

Pilotprosjektet i Trondheim havn

Trondheim  Havn



SELMER
SKANSKA



Kost-nytte- analyse, fase 1

Rapport nr.: 2003-016

Rev.: 01

Dato: 31.10.03

Prosjekt:	Pilotprosjektet i Trondheim Havn
Oppdragsgiver:	Statens forurensningstilsyn
Oppdragsreferanse:	Tildelingsbrev fra SFT, ref 2000/532
Oppdragstakers prosjektansvarlig:	Trondheim Havn v/ Wollert Krohn-Hansen

Rapporttittel:	Kost-nytte- analyse, fase 1	
Rapporttype:	Delrapport	
Ant. sider:	Tegn.nr.:	Bilag nr.:
19	-	-
Rapport nr.:	Rev.nr.:	Dato første utsendelse:
2003-016	0	31.10.03

Sammendrag: Pilotprosjektet i Trondheim havn har som mål å utvikle metoder for å fjerne forurensede sedimenter fra havneområdet og stabilisere disse i et egnet deponi i havneområdet. I denne rapporten er det utført en analyse av kostnader og nytteverdier fra fase 1 av dette prosjektet (mudring, stabilisering og deponering av 10 800 m³ forurensede sedimenter).

I tillegg til den åpenbare nytteverdien i form av bedre vannkvalitet og mindre forurensede sedimenter vil et deponi med stabiliserte masser også føre til økte havnearealer, og dermed mulighet for ekstra leieinntekter for Trondheim Havn.

En del av prosjektet er å utvikle metoder for å benytte restprodukter fra industrien som tilsats i stabiliseringsprosessen, i tillegg til sement som vanligvis brukes til slik stabilisering. I pilotprosjektets fase 1 har det vært utprøvd å tilsette filteraske. På denne måten har et restprodukt blitt til en ressurs når det brukes til stabilisering av forurensede sedimenter.

Tilsats av filteraske har gitt en merkostnad i pilotprosjektet pga. transportkostnader, samt øket tidsforbruk ved stabilisering i forhold til bruk av bare sement. Man ser for seg at produksjonskapasiteten kan økes ved å modifisere stabiliseringsriggeren og ved å utføre stabiliseringen direkte i deponiet.

Utførende:	DNV Consulting AS	Intern prosj.ref.:
Utarbeidet av:	Marit Brånås	Dato/sign.: 31/10.03/
Kontrollert av:	Jens Laugesen	Dato/sign.: 31/10.03/
Godkjent av:	Jan Angelsen, Trondheim Havn	Dato/sign.: 31/10.03/
Verifisert av:	Jan August Myhrstad, DNV Consulting	Dato/sign.: 31/10.03/
Dato denne revisjon:	31.10.2003	Rev. nr.: 01

	<i>Side</i>
1	SAMMENDRAG 1
2	INNLEDNING 2
3	BAKGRUNN 2
3.1	Miljøtilstanden ved Trondheim Havn 2
3.2	Miljøtilstanden ved Fagervika-Illsvika 3
4	BESKRIVELSE AV PILOTPROSJEKTETS FASE 1 3
4.1	Mudring 3
4.2	Stabilisering 3
4.3	Deponering 4
5	FORVENTEDE KOSTNADER I PILOTPROSJEKTET 4
6	REELLE KOSTNADER I PILOTPROSJEKTET 4
6.1	Utførelse av tiltak 5
6.1.1	Mudring 5
6.1.2	Stabilisering og deponering 6
6.1.2.1	Stabilisering 6
6.1.2.2	Deponering 8
6.2	Sammenstilling av kostnader for utføring av tiltak 10
6.3	Kostnader som ikke kan knyttes til utførelse av tiltak 12
6.3.1	Prosjektadministrasjon 12
6.3.2	Forundersøkelser og kartlegging 12
6.3.3	Utvikling og informasjon, inkl. rapportering 13
6.3.4	Oppfølging og overvåkning 13
6.4	Oppsummering av total kostnader for pilotprosjektet i trondheim havn 14
7	NYTTEVERDI OG EFFEKT 15
7.1	Miljøeffekt 15
7.2	Verdi av økt areal ved Trondheim havn (deponi) 15
8	ALTERNATIV DEPONERING VED NOAH LANGØYA 16
9	KONKLUSJON 17
10	VIDERE ARBEID 18
11	REFERANSER 18

1 SAMMENDRAG

Pilotprosjektet i Trondheim havn har som mål å utvikle metoder for å fjerne forurensede sedimenter fra havneområdet og stabilisere disse i et egnet deponi i havneområdet. I denne rapporten er det utført en analyse av kostnader og nytteverdier fra fase 1 av dette prosjektet (mudring, stabilisering og deponering av 10 800 m³ forurensede sedimenter).

I tillegg til den åpenbare nytteverdien i form av bedre vannkvalitet og mindre forurensede sedimenter vil et deponi med stabiliserte masser også føre til økte havnearealer, og dermed mulighet for ekstra leieinntekter for Trondheim Havn.

En del av prosjektet er å utvikle metoder for å benytte restprodukter fra industrien som tilsats i stabiliseringsprosessen, i tillegg til sement som vanligvis brukes til slik stabilisering. I pilotprosjektets fase 1 har det vært utprøvd å tilsette filteraske. På denne måten har et restprodukt blitt til en ressurs når det brukes til stabilisering av forurensede sedimenter.

Totalkostnad for gjennomføring av tiltakene i pilotprosjektets fase 1 har vært 14 mill. kr og i dette er det inkludert etablering av deponi som er en kostnad på 7 mill. kr. Deponiet har imidlertid en kapasitet på 80 000 m³. Det betyr at deponikostnaden for 10 800 m³ er på ca. 1 mill. kr. hvis hele kapasiteten blir utnyttet.

Kostnaden for mudring og stabilisering i fase 1 har vært rett i underkant av 600 kr/m³ og det har vært mudret 330 m³/døgn i gjennomsnitt.

Der er også beregnet en kostnad ved ”ideell” fremdrift på i størrelsesorden 300 kr/m³. Med ”ideell” fremdrift menes en fremdrift slik den forutsettes å være i et større prosjekt (>100 000 m³) hvor det mudres mellom 450-800 m³ i døgnet. I et slikt prosjekt forutsettes at stabilisering foregår direkte i deponiet uten omlasting og stabilisering i et ekstra betongtrau etc.

Tilsats av filteraske i tillegg til sement ved stabiliseringen av sedimentene har ført til en merkostnad på 43 kr/m³ sammenlignet med tilsats av bare sement. Hovedårsaken til merkostnaden er at med det tilgjengelige utstyret var det kun mulig å blande inn et stabiliseringsmiddel av gangen. I tillegg er filterasken meget lett slik at innblandingen er noe mer komplisert. Hvis det bygges et blandingsutstyr hvor det er mulig å blande inn sement og filteraske samtidig vil merkostnaden kunne nærme seg 7 kr/m³ (transportkostnaden). Ved tilsats av avfallsstoffer i stabiliseringsprosesser, bør minimum denne merkostnaden dekkes av en avgift for slikt avfall. Ved videre utvikling og forbedring rundt prosessen ved å tilsette/blande inn filteraske, bør også mudringskapasiteten kunne økes og dette vil også gi en positiv gevinst til økonomien i slike prosjekter.

