hvilken grad anleggsvirksomheten hadde forårsaket spredning av biotilgjengelige miljøgifter til fastsittende organismer i nærområdet. Blåskjell ble samlet inn på 3 stasjoner den 09.03.2007 (Tabell 3 og Vedlegg 7.1), dvs før arbeidene tok til i sjøen, samt etter at anleggsarbeidet i sjø var fullført (18.04.2008). En stasjon på Buøya ca 1,2 km oppstrøms kaiområdet fungerte som referansestasjon. En stasjon ble lagt i nærområdet nedstrøms (Frisøya) og i ca 1,5 km avstand samme veg (Gallevik/Skipevik). Det ble hver gang samlet ca 60 skjell i størrelsesgruppe 3-5 cm fra hver av de tre stasjonene. Skjellene fra samme stasjon ble brukt til å lage tilfeldige 3 blandprøver av bløtdelene fra 20 skjell, hvorav 2 blandprøver ble analysert.

Tabell 3. Posisjoner for prøvetakingen av blåskjell.

Stasjon	Nord	Øst
St. Buøya	58 30 148	8 53 475
St Frisøya	58 29 561	8 52 135
St Gallevik (Skipevik)	58 29 367	8 51 570

### 7.2 Resultater

Et eget notat som beskriver blåskjellundersøkelsen er gitt i Vedlegg 7.1. Fettinnhold i alle skjellprøvene viste en økning fra før- til etterundersøkelsen, noe som tyder på at anleggsarbeidet ikke har hatt negativ innvirkning på skjellenes næringsomsetning. I 2007 hadde prøvene fra Frisøya og Gallevik høyere PAH-innhold enn skjell fra Buøya, noe som kan reflektere mange års transport i fremherskende strømreretning fra Nitriden-Pålsodden med høy PAH-forurensning. I 2008 var innhold av PAH på alle stasjonene redusert til mindre enn halvparten av nivåene i 2007. Dette kan ha flere årsaker (diskutert i Vedlegg 7.1), men det viser uansett klart at anleggsarbeidet ikke har forårsaket noen økning i PAH-nivåene hos blåskjell. Alle skjellprøvene fra 2008 var ubetydelig til moderat forurenset av PAH (klasse I – II etter SFTs klassifisering av miljøkvalitet).

Alle skjellprøvene viste også en nedgang i TBT fra 2007 til 2008, følgelig at anleggsarbeidet heller ikke har ført til noen økning i TBT-innholdet. Samtlige blåskjellprøver både i 2007 og 2008 var ubetydelig forurenset av TBT (klasse I etter SFTs klassifisering av miljøkvalitet).



## **8. Evaluering – erfaring med utstyr og teknologi**

### **8.1 Tekniske miljøtiltak**

#### **8.1.1 Mudring**

Til mudring ble det benyttet flytekran med miljøgrabb. Dette er det samme utstyret som er benyttet i forbindelse med tilsvarende arbeider flere steder langs kysten og er en kjent og vel utprøvd metode som også fungerte bra for dette prosjektet.

#### **8.1.2 Tildekking**

Tildekking av havbunnen ble utført med splittlekter som ble posisjonert med slepebåt. Erfaringene fra prosjektet tilsier at det er vanskelig å slippe ut en jevnt tynt lag med dekkmasser. Massene har tendens til henge i lekterveggen for deretter å plutselig slippe når åpningen er stor nok. Resultat av dette er imidlertid at tykkelsen på tildekking blir større enn planlagt.

Tildekking med duk på havbunn går greit så lenge ikke bunnstrømmen er for sterk. Ved sterke bunnstrømmer (strømhastighet ikke målt) viste det seg umulig å legge ut fiberduk, selv med innsydde jern.

Tildekking med erosjonsmadrass (betongmadrass type Flexitex) har også vært en problemfri arbeidsoperasjon. Konsistensen på betongen er imidlertid av stor betydning for vellykket utstøping.

#### **8.1.3 Sprengning**

Til undervannsprengning er det benyttet entreprenørens boreflåte. Dette er kjent utstyr til denne arbeidsoperasjon og gjennomføringen var problemfri.

#### **8.1.4 Deponering**

Mudrede masser ble først lagt opp i lekter for deretter å bli lastet over i fraktesbåt som leverte massene til spesialdeponi på Langøya.

#### **8.1.5 Teknisk sluttkontroll**

Arendal Kommune har foretatt teknisk sluttkontroll ved filming av tildekking, erosjonsmadrass samt alle peler.

