

Miljøprojekt Nr. 633 2001

Bortskaffelse af havnesediment

Eva Lund, Jes Kromann Bak og Lone A. Clowes
Rambøll

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

1 Indhold

1	INDHOLD	3
2	FORORD	6
3	SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
3.1	OPRENSNING	7
3.2	TRANSPORT	8
3.3	DEPONERING	8
4	SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
4.1	DREDGING	9
4.2	TRANSPORT	10
4.3	DEPOSITING	10
5	INDLEDNING	11
5.1	PROBLEMSTILLING	11
5.2	FORMÅL	12
5.3	MÅLGRUPPE	12
5.4	RAPPORTINDHOLD	12
5.5	AFGRÆNSNING	12
6	HÅNDTERING AF HAVNESLAM I EUROPA OG USA	14
6.1	HOLLAND	14
6.2	TYSKLAND	15
6.3	SVERIGE	16
6.4	NORGE	17
6.5	USA	18
7	DANSKE REGLER FOR HÅNDTERING	20
7.1	OVERBLIK OVER LOVGIVNING OG MYNDIGHEDER	20
7.2	SEDIMENT TIL KLAPNING	22
7.2.1	<i>Etablering af klapplads</i>	23
7.3	OPRENSNING AF FORURENET SEDIMENT	23
7.4	UDDYBNING AF HAVBUNDEN	24
7.5	DEPONERING I DEPOT ELLER SPECIALDEPOT	25
7.6	UDLEDNINGSTILLADELSE DIREKTE TIL RECIPIENT	26
7.7	UDLEDNINGSTILLADELSE TIL KOMMUNALT AFLØBSSYSTEM	26
7.8	ANDRE REGLER	26

8	GENNEMGANG AF OPRENSNINGSTEKNIKKER	28
8.1	METODEVALG	28
8.2	ØKONOMI	29
8.3	MILJØPÅVIRKNINGER	29
8.4	YDERLIGERE OPLYSNINGER	29
8.5	SLÆBESUGER	30
8.6	STIKSUGER	33
8.7	SKÆRE/SUGE GRAVEMASKINE	35
8.8	SPANDKÆDEMASKINE	37
8.9	GRAB, MILJØGRAB ELLER SKOVL	39
9	GENNEMGANG AF TRANSPORTMULIGHEDER	41
9.1	SPLITPRAM OG KLAPPRAM	43
9.2	LUKKET PRAM	44
9.3	SKIB	45
9.4	RØRLEDNING	46
9.5	LASTBIL	47
10	BESKRIVELSE AF BORTSKAFFELSESMETODER	48
10.1	KLAPNING	49
10.2	KONTROLLERET KLAPNING	53
10.3	KAPNING	55
10.4	SPULEFELT	57
10.5	SPECIALDEPOT I KYSTZONEN, EVT. SOM UDVIDELSE AF HAVNEAREAL	61
10.6	DEPONERING PÅ LOSSEPLADS	63
11	BESKRIVELSE AF UDVIKLINGSBEHOV	65
11.1	UDSTYR TIL OPRENSNING AF SMÅ MÆNGDER SEDIMENT	66
11.2	ETABLERING AF CENTRALE DEPOTER	66
11.3	INDRETNING AF CENTRALE DEPOTER	67
11.4	UDVIKLING AF KONCEPT FOR TØRRE OG AFVANDINGSDEPOTER.	67
12	LITTERATUR	68
	BILAG 1	72
	BILAG 2	83

2 Forord

Miljøstyrelsen har igangsat en række projekter i år 2000 med det formål at belyse forskellige emner relateret til problematikken omkring forurenede sediment fra havne, marinaer og åbne farvande. Hensigten med projekterne er at skabe et overblik over forureningens karakter, samt at få et overblik over mulighederne for at håndtere og i muligt omfang genanvende sedimentet på en økonomisk og miljømæssig forsvarlig måde. Projekterne er følgende:

1. Organiske Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i havnesedimenter
2. Indhold af udvalgte stoffer i sedimenter
3. Karakterisering af havnesediment vha. biotest
4. Vurderingsstrategier i forbindelse med håndtering af forurenede sedimenter
5. *Projekt for bortskaffelse af havnesediment*
6. Nyttiggørelse, rensning og fraktionering af havneslam

Nærværende rapport er udarbejdet af RAMBØLL og omhandler oprensning, transport og bortskaffelse af havnesediment. For hver metode beskrives teknologi, økonomi, miljø og lovgivningsmæssige krav. Projektet bygger på litteraturstudie, erfaringer fra tilsvarende opgaver gennemført af RAMBØLL, oplysninger indhentet fra entreprenører i efteråret 2000, samt oplysninger indhentet hos amter og andre myndigheder i samme periode. Projektet er udarbejdet på grundlag af et projektoplæg, som er udarbejdet af Miljøstyrelsen.

Vi vil gerne takke de entreprenører og myndigheder, som har bidraget med oplysninger til projektet. Endelig takkes styregruppen, som er kommet med ideer og konstruktiv kritik til projektet. Styregruppen har bestået af repræsentanter fra Miljøstyrelsen, Skov- og Naturstyrelsen og Fyns Amt.

3 Sammenfatning og konklusioner

Der findes en række muligheder for miljøvenlig håndtering af forurenede sediment. Ofte er det de økonomiske forhold knyttet til aktuelle opgaver, der begrænser anvendelsen af disse mere miljøvenlige teknikker til oprensning og bortskaffelse af sedimentet.

Denne rapport indeholder oversigtsskemaer med angivelse af de mest almindelige og hyppigst anvendte oprensningsteknikker, transportmetoder og deponeringsmetoder, som anvendes af danske entreprenører i forbindelse med håndtering af havnesediment.

I oversigtsskemaerne gøres rede for hvordan og under hvilke forhold den enkelte metode fungerer og nogle miljømæssige forhold knyttet til anvendelsen af metoden. Der er angivet et økonomisk overslag over, hvad det koster at benytte metoden. Disse oplysninger er indhentet som overslagspriser i efteråret 2000 hos danske entreprenører, som har præciseret at priserne varierer en del afhængigt af den enkelte opgave. Endelig er det angivet, hvilke tilladelser der skal indhentes hos myndighederne, inden arbejdet kan sættes i gang, og hvilke afgifter der vil være forbundet med arbejdet.

3.1 Oprensning

Når en aktuel opgave udbydes, vil metodevalget være afhængig af mange faktorer. Der skal primært tages hensyn til mængden, typen og forureningsgraden af det sediment, der skal oprensnes, til adgangs- og arbejdsforholdene i området og til transportafstanden til bortskaffelsesenheden.

Da alle disse faktorer spiller ind, er det vanskeligt at angive generelle retningslinier for valg af metode. På baggrund af de indhentede oplysninger, kan nedenstående overordnede metodevalg dog opstilles og benyttes som retningslinie ved oprensning af rent sediment. Det skal præciseres, at kapaciteten af entreprenørernes udstyr er af afgørende vigtighed, når det skal vurderes, hvilket udstyr der skal anvendes til de konkrete opgaver. På denne baggrund, skal intervallerne, som er angivet nedenfor, alene regnes som retningsgivende.

Ved oprensning af store mængder rent havnesediment ($> 30.000 \text{ m}^3$) kan spandkædemaskine med fordel benyttes frem for andre oprensningsteknikker. Spandkædemaskinen er dyr at mobilisere, blandt andet fordi der skal mobiliseres en pram som skal transportere det opsamlende sediment til bortskaffelse. Denne metode vil derfor være uforholdsmæssig dyr at anvende ved oprensning af små mængder sediment.

Ved oprensning af mængder mellem $10.000 \text{ m}^3 - 30.000 \text{ m}^3$ rent blødt sediment vil en slæbesuger med fordel kunne anvendes. Hvis lastekapaciteten overskrides og transportdistancen til bortskaffelsesområdet er lang, vil det dog blive en forholdsvis dyr og langsommelig metode at anvende.