Levering til NOAH ville ha kostet mer enn stabilisering og deponering av de 10 800 m³ forurensede sedimentene fra fase 1. De forurensede sedimentene måtte uansett mudres slik at kostnad for stabilisering og deponering vil ligge på i underkant av 6 mill. kr sammenlignet med en kostnad i overkant av 8 mill. kr for å få massene til Langøya. I tillegg har det stabiliserte deponiet også en salgsverdi.

Totalt er det planlagt å opparbeide et nytt areal ved Pir II på 40 daa. 25 daa av dette vil bli etablert på stabiliserte forurensede sedimenter i pilotprosjektet. Resten vil bli fylt ut med annen masse. Fase 2 av mudringen og stabiliseringen planlegges å starte opp i slutten av 2003. Når deponiet er fylt opp og stabiliseringen er avsluttet i 2004 vurderes det 25 daa nye arealet etablert på stabiliserte masser ha en salgsverdi på om lag 10-12,5 millioner NOK.

2 INNLEDNING

Pilotprosjektet i Trondheim havn er ett av fem pilotprosjekter som er initiert og delvis finansiert av Statens forurensningstilsyn.

Pilotprosjektet er et samarbeid mellom Trondheim Havn, Scandiaconsult, Selmer Skanska og DNV Consulting. Pilotprosjektet i Trondheim Havn er delt opp i følgende fire hovedaktiviteter:

1. Tiltaksanalyse (systematisk vurdering og prioritering av tiltaksområder)
2. Tiltaksgjennomføring (massestabilisering og rensing)
3. Økonomisk/juridisk analyse (kost-nytte analyse samt vurdering av tiltaksfond)
4. Overvåkning, dokumentasjon og informasjon.

Denne rapporten omhandler en kost-nytte analyse av mudring, stabilisering og deponering av forurensede sedimenter fra pilotprosjektets fase 1. I fase 1 er 10 800 m³ sedimenter mudret i Iilsvika og stabilisert og deponert i det etablerte deponiet ved Pir II. Kostnader knyttet til de utførte tiltakene i pilotprosjektets fase 1 er analysert. Kostnader som ikke direkte kan knyttes til utførelse av tiltak er skilt ut.

3 BAKGRUNN

3.1 Miljøtilstanden ved Trondheim Havn

Tidligere utførte analyser av innhold av miljøgifter fra Trondheim havn og omgivelser i Trondheimsfjorden viser at sedimentene i gjennomsnitt er markert forurenset (tilstandsklasse III etter SFTs klassifisering). Imidlertid er det svært store variasjoner i de ulike lokalitetene.

I pilotprosjektet er det utarbeidet fire ambisjonsnivåer (miljømål) for Trondheim Havn:

Ambisjonsnivå 0: *Det foretas ikke noen tiltak i de forurensede sedimentene i Trondheim havn og omgivelsene i Trondheimsfjorden ("null-alternativet"). Eventuell forbedring av miljøtilstanden i sedimentene vil være avhengig av at det foregår en tildekking av de forurensede sedimentene som følge av sedimentasjon.*

Ambisjonsnivå 1: *Spredning av miljøgifter til andre områder fra de mest belastede (forurensede) arealene skal ikke forekomme.*

Ambisjonsnivå 2: *Trondheim havn og omgivelser i Trondheimsfjorden skal ha en miljøkvalitet som sikrer egnethet for fiske og fangst. Dette sikres ved at alle kostholdsråd skal kunne opphves innen 10 år etter at tiltak for å nå dette målet er utført.*

Ambisjonsnivå 3: *Tilstanden i Trondheims havn og omgivelser i Trondheimsfjorden skal forbedres slik at miljøgifter i fjorden ikke har noen økologisk effekter på biota (fisk, skalldyr, alger etc.)*

I tiltaksanalysen for Trondheim havn og omgivelser (rapport 2003-012 fra pilotprosjektet, utarbeidet av DNV) fremkommer det at i delområdet Fagervika-Iilsvika er sedimentene forurenset.

3.2 Miljøtilstanden ved Fagervika-Illsvika

Delområdet Fagervika-Illsvika er forurenset av både tungmetaller og organiske miljøgifter. Lokaliteten har nylig fått innført kostholdsråd for konsum av blåskjell på grunn av høye PAH-konsentrasjoner i blåskjell (PAH = Polysykliske aromatiske hydrokarboner).

Den viktigste kilden for tungmetallforurensning antas å være tidligere utslipp/dumping fra Killingdal Grubeselskap. Forurensingsnivået fra tungmetaller varierer fra tilstandsklasse II til V i sedimentene.

Ved Illsvika som ligger i sør på lokaliteten er sedimentene hovedsakelig forurenset med organiske miljøgifter, spesielt PAH, PCB (polyklorerte bifenyler) og TBT (tributyltinn). PAH og PCB ligger i tilstandsklasse III til V, de høyeste verdiene er ved Ila Pir. TBT ligger til dels svært høyt (opp mot 200 ganger over grensen til tilstandsklasse V). Også for TBT er de høyeste verdiene funnet ved Ila Pir.

I pilotprosjektets fase 1 ble det vurdert at Illsvika var et egnet sted å starte mudringen av forurensete sedimenter.

4 BESKRIVELSE AV PILOTPROSJEKTETS FASE 1

4.1 Mudring

Til mudringen i Illsvika er det benyttet en spesiell lukket grabb som er utviklet for mudring av forurensete sedimenter. Grabben er lukket for å unngå spredning av forurensning når sedimentene tas opp fra sjøbunnen. Grabbmudring har den fordel at sedimentene kan tas opp med et lavere vanninnhold enn ved for eksempel sugemudring. Med den grabben som er brukt i Trondheim fjernes lag med en tykkelse på ca. 50 cm av gangen. Grabben styres med GPS som gir nøyaktig posisjonering og mulighet for selektiv mudring av forurensete sedimenter.

Oppmudrede sedimenter ble lastet i en tett leker som fraktet massene til Pir II ved deponiet. Det har i fase 1 blitt mudret 10.800 m³ forurensete sedimenter fra Fagervika-Illsvika over et areal på ca. 10.000 m², dvs. at gjennomsnittlig mudringsdybde har vært ca. 1 m.

4.2 Stabilisering

Ved Pir II har sedimentene blitt stabilisert før de er blitt deponert. Stabiliseringen gir en kraftig reduksjon av utlekking av miljøgifter og gir samtidig en økt bæreevne. Den økte bæreevnen gjør det mulig å seinere etablere for eksempel et containerområde eller enklere bygninger på sedimentene.