### **8.2 Kontrollprogram for turbiditet**

Logging av turbiditet på de faste stasjonene, overføring av data til entreprenør og til NIVA, samt varsling av overskridelse av alarmgrenser ved SMS og e-post fungerte stort sett under hele loggeperioden (19.03.2007 til 31.12.2007 bare avbrutt av ferieavvikling). Turbiditets elektrodene var imidlertid svært sårbare for begroing som ga gradvis økende og urealistisk høye turbiditetsnivåer og derved alarm. Dette førte til at de måtte renses manuelt relativt ofte. Loggerne var utstyrt med viskere som skulle holde begroingen nede, men det var også situasjoner der disse sviktet og måtte erstattes/repareres. Brennmaneter og flytende skrot som hang seg opp i loggerne ga også feilutslag og alarm. Et slikt system krever derfor meget gode rutiner for tett oppfølging/tilsyn.

Som vist i Tabell 1 skjedde det et relativt stort antall alarmer totalt, men mange av disse gikk i perioder da det ikke var anleggsvirksomhet i sjøen. I hele loggeperioden på 41 uker var det totalt 12 uker der alarmepisoder kunne knyttes til øket turbiditet på grunn av anleggsvirksomheten (Tabell 1, se også Vedlegg 4.4). De fleste av hendelsene var kortvarige og involverte arbeid med rene masser. For fremtidige tilsvarende tiltak bør det vurderes å heve terskelverdien for alarm. Man bør også vurdere å bruke fast alarmgrense (som reduserer behovet for målerigger) slik det er gjort ved en del andre tiltak, og om det er praktisk å ha ulike alarmterskler etter hva slags arbeid som gjennomføres. Ved arbeid med rene masser bør det kunne tillates en høyere grense enn ved håndtering av forurensede sedimenter.

En svakhet med kontrollprogrammet er at det bare måler partikkelspredning, ikke spredning av miljøgifter. Slike analyser i sanntid er imidlertid ikke teknisk mulig. Det anbefales derfor at det etableres retningslinjer for hvordan et program for vannprøvetaking og analyser i tilknytning til turbiditetsovervåkingen bør være. I dagens system er det både litt tilfeldig hvor og når slike prøver tas og hvordan de analyseres. Det har vist seg både her og i andre programmer at følsomheten av vannanalysene flere ganger har vært for lav til at resultatene er meningsfulle.

## 9. Konklusjoner

Førundersøkelsene viste at bunnsedimentene utenfor det nye kaiområdet utgjorde en uakseptabel risiko for skade på mennesker og miljø. Erosjonssikker tildekking var anbefalt der vanddypt var tilstrekkelig. I flere delområder var det behov for sprengning for å få tilfredsstillende vanddypt for skipstrafikken.

På til sammen ca 10 000 m<sup>2</sup> av bunnen ble forurenset sediment tildekket. Området under ny utfylling er dekket med fiberduk og ovenpå dette er tolags dekke bestående av sandmasser fra anlegget (5-10 cm) og 0-100 mm knuste masser (10-15cm). På området utenfor ny fylling ned mot kote -18 ble duk sløffet av praktiske grunner og lagtykkelsen økt til min 15 – 35 cm sand og 15 – 20 cm pukk, minimum 50 cm tildekking totalt. Dykkerrapportene viser at dekklagene tilfredsstilte minimumskravet og vel så det. Hele fyllingsskråningen fra land ca kote -0,5 og ned til ca kote -12 er også dekket med erosjonssikker betongmadrass. Tildekkingsplanen vist i Vedlegg 4.3 (Kart BT 100) er fulgt med evt. senere godkjente endringer.

Målinger av turbiditetsprofiler og miljøgifter i utvalgte vannprøver ved anleggsområdet i den første tiden av mudringsoperasjonen, viste vannsjikt med forhøyet turbiditet (maksimum ca 10 – 20 x naturlig turbiditet) vanligvis i ca 2-4 m dyp. Vannprøvene viste nivåer av tungmetaller, PAH og TBT som korrelerte med prøvene innhold av suspendert materiale. Spesielt totalnivåene av kobber og PAH overskred grenseverdier for effekter på vannlevende organismer. Ut fra likevektfordelingen mellom partikler og vann er det likevel usannsynlig at utløsning av disse miljøgiftene fra suspenderte partikler vil utgjøre noen miljørisiko i vannmassene.

