

Oslo Havn KF Overvåking ved mudring og deponering

Miljøregnskap per august 2006

20051785-14

2. november 2006

Rev. 1

10. mai 2007

Rev. 2

29. juni 2007

Ved elektronisk overføring kan det ikke garanteres for konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet må ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann 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 risk and take full responsibility for use of this document.

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



Oslo Havn KF Overvåking ved mudring og deponering

Miljøregnskap per august 2006

20051785-14

Rev. 1

Rev. 2

2. november 2006

10. mai 2007

29. juni 2007

Oppdragsgiver:

Oslo Havn KF

Kontaktperson:

Charlotte Iversen

Kontraktreferanse:

40 HAV 05

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder:

Audun Hauge

Rapport utarbeidet av:

Espen Eek

Arbeid også utført av:

Amy Oen

Sammendrag

Spredning som følge av deponeringen av mudrede masser i dypvannsdeponi ved Malmøykalven ble estimert basert på modellberegninger og eksperimentelle undersøkelser i søknaden om tillatelse til deponering i dypvannsdeponiet. For å følge med om dette budsjettet overholdes er det laget et regnskap som følger spredning av miljøfarlige stoffer basert på resultater fra overvåkingen ved Malmøykalven. Regnskapet som presenteres her er for oppstart av prosjektet og ut august 2006.

Som spredning fra deponiet menes her spredning av stoffer fra vannmassene som ligger dypere enn 43 m dyp i deponiområdet. Denne spredningen vil i hovedsak skje ved to mekanismer:

1. Turbulent diffusjon (eddy diffusion) av løste og partikkelbundne stoffer fra dypere vannmasser til vannmasser over. Dette er samme mekanisme som gir en gradvis reduksjon i saltholdighet i vannmassene under sprangsjiktet mellom dypvannsutsiftninger og som ble brukt for å estimere spredning under deponering i miljøbudsjettet (Tilleggsutredningen til KU for dypvannsdeponiet (NGI/NIVA 2003)).
2. Transport av løste og partikkelbundne stoffer ut av deponiområdet med vannmasser som skiftes ut i dypvannsutsiftninger.

Resultatene viser at det har vært svært liten spredning av miljøfarlige stoffer under deponeringen og at det så langt er god margin til budsjettet. Pb og Hg er de stoffene der spredningen er størst sammenlignet med budsjettet spredning. Resultatene viser også at spredning via vannmasser under dypvannsutsiftninger er den viktigste mekanismen for denne spredningen.

Effekt av større vanninnblanding under nedføring av mudrede masser er også vurdert. Dette kan gi økt spredning ved at partikler spres i et større vannvolum i deponiområdet og eventuelt noe utenfor dette. Det anbefales å redusere vanninnblandingen til så nær som mulig 65 % ekstra vann.



Innhold

| | | |
|---|--|----|
| 1 | INNLEDNING | 4 |
| 2 | BEREGNING AV SPREDNING | 4 |
| 3 | RESULTATER FRA OVERVÅKNINGEN..... | 6 |
| 4 | EFFEKT AV STØRRE VANNINNBLANDING | 10 |
| 5 | ANBEFALINGER | 10 |
| 6 | REFERANSER | 11 |

Kontroll- og referanseside



1 INNLEDNING

Som en del av grunnlaget for vurdering av miljøeffekten av deponering av mudrede masser i dypvannsdeponi ved Malmøykalven ble det laget et miljøbudsjett (HAV 2005). Spredning som følge av deponeringen ble estimert basert på modellberegninger og eksperimentelle undersøkelser.

For å følge med om dette budsjettet overholdes er det laget et regnskap som følger spredning av miljøfarlige stoffer basert på resultater fra overvåkingen ved Malmøykalven. Dette vil gi et estimat av hvor mye av den estimerte spredningen som faktisk har funnet sted. Regnskapet som presenteres her er for perioden fra oppstart av prosjektet og til ut august 2006.