Stabiliseringen av de forurensete sedimentene er utført i egne blandekar før sedimentene plasseres i deponiet. Ved stabilisering benyttes sement og eventuelt et annet tilslagsmateriale og blandingsforholdet mellom disse tilpasses materialet som skal stabiliseres. I pilotprosjektet har det vært fokus på å undersøke muligheten for å anvende lokalt tilgjengelig produksjonsavfall som en del av tilslagsmaterialet. Filteraske fra Norske Skog på Skogn har vært testet ut som aktuelt tilslagsmateriale.

4.3 Deponering

Trondheim Havn har etablert et strandkantdeponi ved Pir II. Tillatelse til å deponere forurensete sedimenter er gitt i tillatelse fra Fylkesmannen i Sør-Trøndelag, datert 6. april 2001.

Deponiet består av en steinfylling ytterst, etterfulgt av sandfilter og fiberduk som holdes på plass av et steinlag på innsiden.

Deponiet ble etablert i 2001. Deponering av sedimenter fra Ilsvika i pilotprosjektets fase 1 startet i desember 2002 og ble sluttført i februar 2003.

Deponiets volum er på totalt på 40 000 m³ med nåværende tillatelse som tillater fylling opp til LAT (laveste astronomiske tidevann) og 80 000 m³ hvis det gis tillatelse til å fylle helt opp.

5 FORVENTEDE KOSTNADER I PILOTPROSJEKTET

I forkant av pilotprosjektet er det satt opp estimat av forventet kostnad for mudring, transport, stabilisering og deponering av forurensete sedimenter. Kostnadene har vært basert på erfaringer fra tilsvarende tiltak utført i Norge, eller – når slike tiltak ikke er utført i Norge – kostnader i utlandet.

For det aktuelle området ved Ilsvika har følgende kostnader vært anslått:

- Ca. 150,- kr/m³ sediment for mudring i Ilsvika og transport til deponi ved Pir II. Det er da regnet i faste (teoretiske) m³.
- Ca. 150,- kr/m³ sediment i tilleggskostnad for stabilisering, dvs. ekstra kostnad i forhold til om sedimentene deponeres direkte etter mudring.

Det vil si at den totale kostnaden for mudring, transport, stabilisering og deponering er anslått til ca. 300 kr/m³ sediment.

I tillegg kommer etablering av strandkantdeponi. Trondheim havn har oppgitt en kostnad på 7 millioner kr for etableringen av deponiet (se kapittel 6.1.2.2).

6 REELLE KOSTNADER I PILOTPROSJEKTET

Pilotprosjektet har som formål å utvikle nye og forbedre eksisterende metoder for stabilisering av forurensete sedimenter. I forhold til et ”normalt” tiltak i forurensete sedimenter med konvensjonell teknologi og utprøvde metoder, har pilotprosjektet hatt vesentlig større kostnader innen metodeutvikling, prosjektplanlegging, dokumentasjon og administrasjon.

For beregning av reelle kostnader har det derfor vært vesentlig å skille ut de kostnader som vil medgå i et ”normalt” tiltak og de ekstra kostnader som pilotprosjektet har medført.

6.1 Utførelse av tiltak

Totalt er det blitt tatt opp 10 800 m³ forurensede sedimenter i fase 1. Totalkostnaden for utførelsen av tiltaket har vært 7 mill. kr (se figur 2, side 12).

6.1.1 Mudring

Samlet kostnad for mudring av 10 800 m³ i fase 1 har vært 1,9 mill. kr.

Kostnader for etablering av mudringsrigg vil variere fra sted til sted, eksempelvis vil kostnaden være avhengig av transportavstanden for mudringsriggen. Siden etableringskostnaden er usikker mht en sammenligning med andre prosjekter, samt at den utgjør en liten del av totale mudringskostnader ved store mudringsmengder (utgjør ca. 2% ved mudring av 100 000 m³ masse), er denne ikke tatt med i beregning av mudringskostnad per m³ forurenset sediment.

Driftskostnader for mudringsanlegget er faste kostnader som påløper, uansett om det utføres mudring eller ikke. Driftskostnaden har vært 198 000 kr for 33 dagers drift i fase 1.

Døgnskostnad for drift av mudringsanlegg blir da: $\frac{198\,000\text{ kr}}{33\text{ dager}} = 6\,000\text{ kr/døgn}$

Det presiseres at i de 33 arbeidsdagene som legges til grunn for beregning av døgnskostnad for drift av mudringsanlegget, er også 5 dager mudringsstopp inkludert. Denne stansen skyldtes tekniske problemer vedrørende tilsats av filteraske i stabiliseringsprosessen.

Kostnadene for selve mudringsaktiviteten (eksklusive etablering) har vært 1,26 mill. kr for mudring av 10 800 m³, det betyr en fast kostnad på 117 kr/m³ mudret masse.

Mudringskostnaden er beregnet som summen av døgnskostnad for drift av mudringsanlegget og fast kostnad per m³ sediment som mudres (117 kr/m³).

Mudringskostnad ved mudringskapasitet 800 m³/døgn:

$$\frac{6\,000\text{ kr/døgn}}{800\text{ m}^3/\text{døgn}} + 117\text{ kr/m}^3 = \underline{\underline{125\text{ kr/m}^3}}$$

Mudringskostnad ved mudringskapasitet 450 m³/døgn:

$$\frac{6\,000\text{ kr/døgn}}{450\text{ m}^3/\text{døgn}} + 117\text{ kr/m}^3 = \underline{\underline{130\text{ kr/m}^3}}$$

6.1.2 Stabilisering og deponering

Kostnader knyttet til stabiliseringsprosessen er beskrevet i kapittel 6.1.2.1 og kostnader knyttet til etablering av deponiet er beskrevet i kapittel 6.1.2.2.

6.1.2.1 Stabilisering

Tabell 1 viser fordelingen av kostnadene på 4,5 mill. kr knyttet til entreprenørens arbeid i stabiliseringsprosessen.

Tabell 1 Fordeling av kostnader i stabiliseringsarbeidet

Beskrivelse	Andel av kostnad i %
Forberedende arbeider og rigg (inkl. etablering av betongtrau)	10 %
Stedlig arbeidsledelse	3 %
Etablering og frakt	5 %
Nedrigging og frakt	5 %
Stabilisering	27 %
Produksjonskontroll	2 %
Sement (inkl. mva)	16 %
Transport/omlastning av filteraske	2 %
Innkvartering av personell	2 %
Maskiner, dumper, graver	28 %
Sum	(100 %)

Postene ”Etablering og frakt” og ”Nedrigging og frakt” er stedsavhengige da de innebærer fraktkostnader, samt etablering av selve stabiliseringsutstyret. For stabilisering av en mindre mengde sedimenter som i pilotprosjektet blir kostnadsandelen for rigg og frakt høy. Posten ”Stabilisering” (1,21 mill. kr) omfatter kostnader knyttet til personell, maskiner, diesel etc. i selve stabiliseringsprosessen og vil være direkte sammenlignbar med andre tilsvarende prosjekter og er derfor tatt med videre i kost-nytte analysen. Ut fra denne posten kan man beregne en døgnskostnad for stabiliseringsriggen. Produksjonskontroll har vært en ”selvpålagt kvalitetskontroll” fra utførende entreprenør som ikke nødvendigvis er sammenlignbar i andre lignende prosjekter. Denne kvalitetskontrollen vil også være relativt uavhengig av mengde som mudres. Utfyllende kvalitetskontroll i regi av Scandiaconsult er ikke medregnet i denne posten.