Da en stiksuger er mindre og billigere at mobilisere end en slæbesuger, vil den, ud fra et økonomisk synspunkt og afhængig af opgavens art, være mere velegnet til oprensning af mindre mængder sediment (~ 10.000 m³).

Mindre mængder sediment (< 10.000 m³) kan oprenses med skovl, grab eller miljøgrab, da disse metoder er billigere at mobilisere end f.eks. spandkædemaskine og slæbesuger.

Hvis der skal oprenses forurenede sediment, vil anbefalingerne overordnet være de samme. Det skal blot sikres, at der ikke spredes forurenende stoffer til det omgivende miljø, enten ved anvendelse af modificerede oprensningsmetoder eller ved anvendelse af siltgardiner eller ved sedimentation ved beluftning.

3.2 Transport

Ved transport over lang afstand til bortskaffelses plads, skal der mobiliseres en pram.

Hvis det oprensede sediment skal klappes, anbefales det at der anvendes en splitpram / klappram.

Hvis sedimentet er forurenede, bør transporten foregå enten i en lukket pram eller i et rør, afhængigt af transportafstanden, mængden af sediment som skal oprenses og lokale forhold. Hvis sedimentet er oprenset med en slæbesuger/stiksuger, er transport i fartøjets lastrum også meget velegnet til forurenede sediment.

3.3 Deponering

Sediment som er egnet til genanvendelse eller klappning bør ikke deponeres på land.

Der bør fokuseres på, at der kun deponeres forurenede sediment i tætte depoter, når dette er nødvendigt af hensyn til det omgivende miljø. Der af følger, at sediment, som kun er lettere forurenede, ikke optager kapacitet i tætte depoter, men i stedet placeres i fx. spulefelter, hvor overskudsvandet passerer gennem en lervæg/lerdige, inden den når recipienten. Lervæggen vil i vid udstrækning tilbageholde tungmetaller.

Da stærkt forurenede sediment deponeres i tætte depoter er det vigtigt at kunne kontrollere, om depotet er tæt, og at have mulighed for at behandle overskudsvandet fra sedimentet, inden det ledes til recipient.

Ved etablering af depoter, bør man overveje muligheden for etablering af ekstra havneareal, eller etablering af kommende rekreative arealer. Hvis sedimentet tørres/afvandes inden slutdeponering på land, kan der etableres specialdepoter, hvor sedimentet deponeres højere end de omkransende volde, efter samme princip som deponering på en losseplads.

Omkostninger forbundet med deponering er primært afhængig af, hvor tæt depotet skal være - sekundært, hvor depotet skal placeres, samt omkostningerne ved drift og overvågning af depotet.

Da det er dyrt at etablere mange små tætte depoter, bør det undersøges, om det er muligt at etablere nogle store tætte depoter, som kan aftage forurenede sediment fra en hel region.

4 Summary and conclusions

When handling contaminated sediment a number of environmental friendly techniques exist. It is often economic restrictions connected to the individual dredging job that restrict the use of these more environmental friendly dredging and depositing techniques.

The present report lists dredging techniques, ways of transportation and methods of sediment disposal that are most often used by Danish Contractors.

The report also briefly describes how the different dredging, transportation and depositing methods are used and under which circumstances. An estimate of cost and environmental consequences related to each of the techniques is also included. The economic estimates were acquired in the autumn of 2000 from Danish contractors, who specify that prices vary, depending on each assignment. Permits and fees associated with dredging are also contained in this rapport

4.1 Dredging

When choosing a method for a particular dredging job a number of considerations have to be taken into account. Primarily, the quantity of sediment to be dredged, the type and degree of contamination that exist, have to be considered, as well as access way, working conditions in the area and the distance to suitable disposal areas.

As all these factors need to be taken into consideration, it is difficult to set up general guidelines for the best choice of handling methods for a dredging operation. On the basis of gathered information however, the following general guidelines for the dredging of clean sediment are set forward. It shall be stressed that the capacity of the contractor's equipment is important when choosing equipment for a specific assignment. The intervals stated below are therefore only meant as guidelines.