2 BEREGNING AV SPREDNING

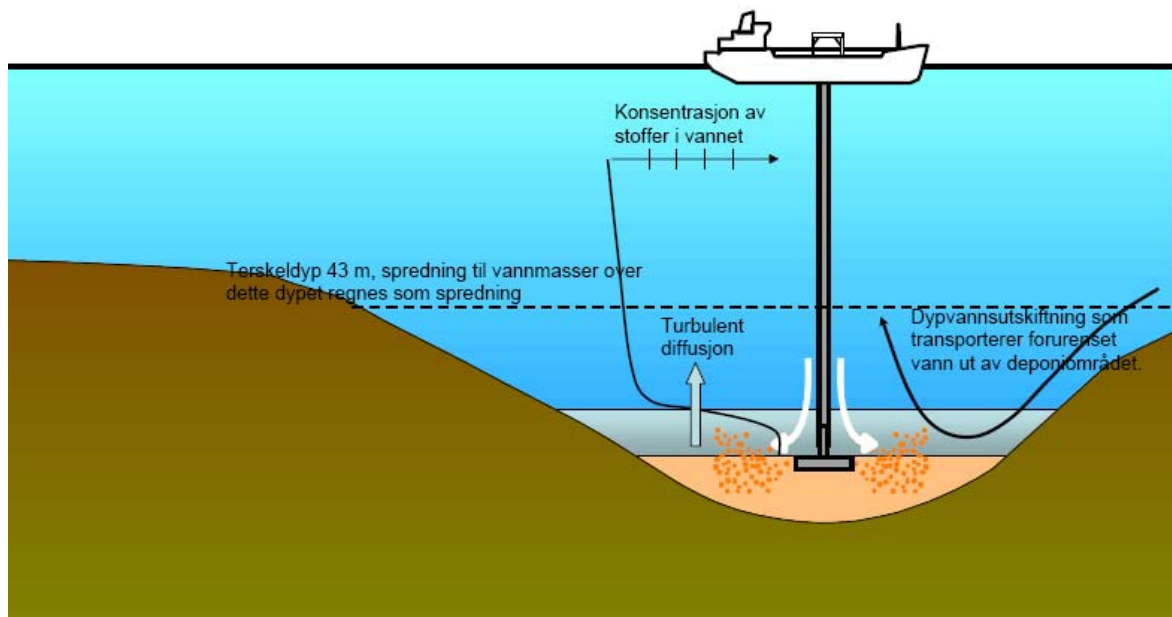
Som spredning fra deponiet menes her spredning av stoffer til vannmassene som ligger over 43 m dyp i deponiområdet. Denne spredningen vil i hovedsak skje ved to mekanismer (illustrert i figur 1):

1. Turbulent diffusjon (eddy diffusion) av løste og partikkelbundne stoffer fra dypere vannmasser til vannmasser over. Dette er samme mekanisme som gir en gradvis reduksjon i saltholdighet i vannmassene under sprangsjiktet mellom dypvannsutsiftninger og som ble brukt for å estimere spredning under deponering i miljøbudsjettet (Tilleggsutredningen til KU for dypvannsdeponiet (NGI/NIVA 2003)).
2. Transport av løste og partikkelbundne stoffer ut av deponiområdet med vannmasser som skiftes ut i dypvannsutsiftninger.

I miljøbudsjettet presentert i søknaden om mudring og deponering ble det estimert spredning via porevannsutpressing, partikkelspredning og diffusjon fra deponerte masser. Spredning med disse mekanismene vil gå via dypvannet i deponiområdet og deretter spres via de mekanismene som er beskrevet i punkt 1) og 2) over. Spredning med turbulent diffusjon og dypvannsutsiftninger vil også omfatte spredningen med de mekanismer som ble vurdert i søknaden.

Modell for spredning

Beregningene av spredningen basert på overvåkningsdata er beskrevet i avsnittet nedenfor.



Figur 1 Illustrasjon av spredningsmekanismer i Dypvannsdeponiet

Turbulent diffusjon

Turbulent diffusjon er vertikal blanding av vann som følge av mindre ikke-systematiske bevegelser i vannet. I Oslofjorden gjør dette fenomenet at salt bunnvann sakte fortynnes med ferskvann fra overflaten. Når saltholdigheten i bunnvannet reduseres på denne måten øker sannsynligheten for en utskifting av bunnvannet med tiden.

Spredning med turbulent diffusjon (F_{ed}) kan beregnes med formelen:

$$F_{ed} = A \times D_t \frac{\Delta C_{dif}}{\Delta z}$$

Der A er arealet spredningen skjer over, dvs. arealet av deponiområdet

D_t er diffusjonskoeffisient for turbulent diffusjon

ΔC_{dif} er forskjellen mellom konsentrasjonen i dypvannet i deponiområdet og vannmassene ved 43 m dyp over deponiet, dyp for dypeste terskel i Bekkelagsbassenget. Gjennomsnittskonsentrasjoner fra overvåkingen er benyttet (se tabell 1)

Δz er transportveien

Arealet er satt lik arealet av deponiområdet 350 000 m².