Døgnskostnad for stabiliseringsprosessen blir da: $\frac{1\,210\,000\text{ kr}}{33\text{ dager}} = 36\,700\text{ kr/døgn}$

I pilotprosjektet har tilsats av filteraske fra Norske Skog vært en ekstrakostnad i stabiliseringsprosessen. Prosjektet har hentet filterasken kostnadsfritt fra Norske Skog på Skogn, men hvert lass med aske innebærer en transportkostnad på 3 000 kr. Forbruket har vært ett lass per døgn, og dette gir en døgnskostnad på 3 000 kr/døgn. Tilsats av filteraske i tillegg til sement har ført til driftsproblemer under stabiliseringsprosessen ved pilotprosjektet. På grunn av at filterasken har lavere egenvekt har innblåsningshastigheten vært betydelig lavere enn for sementen. Dette har resultert i at mudringsarbeidet har hatt et tak på 450 m³/døgn for å få det ønskede forhold mellom sediment/semment og filteraske. Ved tilsats av kun sement var ikke innblanding i sedimentene noe problem og mudringskapasiteten økte til 800 m³/døgn.

Driftskostnad for stabilisering ved mudringskapasitet 800 m³/døgn (kapasitet som oppnås ved tilsats av kun sement):

$$\frac{36\,700\text{ kr/døgn}}{800\text{ m}^3/\text{døgn}} = \frac{46\text{ kr}}{\text{m}^3}$$

Driftskostnad for stabilisering ved mudringskapasitet 450 m³/døgn (kapasitet som oppnås ved tilsats av sement og filteraske):

$$\frac{36\,700\text{ kr/døgn}}{450\text{ m}^3/\text{døgn}} = \frac{82\text{ kr}}{\text{m}^3}$$

Ved tilsats av filteraske har som nevnt ovenfor mudringskapasiteten måtte reduseres til 450 m³. Med en transportkostnad på 3 000 kr per lass filteraske gir dette følgende ekstrakostnad ved tilsats av filteraske:

$$\frac{3\,000\text{ kr}}{450\text{ m}^3} = \frac{7\text{ kr}}{\text{m}^3}$$

Imidlertid har tilsats av filteraske vært et viktig element i dette prosjektet, sett ut fra et forsknings- og utviklingsperspektiv. I fremtiden vil det imidlertid være aktuelt at eier av slikt avfall vil bli pålagt en deponiavgift for å levere slikt avfall. Dette vil gi stor innvirkning på økonomien for å bruke filteraske som tilsatsstoff i en stabiliseringsprosess.

Ved innblanding av filteraske har blandingsforholdet vært:

$$\frac{80 \text{ kg sement} + 40 \text{ kg filteraske}}{m^3 \text{ forurensete sedimenter}}$$

Sementen koster 820 kr/tonn. Sementkostnad per m^3 forurenset sediment blir da:

$$\frac{820 \text{ kr/tonn} \cdot 0,08 \text{ tonn}}{m^3} = 66 \text{ kr/m}^3$$

Totalkostnad for stabiliseringsprosesser er summen av materialkostnad, sement og evt. filteraske, og driftskostnader for stabiliseringsprosessen.

Total stabiliseringskostnad ved mudringskapasitet 800 m^3 /døgn (tilsats av kun sement):

$$66 \text{ kr/m}^3 (\text{sement}) + 46 \text{ kr/m}^3 (\text{drift}) = \underline{112 \text{ kr/m}^3}$$

Total stabiliseringskostnad ved mudringskapasitet 450 m^3 /døgn (tilsats av sement og filteraske):

$$66 \text{ kr/m}^3 (\text{sement}) + 7 \text{ kr/m}^3 (\text{filteraske}) + 82 \text{ kr/m}^3 (\text{drift}) = \underline{155 \text{ kr/m}^3}$$

Dette viser at tilsats av filteraske har ført til en merkostnad på 43 kr/ m^3 i fase 1. Hovedårsaken til merkostnaden er at med det tilgjengelige utstyret var det kun mulig å blande inn et stabiliseringsmiddel av gangen. I tillegg er filterasken meget lett slik at innblandingen er noe mer komplisert. Hvis det bygges et blandingsutstyr hvor det er mulig å blande inn sement og filteraske samtidig vil merkostnaden kunne nærme seg 7 kr/ m^3 (transportkostnaden).

Ved tilsats av avfallsstoffer i stabiliseringsprosesser, bør minimum denne merkostnaden dekkes av en avgift for slikt avfall. Ved videre utvikling og forbedring rundt prosessen ved å tilsette/blande inn filteraske, bør også mudringskapasiteten kunne økes og dette vil også gi en positiv gevinst til økonomien i slike prosjekter.

6.1.2.2 Deponering

Trondheim havn har etablert deponiet på Pir II og dette arbeidet er estimert til en kostnad på 7 millioner kroner, som beskrevet i revidert søknad til SFT, ref. /3/. Deponiet på Pir II ble etablert av Trondheim Havnevesen allerede i 2000 og det ble lagt in 20 000 m^3 forurenset masse i deponiet i mai/juni 2001. Denne massen er ikke stabilisert. Dette representerer en kostnad på om lag 2 millioner kr og dette er inkludert i de 7 millionene som er beskrevet ovenfor.