When dredging large quantities of clean harbour sediment ($> 30.000 \text{ m}^3$) a bucket-dredger is preferable. The bucket dredger however is expensive to mobilise, mostly because it is also necessary to mobilise a barge for transportation of the dredged sediment. Due to this, the costs will be disproportionately high when cleaning small quantities of sediment.

When cleaning quantities between $10.000 \text{ m}^3 - 30.000 \text{ m}^3$ of clean soft sediment, the use of a trailing suction hopper dredger are advantageous. However, if the loading capacity is exceeded and the distance to the disposal area is long it will be a costly and slow method.

As a suction dredger requires less space and is cheaper to mobilise than the trailing suction hopper dredger, it would from an economic point of view, and depending on the type of assignment, be more suitable for cleaning smaller quantities of sediment ($\sim 10.000 \text{ m}^3$).

Smaller quantities of sediment ($< 10.000 \text{ m}^3$) can be cleaned by a dipper dredger, bucket dredger or closed bucket dredger. These methods are cheaper to mobilise than for example the bucket-dredger or trailing suction hopper dredger.

The same guidelines as above apply when dredging contaminated sediment. However, measures must be taken to ensure that contaminated matters are not spread to the surroundings while dredging. These measures could be either to use modified dredging methods, a silt curtain or to cause sedimentation by using air.

4.2 Transportation

It is necessary to mobilise a barge if dredged sediment has to be transported over a long distance.

If the dredged sediment has to be disposed at sea then the use of a split/capping barge is recommended.

If the sediment is contaminated it should be transported either in a closed barge or a pipeline, depending on the distance, quantity and the local weather-, water- and access- conditions. Contaminated sediment dredged using either a trailing suction hopper dredger or a suction dredger, can very well be transported in the hold of the vessel.

4.3 Disposal

Sediment suitable for recycling or disposal at sea should not be deposited on land.

Contaminated sediment should only be disposed of in tight depots when it is necessary due to environmental concerns. Slightly contaminated sediment should not be deposited in tight depots, but instead pumped ashore to inland lakes or upland sites where the runoff water passes through a clay embankment before reaching the recipient. In this way most of the heavy metals contained in the runoff water would be retained.

As contaminated sediment is deposited in tight depots, it is important to be able to control whether the depot is actually tight, and to ensure that potential runoff water can be treated, before it is released to the recipient.

When establishing depots, the possibility of land recovery, whether for industrial or recreational purposes should be considered. If the sediment is dried/drained before being deposited on land, special depots can be established where the sediment is deposited higher than the surrounding banks, following the same principle as when depositing on a landfill.

The cost of disposal primarily depends upon demands to the tightness of the depot and then secondarily on the location, need for surveillance and monitoring of the site.

Establishing many small tight deposit sites is very costly, so the possibility of establishing large tight deposit sites, available for an entire region, should be investigated.

5 Indledning

5.1 Problemstilling

Havneområder over hele verden vedligeholdes blandt andet ved oprensning. En del af det oprensede materiale kan være forurenet.

”Oprensning” er defineret som vedligeholdelse af en offentliggjort vanddybde. Hvis der foretages en forøgelse af den offentliggjorte vanddybde, benævnes dette som en ”uddybning”. I dette projekt behandles primært oprensning, men i forbindelse med gennemgangen af metoder til oprensning, vil uddybning også blive nævnt.

Forurenet havnesediment udgør en miljømæssig og økonomisk belastning for havne over hele verden. Derfor optimeres metoder løbende over hele verden og nyt udstyr udvikles til effektivt og rentabelt at få oprenset og bortskaffet forurenet havnesediment med mindst mulig påvirkning af miljøet.

Forureningen af havnesedimentet stammer dels fra omkringliggende samfund, herunder industriaktiviteter på havnen og dels fra aktiviteter i forbindelse med skibstrafik. Der er således stor forskel på i hvilket omfang det opgravede sediment er forurenet, og hvilke stoffer der er årsag til forureningen.

Forurenet havnesediment giver anledning til en uacceptabel *in situ* påvirkning af det omkringliggende vandmiljø. Ved oprensning af forurenede sedimentet, bør der derfor tages højde for, at der ikke forekommer en øget forurening i forbindelse med ophvirvling og spredning af sediment under oprensningen.