I tilleggstuderingen til konsekvensutredningen av dypvannsdeponiet ble spredning fra deponering beregnet som turbulent diffusjon fra bunnvannet og opp til vannet over tersklene til Bekkelagsbassenget (NGI/NIVA 2003). I disse beregningene ble det brukt en verdi for $D_t = 0,06 - 0,12$ cm²/s. Dette er

erfaringstall for indre Oslo fjord. I beregningen av spredningen under deponeringen er det brukt en verdi for D_t på $0,1 \text{ cm}^2/\text{s}$.

Transportveien for turbulent diffusjon er regnet som avstanden fra 65 m vanddyb (nivå for utløp nedføringsenheten) til 43 m (nivå for laveste terskel i Bekkelagsbassenget). Dette betyr at $\Delta z = 22 \text{ m}$.

Dypvannsutskifting

Vinteren 2006 ble det observert betydelig utskifting av vannmasser i Bekkelagsbassenget. Strømhastigheten overskred likevel bare ved en anledning grenseverdien for stans i arbeidene (6 cm/s). Det betyr at utskiftingen kan ha transportert stoffer ut av deponiområdet sammen med det utskiftede vannet. Spredningen med dypvannsutskiftingen (F_d) kan beregnes som:

$$F_d = V \times \Delta C_{dv}$$

Der

V er volumet vann som er skiftet ut i løpet av perioden.

ΔC_{dv} er konsentrasjonsforskjellen mellom vann i deponiområdet og vannet utenfor (i Bunnefjorden)

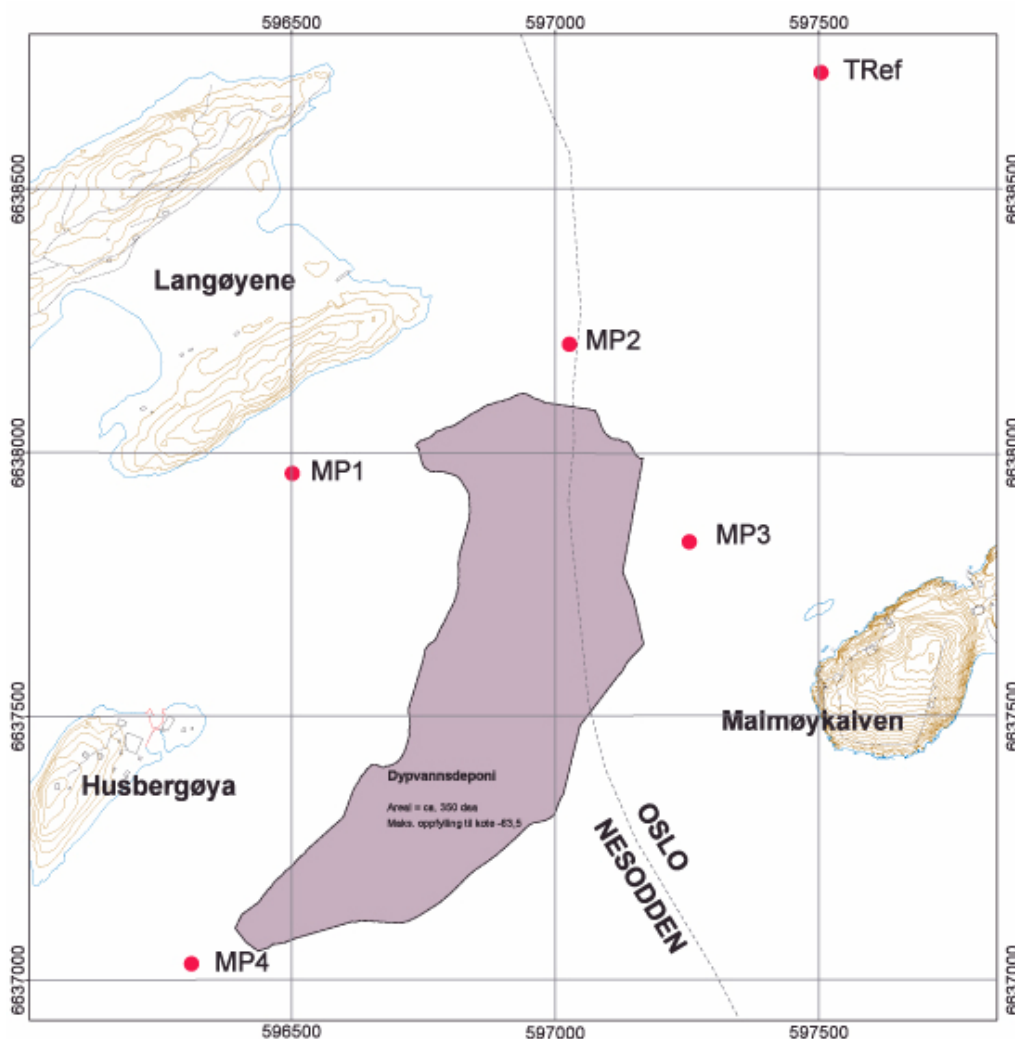
Basert på målinger av saltholdighet, temperatur og oksygenforhold i Bekkelagsbassenget fra 1962 – 2002 er det observert i gjennomsnitt 1,1 dypvannsfornyelse med moderat eller større omfang per år (NGI/NIVA 2003). Beregnet dypvannsfornyelse i indre Oslofjord i perioden 1973 – 1986 var i gjennomsnitt 66% av vannvolumet under 20 m per år (Baalsrud 1987). Målinger som ble gjort våren 2006 viste at det i løpet av vinteren og våren 2006 var en omfattende dypvannsutskifting i Bekkelagsbassenget (NIVA 2006). Basert på disse observasjonene er det regnet med at hele volumet i deponiområdet er byttet ut i fra oppstart av deponeringen i februar til utgangen av april.