Pilotprosjektet i Trondheim havn

Trondheim  Havn



SELMER
SKANSKA

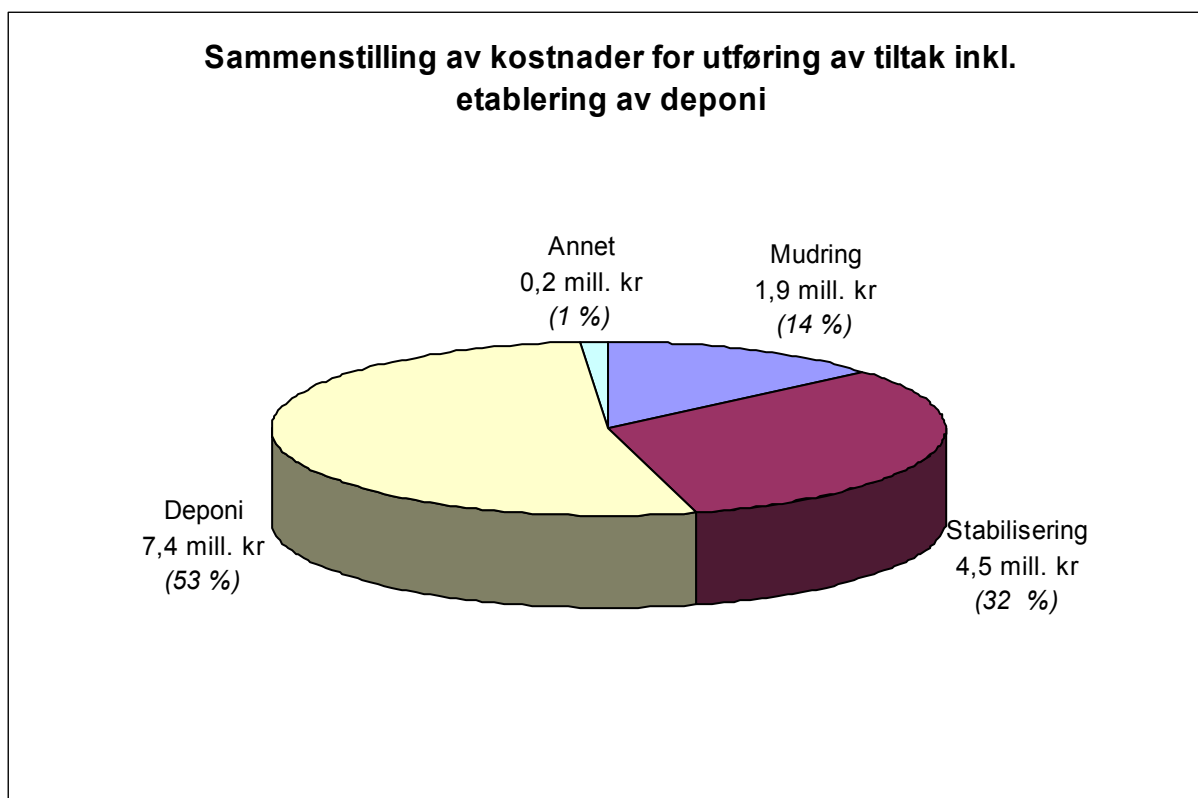


I tillegg ble det under fase 1 nødvendig å forsterke deponiet. Arbeidet bestod bl.a. i å legge inn ekstra geotekstil med filter. Noe avvanningsutstyr ble også montert for å føre vann fra mudringslekteren inn i deponiet. Arbeidet ble utført av eksterne entreprenører på oppdrag av Trondheim Havn og medførte kostnader på 0,4 mill. kr.

Det ble deretter ikke lagt inn masse i noe særlig grad før pilotprosjektet ble etablert i 2002 og i løpet av 2003 blir omlag 20 000 m³ forurenset masse lagt inn i deponiet og 10 800 m³ av dette er stabilisert i fase 1 av pilotprosjektet. I neste fase av pilotprosjektet vil det bli utført forsøk på stabilisering av masser direkte i deponiet.

6.2 Sammenstilling av kostnader for utføring av tiltak

Det er mulig å sette opp en sammenstilling av kostnadsfordelingen for utføring av tiltak i pilotprosjektets fase 1. Dette er vist i Figur 1 og Figur 2 nedenfor. Fordelingen er basert på tall fra utførende entreprenør (tall for mudring og stabilisering) og Trondheim Havn (tall for deponi). Posten ”annet” på 0,2 mill. kr inneholder kostnader til møter og reiser, samt bruk av spisskompetanse hos konsulenter.

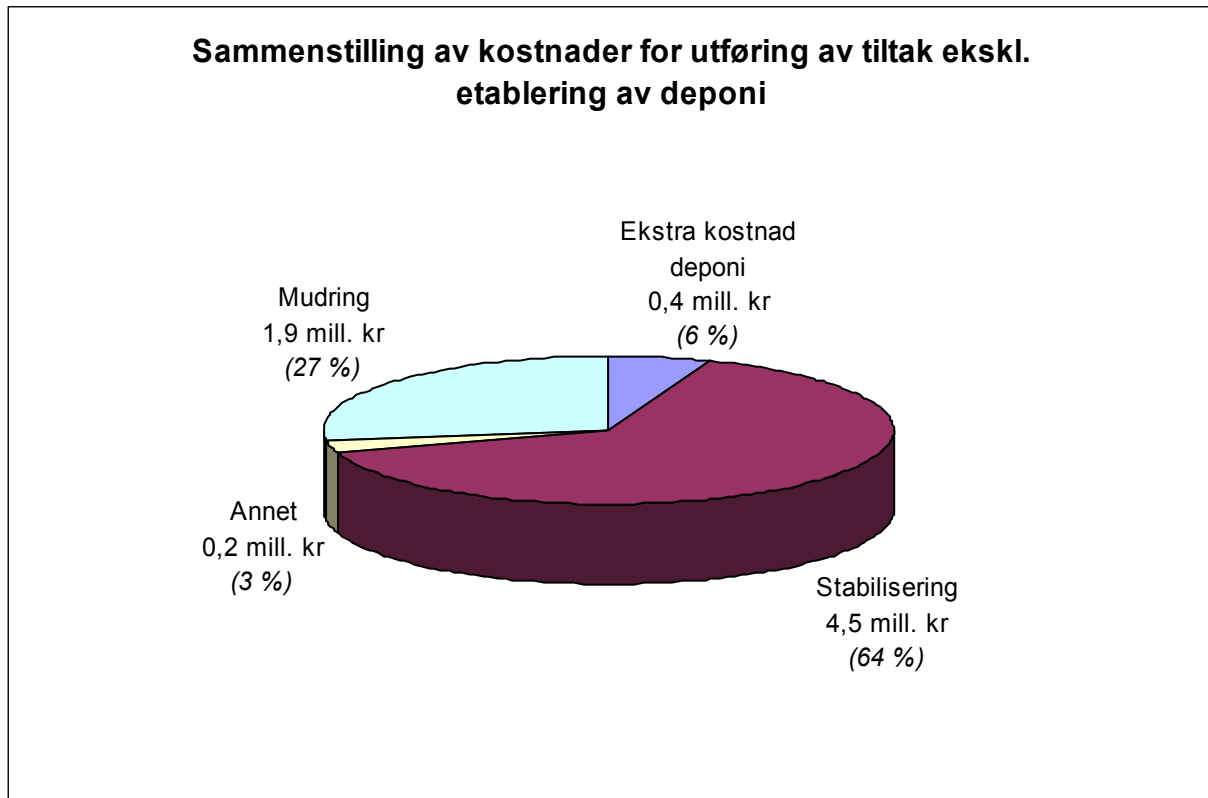


Figur 1 Kostnadsfordeling for utføring av tiltak i fase 1 (10 800 m³), inklusive kostnad for etablering av deponi (totalt 14 mill. kr).

Man ser her at kostnad til etablering av deponiet utgjør en svært stor del av det totale kostnadsbildet hvis en isolert ser på de 10 800 m³ som ble mudret i fase 1. En må imidlertid huske på at deponiet har en kapasitet på 80 000 m³. Det betyr at deponikostnaden for 10 800 m³ er på ca. 1 mill. kr. hvis hele kapasiteten blir utnyttet.

Deponiet på Pir II ble etablert før pilotprosjektet startet og kan derfor holdes utenfor kostnadsbildet for å få et bedre bilde av fordelingen mellom mudrings- og stabiliseringsarbeidet. Dette er vist i Figur 2. Kostnader i forbindelse med forsterkning av deponiet er imidlertid medtatt fordi disse påløpte under pilotprosjektet.