Påvirkningen af det omgivende vandmiljø kan forekomme i forbindelse med:

1. At havnesedimentet er så forurenet, at der løbende afgives forurenende stoffer til det omgivende miljø, dels i form af opløste stoffer som spredes og dels gennem sedimentspredning.
2. Oprensning af sedimentet, hvor der vil ske en vis spredning af materialet, som kan medføre tildækning af flora og fauna og frigivelse af forurenende stoffer til vandfasen, afhængigt af hvilken oprensningsmetode og hvilke forureningsbegrænsende foranstaltninger der bliver benyttet.
3. Spredning af sediment i forbindelse med klapning, som kan medføre tildækning af flora og fauna og frigivelse af forurenende stoffer til vandfasen.
4. Udledning af overskudsvand i forbindelse med afvanding af sedimentet.
5. Udsivning af overskudsvand gennem diger, som udgør afgrænsningen af kystnære depoter.

5.2 Formål

Formålet med denne rapport er at beskrive oprensning, transport og bortskaffelse af havnesediment. For hvert område beskrives metoder, teknologi, økonomi, miljø og lovgivning krav, herunder også afgifter. Det vurderes, hvilke behov og muligheder der er for udvikling indenfor de beskrevne områder.

5.3 Målgruppe

Projektet er primært rettet mod Miljøstyrelsen og andre involverede/interesserede myndigheder. Projektet vil indgå som baggrundsmateriale ved en kommende samlet handlingsplan for de danske havne omkring oprensning af forurenede havnesediment.

5.4 Rapportindhold

Rapporten refererer primært til danske erfaringer, men inkluderer også udenlandske erfaringer.

I afsnit 6 beskrives eksempler på udvalgte landes håndtering af havnesediment.

I afsnit 7 er der udarbejdet en oversigt over den lovgivning, og de myndigheder der skal inddrages inden oprensning og bortskaffelse af havnesedimentet kan gennemføres.

I afsnit 8, 9 og 10 beskrives metoder til oprensning, transport og bortskaffelse, som anvendes i Danmark. For de enkelte områder beskrives metode, teknologi, økonomi, miljø, love og afgifter.

I afsnit 11 listes en række behov og muligheder indenfor områderne lovgivning, oprensning, transport og bortskaffelse, som kan sikre en lettere og miljømæssig mere hensigtsmæssig håndtering og bortskaffelse af havnesediment.

I forbindelse med dette projekt er 45 entreprenører, bygherrer og stenfiskere blevet bedt om at udfylde et spørgeskema, hvis de udbød ydelser inden for oprensning, transport eller bortskaffelse af havnesediment. De firmaer, som har besvaret spørgeskemaet, er angivet på en liste i bilag 1, hvoraf det fremgår hvilke ydelser det enkelte firma udbyder.

I bilag 2 er der vist eksempler på omkostninger ved bortskaffelse af forskellige mængder og typer sediment.

5.5 Afgrænsning

Projektet indeholder ikke oplysninger om genanvendelse af havnesediment i Danmark. Søger oplysninger om dette emne, henvises til projektet om nyttiggørelse, rensning og fraktionering af havneslam.

I rapporten er det ikke vurderet, hvilke stoffer der kan udgøre et forureningsproblem. Det er alene vurderet, om partikler kan trænge ud til det omgivende miljø ved forskellige deponeringsmetoder. Når der konstateres et konkret forureningsproblem relateret til sedimentet, må det vurderes, om det konkrete stof findes i opløst form eller hvilke partikler stoffet normalt bindes til. På baggrund heraf vurderes den mest hensigtsmæssige måde at oprense, transportere og deponere sedimentet.

6 Håndtering af havneslam i Europa og USA

Bortskaffelse af forurenede havnesediment er et globalt problem. Over hele verden udvikles der løbende nye teknologier indenfor både oprensning og bortskaffelse af havnesediment. De nye teknologier afhænger af udfordringerne i det enkelte område.