Volumet vann som kan ha bidratt til spredning i denne perioden er derfor lik 1 x volumet som er påvirket av nedføringen. Basert på resultatene fra overvåkingen er det gjort en avgrensning av dette volumet og det er beregnet gjennomsnitts konsentrasjoner for beregning av ΔC_{dv} . Dette er diskutert i neste avsnitt.

3 RESULTATER FRA OVERVÅKNINGEN

Overvåkingen av deponeringen har bestått i kontinuerlig overvåking av partikkelmengde i vannet og regelmessig prøvetaking av vann for analyse av kjemiske stoffer. Resultatene fra overvåkingen brukes til å finne representative gjennomsnittskonsentrasjoner som kan brukes til å beregne spredningen.

Tabell 1 viser gjennomsnittskonsentrasjoner, av de stoffene som det er laget miljøgiftbudsjett for, i vannprøver tatt ved nedføringsenheten og ved de ulike målestasjonene. Gjennomsnittskonsentrasjonene er beregnet fra målinger i vannmasser ved nedføringsenheten, ved målepunktene (MP1 – MP4) og dessuten i områder som ikke er påvirket av deponeringen for beregning av bakgrunns konsentrasjoner. Gjennomsnittene er beregnet fra resultatene av analyser av vannprøver som er presentert i månedsrapportene fra april til juli. Helt i starten ble det benyttet en analysemetode med for høye deteksjonsgrenser, resultatene fra disse målingene er ikke benyttet. Verdier < deteksjonsgrensen er satt lik 50 % av deteksjonsgrensen.



Figur 1 Deponiområdet med overvåkningspunkter



Tabell 1 Gjennomsnittskonsentrasjoner fra overvåkingen ved deponiet

| | ΔC_{dif} | ΔC_{dv} | Konsentrasjon ved overskridelse turb | Kons ved nedføringsenhet (H2) | C under utskifting (målepunkt og nedføringsenhet) | Referanse dep omr 40 m dyp | Referanse Bunnefj | Referanse Bekkelaget | Konsentrasjon før oppstart deponering (NIVA 2006) |
|---------------------------------|------------------|-----------------|---|-------------------------------|---|----------------------------|-------------------|----------------------|---|
| Stoffer | (mg/m3) | | | | | | | | |
| Hg | 0,0029 | 0,0055 | 0,0046 | 0,0047±0,008 | 0,0073±0,005 | < | < | < | 0,0018 |
| Cd | 0,053 | 0 | 0,055 | 0,119±0,2 | 0,046±0,1 | 0,066±0,1 | 0,08±0,09 | 0,07±0,1 | 0,01 |
| Pb | 0,49 | 0,64 | 1,03 | 1,27±0,7 | 1,41±0,6 | 0,78±0,6 | 0,77±0,4 | 1,1±0,8 | 0,039 |
| PAH | 0,038 | 0,038 | 0,041 | < | < | < | < | < | 0,0032 |
| PCB | 0 | 0 | < | < | < | < | < | < | |
| Bruk til beregning av spredning | | | Inngår i ΔC_{dv} Inngår i ΔC_{dif} | Inngår i ΔC_{dif} | Inngår i ΔC_{dv} | Inngår i ΔC_{dif} | | | |