Entreprenørens kontrollprogram for spredning av partikler under arbeid har i hovedsak virket etter hensikten, men det utplasserte måleutstyret var ganske følsomt for feilmålinger av andre grunner enn øket turbiditet. Bare ca 40 % av utløste alarmer skyldtes anleggsarbeid. Resten skyldtes først og fremst begroing av målerne, men også tildekking, feilfunksjon, nedbør, andre lokale utslipp eller annen lokal aktivitet. I fremtidige tiltak bør man vurdere å heve grensen for alarmutløsning. I de fleste tilfellene med reelle alarmer var dette knyttet til håndtering av rene masser. Det som er av interesse er en evt ledsagende spredning av miljøgifter, som bare kan kontrolleres ved kjemiske analyser av vannprøver. Det bør etableres retningslinjer for hvordan et slikt prøvetakings- og analyseprogram bør gjennomføres.

Miljømessig sluttkontroll har omfattet måling av miljøgifter i lokale fastsittende organismer (blåskjell) i sammenlikning med tilsvarende målinger før anleggsarbeidet startet. Resultatene viste at anleggsvirksomheten ikke har ført til akkumulering av PAH eller TBT i blåskjell i nærområdet. Målingene indikerte også at anleggsvirksomheten ikke har hatt innvirkning på næringsomsetningen hos lokale blåskjell.



## 10. Referanser

Kraft, Per og Nordal, Ola 2005. Miljøtekniske grunnundersøkelser ved Arendal smelteverk, 14.07.05. Asplan Viak AS rapport prosjekt nr 706308. 21 s.

Nilsson, Hans C. og Næs, Kristoffer 2005. Sedimentundersøkelser i forbindelse med tiltaksplan for forurensede sedimenter i Arendal; fase 2. NIVA rapport nr 5118-2005. 41 s.

Helland, Aud, Nilsson Hans C. og Bakke, Torgeir 2006. Arendal smelteverk. Sedimentundersøkelser ved kaiutbygging. NIVA rapport nr 5196-2006. 26 s.

SFT 97:03. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT TA-1467/1997.

SFT TA-2085/2005. Veileder. Risikovurdering av forurenset sediment.

NIVA 2006. Miljøtiltak utenfor Arendal Smelteverk. NIVA Notat datert 18.12.2006





## Vedleggsoversikt (Vedlegg på CD)

Vedleggene til rapporten finnes i elektronisk format på innsiden av bakre omslag. Nummereringen samsvarer med nummer på kapitlet der det første gang er referert til vedlegget.

### **Vedlegg 0: Elektronisk versjon av hovedrapporten**

#### **Vedlegg 2.1: Fotos fra anlegget**

#### **Vedlegg 4.1: Dokumentasjon, mudring**

Analyse vann fra lekter 160307.pdf  
Kvittering Langøya.pdf  
Mudring importkai skisse og logg.pdf

#### **Vedlegg 4.2: Dokumentasjon Sprengning**

Analyser EK1-4, PAH+tungmetall 160407.pdf  
Oversikt sprengte områder øst og vest.pdf  
Oversikt undervannssalver dato og klokkeslett.pdf  
Vannprøver PAH mm.pdf

#### **Vedlegg 4.3 Dokumentasjon tildekking**

Mappe: Tildekking under ny fylling

Bilde 1-1.jpg  
Bilde BT 100.pdf  
Duk under importkai.pdf  
Rapport 10 mai pukk.pdf  
Rapport 27 mars pukk.pdf  
Rapport inspeksjon 291007.doc  
Rapport – inspeksjon av masse etter utlegging av duk.doc  
Sandlaginspeksjon-200307.pdf  
Tegning utført tildekking.pdf

Mappe: Tildekking utenfor ny kai

Inspeksjon utenfor importkai 291007.tif  
Inspeksjon støttefylling tildekking.pdf  
Rapport – arbeid ved kai april 2007.pdf

Mappe: Tildekkingsmasser

Analyser tildekkingsmasser.pdf  
Brev SFT 290307.pdf  
Dekkmasser 3 prøver uke 20-07.pdf  
Dokumentasjon av egnethet for tildekkingsmasser.doc  
Møtereferat SFT 290307.pdf  
Oppfølging av dekkmasser.pdf  
Turbiditet St Gobain.pdf

#### **Vedlegg 4.4 Turbiditetskontroll ukesrapporter**

Forts.

**Vedlegg 5.1 Entreprenørens kontrollprogram**

Vedlegg 5.1.1 Lekterlogg  
Beredskaps- og overvåkingsplaner.pdf  
Logg miljøoppfølging.xls  
Oversikt alarmperiode april-mai 07.pdf  
Rutine for manuell sluttovervåking.pdf  
Turbiditetsmøte 150507.doc

**Vedlegg 5.2 Turbiditetsprofiler NIVA**

Feltrapport  
Rådata av turbiditetsloggingen samt horisontale og vertikale profiler

**Vedlegg 5.3 Rådata vannanalyser NIVA**

**Vedlegg 7.1 Blåskjellundersøkelse**