Kravene til oprensningsudstyret afhænger af sammensætningen af det havnesediment, der skal oprenses samt af om sedimentet skal opgraves fra åbent hav, et floddelta, en dyb fjord, en sø eller andet. Ligeledes er valget af oprensningsudstyr afhængig af gældende miljøkrav. Oprensningsmetoderne bliver derfor tilpasset den enkelte opgave.

Der er store omkostninger forbundet med bortskaffelse af havnesediment, i form af udgifter til leje af udstyr, bemanning af materiel, samt afgifter til bortskaffelse af det forurenede materiale. Derfor går en del af udviklingen i retning mod at optimere alle ”processerne” for at holde udgifterne nede.

Da forholdene for oprensning af sediment endvidere varierer geografisk, er der i det følgende beskrevet nogle udviklingstendenser for nogle udvalgte lande.

6.1 Holland

Oprensningskarakteristika

I Holland skal ca. 20 millioner m³ sediment fjernes hvert år. Heraf er ca. 15 millioner m³ rent eller svagt forurenede sediment, hovedsageligt af marin oprindelse. Dette sediment klappes. Det resterende er forurenede og bortskaffes ved deponering.

Affaldspolitik

Det er regeringens fremtidsmål, at alt det udgravede materiale skal være så rent, at det kan relokaliseres i stedet for at blive deponeret. Dette mål skal nås ved at fokusere på kildekontrol. Det mere umiddelbare mål, fastsat af den hollandske regering, er, at 20 % af det sediment, der i dag deponeres, skal kunne anvendes til brugbare formål (van't Hoff *et al.* 1999). Dette mål skal nås gennem anvendelse af økonomisk rentable behandlingsprocesser, der kan minimere mængden til deponi.

Deponering

Et specialkonstrueret deponeringssted blev opført i 1987. Dette deponeringsanlæg er en halvø med en volumen på 90 millioner m³ og med en opbevaringskapacitet for 150 millioner m³ slam som afvandes. Deponeringsområdet aftager forurenede slam og det vil sandsynligvis kunne aftage slam indtil 2010 (Mollema 1997).

Behandling

Da deponering er dyrt, er der i Holland igangsat forskellige forsknings- og teknologiudviklingsprogrammer med henblik på at undersøge muligheden for økonomisk rentable metoder til behandling og genanvendelse af forurenede slam. Praktiske erfaringer er opnået med afvanding og separering af sandstørrelse med henblik på at ekstrahere en brugbar sandfraktion (Mollema 1997; Van Raalte 1997; Van Veen and Cuperus 1999; Van't Hoff *et al.* 1999). Den resterende del skal fortsat deponeres.

Behandlingsteknikker der benyttes i højere eller mindre grad (forsøgsniveau) i Holland er følgende (Ferdinandy *et al.* 1999):

1. Opbevaring i depot (nul alternativet)
2. Termisk desorption
3. Landfarming
4. Bioreaktorer
5. Fraseparering af den grove fraktion
6. Immobilisering vha. smeltning
7. Immobilisering (opvarmning og dannelse af en fast masse).

Basis for at kunne gå mod en bæredygtig udvikling, er udvikling af et styringsprogram koncentreret omkring det udgravede slam. Ved at klassificere slammet og bestemme slammets kvalitet, er det muligt at igangsætte rentabel behandling og finde nyttige anvendelser (Mollema 1997; Mosmans og Van Mill 1999). Projekter, der belyser dette, er igangsat og teknikker er nu blevet udviklet i Holland, hvor man kan forudsige resultatet af modning og separering af oprenset sediment, således at man kan forudsige anvendelsesmulighederne (Van Veen og Cuperus 1999).

I dag er teknologien for klassificering og behandling af slammet i orden og klar til at blive anvendt. Storskalabehandling af forurenede udgravede slam er dog endnu ikke sat i værk i Holland. Ud over at der er mangel på tilstrækkelig kapacitet for behandling, så er prisen for behandling også højere end for deponering (Ferdinandy *et al.* 1999).

6.2 Tyskland

Oprensningskarakteristika

Som eksempel her fremhæves Hamburg havn, hvor der årligt udgraves omkring 2 millioner m³ slam.

