



Rapport / Report

Overvåking av forurensning ved mudring og deponering

Ny sjøbunn etter tiltak i Oslo havn - Sluttrapport

20051785-64
30. mars 2009
Revisjon 1, 1. juli 2009

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentsiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere dette før bruk av dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this before using this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Prosjekt

Prosjekt: Overvåking av forurensning ved mudring og deponering
Rapportnummer: 20051785-64, rev. 1
Rapporttittel: Ny sjøbunn etter tiltak i Oslo havn
Sluttrapport
Dato: 30. mars 2009
Rev 1, 1. juli 2009

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Oslo Havn KF
Oppdragsgivers
kontaktperson: Jarle Berger
Kontraktreferanse: 40HAV05

For NGI

Prosjektleder: Audun Hauge
Rapport utarbeidet av: Arne Pettersen, Silje Nag, Gijs Breedveld

Sammendrag

Denne rapporten er en revisjon av rapport 200151785-64 datert 30.03.2009. I denne utgaven er oversiktskartet for tilstandsklasser PCB i Bjørvika revidert, det er gitt en mer utdypende beskrivelse av statistisk datahåndtering og en mer konservativ beregningsmetode av forbedringsgrad har blitt brukt. Det er valgt å bruke et veid gjennomsnitt der undersøkelser med mange prøver tillegges mer vekt enn undersøkelser med få prøver. Disse dataene sammenlignes med gjennomsnittet av analyseresultatene fra prøver tatt etter de ulike tiltak.

Det er ingen endringer i grunnlagsdata som har blitt anvendt.

Secora AS har på vegne av Oslo Havn KF gjennomført mudring av forurensede sedimenter i Oslo havnedistrikt. Det forurensede topplaget er fjernet med bakgraver med graveskuffe påmontert lokk og fraktet til dypvannsdeponiet ved Malmøykalven der massene er ført ned til sjøbunnen via lukket rør. Entreprenøren har mudret ned til nivå med underliggende rene leirmasser med noe overmudring. Arealene som er mudret ble underveis justert som følge av tilpassninger og praktiske forhold.

BS EN ISO 9001
Serifisert av BSI
Reg. No. FS 32989

Sammendrag (forts.)



Rapport nr.: 20051785-64
Dato: 2009-03-30
Side: 2 / Rev.: 1
Rev. dato: 2009-07-01

Utførte arbeider i prosjektet "Ren Oslofjord" er omsøkt i "Søknad om mudring av forurensede sedimenter i Oslo havnebasseng" datert 28. september 2005. Søknaden er basert på "Helhetlig tiltaksplan for forurensede sedimenter i Oslo havnedistrikt", vedtatt av Oslo bystyre 26. Oktober 2005. Følgende langsiktige forvaltningsmål er definert:

Det langsiktige forvaltningsmålet for indre Oslofjord er: "Bunnsedimenter skal ikke være til hinder for utøvelse av rekreasjon og friluftsliv, byutvikling, havnedrift, båtliv og yrkesfiske. Forurensede sedimenter eller bruken av indre Oslofjord skal ikke føre til langsiktige, negative effekter på økosystemet.

Videre er det definert følgende operative mål:

Forurensede sedimenter skal fjernes eller dekkes til slik at miljøtilstanden forbedres betydelig, og det skal tilstrebes at kvaliteten på overflatesedimentet i hovedsak oppfyller klasse II (moderat forurenset) i SFTs klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (SFT veileder 97:03).

Som erfart i mudringsprosjekter både i Norge og internasjonalt, er det noe restforurensning på ny sjøbunn. Dette skyldes en kombinasjon av resedimentering av forurenset sediment på den mudrede flaten og en innblanding av forurenset sediment i den rene underliggende leira under mudring. Denne restforurensningen har medført at det ikke er oppnådd tilstandsklasse II for alle forbindelser i hele området etter mudring. Det er likevel oppnådd god tiltakseffektivitet etter mudringen. I deler av de mudrede områder er det dekket til med leire eller sand, og i disse områdene er det i stor grad oppnådd tilstandsklasse II.

Tiltaket i havneområdet har fjernet 95-99 % av total mengde av de miljøfarlige stoffene som opprinnelig var til stede. I småbåthavnene er det fjernet 60-95% av stoffene med unntak av PAH og TBT fra Bestumkilen der forbedringen var henholdsvis 48% og 31%.

Direkte målinger av spredning fra sedimentoverflaten i området som er mudret og tildekket viser at spredningen av PAH og PCB er redusert med 30-80 %. Vannkvaliteten i bunnvannet i tiltaksområdet er dokumentert med passive prøvetakere. For PAH og PCB er det observert en nedgang i konsentrasjon opp mot 90 %. Konsentrasjonen av disse forbindelsene er nede på et nivå som tilsvarer bakgrunnskonsentrasjonen i indre deler av Oslofjorden.

HOVEDKONKLUSJON

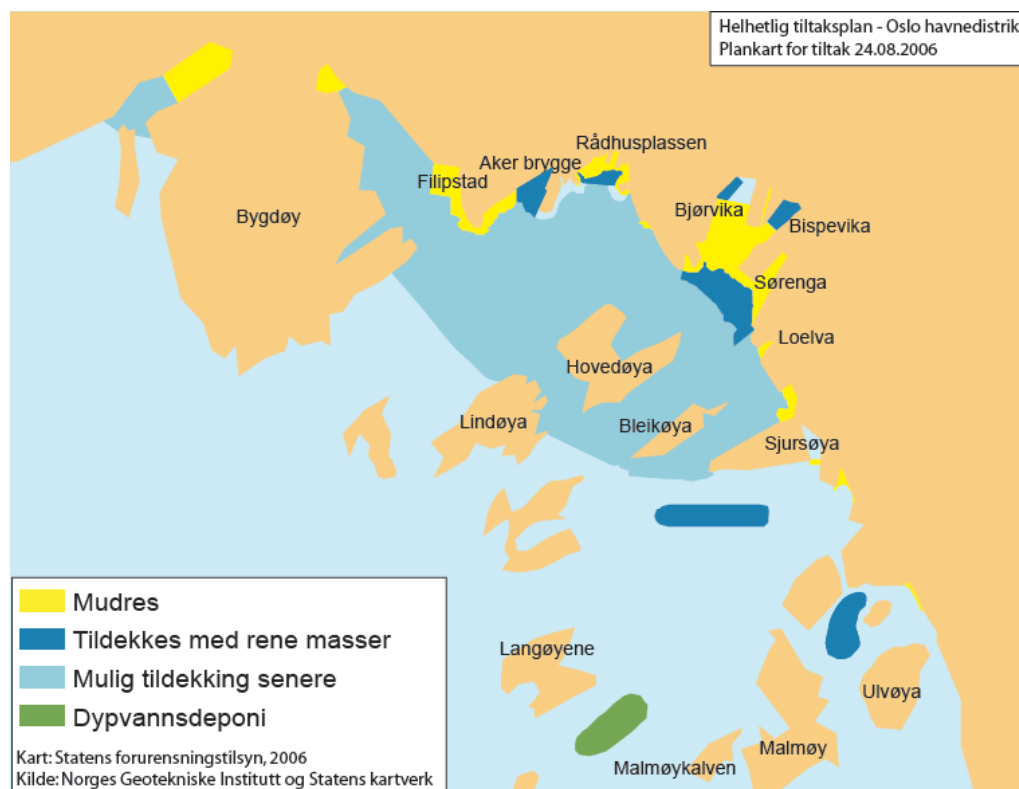
Mudringsarbeidene har gitt god miljøforbedring i Oslo havn og småbåthavnene. Denne miljøforbedringen er ytterligere forsterket ved å utnytte tilgjengelig rene overskuddsmasser som tildekkingsmasser. Det er ikke oppnådd tilstandsklasse II for alle forbindelser i hele området, men ved direkte målinger er det funnet at arbeidene har gitt en høy tiltakseffektivitet.

1	Bakgrunn	4
2	Prosjektets miljømål	5
3	Organisering av kontroll og oppfølging	6
4	Sedimentene før tiltak	7
5	Metode for gjennomføring	8
6	Utførte tiltak	11
6.1	Bjørvika	11
6.2	Pipervika	12
6.3	Øvrige deler av trafikkhavnen	12
6.4	Småbåthavnene	12
6.5	Opprustning av badeplasser	14
7	Restforurensning på mudrede arealer	14
7.1	Observert restforurensning	14
7.2	Tiltak for å bedre resultatet etter mudring	15
8	Kvalitet på ny sjøbunn etter tiltak	15
8.1	Datahåndtering	16
8.2	Oppnådd resultat fremstilt som tilstandsklasser.	17
8.3	Forbedring i overflatesedimentet av ny sjøbunn etter tiltak	20
8.4	Vurdering av "hot spots" i konsentrasjoner på sjøbunnen	22
8.5	Mengde forurensning fjernet	23
8.6	Redusert spredning fra sjøbunnen til bunnvannet	24
8.7	Reetablering av bunnlevende organismer	26
9	Vurdering av oppnådd resultat	26
10	Oppsummering og konklusjon	29
11	Liste over dokumentasjon	30
12	Kildehenvisninger	33

Vedlegg A	Oversiktskart som presenterer gjennomførte tiltak
Vedlegg B	Oversiktskart som viser tilstandsklasser i ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika
Vedlegg C	Oversiktskart som viser tilstandsklasser i ny sjøbunn etter tiltak i Bjørvika

1 Bakgrunn

Oslo Havn KF har i perioden 2006-2008 på vegne av Oslo kommune gjennomført tiltak i Oslo havnedistrikt for å forbedre miljøtilstanden ved å fjerne eller tildekke forurensede havnesedimenter. Arbeidene er utført med bakgrunn i Helhetlig tiltaksplan for forurensede sedimenter i Oslo havnedistrikt (Oslo kommune 2005). Figur 1 presenterer plankart for tiltakene pr. 24.08.2006.

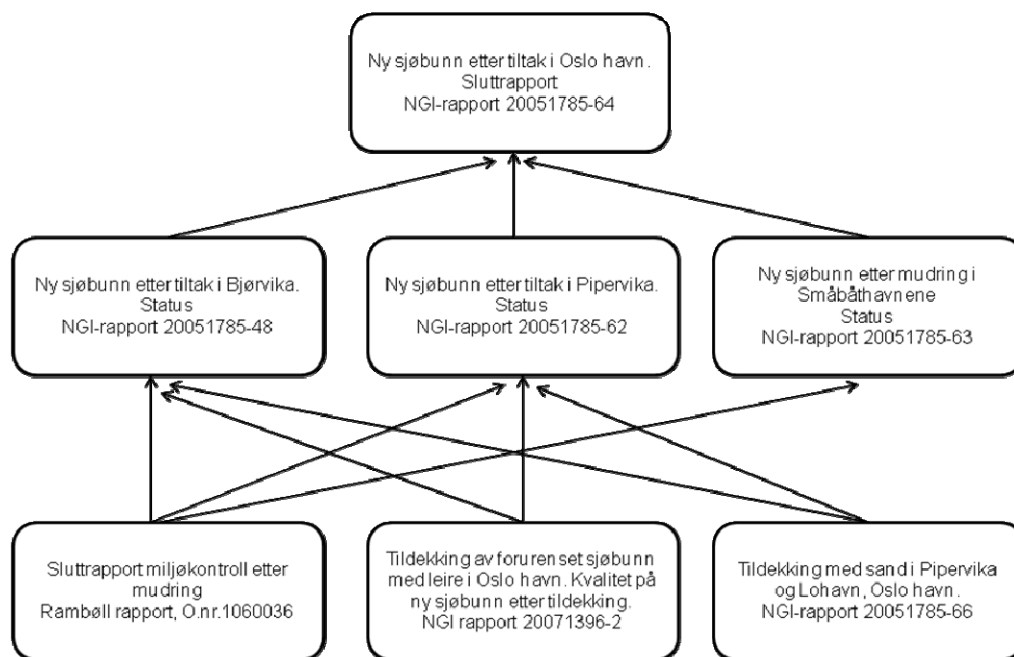


Figur 1 Plankart for helhetlig tiltak.

Tiltaksarbeidene omfatter mudring av forurensede masser i områder ned mot ca kote -15 m. Disse arealene er merket med gult i figur 1. Mudrede masser er transportert til dypvannsdeponiet ved Malmøykalven der de er nedført via lukket rør til sjøbunnen. Det vil bli utarbeidet egen sluttrapport for deponiområdet når arbeidet med tildekkingen avsluttes sommeren 2009.

I områdene mellom kote -15 og -20 m i Bjørvika og Pipervika er forurenset sjøbunn dekket til med marin leire fra utgravingen av trasé til senketunnelen for E18 som anlegges over Bjørvika. Disse områdene er merket med mørk blå i figur 1. Det er også brukt leire og tilførte sandmasser som dekkmasser i Bjørvika og Pipervika. Det foreligger sluttrapport for områder tildekket i Pipervika, ytre Bjørvika, Bispevika og indre Bjørvika (NGI, 2008a).

Denne sluttrapporten oppsummerer undersøkelsene av ny sjøbunn etter tiltak, og oppnådde resultater i forhold til gitte tillatelser. Figur 2 viser sammenhengen mellom de ulike delrapportene. Sluttrapporten er bygget på:



Figur 2 Rapporthierarki som viser grunnlagsdokumentene til sluttrapporten.

2 Prosjektets miljømål

Utførte arbeider i prosjekt "Ren Oslofjord" er omsøkt i "Søknad om mudring av forurensete sedimenter i Oslo havnebasseng" datert 28. September 2005 (HAV, 2005). Søknaden er basert på "Helhetlig tiltaksplan for forurensete sedimenter i Oslo havnedistrikt", vedtatt av Oslo bystyre 26. Oktober 2005. I søknaden er følgende langsiktige forvaltningsmål definert:

Det langsiktige forvaltningsmålet for indre Oslofjord er: "Bunnsedimenter skal ikke være til hinder for utøvelse av rekreasjon og friluftsliv, byutvikling, havnedrift, båtliv og yrkesfiske. Forurensete sedimenter eller bruken av indre Oslofjord skal ikke føre til langsiktige, negative effekter på økosystemet.

Videre er det definert følgende operative mål:

Forurensete sedimenter skal fjernes eller dekkes til slik at miljøtilstanden forbedres betydelig, og det skal tilstrebes at kvaliteten på overflatesedimentet i hovedsak oppfyller klasse II (moderat forurenset) i SFTs klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (SFT veileder 97:03).

3 Organisering av kontroll og oppfølging

Prosjektet "Ren Oslofjord" har gjennomført tiltak ifm. opprydding av forurensete sedimenter i Oslo havn etter 3 tillatelser fra SFT:

1. Tillatelse til mudring av forurensete sedimenter i Oslo havnedistrikt, tillatelse gitt 08.12.2005
2. Tillatelse til etablering av dypvannsdeponi ved Malmøykalven og deponering av forurensete sedimenter, tillatelse gitt 20.09.2005
3. Tillatelse til tildekking av forurensete sedimenter i forbindelse med gjennomføring av helhetlig tiltaksplan i Oslo havnedistrikt, tillatelse gitt 30.04.2008

Kontroll og oppfølging av arbeidene er gjennomført i henhold til kontrollplaner etter de krav som er gitt i SFT tillatelsene. Det er utarbeidet en kontrollplan for hver av tillatelsene der alle SFTs krav er tatt inn. Det er gitt en detaljert prosedyre for hvordan dette skal gjennomføres og hvem som har ansvaret for gjennomføring av kontrollen og oppfølgingen av resultatene. Alle kontrollplanene er oversendt SFT.

I henhold til kontrollplanen har mudringsentreprenøren Secora hatt ansvaret for å se til at kvaliteten av ny sjøbunn etter mudring dokumenteres, og at det iverksettes eventuelle tiltak dersom mudringsresultatet ikke er tilfredsstillende. Dette arbeidet har Secora engasjert Rambøll til å gjennomføre. Rambøll har utarbeidet en rapport (Rambøll 2009) der dokumentasjonen av ny sjøbunn etter mudring er presentert.