Totale kostnader for gjennomføring av tiltakene i fase 1 er 14 mill. kr, inklusive etablering av deponi (se figur 1). Totale kostnader for gjennomføring av tiltakene i fase 1 eksklusive etablering av deponi er 7 mill. kr (se figur 2).



Figur 2 Kostnadsfordeling for utføring av tiltak i fase 1, eksklusive kostnad for etablering av deponi (totalt 7 mill. kr).

6.3 Kostnader som ikke kan knyttes til utførelse av tiltak

I tillegg til kostnader til selve utførelsen er det også kostnader til

- Prosjektadministrasjon
- Forundersøkelser og kartlegging
- Utvikling og informasjon, inkl. rapportering
- Oppfølging og overvåkning

Fordelingen av disse kostnadene er vist i figur 3.



Figur 3 Kostnadsfordeling for kostnader som ikke kan knyttes til utførelse av tiltak (totalt 3,3 mill. kr).

6.3.1 Prosjektadministrasjon

Prosjektadministrasjon innbefatter møter, prosjektledelse etc. Til dette har medgått 0,3 mill. kr.

6.3.2 Forundersøkelser og kartlegging

Forundersøkelser har bl.a. bestått av laborietester hvor en har testet ut forskjellige blandinger av sediment og stabiliserende tilsatser (sement, filteraske og mikrosilika). Det er utført

omfattende tester både på stabilitet og utlekking hvor alle relevante komponenter er analysert på akkreditert kjemisk laboratorium.

Kartleggingsarbeidet i pilotprosjektet har i stor grad basert seg på data hentet fra NGUs rapport om forurenset grunn og sedimenter, ref. /5/. Det er kun tatt noen få prøver i tillegg i Iilsvika for å få en bedre oversikt over forurensningen i sedimentene. Av denne grunn vil ikke kostnaden forbundet med kartleggingsarbeid egentlig gjenspeile den ressursbruken en slik kartlegging vil medføre.

Erfaringen fra gjennomføring av pilotprosjektets fase 1 viser at man med fordel kan legge ytterligere vekt på kartleggingsarbeidet før mudringsarbeidet starter. Dette vil gi økte kostnader for kartlegging, men vil øke kvaliteten på mudringsarbeidet slik at en unngår å mudre i rene områder eller dypere enn det forurensete laget. Spesielle faktorer som er viktig å kartlegge i detalj og som kan forbedres er:

- Dybde av forurensningene
- Konsentrasjon av forurensningene
- Kotekart for havbunnen

Til forundersøkelser og kartlegging er det medgått 0,8 mill. kr.

6.3.3 Utvikling og informasjon, inkl. rapportering

Det er brukt ressurser på å utvikle en optimal stabilisering i Trondheim havn. De enkelte komponentene (stabiliseringsutstyr, blandekar etc.) har vært forholdsvis standardisert. Utfordringen har fremst vært å kombinere de enkelte komponentene slik at de blir en fungerende helhet.

Informasjon har vært prioritert. Det er laget en egen informasjonsbrosjyre på både norsk og engelsk om prosjektet. En informasjonsstrategi er også utarbeidet.

Flere rapporter er laget:

- Tiltaksanalyse (hvor trengs tiltak i Trondheim havn)
- Kost-nytteanalyse (denne rapporten)
- Juridisk utredning om tiltaksfond for å finansiere opprydding i Trondheim havn

I denne posten inngår også verifikasjon, dvs. overordnet kvalitetskontroll av arbeider og dokumenter.

Til utvikling og informasjon, inkl. rapportering er det medgått 1,4 mill. kr.

6.3.4 Oppfølging og overvåkning

Oppfølgingen har bl.a. bestått i kontroll av stabiliserte masser i deponiet og opptak av prøver fra deponiet for testing på laboratorium. Laboratorietestene har i prinsipp vært de samme som i forundersøkelsen, dvs. tester av stabilitet og av utlekking.

Overvåkingen har bestått av:

- Turbiditetsmålinger i mudringsområde og utenfor deponiet
- Sedimentfeller
- Semipermeable membraner
- Sediment- og vannprøvetaking

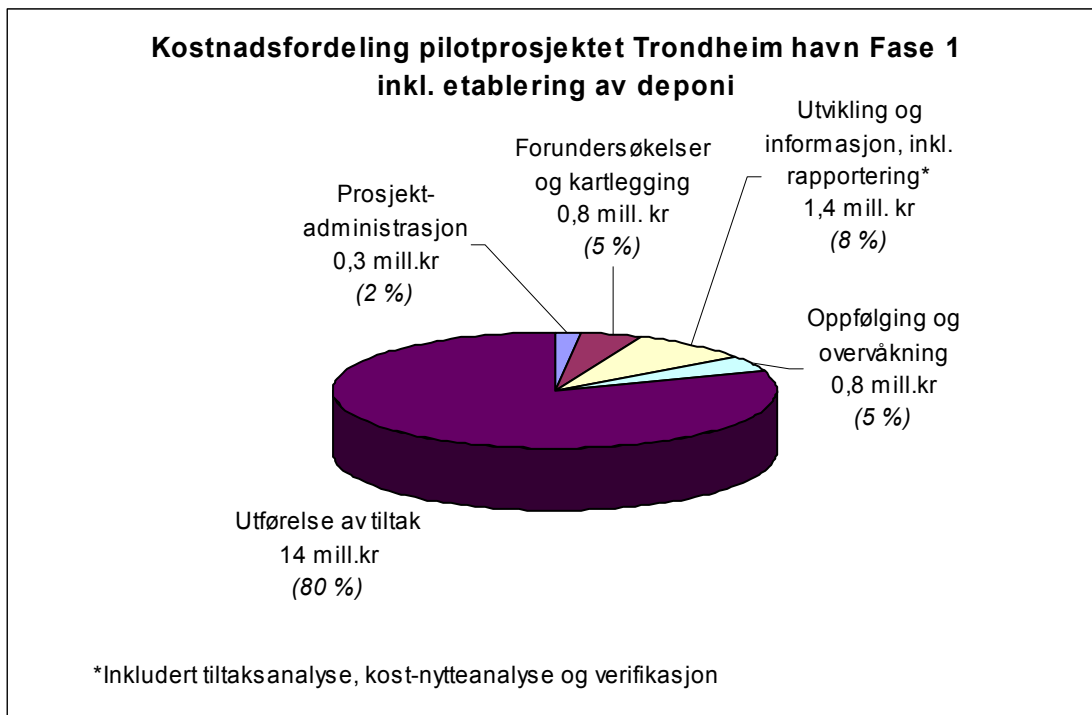
Overvåking har vært utført både i mudringsområdet og utenfor deponiet. Prøver er analysert på akkreditert laboratorium.