Affaldspolitik

Den overordnede indstilling fra Miljømyndighederne i Tyskland er, at mængderne af oprenset sediment, der sendes til deponering, skal reduceres. I Tyskland er der et stort og vedvarende behov for oprensning af sediment. Flere tiltag er taget for at imødekomme kravet om øget genanvendelse.

Behandling

I 1993 opstatede man i Hamburg havn et behandlingssystem for at reducere mængden af oprenset sediment, der sendes til deponering. Dette såkaldte METHA (mechanical treatment of dredged harbour sediments) system separerer sedimentet i fraktionerne silt og sand. På anlægget kan omkring 600.000 tons tør materiale behandles om året. I slutningen af 1996 blev METHA udvidet med endnu en klassifikationsenhed der resulterede i at yderligere finseparering kunne foretages (Prøpping 1997).

Det opgravede materiale separeres i fraktionerne sand, fint sand og silt ved at sedimentet vaskes og ledes gennem hydrocyclon systemer. Efterfølgende drænes sedimentfraktionerne. Vandet, der benyttes til at behandle og vaske, kontrolleres i et recirkuleringssystem og det overskydende vand renses i et rensningsanlæg, hvorefter det returneres til Elben.

Sandfraktionerne benyttes som konstruktionsmateriale. Siltbakker (op til 38 meter) konstrueres fra det klassificerede og afvandede silt fra Hamburg. Disse specialdepoter bygges på eksisterende gamle afvandingmarker. Silten indkoples og benyttes til rekreative områder. Bakkerne overvåges bl.a. vha. miljøovervågning af grundvand, støv, larm, gas udvikling og vegetationsudvikling.

Silt fra Elben har ligeledes fundet anvendelse i forbindelse med fyldning af havnebassiner for at opbygge områder til havneformål (Prøpping 1997).

Som et andet eksempel på tiltag til reduktion af deponeringsmængden kan nævnes, at der i 1994 Bremen og Bremerhaven blev indført et nyt miljøstyringssystem for håndtering af havneslam. Havnesediment pumpes fra oprensingsstedet hydraulisk til ”drænmarker” hvor slammet tørres og stabiliseres. Det tørre og drænedede slam deponeres derefter i specialdepoter. Ved at dræne slammet bliver 700.000 m³ reduceret til 20.000 m³. Vandet pumpes til et drænvandsreservoir, hvorfra det kan genbruges som jet vand for den hydrauliske pumpe. Overskydende vand afledes til recipienten efter rensning.

Drænmarkerne, drænvandsreservoir og specialdepotet er alle forseglede. Depotområdet har ligeledes drænsystem såvel som en endelig slutaftdækning.

Som er tilfældet ved Hamburg deponeres sedimentet fra Bremen og Bremerhaven som bakker tiltænkt anvendelse til rekreative formål. Ligeledes kan slammet blandes med mineraler og benyttes som byggemateriale (Biener *et al.* 1999).

6.3 Sverige

Affaldspolitik i forbindelse med oprensning i Järnsjön

I forbindelse med oprensning af 120.000 m³ kraftigt forurenede slam fra Järnsjön i Sverige stillede de svenske miljømyndigheder skrappe krav til oprensningen, håndteringen og bortskaffelsen af det forurenede slam. Der blev stillet krav om anvendelse af skånsomme metoder, således at faren for spredning af forurenede sediment blev minimeret. For at kunne tilfredsstille de pågældende krav blev der udviklet en miljøvenlig teknologi (Erikson, 2000).

Oprrensning i Järnsjön

Oprrensningen blev styret således, at kun en veldefineret lagtykkelse af slam blev fjernet. Inden oprrensningen blev påbegyndt, blev der opbygget en terrænmodel af det eksisterende terræn. På basis af forundersøgelser blev der således opbygget en

model af bunden, som den var ønsket efter oprensningen. Disse oplysninger blev lagret i et system og anvendt til at styre oprensningen (Hartmann, 2000).