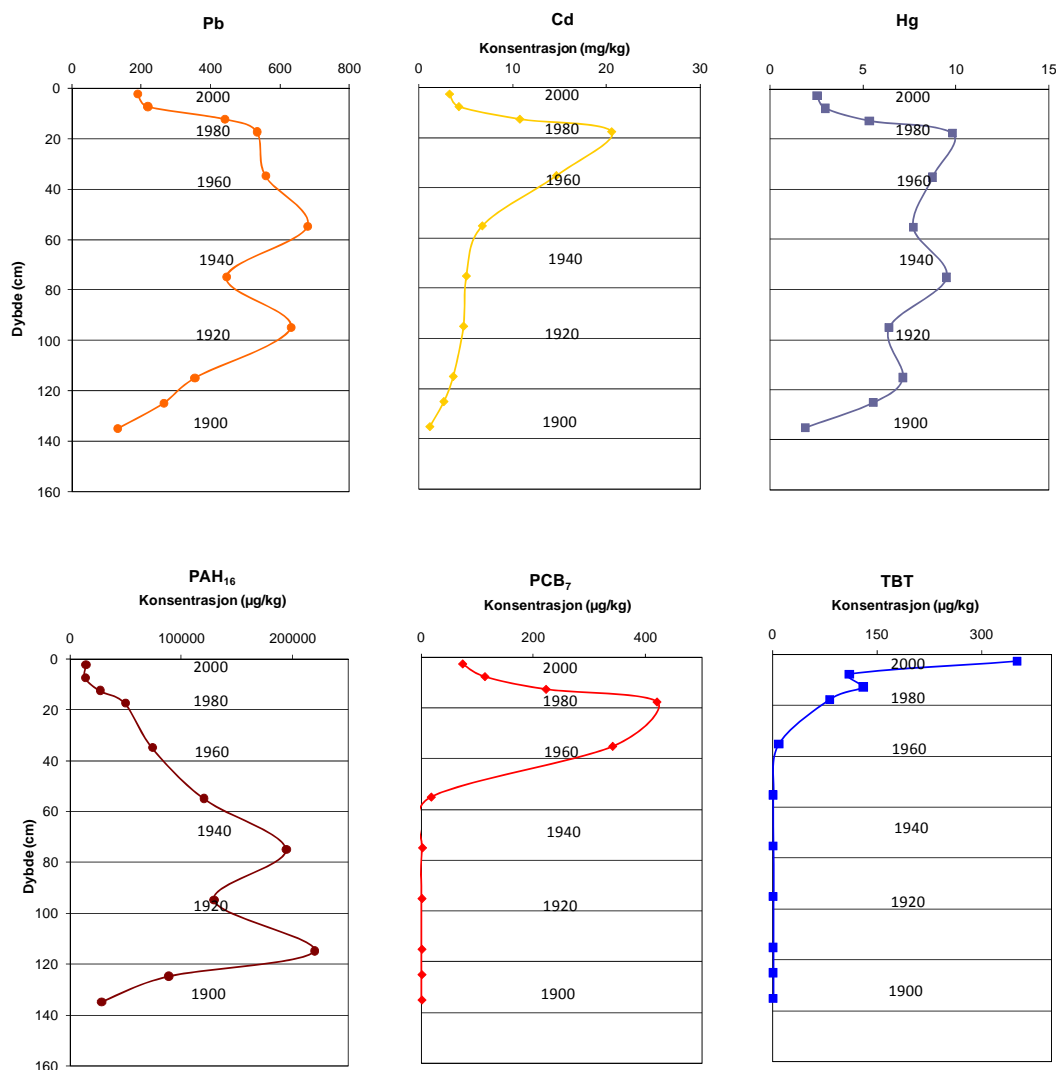
NGI har med bakgrunn i resultatene fra Rambøll gitt Oslo Havn KF, som tiltakshaver, råd om tildekking i Pipervika og Bjørvika for å forbedre resultatene som ble oppnådd med mudring alene. NGI har gjennomført all prøvetaking og dokumentasjon av kvaliteten i tildekte områder. Utlegging av sand er gjort etter egen tillatelse fra SFT. Disse arbeidene er rapportert i NGI rapport 20051785-66 der alle resultatene er dokumentert. Utlegging av sand er gjort i områder som først var mudret, og i tilstøtende arealer som opprinnelig var planlagt mudret. Dette gjelder spesielt i Lohavn. Analysedata for sandtildekkede områder (0-10 cm) inngår i denne rapporten for å vise en helhetlig oversikt over ny sjøbunn etter alle tiltak.

Tildekking med leire i ytre deler av Pipervika og Bjørvika, samt i Bispevika og indre Bjørvika, er utført av Statens vegvesen region øst (SVRØ). Arbeidene er gjort i henhold til SVRØs tillatelse fra SFT. NGI ble engasjert av SVRØ for å kontrollere sjøbunnen etter gjennomført tildekking. Resultatene fra dette er vist i sin helhet i en egen NGI-rapport (NGI, 2008a). Utlegging av leire i mudret område sentralt i Bjørvika ble gjort etter SVRØs tillatelse. Kvalitet på ny sjøbunn etter utlegging av leire er dokumentert av NGI (NGI, 2008b).

I denne sluttrapporten er det gjort en samlet vurdering av ny sjøbunn etter tiltak der det er brukt data fra alle overnevnte arbeider. Denne samlede oversikten gir den helhetlige tiltaksoppnåelse i forhold til helhetlig tiltaksplan (Oslo kommune, 2005).

4 Sedimentene før tiltak

Sjøsedimentene er gjennom historien tilført blant annet forurensning som tungmetaller, tjæreforbindelser (PAH), olje, syntetisk framstilte klorerte bifenyler (PCB) og organiske tinnforbindelser (TBT) fra industrikilder på land, skipsverft, kloakkutslipp, bunnstoff på båter og trafikk. De ulike forbindelsene er ujevnt fordelt i sedimentene som følge av bruk og utfasing av stoffer gjennom de siste hundre årene. Konsentrasjonen av flere metaller og organiske forbindelser i sedimentene før tiltak (se fig. 2) tilsvarer tilstandsklasse IV og V etter SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet, der klasse I er rene upåvirkede masser og klasse V er mest forurenset. De fleste forbindelsene foreligger i lavere konsentrasjoner i sedimentenes toppsjikt som følge av at mange kilder til forurensning på land er stoppet ved hjelp av rensetiltak eller utfasing av industriell aktivitet. TBT er imidlertid en forbindelse som fortsatt påtreffes i høyeste konsentrasjon i sedimentets toppsjikt. Dette skyldes at forbindelsen ble tatt i bruk på 70-tallet, og at utfasing og forbud mot bruk av stoffet er av ny dato slik at forbindelsen fortsatt er i omløp i miljøet. Figur 3 illustrerer dette ved å vise konsentrasjonen av Pb, Cd, Hg, PAH, PCB og TBT i sedimentprofil fra Bispevika før tiltak (NGI, 2005).



Figur 3 Konsentrasjonen av utvalgte forbindelser i sedimentprofil fra Bispevika. Årstallene gir en indikasjon på når sedimentlaget ble avsatt (NGI, 2005).

Urban avrenning og langtransportert forurensning gjør at ferskt tilført materiale, som vil utgjøre ”morgendagens” sediment, vil inneholde et visst nivå av forurensning. Materialet som sedimenterer i havneområdene nå har imidlertid et relativt lavt forurensningsnivå, og samtidig gjennomføres det nå store tiltak langs sjøfronten i Oslo som ytterligere vil forbedre dette. Dette tilsier at en miljøopprydding av sedimentene nå vil gi en varig positiv miljøgevinst.

5 Metode for gjennomføring

Da Oslo Havn KF valgte mudringsteknologi ble dette gjort med bakgrunn i en totalvurdering i forhold til en rekke krav. Kravspesifikasjonen omfattet følgende:

- Metodens egenskaper i forhold til håndtering av relativt store mengder stein og skrot.
- Mulighet for tilfredsstillende arkeologisk inspeksjon av mudringsmassene og konservering av eventuelle arkeologiske funn.
- Krav til kapasitet, driftssikkerhet, forutsigbar framdrift og kostnad.
- Egnethet til å overholde krav til partikkelspredning (turbiditet) under utførelse.
- Oppnåelse av tilfredsstillende kvalitet på ny sjøbunn etter tiltak.
- Produksjon av mudrede masser med et tilstrekkelig lavt vanninnhold og av en slik konsistens at massene kunne nedføres i dypvannsdeponiet innen de krav som er stilt i tillatelsen for deponering.

Entreprenøren som ble valgt for mudringsarbeidene var Secora AS. Mudringsarbeidene startet i mai 2006, og ble avsluttet ved utgangen av oktober 2008. Det ble benyttet to mudringslektere under arbeidene (se fotografier i figur 4 og 5). Transport 052 er den største enheten som ble brukt i alle de store områdene, og Transport 048 er en noe mindre enhet som ble brukt i bl.a. småbåthavnene. Mudringen ble utført med bakgraver, og mudringsskuffen var påmontert lokk for å minimere spredning av partikulært materiale under mudring. Massene ble lastet opp i lekter for transport ut til dypvannsdeponiet ved Malmøykalven der massene ble ført helt ned til sjøbunnen via en lukket rørløsning. Entreprenør benyttet både selvgående lektere (Mudder 079 og Mudder 080) og mindre slepebåtassisterte lektere (Mudder 076 avbildet i figur 5).

Under mudringsarbeidene ble partikkelinnhold i vann (turbiditet) overvåket. Overvåkingsbøyer var utplassert ved mudringslekteren, og det ble automatisk generert tekstmeldinger ved overskridelse av grenseverdi slik at arbeidene ble stanset. Dokumentasjon av vannkvalitet ved kjemisk analyse ble gjennomført i henhold til programmer for utvidet overvåking. Entreprenør hadde ansvar for å loggføre arbeidene og innrapportere uønskede hendelser og avvik til byggherre. Mottatte overvåkingsresultater og loggføringer gjort av Secora AS og NGI-målinger er rapportert i månedsrapporter (se dokumentlisten, kapittel 10).



Figur 4 Transport 052



Figur 5 Transport 048

Det er i tillegg gjennomført overvåking i mudringsområdet i regi av SFT og Fagrådet for indre Oslofjord. Overvåkingen er utført av NIVA, og omfatter bl.a. bruk av sedimentkamera og målinger av metaller og organiske forbindelser i Blåskjell. Disse rapportene er tilgjengelige på SFTs nettsider.

6 Utførte tiltak

Helhetlig tiltaksplan (Oslo kommune, 2005) peker på mudring og tildekking som metoder for å oppnå de angitte miljømålene. Det har vært flere tiltakshavere involvert i arbeidene med miljøopprydding i Oslo havn. Statens vegvesen har hatt ansvar for oppryddingen innenfor arealene som inngår i prosjektet senketunnel og levert leirmasser for tildekking. Statsbygg hadde tilsvarende ansvar for arealet der den nye Operaen ligger. For de ulike entreprisene foreligger det egne tillatelser fra SFT. I denne rapporten er det hentet inn resultater fra disse tilstøtende arbeidene slik at det gis en helhetlig presentasjon av ny sjøbunn etter tiltak. En oversikt over arbeidene er vist i vedlegg A.

6.1 Bjørvika

I Bjørvika, som utgjør det største arealet i oppryddingen i Oslo havn, er følgende arbeider utført (se vedlegg A):

- I forbindelse med bygging av ny opera utførte Statsbygg mudring av forurenset sjøbunn innerst i Bjørvika, og deler av arealet ble tildekket med 0,6 m sand. Utenfor dette området ble det etablert en skipsbarriere av rene steinmasser opp til kote -2 m.
- Statens vegvesen har mudret all forurenset masse fra traseen for senketunnelen, og ny sjøbunn består nå av sand, grus og pukk.
- Oslo Havn KF har gjennomført mudring av arealet i Bjørvika mellom senketunelltraseen og kote-15 m
- Statens vegvesen har under bygging av ny senketunnel i Bjørvika mudret et betydelig volum marin leire. Dette materialet er utnyttet til å gi en miljøforbedring som tildekkingsmasse i ytre del av Bjørvika, samt i Bispevika og indre Bjørvika (NGI, 2008a). Etter mudring ble det i den sentrale delen av Bjørvika også lagt ut leire for å øke miljøeffekten av tiltaket.
- Nær utløpet av Akerselva er det en fordypning etter flytedokker tilhørende Nyland verft. Dette arealet er ikke mudret, men er tildekket ved at det er lagt ut stein og marin leire.
- Ved Lohavn er det et større areal som opprinnelig var planlagt mudret tildekket med ren sand.
- Utløpet av Akerselva er mudret og tildekket med ren sand. Dette arbeidet ble utført av Secora på bestilling av Oslo kommune ved Vann- og avløpsetaten.

6.2 Pipervika

I Pipervika er følgende tiltak utført (se vedlegg A):

- Det er gjennomført mudring innerst i Pipervika og utover mot kote -12 m.
- I ytre del av Pipervika, fra kote -15 og ned til -20 m er forurenset sjøbunn tildekket med marin leire fra senketunelltraseen
- Fra utstikkerne og ned til det leirtildekkede området er det gjennomført tildekking med sand. I Pipervika er det dermed bare mellom utstikkerne at sjøbunnen kun er mudret.
- Ved Akershuskaia hadde sedimentene et høyt innhold av organiske materiale som følge at det tidligere kloakkutløpet som munnet ut i området, og de forurensete sedimentene forelå i stor mektighet (NGI, 2007). Etter anbefalingene i denne rapporten ble det mudret et begrenset volum sedimenter, og det mudrede arealet ble deretter dekket til med rene sandmasser.

6.3 Øvrige deler av trafikkhavnen

Det er gjennomført mudring i et mindre omfang ved havneavsnittene Hjortnes, Filipstad, Vippetangen, Lohavn og Sydhavna.

- Utenfor fergeterminalen ved Hjortnes var det til dels hard bunn, men i et begrenset område ble det gjennomført mudring.
- Utenfor Filipstadkaia var det opprinnelig planlagt mudring i et smalt belte. Tidlig i arbeidene ble det imidlertid funnet ammunisjon i mudringsmassene, og arbeidene ble bestemt avbrutt.
- I Lohavnbukta ble det påtruffet mye stein og betong på sjøbunnen.
- Langs Grønlikaia ble det også påtruffet ammunisjon. Det ble bestemt at mudring i dette området ikke var gjennomførbart.
- I Sydhavna ble det utført noe mudringsarbeid, men mye stor stein og fast betong utenfor sementsiloene medførte en begrensning i mudringsomfanget.

6.4 Småbåthavnene

Det er gjennomført mudring i småbåthavnene i Paddehavet, Bestumkilen, Frognerkilen og Hovedøya. Mudringen i småbåthavnene ble utført i nært samarbeid med den enkelte båtforening og ønskene om utdypning ble fulgt opp så langt som mulig. Opprydding i småbåthavnene krevde en stor grad av samarbeid på grunn av den store aktiviteten og behovet for å flytte flytebrygger etc., og det ble lagt ned mye arbeid i å planlegge og koordinere arbeidene slik at aktiviteten kunne foregå så normalt som mulig. Det ble også lagt stor vekt på at mudringsarbeidene skulle gjøres på en skånsom og forsiktig måte for å unngå skader på båter og anlegg. Faktorer som bryggeinstallasjoner, vann- og avløpsledninger, steinutfyllinger og geoteknisk stabilitet, samt hensyn til antikva-

riske funn og viktige biologiske forekomster begrenset imidlertid omfanget av mudring i småbåthavnene.

Arbeidene i Bestumkilen, Frognerkilen og Paddehavet ble prioritert gjennomført utenfor høysesongen for å opprettholde tilbudet til publikum i så stor grad som mulig.

Paddehavet var forventet å ha et stort mudringsbehov på bakgrunn av en mudringssøknad som var gjort på 90-tallet. Imidlertid var behovet for mudring lite, og det ble dermed bare utført en fordypningsmudring i et smalt belte langs land i østre del av Paddehavet.

Mudringen av småbåthavnområdene i Bestumkilen ble startet høsten 2007 etter at båtene var tatt opp i vinteropplag eller flyttet. Hovedbryggene ble liggende, mens sidebrygger og utliggere ble fjernet fortløpende. Mudringsdybden ble bestemt av fordypningsbehovet til småbåthavnene, da dette var dypere enn den kartlagte forurensningsmektheten. Det ble mudret fra 0,5 til 1 m mektighet.