Kostnader i forbindelse med overvåking foreslås ligge på et slikt nivå som de har gjort i pilotprosjektet. Overvåkingen bør ha et slikt omfang for å sikre kvaliteten på det arbeidet som gjøres og for å ved behov raskt få iverksatt korrigerende tiltak.

Til oppfølging og overvåking er det i fase 1 medgått 0,8 mill. kr.

6.4 Oppsummering av total kostnader for pilotprosjektet i Trondheim havn

Figur 4 viser kostnadsfordelingen for de totale kostnadene i pilotprosjektets fase 1, inkludert etablering av deponi.



Figur 4 Kostnadsfordeling av total kostnader for pilotprosjektet i Trondheim Havn i fase 1, inkl. etablering av deponi (totalt 17,3 mill. kr).

7 NYTTEVERDI OG EFFEKT

7.1 Miljøeffekt

Pilotprosjektets fase 1 har hatt en klar miljøeffekt i området rundt Ilsvika som i utgangspunktet var relativt hardt belastet med forurensning, spesielt tungmetaller, PAH og PCB. Tabell 2 viser mengde miljøgifter som er blitt tatt opp ved mudring i Ilsvika i fase 1 basert på sedimentkjerner som ble tatt opp og analysert i forkant av mudringen.

Tabell 2 Mengde miljøgifter tatt opp ved Ilsvika i fase 1 (basert på prøvetaking før mudring).

Stoff	Middelverdi av konsentrasjon i sediment [mg/kg]	Mudret mengde [m ³]	Egenvekt [kg/m ³]	Tørrvekt av sedimentene [%]	Mengde [kg]
Cd	1,0	10 800	1 800	60	11
Cu	137,7	10 800	1 800	60	1 607
Pb	155,8	10 800	1 800	60	1 817
Hg	0,6	10 800	1 800	60	6
PAH (EPA 16)	2,9	10 800	1 800	60	34
PCB-7	0,1	10 800	1 800	60	0,6

Det har også blitt fjernet noe TBT, men tallene her er noe usikre og er derfor ikke tatt med i denne rapporten.

Det er vanskelig å gi noen direkte tall på nytten av å fjerne forurensede sedimenter i Ilsvika. Området forventes imidlertid å bli mer attraktivt for bading (strandsonen kan tas i bruk av beboere) og fiske.

7.2 Verdi av økt areal ved Trondheim havn (deponi)

I tillegg til den åpenbare miljøeffekten ved å fjerne forurensede sedimenter i havneområdet, vil tiltaket også indirekte ha en nytteverdi for Trondheim havn. Denne nytteverdien vil være i form av økte havnearealer i deponiområdet og dermed en mulighet for økte leieinntekter for disse arealene.

Totalt er det planlagt å opparbeide et nytt areal ved Pir II på 40 daa. 25 daa av dette vil bli etablert basert på stabiliserte forurensede sedimenter i pilotprosjektet. Resten vil bli fylt ut med annen masse.

Området er regulert til godshåndteringsområde i den kommunale reguleringsplan og er ment brukt til containerområde. I følge Trondheim Havn er det vanskelig å estimere en eksakt verdi av dette, i form av leieinntekter. Før området kan tas i bruk, må det etableres fast dekke samt et

overvannssystem. Det er også planlagt å etablere et mottaksanlegg for gass i deler av området, men dette prosjektet er ikke ferdig vurdert. Et slikt gassanlegg vil føre med seg visse restriksjoner på annen aktivitet og eventuell bebyggelse i nærheten.

Hvis området ikke var regulert til godshåndtering, kunne tomten selges fritt på det private marked til lager eller industriformål. I følge Meglerhuset Nylander kan verdien til et slikt område (25 dekar havneområde uten direkte tilknytning til kai) estimeres til 400-500 kr/m². Dette vil kunne gi en salgsinntekt på om lag 10-12,5 millioner kroner. Det må imidlertid understrekes at det i Trondheim finnes svært lite referansesalg i dette området og at denne salgssummen derfor må betraktes som et grovt estimat.

Dersom massene ikke stabiliseres vil området fortsatt kunne brukes til enklere typer av godshåndtering, men et slikt deponi vil bestå av relativt løs innfylling som vil ha store setninger i flere år. Dette betyr at legging av fast dekke må avvendes i lengre tid (antagelig flere år), samt økte vedlikeholdskostnader pga sprekker i asfaltdekke forårsaket av setninger.

8 ALTERNATIV DEPONERING VED NOAH LANGØYA

Et alternativ til stabilisering og deponering ved Pir II kan være å levere sedimentene til NOAH (Norsk Avfallshåndtering) til deponering på Langøya utenfor Holmestrand. NOAH Langøya har erfaring fra deponering av forurenset masse og har bl.a. mottatt forurensete sedimenter fra Operatomta i Oslo. For mottak av sedimenter, tilsvarende det som er mudret i dette prosjektet, gir NOAH et estimat på om lag 350 kr/tonn. Med mudringsvolum på 10 800 m³ og en typisk egenvekt på 1,8 vil dette gi en deponeringskostnad på om lag 6,8 millioner kroner. På grunn av høyt vanninnhold i sedimenter, vil slik transport måtte medføre enten ekstra investeringer i form av et ekstra skott i en lekter for å kunne håndtere en såpass flytende masse (eller bruke selvlossende båt), eller investering i form av avvanningsutstyr for å avvanne sedimentene før de transporteres til Langøya. Av denne grunn vil transport av slik masse fra Trondheim medføre forholdsvis store ekstrakostnader, estimert til i størrelsesorden 75-100 kr/tonn, ref. /6/. Dette gir en total kostnad på 425-450 kr/tonn forurenset sediment (765-810 kr/m³) som skal deponeres på NOAH Langøya.

Det betyr at samlet kostnad for transport på lekter fra Trondheim og deponering på NOAH Langøya for 10 800 m³ sedimenter vil være i størrelsesorden 8,3 til 8,7 millioner kr.

9 KONKLUSJON

Totalkostnad for gjennomføring av tiltakene i pilotprosjektets fase 1 er på 14 mill. kr og i dette er det inkludert etablering av deponi som er en kostnad på 7 mill. kr. Bare en liten del av deponiet er fylt opp i fase 1 og etableringskostnadene vil derfor være en stor del av kostnadene til gjennomføring av tiltak. En må imidlertid huske på at deponiet har en kapasitet på 80 000 m³. Det betyr at deponikostnaden for 10 800 m³ er på ca. 1 mill. kr. hvis hele kapasiteten blir utnyttet.

I tabell 3 er enhetskostnader for mudring og stabilisering sammenstilt (etablering av deponi inngår ikke). Kostnadene er presentert som ”ideell fremdrift” og ”reell fremdrift”. ”Ideell fremdrift” er antatte enhetskostnader for et større prosjekt (>100 000 m³) med stabilisering direkte i deponiet, dvs. at en ikke trenger omlasting og ekstra betongtrau etc. ”Reell fremdrift” er de reelle enhetskostnadene for pilotprosjektet (10 800 m³) som inkluderer blanding i kar, transporter og omlastinger på land, prøving og feiling etc.