*NGI 2006, NIVA 2006

< mindre enn kvantifikasjonsgrense

De gjennomførte målingene viser at det er store naturlige variasjoner i målte konsentrasjoner og det ikke er betydelige forskjeller mellom konsentrasjonene målt i Bunnefjorden, Bekkelagsbassenget og i 40 m dyp rett over nedføringsenheten. Resultatene viser også at gjennomsnittskonsentrasjonen i dypvannet ved nedføringsenheten ikke er mye høyere enn bakgrunnskonsentrasjonen utenfor deponiområdet, selv om det er målt enkelte forhøyede konsentrasjoner her. En samlet vurdering av disse resultatene viser at deponeringen påvirker dypvannet like ved nedføringsenheten og ved enkelte anledninger dypvannet ved måle punktene (MP 1 – 4). Det er ikke påvist påvirkning av vannkvaliteten i vannmasser over 40 m dyp.

Ved noen anledninger i mars og april 2006 ble det målt forhøyet turbiditet ved MP 4. Vannprøver tatt ved nedføringsenheten og MP4, 6. april 2006, viste forhøyede konsentrasjoner av tungmetaller i vannprøver tatt 5 m over bunnen. Sannsynligvis som følge av forhøyet partikkel innhold i vannet. Ved måling igjen 11 dager senere var konsentrasjonen igjen nede på normalt nivå. Ved målingen 6. april 2006 ble det ikke funnet forhøyede konsentrasjoner på 40 m dyp ved MP 4 og ved nedføringsenheten eller i noe dyp på Tref, det ble imidlertid ikke samlet inn prøver ved noen av de andre målestasjonene. Disse resultatene er benyttet til å avgrense volumet som kan være påvirket av spredningen. Dette betyr at avgrensningen av det påvirkede volumet er begrenset til å ligge innenfor Tref og dypere enn 40 m vandyp.

Vannvolumet som er påvirket av nedføringen og skiftes ut ved dypvannsfornyelse er antatt å være hele deponiområdet opp til terskelnivå ($391\,000\text{ m}^3$ opp til 66 m) og i tillegg vannvolumet over dette til 43 m dyp som dekker et areal på 906500 m^2 (innenfor Tref men inkludert MP 4, volum = $16\,680\,000\text{ m}^3$). Samlet volum som kan påvirkes av både deponeringen og dypvannsutskiftingen (V) blir da $17\,071\,000\text{ m}^3$.

ΔC_{dv} er beregnet som differansen mellom konsentrasjoner målt i den delen av dypvannet som er påvirket av deponeringen og bakgrunnskonsentrasjon i vann fra Bunnefjorden.

ΔC_{dif} er beregnet som differansen mellom konsentrasjoner målt i den delen av dypvannet som er påvirket av deponeringen og konsentrasjonen ved 40 m dyp ved nedføringsenheten.

Før deponeringen startet (like før prøvedeponeringen i november 2005) ble det målt noe Hg og PAH i bunnvannet i deponiområde (NIVA 2006). Dette betyr at det har vært en spredning av disse stoffene fra området også før deponeringen startet. Økningen i spredning som skyldes deponiet er derfor beregnet med ΔC_{dv} og ΔC_{dif} der gjennomsnitt av konsentrasjoner målt før nedføringen startet er trukket fra.

Tabell 2 viser spredning som har funnet sted per 31 august 2006 beregnet som beskrevet over sammenlignet med spredning estimert i konsekvensutredning og søknad for prosjektet.

Tabell 2 Beregnet spredning

| | Spredning med turbulent-diffusjon | Spredning ved dypvannsutskifting | Sum spredning | Budsjett | Forbruk av budsjett |
|---------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------|----------|---------------------|
| Stoffer | (g) | (g) | (g) | (g) | |
| Hg | 7 | 106 | 113 | 232 | 49 % |
| Cd | 136 | - | 164 | 6961 | 2 % |
| Pb | 1250 | 12 301 | 13 550 | 44288 | 31 % |
| PAH | 96 | 725 | 821 | 4159 | 20 % |
| PCB | 0 | - | - | 160 | 0 % |

Resultatene viser at det har vært svært liten spredning av miljøfarlige stoffer under deponeringen og at det så langt er god margin til budsjettet. Pb og Hg er de stoffene der spredningen er størst sammenlignet med budsjettet spredning. Resultatene viser også at spredning via vannmasser under dypvannsutskiftinger er den viktigste mekanismen for denne spredningen.