I Bestumkilen og Frognerkilen var det steinfyllinger ut i sjøen som lå der av stabilitetshensyn. Disse fyllingene kunne ikke fjernes, og har begrenset omfanget av mudringen. Tapte moringer, skrot og brygger som ikke kunne flyttes var ellers de største utfordringene for mudringen.

Etter ferdigstillelse av arbeidene i Bestumkilen, fortsatte mudringen i Frognerkilen. Her ble det arbeidet intensivt for å ferdigstille mudringen før brygger og båter skulle på plass til sommersesongen. Hensyn til et biologisk verdifullt strandsumpområde i vestre del av bukta medførte at et belte mot dette området ikke ble mudret. Området er registrert i Oslo kommunes naturdatabase som viktig for biologisk mangfold. Et felt innerst mot nord ble også satt igjen pga. en kryssende hovedavløpsledning som det ikke var mulig å få påvist nærmere. Inn mot land i nordvest lå det bryggeanlegg som det ikke var mulig å få flyttet. Utover langs Frognerstranda på østsiden er det steinfyllinger ut i sjøen som ligger der av stabilitetshensyn. Oppsummert ble mudringsarbeidet innerst i Frognerkilen svært lite helhetlig.

Underveis i prosjektet vedtok bystyret at også småbåthavnene på Hovedøya skulle mudres. Dette medførte at arbeidene i dette området måtte gjøres i sommerhalvåret 2008. En spesiell utfordring under mudringsarbeidene ved Hovedøya var arkeologisk kontroll og bevaring av funn. Undersøkelser i forkant av mudringsarbeidene hadde avdekket verneverdige vrak og vrakrester. Disse områdene måtte håndteres spesielt, og i flere tilfeller måtte mudringsarbeidene avbrytes i områder rundt slike verneverdige funn.

I Hovedøybukta ble det mudret i henhold til kartlagt mektighet av forurenset lag, og mudringsdybden var i hovedsak 80 cm (Aquateam, 2008). Et område med verdifulle biologiske forekomster vest i Hovedøybukta ble omkranset av siltgardin for å hindre nedslamming ved mudringen. Båtforeningene utviste

stor samarbeidsvilje, og båter og brygger ble flyttet suksessivt gjennom arbeidens gang.

6.5 Opprustning av badeplasser

Oslo Havn KF gjennomførte en undersøkelse av forurensningsgrad ved flere av Oslos badeplasser i 2006 (NGI, 2007a). Undersøkelsen viste bl.a. at en badeplass ved Hovedøya og Bygdøy sjøbad var betydelig forurenset. Det ble derfor bestemt å oppruste disse badeplassene. Tiltakene omfattet mudring av forurenset masse og tilføring av rene sandmasser.

7 Restforurensning på mudrede arealer

Den forurensete massen i Oslo havn kan gjenkjennes ved at den er sort, mens den underliggende rene leiren er grå. Prosedyren i mudringsarbeidet var at arealet ble delt opp i ruter og en rute av gangen ble mudret ferdig. Føreren av mudringsapparatet gravde til han visuelt så at han hadde rene masser i graveskuffen. Etter mudring ble arealet prøvetatt, og i en del av arealene ble det påvist et forurenset topplag av varierende tykkelse (0 til noen cm) på den nye sjøbunnen. En gjennomgang av internasjonale erfaringer med denne type mudringsarbeider viser at tilsvarende effekter er observert i en rekke prosjekter (bl.a. Gustavson et. al, 2008). Dette kan skyldes flere mekanismer:

1. Suspenderte masser fra mudringsprosessen resedimenterer på det mudrede arealet.
2. Mudringsgrabben/skuffen gir en mekanisk blanding av forurenset masse og underliggende sjøbunn
3. Masser fra nærliggende arealer kan skli tilbake til det mudrede området
4. Sedimenter fra naboarealer transporterers inn i området som er mudret som følge av bl.a. oppvirvling fra trafikk eller andre pågående anleggsarbeider.
5. Naturlig sedimenterende materiale kan inneholde et forhøyet nivå av forurensning.

7.1 Observert restforurensning

Entreprenørens kontrollansvarlige, Rambøll, har prøvetatt og utført kjemisk analyse av toppsjiktet (0-10 cm) og materialet under det løse, resedimenterte topplaget. Beskrivelsen av prøvematerialet under det det løse topplaget viser at det består av masser som i varierende grad er en sammenblanding av forurenset sediment og underliggende rene masser. Tykkelsen på dette laget er ikke kvantifisert i Rambøll (2009), men ser ut til å variere i mektighet (0 til >10 cm). Det er mest sannsynlig at dannelsen av blandlaget skjer ved overnevnte mekanismer 2 og 3. Resultatene fra kjemisk analyse av dette laget viser at konsentrasjonen av flere metaller og organiske forbindelser er høyere enn det som normalt påtreffes i visuelt ren leire.

7.2 Tiltak for å bedre resultatet etter mudring

For å øke tiltakseffektiviteten av mudringsarbeidene i enkelte områder kan følgende tiltak vurderes:

- Ytterligere mudring
- Tildekking med rene masser
- Naturlig restitusjon ved tilførsel (naturlig sedimentasjon) av rene sedimenter

Eventuell ytterligere mudring må foretas i flere runder med overmudring fordi topplaget med forurenset materiale er meget løst, og kan være vanskelig å hente opp med graving. For å oppnå en tilstrekkelig forbedring kan dette resultere i en stor overmudring og et stort volum. En må vurdere kost-nytteverdi av slike arbeider.

Generelt er det mest effektive tiltaket mot restforurensning etter mudring tildekking med rene masser. Dette er dokumentert og vist i denne rapporten. Tilgjengelighet av egnede tildekkingsmasser, krav til seilingsdyp, anleggstekniske forhold og kostnader vil være dimensjonerende for det areal det er mulig å behandle.

I områder med relativt liten sedimentasjon fra elver, slik som i Oslo havn, vil naturlig restituering ha en lang tidshorison. Det er kvaliteten på naturlig sedimenterende materiale som vil være bestemmende for sedimentkvaliteten i tiltaksområdet i tiden etter avsluttet tiltak.

8 Kvalitet på ny sjøbunn etter tiltak

Dokumentasjonen av oppnådd kvalitet på ny sjøbunn etter gjennomførte tiltak er basert på et stort antall prøver og analyser for innhold av tungmetaller, tjæreforbindelser (PAH), syntetisk framstilte klorerte bifenyler (PCB) og organiske tinnforbindelser (TBT). Datamaterialet omfatter prøver tatt før tiltaket ble iverksatt etter at mudring var gjennomført og etter at sjøbunnen var dekket med sand eller marin leire. Resultatene er presentert og vurdert inngående i følgende rapporter, som inngår som en del av sluttrapporteringen:

- Ny sjøbunn etter mudring i Bjørvika. Status (NGI, 2008b)
- Ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika. Status (NGI, 2009a)
- Ny sjøbunn etter mudring i småbåthavner. Status (NGI, 2009b)
- Sluttrapport miljøkontroll etter mudring (Rambøll, 2009)

Det er i tillegg gjort målinger i Bjørvika med spesielt utstyr som måler spredning fra sedimentoverflaten (diffusjonskamre) og passive prøvetakere som dokumenterer vannkvaliteten i bunnvannet like over sjøbunnen. Videre er det gjennomført undersøkelser i områdene tildekket med marin leire for å dokumentere i hvilken grad bunnlevende organismer rekoloniserer tiltaksområdene.

8.1 Datahåndtering

For å vurdere den generelle kvaliteten av ny sjøbunn i de ulike tiltaksområdene har datagrunnlaget blitt tolket statistisk, der man ser både på gjennomsnittsverdiene og fordelingen av verdiene ved hjelp av persentiler. Resultatene av analysene er presentert i hver av delrapportene for Bjørvika, Pipervika og småbåthavnene (NGI 2008b, NGI 2009a, NGI 2009b). De måleverdiene som ligger til grunn for de ulike tiltakene finnes for mudring i (Rambøll, 2009), for leirtildekking i (NGI, 2008a) og sandtildekking i (NGI, 2009c). I denne slutt-rapporten har dataene blitt brukt til å gi et generelt bilde av status etter tiltak i Oslo havn som beskrevet nedenfor.

8.1.1 Kvalitetskriterier for sediment

For å vurdere tilstandsklassen av sedimentene har median verdien blitt brukt. I forhold til gjennomsnitt er median verdien mindre påvirket av ekstremverdier dvs en svært lav verdi (eks. under deteksjongrense), eller svært høy verdi. Median verdier vil dermed representere en bedre beskrivelse av det generelle bildet for området og verdiene er sammenlignet med SFTs tilstandsklasser (SFT, 1997) som danner grunnlaget for tillatelsene fra SFT.

8.1.2 Endring av konsentrasjon av forurensning i bunnsedimentene

For å vurdere endring i konsentrasjonen av forurensning i toppsjiktet av ny sjøbunn (0-10 cm), er det viktig å ha en god beskrivelse av situasjonen før tiltaket ble startet. Grunnlagsmaterialet for de fleste delområdene består av flere enkeltstudier som varierer med hensyn på:

- Prøvetakingsomfang og metodikk
- Prøver tatt av overflaten eller hele det forurensete laget
- Parametre som ble målt
- Kjemiske analysemetoder og deteksjongrenser
- Analytiske laboratorier som har blitt brukt

Dette gjør det vanskelig å behandle alle data som et verdsett og beregne median fra dette datasettet. På den andre siden vil et gjennomsnitt av alle undersøkelser legge for mye vekt på enkelt undersøkelser som inneholder få prøver eller svært høye eller lave verdier i forhold til de øvrige undersøkelser. Derfor er det valgt å bruke et veid gjennomsnitt der undersøkelser med mange prøver tillegges mer vekt enn undersøkelser med få prøver. Disse dataene sammenlignes med gjennomsnittet av analyseresultatene fra prøver tatt etter de ulike tiltak.

8.1.3 Vurdering av hot spots av forurensning i bunnsedimentene

For å vurdere om det kan identifiseres områder som har betydelig høyere forurensningsgrad en den generelle miljøkvaliteten i området har det blitt utført en vurdering av forekomsten av såkalte "hot spots". SFTs veilederen for risiko-

vurdering av forurensede sedimenter (SFT, 2008b) vurderer mulig forekomst av hot spots ut fra forholdet mellom maksimumsverdien og median verdien. Dersom forholdet maksimum/median er større enn 2 anses det å være mulig at det forekommer hot spots. Videre har vurderingen bestått i å identifisere feltet der maksimumsverdien for en parameter er funnet samt feltene der verdier innenfor 90 persentilen er målt. Analysen har begrenset seg til nøkkelparametrene i tillatelsen: Bly, Kadmium, Kvikksølv, PAH, PCB og TBT. Dersom 3 eller flere parametre i et prøvefelt ligger innenfor 90 persentilen har disse blitt identifisert som mulige hot spots.

8.1.4 Mengde forurensning fjernet

For å beregne mengde forurensning fjernet er det tatt utgangspunkt i de undersøkelsene der det er tatt prøver som beskriver konsentrasjonen for hele det forurensede laget som har blitt mudret. I de fleste tilfellene er dette bare en av de nevnte undersøkelsene og derfor vil konsentrasjonene før tiltak være forskjellige fra konsentrasjonene for bare toppsjiktet som er basert på et veid gjennomsnitt. Før situasjonen beskrives med gjennomsnittsverdien av forurensningsnivået og sammenlignes med gjennomsnittsverdien av forurensning etter mudringsarbeidet.

8.2 Oppnådd resultat fremstilt som tilstandsklasser.

I søknad om tillatelse til mudring, som bygger på den helhetlige tiltaksplanen (Oslo bystyre, 2005), er tilstrebelse av tilstandsklasse II (etter SFT 97:03) gitt som operativt miljømål. Oppnådde klasser etter mudring og tildekking er oppsummert i tabell 2 i denne rapporten.

I vedlegg B og C er tilstandsklasser i overflatesedimentet (0-10 cm) presentert på oversiktskart som viser tungmetallene Hg (kvikksølv), Cd (kadmium) og de organiske forbindelsene PCB og PAH (tjærestoffer) etter tiltak i Bjørvika og Pipervika. Figurene er basert på et stort antall prøvepunkter i både Pipervika og Bjørvika. For sjøarealene som ble ryddet under bygging av ny Opera, for Akerselvans utløp, senketunneltraseen og det tildekkede arealet i fordypningen etter flytedokkene til Nyland verft, er tilstandsklassene basert på en ekstrapolering fra resultatene fra de tildekte områdene der det foreligger måledata der samme type masser har blitt brukt. Tabell 1 angir referanser til de rapportene hvor undersøkelsene av delområdene er beskrevet i detalj, og hvor originale analyserapporter fra kjemisk analyser av sedimentene foreligger.

Det er bare områdene som er mudret som skal vurderes i henhold til SFTs mudringstillatelse ”*Tillatelse til mudring av forurensede sedimenter i Oslo havnedistrikt, tillatelse gitt 08.12.2005*”. Dette omfatter småbåthavnene, trafikkhavnene, mudret område i Pipervika (merket som 4 i vedlagte figur A2) og mudret område i Bjørvika (merket som 7 i vedlagte figur A3).

Måloppnåelse for kvalitet på ny sjøbunn for øvrige områder er tidligere vurdert (NGI 2008a) eller skal bli vurdert i forhold til sine respektive SFT tillatelser.

Tabell 1 Kildeoversikt for utarbeidelse av oversiktskartene over tilstandsklassene i Pipervika og Bjørvika (vedlegg B og C).

Område	Delområde*	Tiltak utført	Tilstandsklasse vist i vedlagte figur nr.	Kilde	Byggherre
Bjørvika	1	Tildekking med sand på mudret sjøbunn	C1-C4	Estimert ²	Statsbygg
	2	Tildekking med leire		NGI (2008a)	Statens vegvesen
	3				
	4	Tildekking med sand på mudret sjøbunn		Estimert ²	Vann- og avløpsetaten
	5	Senketunnell med toppdekke av sand og grus		Estimert ²	Statens vegvesen
	6	Tildekking med stein og leire		Estimert ²	Oslo Havn KF
	7	Mudring		Rambøll (2009)	Oslo Havn KF
	8	Tildekking med leire på mudret sjøbunn		NGI (2008b)	Statens vegvesen og Oslo havn KF
	9	Tildekking med leire		NGI (2008a)	Statens vegvesen
	10	Tildekking med sand		Ikke publisert ¹	Oslo Havn KF
	11	Skipsstøtvoll av stein		Estimert ²	Statsbygg
Pipervika	1	Tildekking med leire	B1-B4	NGI (2008a)	Oslo Havn KF
	2	Tildekking med sand		NGI (2009c)	Oslo Havn KF
	3				
	4	Mudring		Rambøll (2009)	Oslo Havn KF
Småbåthavner og trafikkhavner	Kun mudrede områder som vist i figur A1	Mudring	Vist i Rambøll (2009)	Rambøll (2009)	Oslo Havn KF

*Som vist i figur A2 og A3.

¹Vil bli publisert i egen sluttrapport for tildekkingsarbeidene.

²Gitt samme tilstandsklasse (men ikke bedre enn klasse II) basert på data fra målinger i delområder med tilsvarende tiltak.

Tabell 2 og vedlagte figur B1-C4 viser at det i områdene som er dekket til med leire eller sand er oppnådd tilstandsklasse II for både metallene Hg og Cd og de organiske forurensningene PCB og PAH. Også for TBT (ikke vist i eget kart) er det oppnådd tilstandsklasse I og II i tildekkede områder i Bjørvika, mens klasse I og III ble oppnådd i Pipervika.

I havneområdene som kun er mudret foreligger det en restforurensning som gjør at tilstandsklasse II ikke oppnås for alle forbindelser. I disse områdene foreligger Cd i klasse II-III, Hg i klasse III og PAH og PCB i klasse IV.

I småbåthavnene tilsvarer sedimentkvaliteten tilstandsklasse II-III for metaller PCB og PAH med unntak av Frognerkilen der PAH ligger i klasse IV. I Bjørvika og Pipervika gir restforurensningen etter mudring konsentrasjoner av TBT som tilsvarer tilstandsklasse IV og V.