Tabell 3 Oppsummering av enhetspriser for mudring og stabilisering i fase 1.

	Ideell fremdrift*	Reell fremdrift i pilotprosjektet	Kommentar
<i>Fremdrift mudring</i>	450-800 m ³ /døgn	330 m ³ /døgn	Lavere reell fremdrift pga. stopp og diverse plunder.
Mudringskostnad	139-144 kr/m ³ (total mudringskostnad 125-130 kr/m ³ i henhold til kap. 6.1.1 + stedlig arbeidsledelse 14 kr/m ³)	176 kr/m ³	I kostnad for ideell fremdrift sammenlignet med reell fremdrift er følgende poster ikke med: <ul style="list-style-type: none"> • Hensyn til lavere fremdrift • Rigg/etablering
Stabiliseringskostnad	155-198 kr/m ³ total stabiliseringskostnad 112-155 kr/m ³ i henhold til kap. 6.1.2.1 + stedlig arbeidsledelse 14 kr/m ³ + mva for sement 13 kr/m ³ + produksjonskontroll 6 kr/m ³ + innkvartering personell 10 kr/m ³	413 kr/m ³	I kostnad for ideell fremdrift sammenlignet med reell fremdrift er følgende ikke tatt med: <ul style="list-style-type: none"> • Hensyn til lavere fremdrift • Rigg/etablering + nedrigging + frakt • Betongtrau +rigging • Omlasting/transport på land (Maskiner, dumper, graver)
Sum kostnad	294-342 kr/m³	589 kr/m³	

* Ideell fremdrift viser hva kostnaden vil kunne tenkes å bli i større prosjekter (>100.000 m³), laveste pris er for innblanding med sement (800 m³/døgn mudres) og høyeste pris er for innblanding med sement og filteraske (450 m³/døgn mudres).

Kostnader for mudring og stabilisering pr. m² sjøbunn vil omtrent være samme beløp som pr. m³ da gjennomsnittlig mudringsdybde har vært ca. 1 m, dvs. at ca. 10.000 m² sjøbunn er sanert.

Hvis levering av filteraske til deponi i fremtiden blir belagt med en deponiavgift, vil dette kunne føre til at alternativ bruk/gjenbruk av slikt avfall, f. eks. som tilslagsstoff ved stabilisering av forurensede sedimenter. Hvis det er mulig å utvikle et blandingsverk som tilsetter sement og filteraske samtidig under stabiliseringsprosessen, vil merkostnad ved tilsats av filteraske kunne reduseres fra 43 kr/m³ til nærmere 7 kr/m³ (transportkostnaden).

Levering til NOAH, Langøya ville ha kostet mer enn stabilisering og deponering av de 10 800 m³ forurensede sedimentene. De forurensede sedimentene måtte uansett mudres slik at kostnad for stabilisering og deponering vil ligge på i underkant av 6 mill. kr, sammenlignet med en kostnad i overkant av 8 mill. kr for å få massene til Langøya. I tillegg vil det stabiliserte deponiet også ha en salgsverdi når det er ferdigstilt.

10 VIDERE ARBEID

I slutten av 2003 starter fase 2 av pilotprosjektet. Deponiet planlegges da fylt helt opp med stabiliserte forurensede sedimenter. I fase 2 skal stabiliseringen foregå direkte i deponiet. Deponiet skal avsluttes og klargjøres til godshåndteringsområde eller lignende. Det vil bli laget en rapport med kost-nytte analyse fra fase 2 hvor oppnådd miljøforbedring av hele tiltaket vil inngå, og hvor totalcostnaden for arbeidene blir analysert opp mot den økte eiendomsverdien.

11 REFERANSER

- /1/ Pilotprosjektet i Trondheim havn; Tiltaksanalyse for opprydding i forurensede sedimenter i Trondheim havn og omgivelser. Delrapport nr.: 2003-012, rev. 01
- /2/ Pilotprosjektet i Trondheim havn; Årsrapport nr.: 2003-01, rev. 01.
- /3/ Opprydding i forurensede sedimenter i Trondheim havn, Revidert søknad om pilotprosjekt, 07-06-2002
- /4/ Selmer Skanska AS; Pilotprosjekt Trondheim, kostnader etter fase 1, 04.05.03
- /5/ NGU; "Forurenset grunn og sedimenter i Trondheim kommune: Datarapport", Rapport nr. 200.115
- /6/ Pers. med. Kajsa Onshuus, NOAH Langøya

- o0o -



Dato for første utgivelse: 2003-10-31	Prosjekt nr.: 64501506
Godkjent av: Erling Svendby	Organisasjonsenhet: DNV Consulting, SHE Management, Trondheim og Høvik
Oppdragsgiver: Trondheim havn	Oppdragsgiver ref.: Jan Angelsen

DET NORSKE VERITAS AS
DNV Consulting
Veritasveien 1
1322 HØVIK, Norge

Tel: +47 67 57 99 00
Fax: +47 67 57 99 11
http://www.dnv.com
Org. No: NO945 748 931 MVA

Sammendrag:

Pilotprosjektet i Trondheim havn har som mål å utvikle metoder for å fjerne forurensede sedimenter fra havneområdet og stabilisere disse i et egnet deponi i havneområdet. I denne rapporten er det utført en analyse av kostnader og nytteverdier fra fase 1 av dette prosjektet (mudring, stabilisering og deponering av 10 800 m³ forurensede sedimenter).

I tillegg til den åpenbare nytteverdien i form av bedre vannkvalitet og mindre forurensede sedimenter vil et deponi med stabiliserte masser også føre til økte havnearealer, og dermed mulighet for ekstra leieinntekter for Trondheim Havn.

En del av prosjektet er å utvikle metoder for å benytte restprodukter fra industrien som tilsats i stabiliseringsprosessen, i tillegg til sement som vanligvis brukes til slik stabilisering. I pilotprosjektets fase 1 har det vært utprøvd å tilsette filteraske. På denne måten har et restprodukt blitt til en ressurs når det brukes til stabilisering av forurensede sedimenter.

Tilsats av filteraske har gitt en merkostnad i pilotprosjektet pga. transportkostnader, samt øket tidsforbruk ved stabilisering i forhold til bruk av bare sement. Man ser for seg at produksjonskapasiteten kan økes ved å modifisere stabiliseringsrigger og ved å utføre stabiliseringen direkte i deponiet.

Rapport nr.: 2003-0763	Emnegruppe: Forurensede sedimenter	
Rapporttittel: Pilotprosjektet i Trondheim Havn - Kost-nytte - analyse, fase 1		
Utført av: Marit Brånås, DNV Trondheim med bistand fra Henrik Linders, Selmer Skanska		
Verifisert av: Jens Laugesen, DNV Høvik		
Dato for denne revisjon: 31.10.2003	Rev. nr.: 01	Antall sider: 19

Indekseringstermer

Forurensede sedimenter
Kost-nytte analyse
Mudring
Massestabilisering

- Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet, dvs. fri distribusjon innen DNV etter 3 år
- Strengt konfidensiell
- Fri distribusjon