4 EFFEKT AV STØRRE VANNINNBLANDING

Kontrollen av nedføringsoperasjonen har avdekket noen uklarheter om hvor mye vann som blandes inn i massene under nedføringen. Økt vanninnblanding kan gi økt spredning under deponeringen ved at et større volum vann tar opp miljøfarlige stoffer fra de nedførte sedimentene enn forutsatt og ved at dette øker risiko for partikkelspredning i og omkring deponiområdet. Overvåkingen til og med august viste at det ikke var partikkelspredning utenfor deponiområdet fram til da. Spredningen av de fleste stoffene har vært mindre enn estimert på forhånd, mens spredningen av kvikksølv er om lag som estimert.

I løpet av oktober er det observert økt partikkel innhold i bunnvannet i Bekkelagsbassenget utenfor deponiområdet og ved en anledning overskred partikkelinnholdet grenseverdien for denne overvåkingen og arbeidet ble stanset fra 13 – 17 oktober 2006. Det er i denne perioden nedført større mengder mudrede masser per dag enn før stansen da nytt utstyr for nedføring ble etablert. Større vanninnblanding kombinert med økt nedføringshastighet den siste tiden kan gi økt risiko for spredning av partikler i dypvannet i Bekkelagsbassenget.

5 ANBEFALINGER

Økt vanninnblanding øker risiko for spredning av partikler. Denne bør derfor reduseres til 65 % av mudret volum.



For å redusere risiko for spredning under dypvannsutskiftning kan det vurderes å endre overvåkingen for å kunne si mer nøyaktig når det skjer slik utskiftning eller sette strengere krav til vannkvalitet mens dypvannutskiftningen skjer.

6 REFERANSER

Baalsrud, K. 1987

Oslofjorden vårt nærmiljø, Utgitt i samarbeid med Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord.

NGI/NIVA 2003

Dypvannsdeponi ved Malmøykalven. Tilleggsutredningen til konsekvensutredning Miljøgiftbudsjett, kostnader og in situ tildekking. NGI-rapport 20011067-1. datert 2. januar 2003.

NIVA 2006

Brev dater 18. mai 2006. "Fagrådets miljøovervåkningsprogram for indre Oslofjord - tokt den 15.5.2006" Brev dater 18. mai 2006.

HAV 2005

Søknad til SFT Datert 30. juni 2005. "Søknad om etablering av dypvannsdeponi ved Malmøykalven i Oslo og Nesodden kommuner og deponering av forurensede sedimenter"

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



| Dokumentinformasjon/Document information | | | | | |
|--|--|--|--|---|--|
| Dokumenttittel/Document title Oslo Havn KF Overvåking ved mudring og deponering | | | Dokument nr./Document No. 20051785-14 | | |
| Dokumenttype/Type of document | | Distribusjon/Distribution | | Dato/Date | |
| <input type="checkbox"/> Rapport/Report <input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note | | <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None | | 2. november 2006 Rev.nr./Rev.No. Rev. 1, 10. mai 2007 Rev. 2, 29. juni 2007 | |
| Oppdragsgiver/Client Oslo Havn KF | | | | | |
| Emneord/Keywords Environmental geotechnology, harbour, sea bed, sea water | | | | | |
| Stedfesting/Geographical information | | | | | |
| Land, fylke/Country, County Oslo | | | Havområde/Offshore area | | |
| Kommune/Municipality Oslo | | | Felt navn/Field name | | |
| Sted/Location Malmøykalven | | | Sted/Location | | |
| Kartblad/Map 1914IV | | | Felt, blokknr./Field, Block No. | | |
| UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNM375970 | | | | | |
| 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 | Original dokument | EE 2/11 | AO 2/11 | | |
| 1 | Hjelpetekst i tabell 1 flyttet | EE 10/5 | GBr 10/5 | | |
| 2 | Budsjett tall i tabell 2 og prosentforbruk | AO 29/6 | GBr 29/6 | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release | | Dato/Date 29/6/2007 | | Sign. Prosjektleder/Project Manager Audun Hauge | |