Tabell 2 Klassifisering av overflatesedimenter basert på median faststoffkonsentrasjon i toppsjiktet ($\approx 0-10$ cm)

Klassifisering av overflate sedimenter (0-10 cm) ^{1/2}						
Tiltaksområde	Hg	Cd	Pb	PAH-16	PCB-7	TBT
Bjørvika						
Etter mudring	III/IV	III/II	II/III	IV	IV/III	IV
Etter utlegging av leire i mudringsområdet	II/II	III/II	II/III	III	II/II	IV
Etter utlegging av leire	I/I	I/I	I/I	I	II/II	II
Etter mudring og sandtildekning	I/I	I/I	I/I	I	I/I	I
Pipervika						
Etter mudring	III/IV	II/II	II/II	IV	III/III	V
Etter mudring og sandtildekning	I/I	I/I	I/I	I	I/I	I
Etter leirtildekning	I/I	I/I	I/I	II	I/I	III
Bestumkilen						
Etter mudring	II/II	II/II	II/II	II	III/III	V
Frognerkilen						
Etter mudring	III/V	III/III	III/IV	IV	V/III	V
Hovedøybukta						
Etter mudring	II/II	II/II	II/II	III	IV/III	IV

¹Gamle tilstandsklasser (SFT, 1997), ²Nye tilstandsklasser (SFT, 2007)

8.3 Forbedring i overflatesedimentet av ny sjøbunn etter tiltak

Når effekten av tiltak skal vurderes er det mest relevant å fokusere på de kvalitetsforbedringer som er oppnådd i sedimentets toppsjikt (0-10 cm). Det er dette overflatelaget bunnlevende organismer bioturberer (omrører) og har direkte kontakt med. Videre er det sedimentets overflate som er i kontakt med overliggende sjøvann som gir en eventuell spredning av forurensing fra sjøbunn til vann.

Forbedringene av sedimentkvaliteten i de øverste 0-10 cm av sjøbunnen er vist for kvikksølv (Hg), kadmium (Cd) bly (Pb) PAH, PCB og TBT. Den oppnådde miljøforbedring som følge av tiltakene er vist i tabell 3-7 der dette er presentert både som gjennomsnittskonsentrasjoner, og prosentvis forbedring. Gjennomsnittskonsentrasjoner er i enkelte tilfeller sterkt påvirket av høye enkeltverdier.

Resultatene viser en betydelig forbedring av sedimentkvaliteten etter tiltak. I arealene i havnen der det er mudret er det oppnådd en tiltakseffektivitet som ligger mellom 58-83 %. I Bestumkilen og Frognerkilen er tiltakseffektiviteten etter mudring lavere spesielt for TBT og PAH der ingen forbedring oppnås i overflatelaget.

I ytre del av Bjørvika og Pipervika, samt i Bispevika og indre Bjørvika er forurenset sjøbunn tildekket med marin leire fra trasé for E18 senketunnelen i Bjørvika. Bruk av overskuddsmasser til positiv miljøforbedring var en viktig forutsetning i helhetlig tiltaksplan. Ny sjøbunn etter utlegging av leire viser en høy tiltakseffektivitet med 75 - 97 % forbedring av konsentrasjoner i overflatelaget.

I noen områder er det lagt ut sand både direkte på forurenset sjøbunn og i områder som først er mudret. Det er også lagt ut leire på mudret sjøbunn i Bjørvika. Hensiktene med disse tildekkingsarbeidene var å oppnå en bedre miljøforbedring enn det mudringsarbeidene kunne gi alene. Der det er gjennomført tildekking med sand er det oppnådd en miljøforbedring i overflatesedimentene på > 97 %. Dette må karakteriseres som svært høyt.

Tabell 3 Tiltakseffektivitet i Bjørvika basert på gjennomsnittlig faststoffkonsentrasjon i toppsjiktet av sedimentene ($\approx 0-10$ cm).

Bjørvika						
Tiltaksfase	Hg	Cd	Pb	PAH-16	PCB-7	TBT
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	$\mu\text{g/kg}$	$\mu\text{g/kg}$
Konsentrasjon						
Før tiltak	5,2	6,0	336	33,8	285	442
Etter mudring	1,7	2,1	116	14,4	83	109
Etter utlegging av leire i mudringsområdet	0,98	2,1	121	4,7	19	58
Etter utlegging av leire (Ytre Bjørvika)	0,81	0,70	43	2,4	7,8	27
Etter utlegging av sand	0,020	0,018	3,1	0,085	0,38	4,9
Forbedring						
Etter mudring	68 %	64 %	65 %	58 %	71 %	75%
Etter utlegging av leire i mudringsområdet	81 %	66 %	64 %	86 %	93 %	87 %
Etter utlegging av leire	84 %	88 %	87 %	93 %	97 %	94 %
Etter utlegging av sand i mudringsområdet	> 99 %	> 99 %	99 %	> 99 %	> 99 %	99 %

Tabell 4 Tiltakseffektivitet i Pipervika basert på gjennomsnittlig faststoffkonsentrasjon i toppsjiktet av sedimentene ($\approx 0 - 10$ cm).

Pipervika						
Tiltaksfase	Hg	Cd	Pb	PAH-16	PCB-7	TBT
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	$\mu\text{g/kg}$	$\mu\text{g/kg}$
Konsentrasjon						
Før tiltak	9,6	3,6	374	35,6	102	1 093
Etter mudring	1,7	0,73	91	14	41	183
Etter mudring og sandtildekning	0,029	0,023	3,6	0,21	2,2	36
Etter leirtildekning	1,43	0,31	52	0,93	26	97
Forbedring						
Etter mudring	82 %	80 %	76 %	61 %	60 %	83 %
Etter mudring og sandtildekning	> 99 %	> 99 %	99 %	> 99 %	98 %	97 %
Etter leirtildekning	85 %	91 %	86 %	97 %	75 %	91 %

Tabell 5 Tiltakseffektivitet i Bestumkilen basert på gjennomsnittlig faststoffkonsentrasjon i toppsjiktet av sedimentene ($\approx 0-10$ cm).

Bestumkilen						
Tiltaksfase	Hg	Cd	Pb	PAH-16	PCB-7	TBT
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	$\mu\text{g/kg}$	$\mu\text{g/kg}$
Konsentrasjon						
Før mudring	3,2	2,7	136	4,5	162	144
Etter mudring	0,58	0,90	45	5,9	128	257
Forbedring						
Etter mudring	82 %	67 %	67 %	*Ingen forbedring	21 %	*Ingen forbedring

*Vurdert som ingen reell endring i konsentrasjon

Tabell 6 Tiltakseffektivitet i Frognerkilen basert på gjennomsnittlig faststoffkonsentrasjon i toppsjiktet av sedimentene ($\approx 0-10$ cm).

Frognerkilen						
Tiltaksfase	Hg	Cd	Pb	PAH-16	PCB-7	TBT
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	$\mu\text{g/kg}$	$\mu\text{g/kg}$
Konsentrasjon						
Før mudring	8,5	4,7	219	9,2	296	272
Etter mudring	2,7	2,7	119	7,5	207	307
Forbedring						
Etter mudring	68 %	42 %	46 %	18 %	30 %	*Ingen forbedring

*Vurdert som ingen reell endring i konsentrasjon

Tabell 7 Tiltakseffektivitet i Hovedøybukta basert på gjennomsnittlig faststoffkonsentrasjon i toppsjiktet av sedimentene ($\approx 0-10$ cm).

Hovedøybukta						
Tiltaksfase	Hg	Cd	Pb	PAH-16	PCB-7	TBT
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	$\mu\text{g/kg}$	$\mu\text{g/kg}$
Konsentrasjon						
Før mudring	2,9	4,2	193	16,4	174	259
Etter mudring	0,56	0,73	53	6,0	54	93
Forbedring						
Etter mudring	81 %	83 %	73 %	63 %	69 %	64 %

8.4 Vurdering av "hot spots" i konsentrasjoner på sjøbunnen

Hot spot vurderingen viser at forurensningen var ujevnt fordelt før tiltaket startet i alle områdene. Alle parametre har en maks/median verdi større enn 2 og PAH peker seg ut som den med størst konsentrasjonsforskjell mellom prøvene. Detaljerte analyser av hvert delområde er gjort i de enkelte statusrapportene, og samlet finner vi følgende:

- I ytre Bjørvika og Pipervika der det er dekket til med flere lag leire finner vi områder med høyere konsentrasjoner i randsonen for tildekkingen.
- Sandtildekkingsområdene viser i hvert område en delrute med forhøyet konsentrasjon. Det er imidlertid bare i Pipervika at den kan karakteriseres som hot spot.
- I området for tyntildekking sentralt i Bjørvika er det påvist 2 felt på 50 x 50 meter som kan karakteriseres som hot spot.
- Områdene som bare har blitt mudret viser en betydelig variasjon i konsentrasjoner. Fordelingen av rutene med høye verdier virker tilfeldig, og hvilke stoffer som har høye konsentrasjoner er også tilfeldig fordelt.

8.5 Mengde forurensning fjernet

Ved mudring er forurenset sediment fjernet fra tiltaksområdet og lagt i deponi. Tabell 8 presenterer for hvert delområde antall kilo av metaller og organiske forbindelser som er tatt ut av de ulike tiltaksområdene. Tabellen viser også et estimat av den mengde forurensning som ligger tilbake som en restforurensning. Det er i tabell 8 videre vist hvilken tiltakseffektivitet i prosent (miljøforbedring) som er oppnådd basert på gjennomsnittskonsentrasjoner for det forurensete laget før og etter tiltak. For detaljer om bakgrunnen for beregningene henvises til de ulike statusrapportene for Bjørvika, Pipervika og småbåthavner (NGI 2008b, 2009a og 2009b).

Resultatene viser at mudringen har fjernet 95-99 % av de forurensende stoffene som opprinnelig var til stede i Pipervika og Bjørvika. I småbåthavnene ved Bestumkilen, Frognerkilen og Hovedøya var tiltakseffektiviteten noe lavere (60-95%) med unntak av PAH og TBT fra Bestumkilen der forbedringen var henholdsvis 48% og 31%. I Bestumkilen er gjennomsnittet konsentrasjonen påvirket av en prøve med høyt innhold av PAH og PCB. For mudringsarbeidene i Paddehavet er det ikke gjort tilsvarende beregninger fordi mudringsomfanget der ble lite og begrenset til fordypningsarbeider ved Bekkelaget båtforening.

Tabell 8 Oversiktstabell over mengde forurensning som har blitt fjernet, med tilhørende tiltakseffektivitet etter mudring.

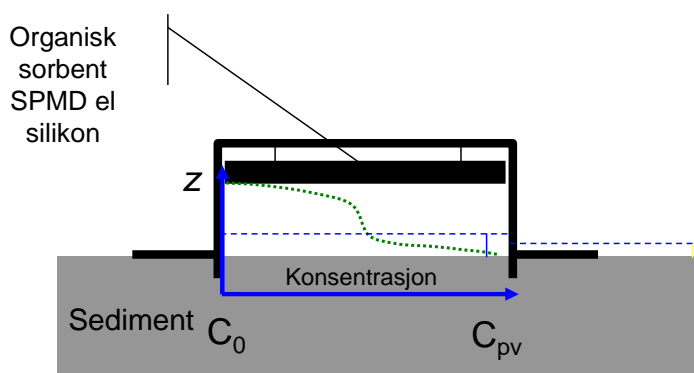
	Miljøforbedring	Forbindelse					
		Hg	Cd	Pb	PAH-16	PCB-7	TBT
Bjørvika	Mengde forurensning i området	kg	kg	kg	kg	kg	kg
	Før tiltak	940	900	49700	5000	28	36
	Etter mudring	28	32	1700	240	1,3	1,8
	Tiltakseffektivitet	97 %	96 %	97 %	95 %	95 %	95 %
Pipervika	Mengde forurensning i området	kg	kg	kg	kg	kg	kg
	Før tiltak	1 090	280	33 800	3 600	5	78
	Etter mudring	10	2,3	370	83	0,22	1,1
	Tiltakseffektivitet	99 %	99%	99 %	98 %	95 %	99 %
Bestum-kilen	Mengde forurensning i området	kg	kg	kg	kg	kg	kg
	Før tiltak	59	48	1800	81	2,4	3,0
	Etter mudring	3,8	4,3	94	42	0,96	2,0
	Tiltakseffektivitet	94 %	91 %	95 %	48 %	60 %	31 %
Frogner-kilen	Mengde forurensning i området	kg	kg	kg	kg	kg	kg
	Før tiltak	68	36	1 500	70	2,4	2,2
	Etter mudring	5,6	5,1	180	15	0,43	0,66
	Tiltakseffektivitet	92 %	86 %	88 %	79 %	82 %	70 %
Hovedøya	Mengde forurensning i området	kg	kg	kg	kg	kg	kg
	Før tiltak	38	53	2 200	220	2,3	3,5
	Etter mudring	5,2	4,2	230	62	0,53	1,1
	Tiltakseffektivitet	86 %	92 %	90 %	71 %	77 %	70 %

8.6 Redusert spredning fra sjøbunnen til bunnvannet

Det er gjennomført målinger av hvordan spredning av stoffer fra sjøbunnen og vannkvaliteten over har blitt endret etter tildekking. Målingene ble utført etter tildekking med to lag leire ved Grønlikaia i 2007 (NGI, 2008a) og etter tildekking med ett lag leire i Bjørvika i 2008 (NGI, 2008b). Spredning fra sjøbunnen ble målt med diffusjonskamre utviklet av NGI, som plasseres på sjøbunnen og detekterer utlekking av løst (biotilgjengelig) PAH og PCB (se fig. 6). Vannkvaliteten like over sjøbunnen ble målt med passive prøvetakere som måler endring i konsentrasjon av løst PAH og PCB i vannet.

Utlekking av PAH og PCB etter tildekking med to lag ved Grønlikaia ble redusert med henholdsvis 80 og 91 %. Etter tildekking med ett lag i Bjørvika ble det for de fleste forbindelsene målt en redusert utlekking på 30 – 80 %. Målinger av vannkvaliteten i begge områdene viste en tilsvarende forbedring, og konsentrasjonen av PAH og PCB er nå tilnærmet lik det bakgrunnsnivået som finnes i indre Oslofjord. Dette ble også dokumentert gjennom overvåkingsprogrammet for dypvannsdeponiet (NGI, 2008b og NGI 2008c).

En viktig kilde til spredning av forurensing før tiltak var oppvirvling av partikulært materiale som følge av propellersosjon. Propellersosjon av sjøbunnen avtar med økende vanddyb. Mudringsarbeidene har medført en meget betydelig reduksjon i mengden forurenset sediment i tiltaksområdene og vanddybden er økt. Oppvirvling av forurensete partikler ved propellersosjon vil følgelig være signifikant redusert. Denne miljøforbedringen er ikke kvantifisert, og kommer som et tillegg til den totale miljøeffekten som er oppnådd i prosjektet som er beskrevet over.



Figur 6 Foto av diffusjonskammer i Bjørvika (øverst) og prinsippskisse av virkemåte (nederst) etter Eek (2008).

8.7 Reetablering av bunnlevende organismer

I det leirtildekte området i ytre Bjørvika har NIVA gjennomført undersøkelser med sedimentkamera (SFT, 2008a). Rapporten bygger på observasjoner fra perioden 2005-2008. Bildene i figur 7 er hentet fra denne rapporten, og viser et snitt av det øverste sjiktet i sjøbunnen. Bildet til venstre i figur 7 er tatt like etter utleggingen av leire i ytre Bjørvika. Bildet til høyre er tatt et år senere, og viser sedimentlevende børstemark i sjøbunnens øverste sjikt. Bildet viser også hvordan toppsedimentet er bearbejdet og omrørt av organismer. Bildene dokumenterer at bunnedyrene allerede er kommet tilbake til dette tiltaksområdet.



Figur 7 Bildet tatt med sedimentkamera som viser hvordan bunnlevende organismer rekoloniserer det leirtildekkede området i ytre Bjørvika. (Foto: Hans C Nilsson, NIVA).

9 Vurdering av oppnådd resultat

En gjennomgang av tilgjengelige data for miljøkvalitet av sedimentene etter gjennomførte tiltak i de ulike deler av Oslo havn, viser at mudring i de grunne deler av havnen har fjernet mer enn 95 % av miljøgiftene som var der. Denne forurensningen er nå tatt ute av sirkulasjon og vil ikke lenger kunne tilføres miljøet som følge av menneskelig aktivitet eller naturlige hendelser. Dette

betyr at den langsiktige risikoen forurensningen representerte før tiltaket er sterkt redusert.

Den kortsiktige effekten av tiltakene er styrt av sedimentkvaliteten i det øvre sediment sjiktet (0-10 cm). Mudringen har ført til en betydelig reduksjon i overflatekonsentrasjonen i havneområdet av de fleste forurensninger (58 til >80 %). Det er imidlertid en problemstilling ved mudring av forurensede sedimenter at et lag med forurensede partikler legger seg tilbake etter at mudringsarbeidet er gjennomført (NRC, 2007). Denne restforurensningen vil påvirke den oppnådde effekten av tiltaket.

For å belyse den overnevnte problemstillingen er det viktig å se på hvordan sjøbunnen vil utvikle seg på lengre sikt etter at mudringsarbeidet er avsluttet. De viktigste prosessene er:

- Den bunnfaunaen som etter hvert vil etablere seg, vil grave i den nye sjøbunnen og føre til en blanding av de øvre sedimentene, heretter kalt det bioaktive laget. Gravedybde vil variere med sedimentstrukturen og oksygenforhold. Det tas utgangspunkt i det bioaktive laget på 10 cm.
- Fysiske forstyrrelser av sedimentene som følge av menneskelig aktivitet, så som skipstrafikk o.l. Vi antar at også disse forstyrrelsene i stor grad berører de øvre 10 cm av sedimentene i områder som er grunnere enn 15 til 20 m.
- Tilførsel av nytt sediment, enten fra sedimentflater utenfor mudreområdet eller fra landbaserte kilder. Mengde og kvalitet av nytt sediment som tilføres området vil ha en innvirkning på den langsiktige effekten av tiltaket, og vil gradvis dominere forholdene i det bioaktive laget.

I fig. 8 er sedimentprofilet etter tiltak vist sammen med sedimentprofilet før tiltak ved bruk av de ulike tiltaksmetodene. Figuren illustrerer hvordan det forurensede laget ved mudring blir fjernet, men at det blir igjen en restforurensning i et tynt lag på den nye sjøbunnen. Der mudringen er etterfulgt av en tildekking med rene masser blir toppsjiktet i sedimentene ytterligere forbedret. Der forurenset sjøbunn kun blir tildekket blir forurensningen liggende under det rene tildekkingslaget.



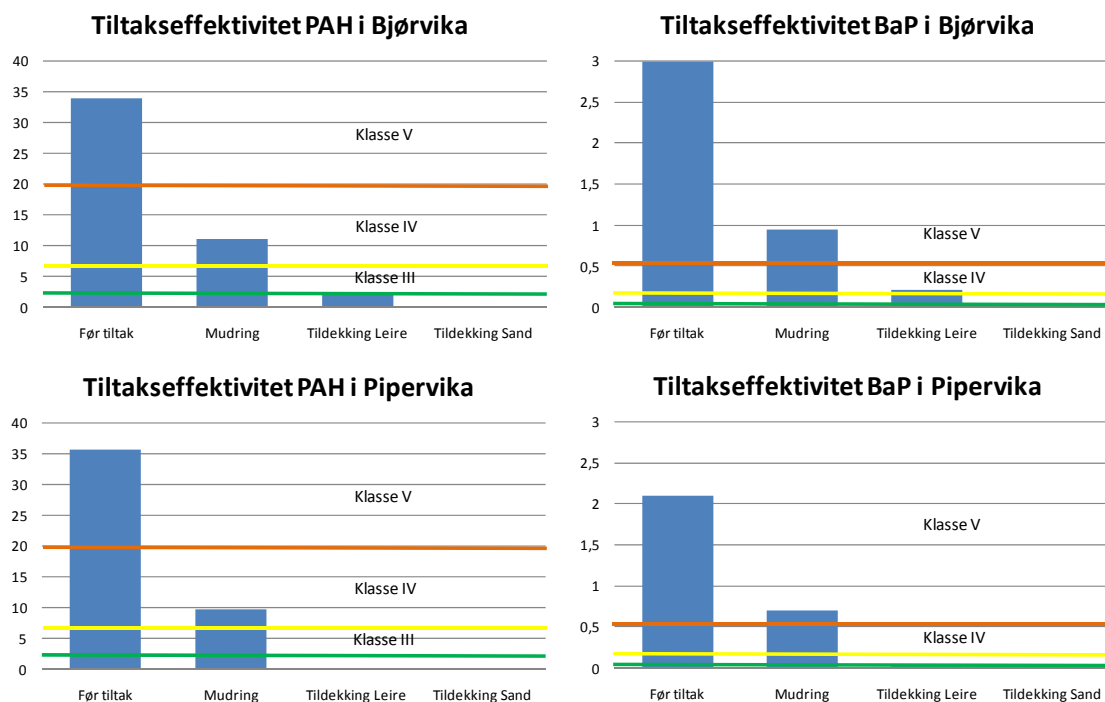
Figur 8 Ny sjøbunn etter gjennomførte tiltak, der nivåene av forurensning før og etter tiltak er illustrert.

Tiltaksresultatene viser at spesielt konsentrasjonene av PAH (inkludert BaP) og TBT er sterkt påvirket av restforurensningen. For PAH er dette et direkte resultat av at de høyeste historiske forurensningsnivåene finnes lengst nede i sedimentet nær overgangen til ren leire (se figur 3). Tidlig i industrialiseringen var energiforsyningen stort sett basert på kull som medførte utslipp av PAH.

For tinnorganiske forbindelser (TBT) finnes det fortsatt aktive kilder i form av bunnstoff på skip og overvann fra byen (Cornelissen et al., 2008). Tilstandsklassene for Benzo(a)pyren og TBT er i tillegg ekstremt lave i forhold til nivåene som påvises i kystnære områder (SFT, 1997). Modellberegninger for Bispevika viser at en restforurensning på noen millimeters tykkelse er tilstrekkelig for at tilstandsklasse II ikke oppnås i det øvre sjikt av sedimentet (NGI, 2007b).

Tildekking av sjøbunnen med rene masser er et meget effektivt tiltak for å forbedre resultatet etter mudring (Figur 9). Dette er gjennomført i store deler av tiltaksområdet og en oppnår da stort sett tilstandsklasse II.

Den langsiktige effekten av tiltaket vil da bli styrt av kvaliteten på naturlig sedimenterende materiale. Nær byer og tettsteder vil overvann ha et viktig bidrag til vann og sedimentkvaliteten i fjorden. Det utføres nå store arbeider langs Oslos sjøside som vil ta hånd om overvannet fra byen, slik at det er grunn til å tro at sedimentkvaliteten som er oppnådd gjennom tiltaksarbeidene i Oslo havn vil opprettholdes.



Figur 9 Oversikt over tiltakseffektivitet for PAH og Benzo(a)pyren i Bjørvika og Pipervika etter mudring og tildekking.

10 Oppsummering og konklusjon

Oslo Havn KF som tiltakshaver har gjennomført mudring og tildekking av forurenset sjøbunn i perioden fra mai 2006 til oktober 2008. Det er gjennomført tiltak i Bjørvika, Pipervika og i flere mindre områder i trafikkhavnen i tillegg til småbåthavnene i Bestumkilen, Frognerkilen og Hovedøybukta. Mudringsarbeidene er utført av Secora AS, og mudrede masser er deponert i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven.

I søknaden om tillatelse til mudring, som bygger på den helhetlige tiltaksplanen, er følgende operative miljømål for oppryddingsarbeidene definert:

Forurensede sedimenter skal fjernes eller dekkes til slik at miljøtilstanden forbedres betydelig, og at det skal tilstrebes at kvalitet på overflatesedimentet i hovedsak oppfyller klasse II (moderat forurenset) i SFTs klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (SFT veileder 97:03).

Som foreslått i tiltaksplanen er det benyttet overskuddsmasser (marin leire) fra utgravingen av trasé til senketunnelen som bygges under Bjørvika. Disse massene er benyttet i ytre deler av Bjørvika og Pipervika, i Bispevika og i indre Bjørvika. Det er også benyttet sand for tildekket sjøbunn i Pipervika og i Lohavn.

I deler av de mudrede områdene er det lagt ut sand og leire for å oppnå en høyere tiltakseffektivitet (miljøforbedring) enn det som ble oppnådd med mudringen alene.

Gjennom et omfattende prøvetakningsprogram er effekten av arbeidene blitt dokumentert. Resultatene fra dette omfattende datagrunnlaget viser at 95-99 % av forurensningen er fjernet fra Bjørvika og Pipervika. For småbåthavnene er miljøforbedringen noe lavere.

Erfaringer nasjonalt og internasjonalt viser at det alltid er igjen noe restforurensning etter mudring uavhengig av valg av mudringsteknologi. Denne restforurensningen medfører at det i de mudrede områdene ikke oppnås tilstandsklasse II for alle stoffer. I områdene som er tildekket er imidlertid dette målet stort sett oppfylt.

HOVEDKONKLUSJON

Mudringsarbeidene har gitt god miljøforbedring i Oslo havn og småbåthavnene. Denne miljøforbedringen er ytterligere forsterket ved å utnytte tilgjengelig rene overskuddsmasser som tildekkingsmasser. Det er ikke oppnådd tilstandsklasse II for alle forbindelser i hele området, men ved direkte målinger er det funnet at arbeidene har gitt en høy tiltakseffektivitet.

11 Liste over dokumentasjon

All dokumentasjon vedrørende kontrollplanens punkt C.2.1 til C.2.3 er tidligere presentert fortløpende i rapporter som listet under.

Rapport	Tittel	Dato utarb.	Rev	Dato Rev
Månedrappporter 2006				
20051785-6	Månedrapport mai 2006	25.06.06		
20051785-8	Månedrapport juni 2006	13.07.06		
20051785-9	Månedrapport juli 2006	22.08.06		
20051785-10	Månedrapport august 2006	20.09.06		
20051785-12	Månedrapport september 2006	20.10.06		
20051785-13	Månedrapport oktober 2006	23.11.06		
20051785-16	Månedrapport november 2006	06.12.06		
20051785-18	Månedrapport desember 2006	22.02.07		



Rapport nr.: 20051785-64
Dato: 2009-03-30
Side: 31 / Rev.: 1
Rev, dato: 2009-07-01

Rapport	Tittel	Dato utarb.	Rev	Dato Rev
Månedrappporter 2007				
20051785-19	Månedrappport januar 2007	22.02.07		
20051785-21	Månedrappport februar 2007	15.05.07		
20051785-24	Månedrappport for mars 2007	26.06.07		
20051785-25	Månedrappport for april 2007	09.07.07		
20051785-27	Månedrappport for mai 2007	23.08.07	01	11/9-07
20051785-29	Månedrappport for juni 2007	18.10.07		
20051785-30	Månedrappport for juli 2007	08.11.07		
20051785-33	Månedrappport august 2007	20.11.07		
20051785-35	Månedrappport september 2007	21.12.07		
20051785-37	Månedrappport oktober 2007	16.01.08		
20051785-38	Månedrappport november 2007	25.04.08		
20051785-43	Månedrappport desember 2007	06.05.08		
Månedrappporter 2008				
20051785-44	Månedrappport januar 2008	26.05.08		
20051785-46	Månedrappport februar 2008	20.06.08		
20051785-47	Månedrappport mars 2008	13.06.08		
20051785-49	Månedrappport april 2008	29.08.08		
20051785-50	Månedrappport mai 2008	03.09.08		
20051785-51	Månedrappport juni 2008	20.09.08		
20051785-52	Månedrappport juli 2008	08.10.08		
20051785-56	Månedrappport august 2008	28.10.08		
20051785-57	Månedrappport september 2008	27.11.08		
20051785-58	Månedrappport oktober 2008	19.12.08		
Årsrapporter				
20051785-20	Årsrapport for 2006	15.03.07	01	29/6-07
20051785-42	Årsrapport 2007	13.03.08		
Statusrapporter ny sjøbunn etter tiltak				
20051785-48	Ny sjøbunn etter mudring i Bjørvika. Status	19.09.08	01	29/6-09
20051785-62	Ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika. Status	30.03.09	01	26/6-09
20051785-63	Ny sjøbunn etter mudring i småbåthavnene. Status	30.03.09	01	26/6-09
20051785-66	Tildekking med sand i pipervika og Lohavn, Oslo havn.	30.06.09		
20051785TN	Tildekking av mudrede områder som tiltak mot restforurensning	30.06.09		

Rapport	Tittel	Dato utarb.	Rev	Dato Rev
Dokumentasjon for sporbarhet av kjemiske analyser				
20051785-26	Analyserapporter fra kjemisk analyse 2006	01.06.07		
20051785-41	Analyserapporter fra kjemisk analyse 2007	04.02.08		
20051785-60	Analyserapporter fra kjemisk analyse 2008	16.01.09		
Kontrollplaner				
20051459-2	Kontrollplan for mudring og deponering i dypvannsdeponi	23.01.06	04	16/3-09
20051785-54	Kontrollplan for tildekking av forurenset sediment i Oslo havn	26.09.08		
Underlag for mudrings- og tildekkingsarbeider				
20051785-11	Kontroll av ferdig mudrede områder	20.06.07		
20051785-17	Vurdering av miljørisiko knyttet til metandannelse i sedimenter fra Pipervika	29.06.07		
20051785-53	Masser for tildekking av forurenset sjøbunn i Oslo havnedistrikt	24.11.08		
Program for utvidet overvåking				
20051785-3	Program for prøvetaking av sjøvann i 2006	30.08.2006		
20051785-23	Program for utvidet overvåking av området ved Malmøykalven og mudringsområdet i 2007	25.09.07		
20051785-36	Utvidet overvåkingsprogram ved mudring og nedføring 2008	15.02.08		
Statusrapporter utarbeidet av Oslo Havn				
Oslo Havn-rapport	Statusrapport fra prosjekt "Ren Oslofjord"	Juni, 2007		
Oslo Havn-rapport	Statusrapport fra prosjekt "Ren Oslofjord" pr. 31.12.07	Februar, 2008		

12 Kildehenvisninger

Aquateam (2008)

Kartlegging av forurensede sedimenter på Hovedøya, april 2008, rapport 08-017, datert 2008-05-09.

Cornelissen, G., Pettersen, A., Eek, E., Nesse, E. , Helland, A., and Breedveld, G.D. (2008).

The contribution of urban runoff to organic contaminant levels in harbour sediments near two Norwegian cities. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 56, pp. 565-573.

Eek (2008)

Mechanisms of contaminant transport and effect of containment of contaminated sediments. Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Oslo. Ph.D thesis, June 2008. ISSN 1501-7710, nr. 763.

Gustavson, K. E., Burton, G. A., Francingues, N. R., Rieble, D. J. and Wolfe, J. R. (2008). Evaluating the Effectiveness of Contaminated Sediment Dredging. *Environmental science and technology*. July 15, 2008, pp. 5042-5047.

HAV (2005)

Søknad om mudring av forurensede sedimenter i Oslo havnebasseng, datert 28/9-05. Dokumentet er tilgjengelig på www.renoslofjord.no.

NGI (2005)

Stabilitet av forurensede sedimenter-SIP 9. Grunnleggende kartlegging av Bispevika. NGI rapport 20031020-2, datert 6/5-05.

NGI (2007a)

Oslo havnedistrikt - Prøvetakning i småbåthavner og på badestrender. Kartlegging av forurenset sediment og kjemiske analyser. NGI rapport 20061705-1, datert 9/1- 07.

NGI (2007b)

Overvåking av forurensning ved mudring og deponering. Kontroll av ferdig mudrede områder. NGI rapport 20051785-11, datert 20/6-07.

NGI (2008a)

Tildekking av forurenset sjøbunn med leire i Oslo havn. Kvalitet på ny sjøbunn etter tildekking. NGI rapport 20071396-2, datert 14/2-08.

NGI (2008b)

Overvåking av forurensning ved mudring og deponering. Ny sjøbunn etter mudring i Bjørvika. Status. NGI rapport 20051785-48, rev 01 datert 29/6-09.

NGI (2008c)

Overvåking av forurensning ved mudring og deponering. Passive prøvetakere. Resultater fra august og desember 2007 i deponiområdet. NGI rapport 20051785-45, datert 30/4-08.

NGI (2009a)

Overvåking av forurensning ved mudring og deponering. Ny sjøbunn etter mudring i Pipervika. Status. NGI rapport 20051785-62, rev 01 datert 26/6-09.

NGI (2009b)

Overvåking av forurensning ved mudring og deponering. Ny sjøbunn etter mudring i småbåthavnene. Status. NGI rapport 20051785-63, rev 01 datert 26/6-09.

NGI (2009c)

Overvåking av forurensning ved mudring og deponering. Tildekking med sand i Pipervika og Lohavn, Oslo havn. NGI rapport 20051785-66, datert 30/6-09.

NRC (2007)

Sediment dredging at Superfund Megasites assessing the effectiveness. Committee on sediment dredging at Superfund Megasites. National Research Council, USA. 316 p.

Oslo kommune (2005)

Helhetlig tiltaksplan for forurensede sedimenter i Oslo havnedistrikt. Vedtatt av Oslo bystyre. Oslo, 26/10-05.

Rambøll (2009)

Secora AS – Bistand ved opprydding av sedimenter. Sluttrapport miljøkontroll etter mudring. Rambøll oppdrag 1060036, rapport datert 4/2-09.

SFT (1997)

Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT veileder 1467/1997.

SFT (2007)

Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT veileder 2229/2007.

SFT (2008a)

Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilbilder (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring og tildekking i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven-2008. SFT TA-2434/2008.

SFT (2008b)




Veileder risikovurdering forurenset sediment. SFT veileder 2230/2007.

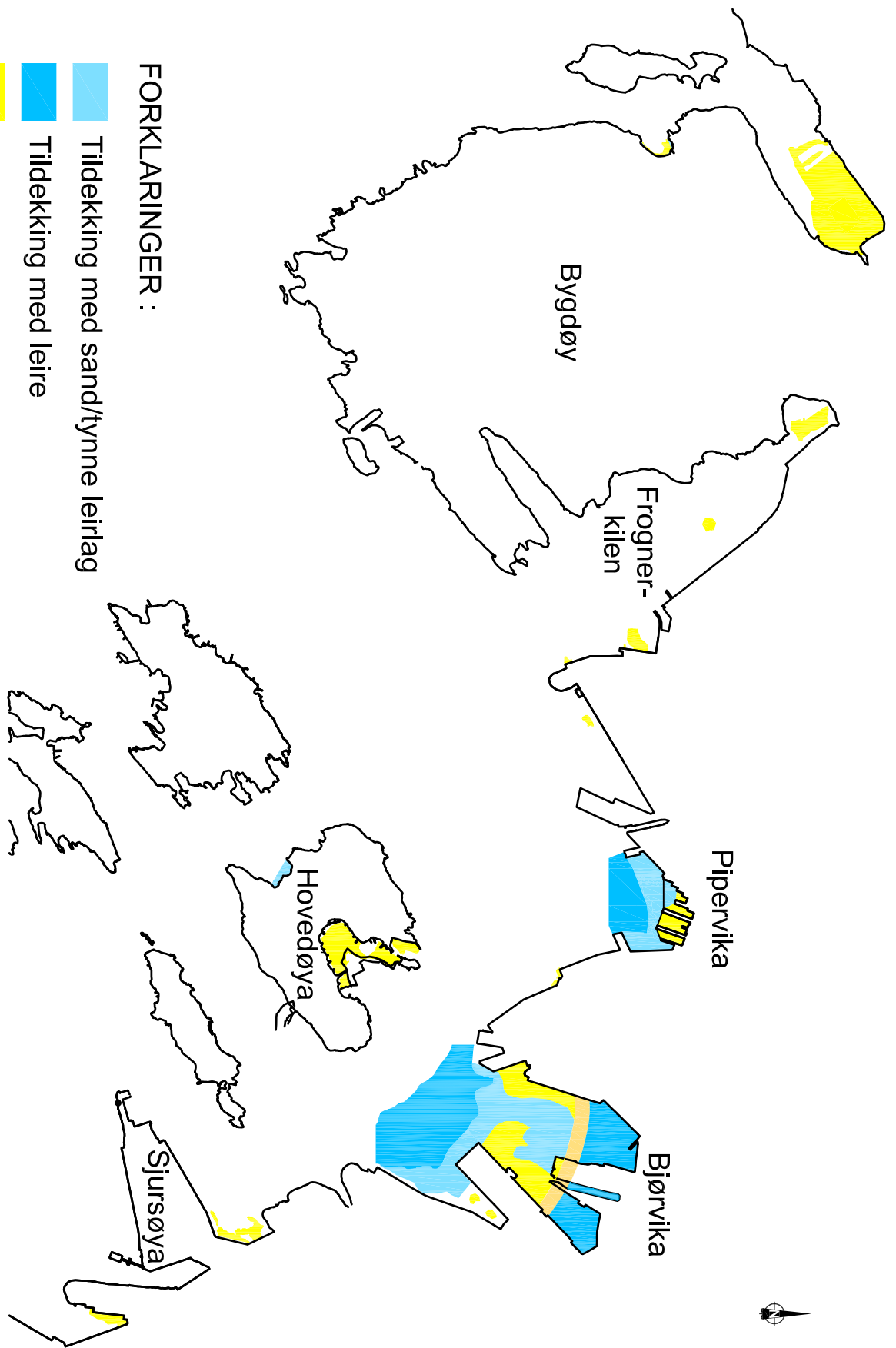


Rapport nr.: 20051785-64
Dato: 2009-03-30
Side: A1 / Rev.: 1
Rev, dato: 2009-07-01

Vedlegg A - Oversiktskart som presenterer gjennomførte tiltak

- A1 Oversiktskart utførte tiltak
- A2 Utførte tiltak Pipervika
- A3 Utførte tiltak Bjørvika

- FORKLARINGER :
-  Tildekking med sand/tynne leirilag
 -  Tildekking med leire
 -  Mudring



REN OSLO HAVN

Oversiktskart tiltak Oslo Havn

Rapport nr.
20051785-64

Figur nr.
A1

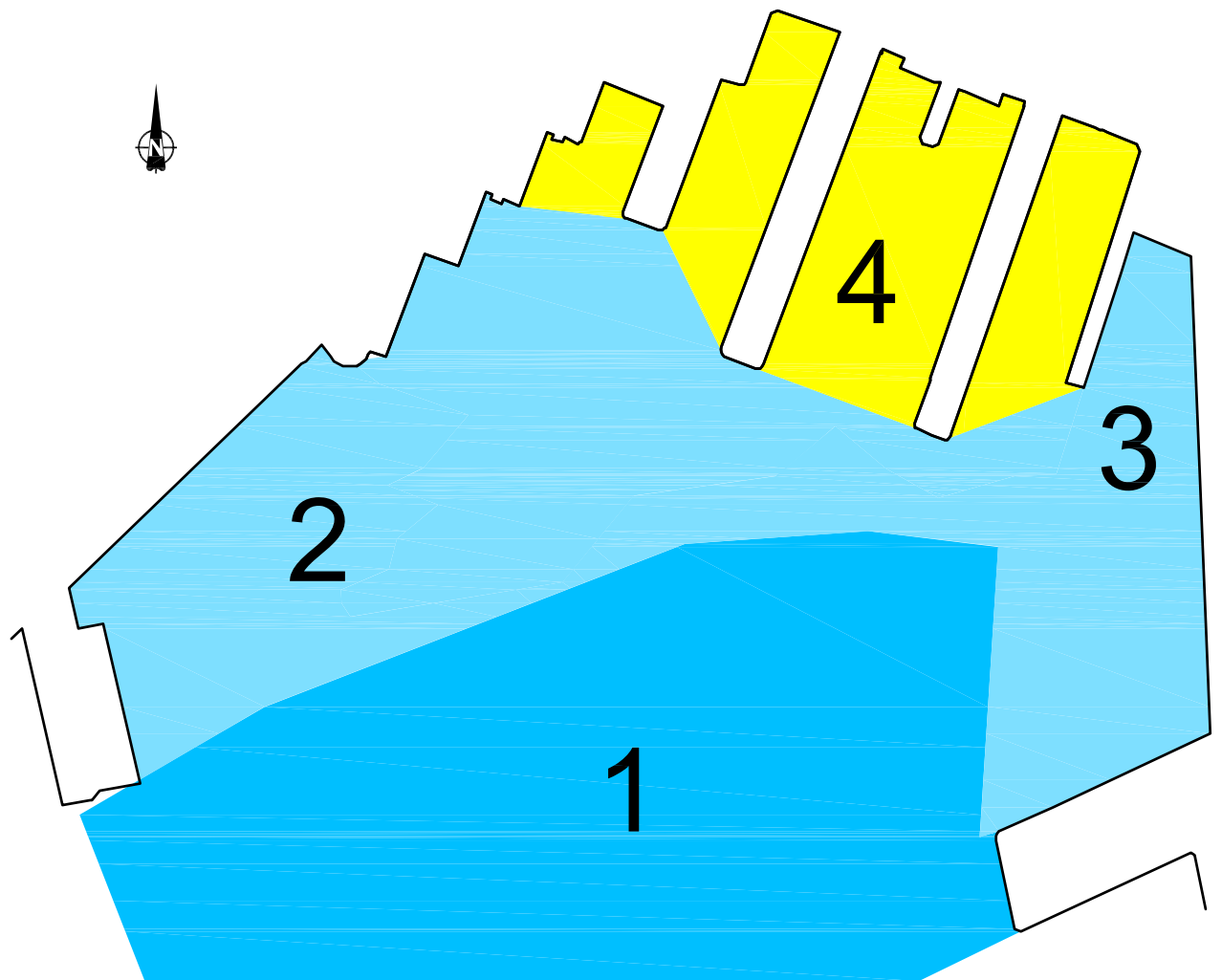
Tegner
TS

Dato:
30.06.09

Kontrollert
AP

Godkjent
AH





FORKLARINGER :

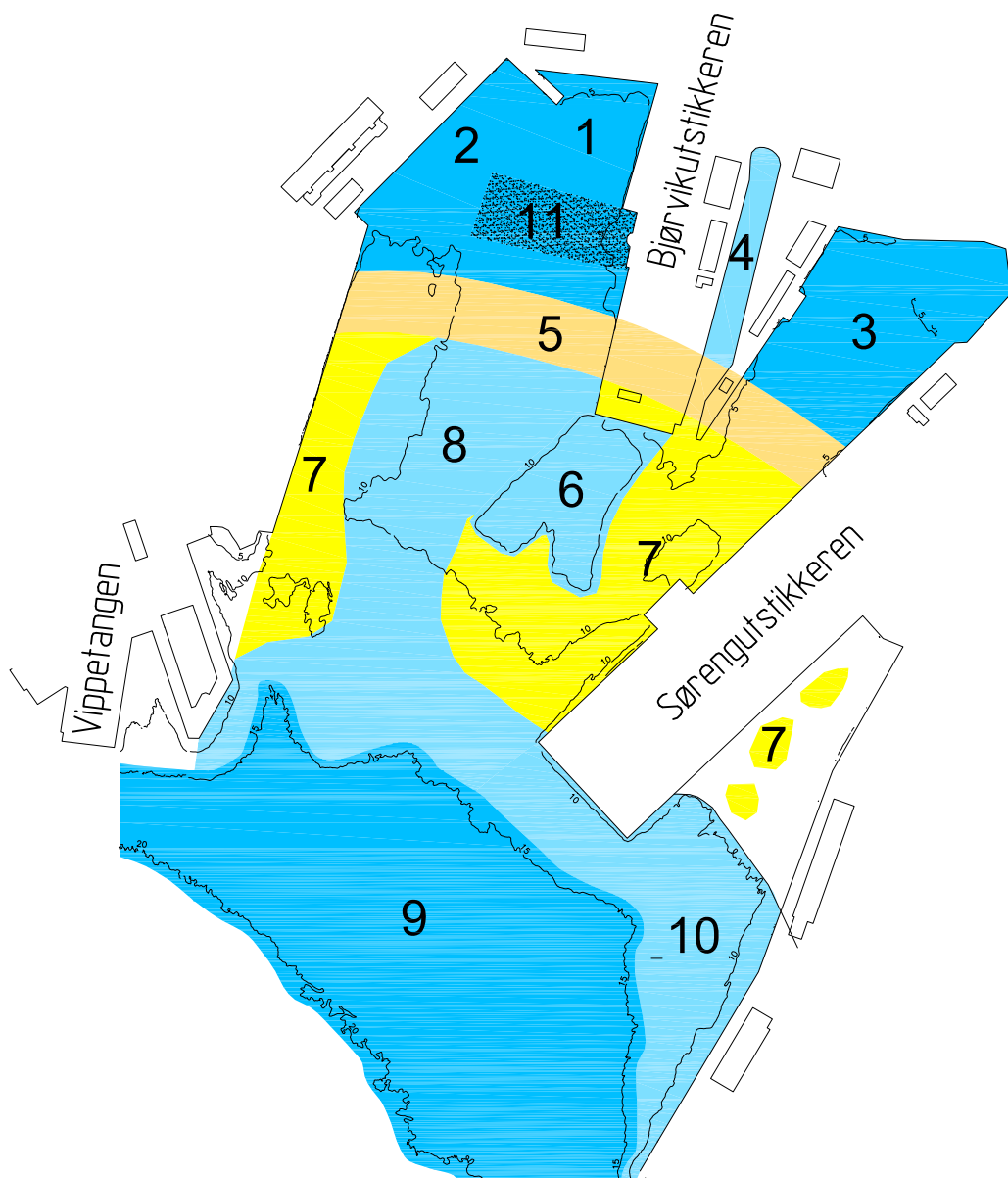
- 1** Tildekking med tykt leirlag
- 2** Tildekking med sand på mudret og opprinnelig sjøbunn
- 3** Tildekking med tykt sandlag på mudret sjøbunn
- 4** Mudret område

REN OSLO HAVN

Rapport nr.
20051785-64Figur nr.
A2


Situasjonsplan tiltak Pipervika

Tegner
TSDato:
30.06.09Kontrollert
APGodkjent
AH



FORKLARINGER :

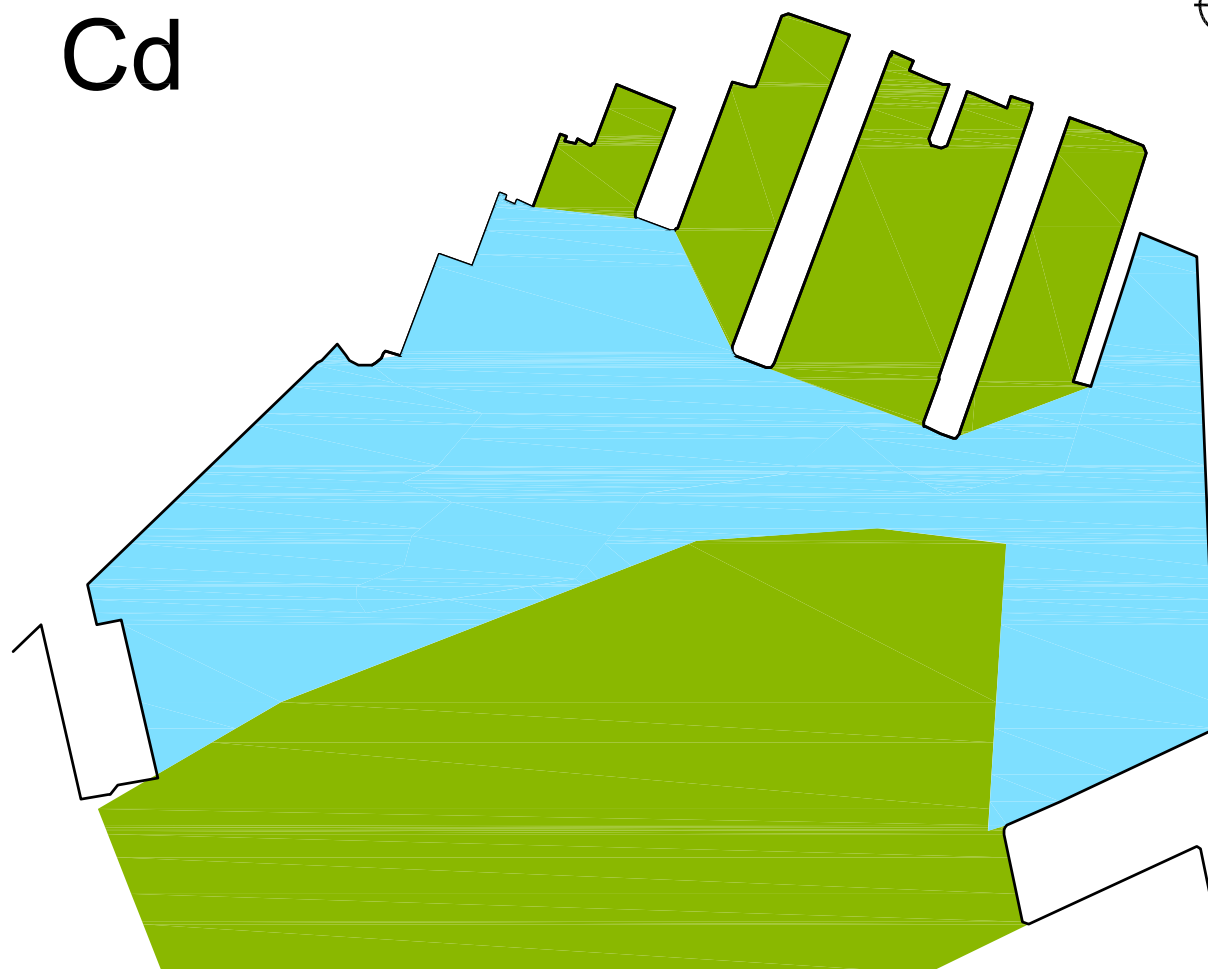
- 1 Tildekking med 0,6m sand på mudret område
- 2-3 Tildekking med tykt leirlag
- 4 Mudring med tildekking av sand/grus
- 5 Senketunneltrasé
- 6 Tildekking med stein og leire
- 7 Mudret område
- 8 Tildekking med tynt leirlag på mudret område
- 9 Tildekking med tykt leirlag
- 10 Tildekking med sand
- 11 Skipsstøtvoll

REN OSLO HAVN	Rapport nr. 20051785-64	Figur nr. A3
Situasjonsplan tiltak Bjørvika	Tegner TS	Dato: 30.06.09
	Kontrollert AP	
	Godkjent AH	

Vedlegg B - Oversiktskart som viser til- standsklasser i ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika

- B1 Sedimentkvalitet etter tiltak Pipervika - Kadmium
- B2 Sedimentkvalitet etter tiltak Pipervika - Kvikksølv
- B3 Sedimentkvalitet etter tiltak Pipervika - PCB
- B4 Sedimentkvalitet etter tiltak Pipervika - PAH

Cd



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Pipervika
Cadmium (Cd)

Rapport nr.
20051785-64

Figur nr.
B1

Tegner
TS

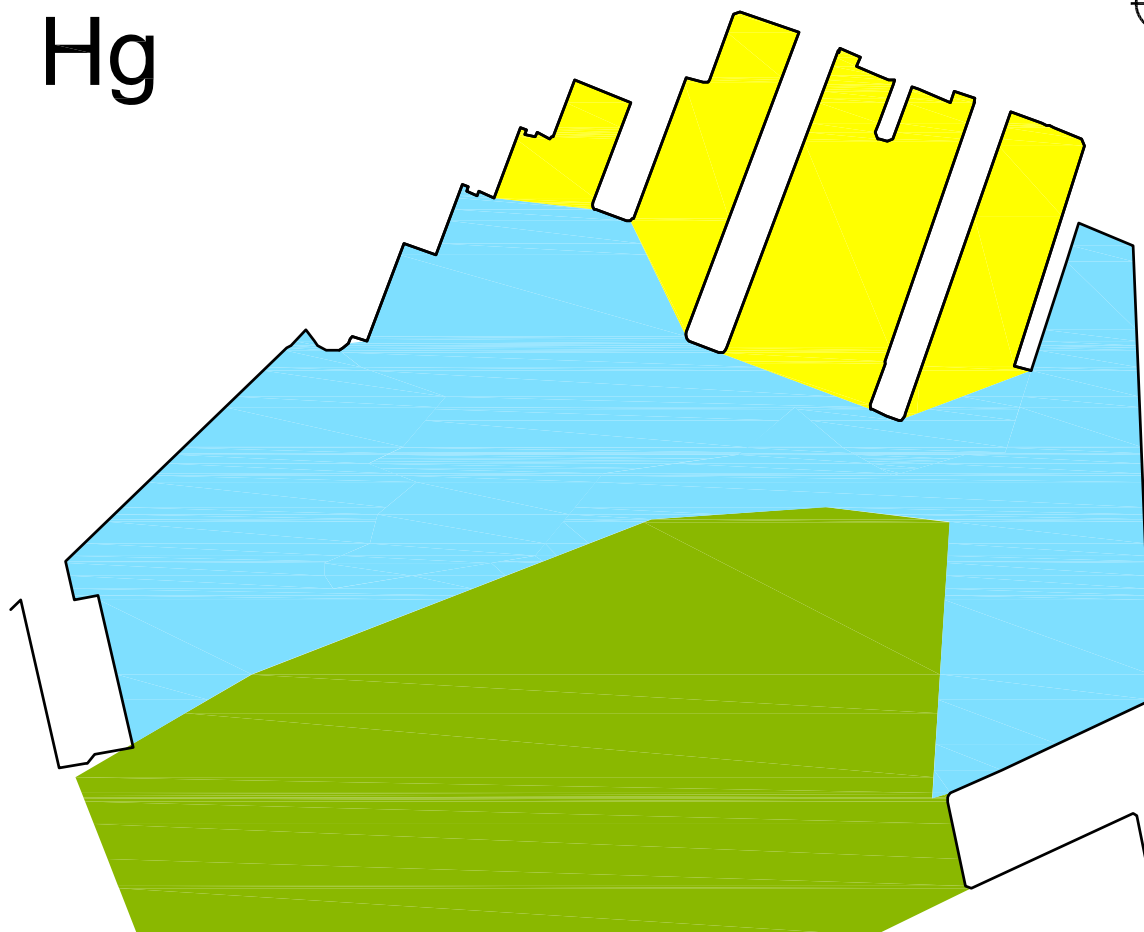
Dato:
30.06.09

Kontrollert
AP

Godkjent
AH



Hg



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Pipervika
Kvikksølv (Hg)

Rapport nr.
20051785-64

Figur nr.
B2

Tegner
TS

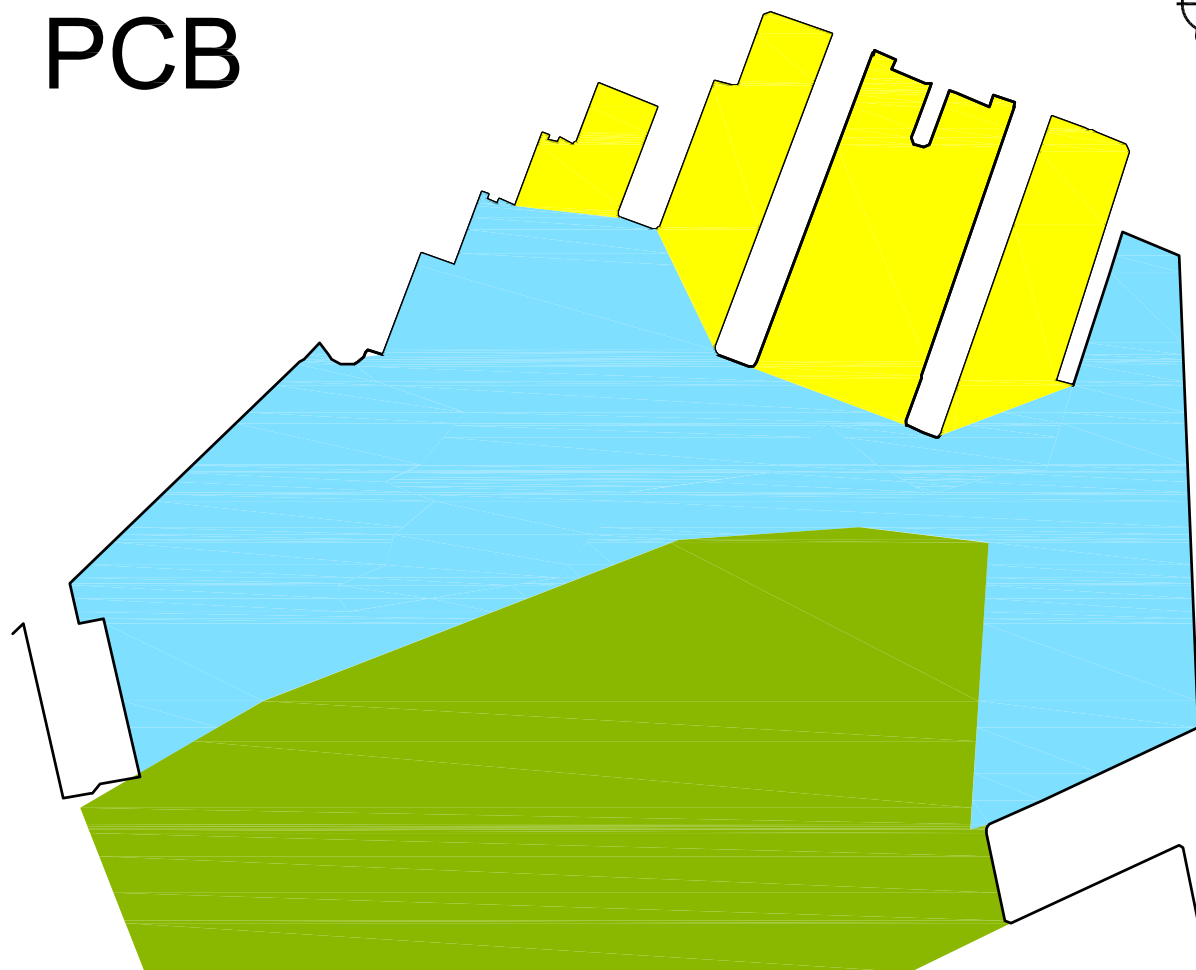
Dato:
30.06.09

Kontrollert
AP

Godkjent
AH



PCB



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Pipervika
PCB

Rapport nr.
20051785-64

Figur nr.
B3

Tegner
TS

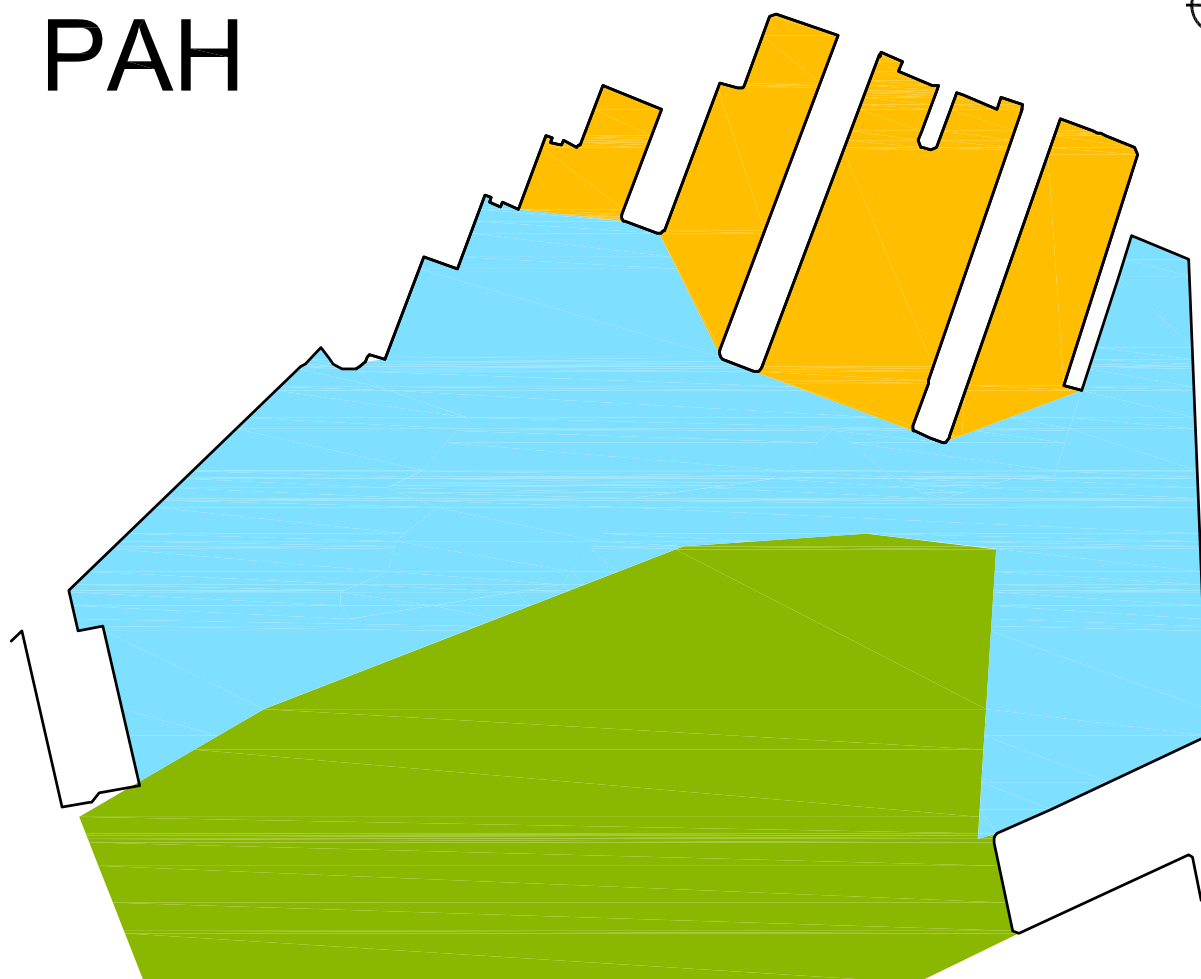
Dato:
30.06.09

Kontrollert
AP

Godkjent
AH



PAH



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Pipervika
PAH

Rapport nr.
20051785-64

Figur nr.
B4

Tegner
TS

Dato:
30.06.09

Kontrollert
AP

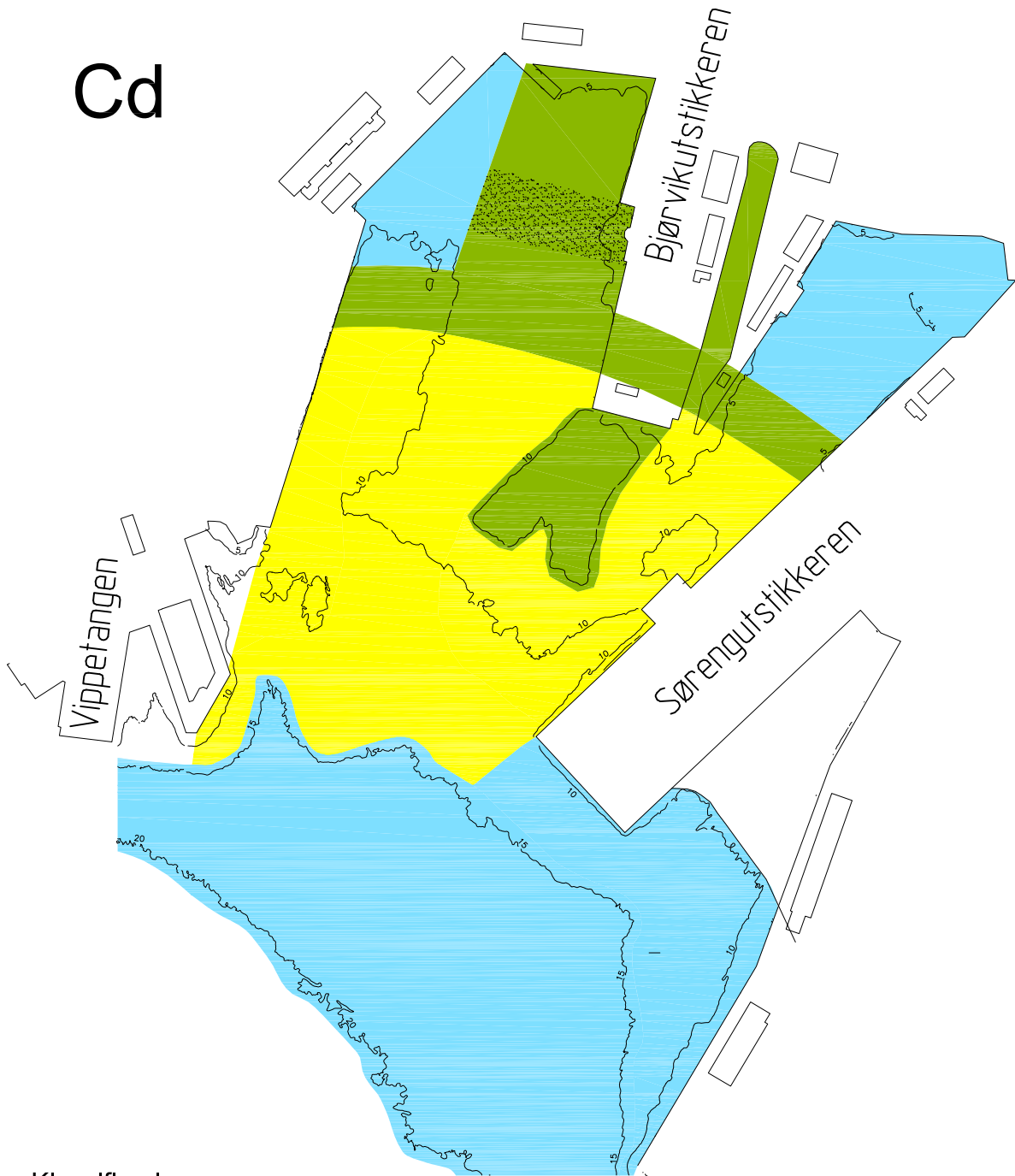
Godkjent
AH



Vedlegg C - Oversiktskart som viser til- standsklasser i ny sjøbunn etter tiltak i Bjørvika

- C1 Sedimentkvalitet etter tiltak Bjørvika - Kadmium
- C2 Sedimentkvalitet etter tiltak Bjørvika - Kvikksølv
- C3 Sedimentkvalitet etter tiltak Bjørvika - PCB
- C4 Sedimentkvalitet etter tiltak Bjørvika - PAH

Cd



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Bjørvika
Cadmium (Cd)

Rapport nr.
20051785-64

Figur nr.
C1

Tegner
TS

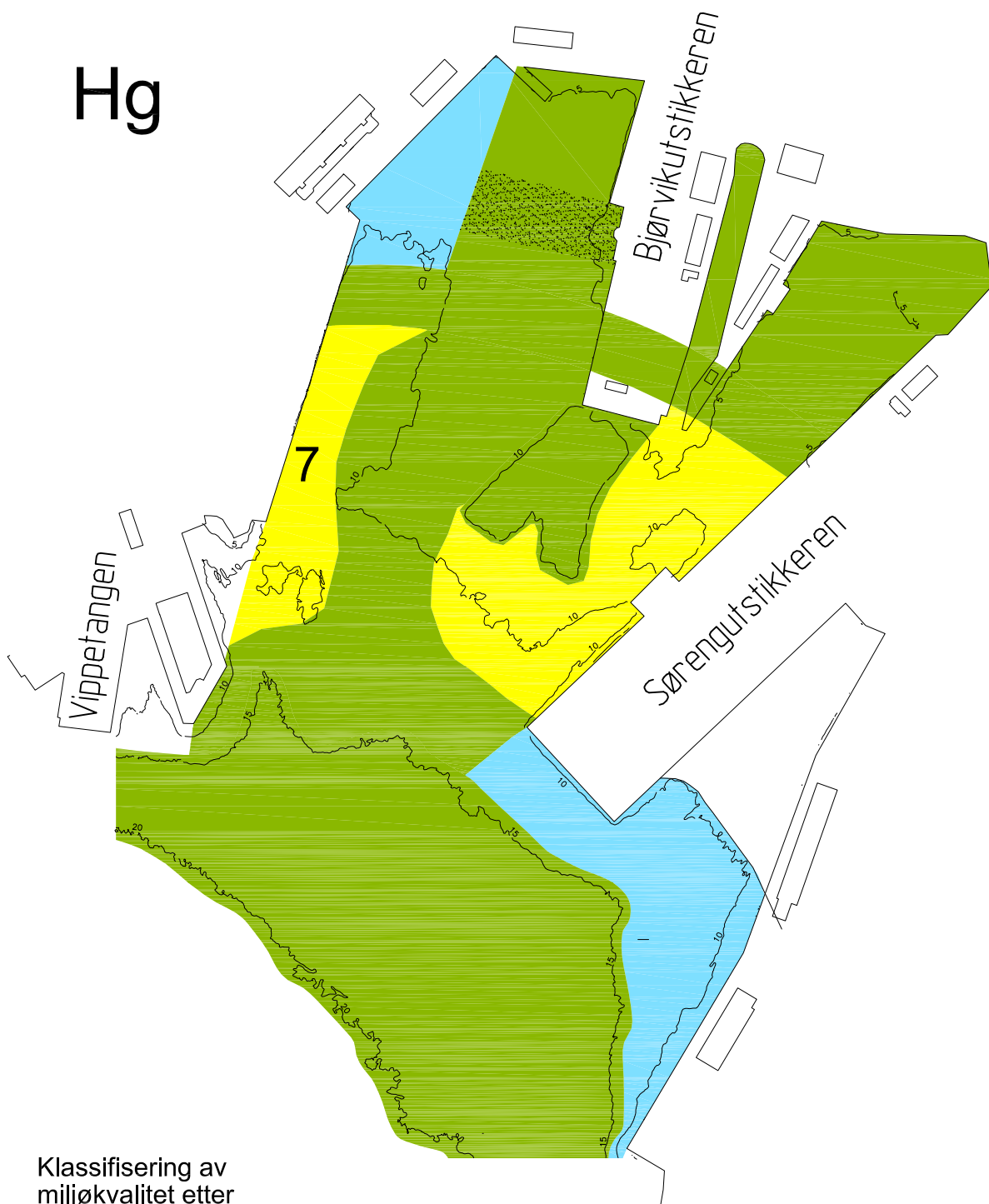
Dato:
30.06.09

Kontrollert
AP

Godkjent
AH



Hg



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Bjørvika
Kvikksølv (Hg)

Rapport nr.
20051785-64

Figur nr.
C2

Tegner
TS

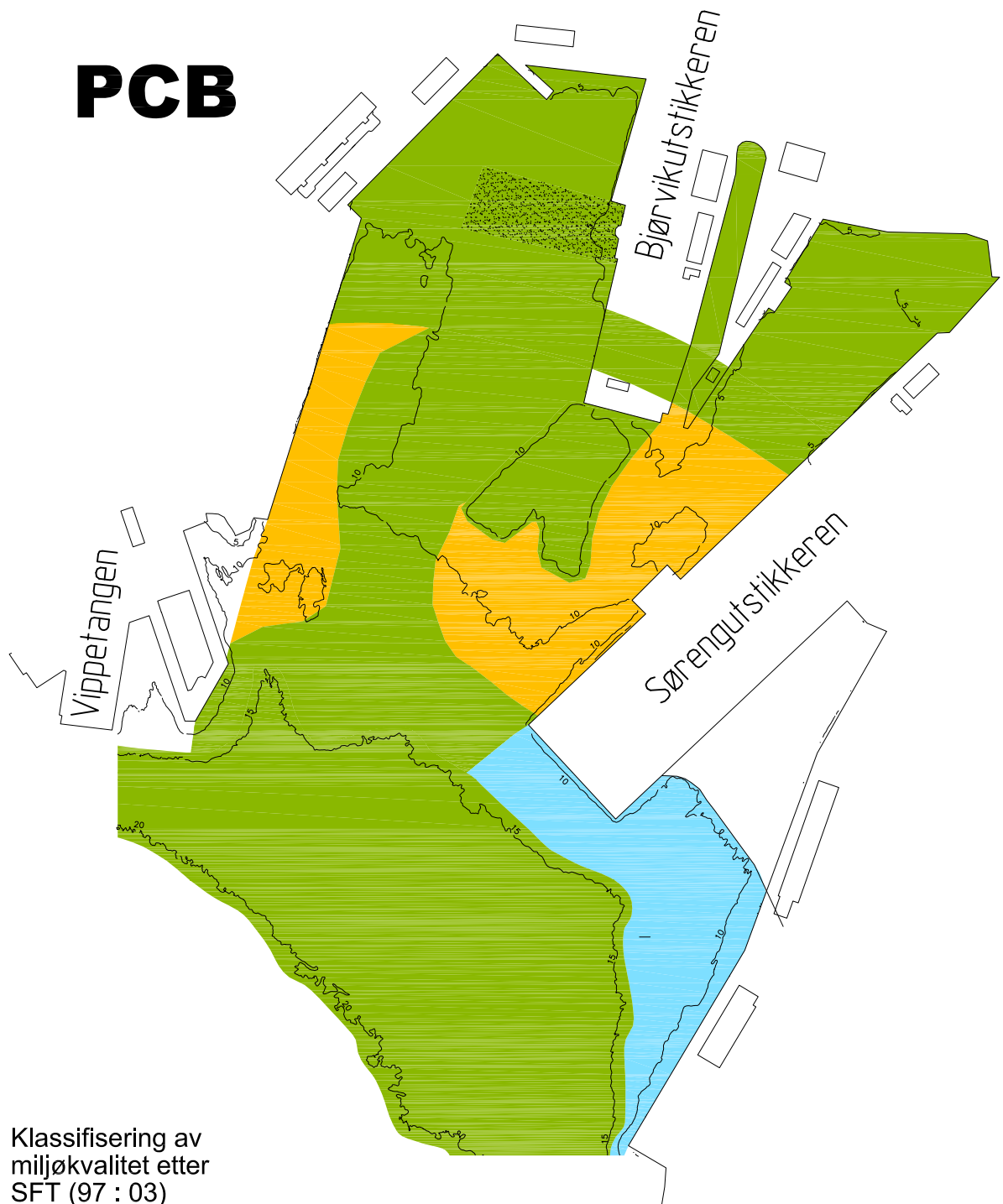
Dato:
30.06.09

Kontrollert
AP

Godkjent
AH



PCB



Klassifisering av miljøkvalitet etter SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentasjonskvaliteter etter tiltak i Bjørvika
PCB

Rapport nr.
20051785-64

Figur nr.
C3

Tegner
TS

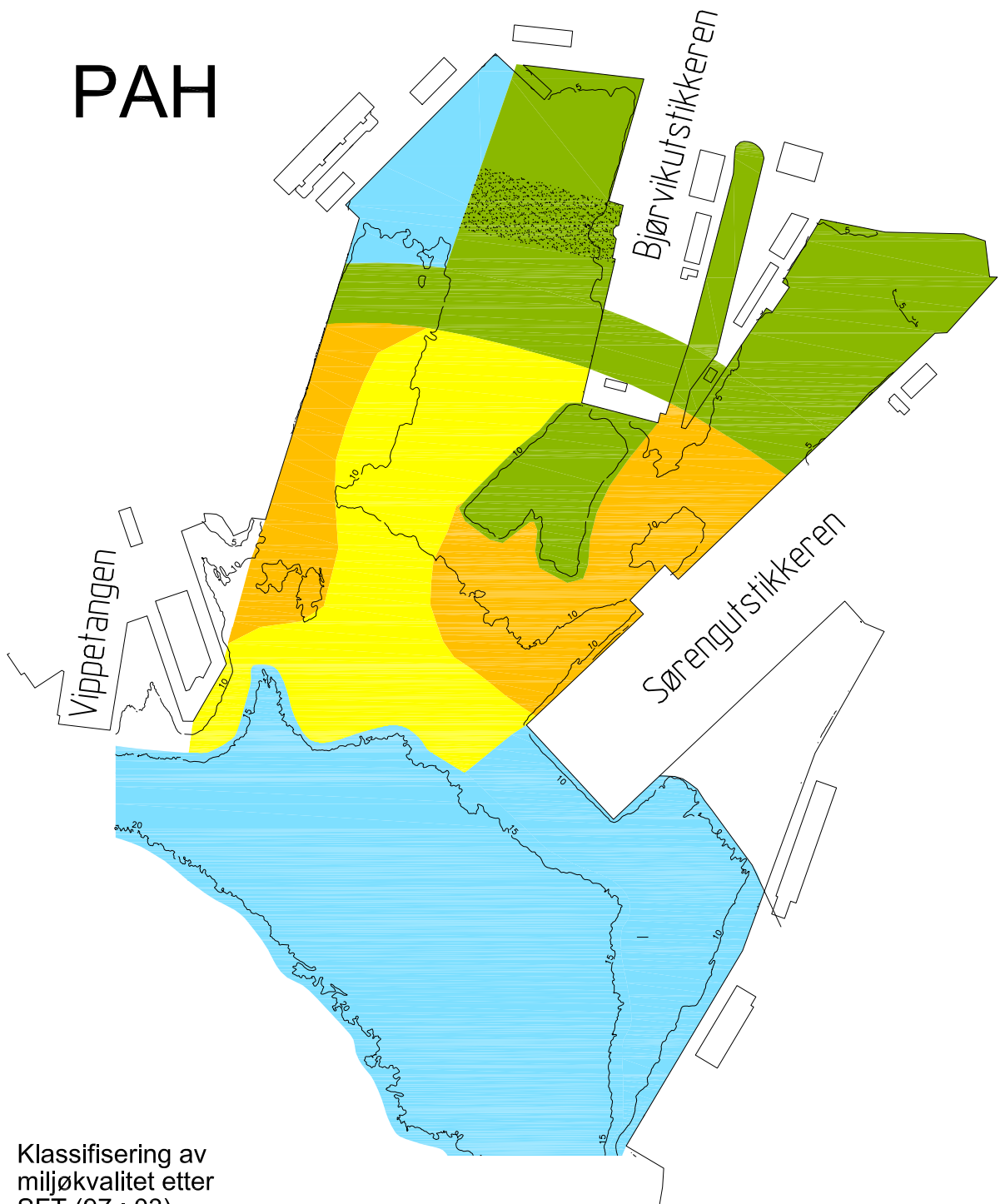
Dato:
29.03.09

Kontrollert
AP

Godkjent
AH



PAH



Klassifisering av miljøkvalitet etter SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Bjørvika
PAH

Rapport nr.
20051785-64

Figur nr.
C4

Tegner
TS

Dato:
30.06.09

Kontrollert
AP

Godkjent
AH



Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Overvåking av forurensning ved mudring og deponering Ny sjøbunn etter tiltak i Oslo havn - Sluttrapport			Dokument nr/Document No. 20051785-64		
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date 30.mars 2009	
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited		Rev.nr./Rev.No. rev. 1, 2009-07-01	
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited			
		<input type="checkbox"/> Ingen/None			
Oppdragsgiver/Client Oslo Havn KF					
Emneord/Keywords chemical analysis, dredging, environmental geotechnology, field measurements, harbour, sea water, sea bed					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Oslo			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Oslo			Felt navn/Field name		
Sted/Location Oslo havnedistrikt			Sted/Location		
Kartblad/Map 1914 IV			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone 32 N6642602, E596951					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	AP 30/3 -09	AH 30/3 -09		
1	Mer utdypende tekst flere steder. Ingen endring i data eller konklusjoner	AP	AH		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 1. juli 2009		Sign. Prosjektleder/Project Manager Audun Hauge	

NGI er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

NGI arbeider i følgende markeder: olje og gass, bygg og anlegg, samferdsel, naturskade og miljøteknologi.

NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002, og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

www.ngi.no

NGI is a leading international centre for research and consulting in the geosciences.

NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the environment, installations and structures.

NGI works within the oil and gas, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA. NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002, and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsvelen 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Tondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr 5096 05 01281 /IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989