Ved oprensning med denne metode foretages selve oprensningen af slammet fra en flåde, monteret med et specielt konstrueret sugehoved, hvor man ved sugning oprensner slammet. Sugehovedet styres med en nøjagtighed på centimeter-niveau ved hjælp af et positioneringssystem, således at man præcist fjerner den foreskrevne lagtykkelse på den aktuelle position. Sugehovedet er konstrueret således, at der ikke suges mere vand end nødvendigt op sammen med slammet. Positionen af sugehovedet, det oprensede areal og de fjernede lag slam vises kontinuert på PC-monitorer, og oplysningerne lagres til senere dokumentation for og kontrol af det udførte arbejde.

Kapaciteten ved anvendelse af den pågældende teknik er på 100-200 m³ sediment (tørstofindhold omkring 5 %) i timen. Det opsugede sediment bliver pumpet til et deponeringsanlæg. Den maksimale dybde, der kan opereres ved, er 14 m og pumpeafstanden er højst 3 km uden ekstra indsat pumpekapacitet (Erikson, 2000).

Deponering

Oprensningen i de meget forurenede områder af Järnsjön søen blev udført under beskyttelse af et siltgardin. Processen forløb uden ophvirvling af slam og forureningen blev derfor ikke spredt yderligere. Slammet fra Järnsjön undergik mekanisk afvanding og blev derefter deponeret på land. Landdepotet blev dækket med et forsejlende og dækkende lag og blev derefter dækket med 1.2 m uforurenet jord. Efterfølgende blev området sået til (Gullbring, 1998).

6.4 Norge

Affaldspolitik i forbindelse med oprensning ved Haakonsværn

Miljømyndighederne i Norge havde i forbindelse med projekt med oprensning af forurenede sediment på militærbasen Haakonsværn ved Bergen stillet krav om, at der ikke blev fjernet mere end maksimalt 20 cm af sedimentet og at det skulle ske på en sådan måde, at forureningen ikke blev spredt til de omkringværende vandmasser (Solhaug, 2000).

Ved det pågældende projekt skulle der oprensnes 400.000 m² sediment.

Oprensning ved Haakonsvern

Ved oprensningsopgaven ved Haakonsvern ved Bergen benyttes en modificeret slæbesuger, af samme type som benyttes ved adskillige oprensningsopgaver i Sverige (afsnit 6.3). To oprensningsfartøjer blev udviklet til den specifikke opgave. Det ene oprensningsfartøj kan betjene dybder ned til 22 meter og det har en daglig opsamlingskapacitet på ca. 800 – 1.000 m². Det andet udstyr kan betjene dybder ned til 45 meters dybde og det har en daglig opsamlings kapacitet på ca. 1.100 – 1.500 m² afhængig af dybde og bundforhold. Selve sugehovedet på fartøjerne er udviklet til at kunne følge bundens topografiske variationer og med stor nøjagtighed at kunne oprense meget fine og løse partikler. Sugehovedet er udstyret med positioneringsudstyr og videokamera, således at operatøren hele tiden kan overvåge oprensningen.

Sugehovedet kan monteres med forskellige typer mundstykker varierende i størrelse mellem 2,2 og 6,3 m². Placeringsnøjagtigheden på sugehovedet er på ca. 3-4 cm.

Ved oprensningsprojekter, hvor der kun skal fjernes et veldefineret sedimentlag fra en ujævn bund, oprenses store mængder vand sammen med sedimentet. Tørstofindholdet i det oprensede materiale er omkring 5%.

Deponering

Det forurenede sediment fra Haakonsvern blev pumpet ind i to spulefelter, uden forinden at have undergået anden behandling end en mekanisk udsortering af partikler større end 15 mm.

6.5 USA

Affaldspolitik

Den amerikanske miljøstyrelse (EPA) udgav sidst i 90'erne en strategiplan for håndteringen af forurenede sediment (*Contaminated Sediment Management Strategy*). I strategien er følgende 4 mål listet for håndteringen:

- Kildekontrol af sedimentforurening og undgå at volumen af forurenede sediment øges.
- Reduktion af volumen af eksisterende forurenede sediment
- At sørge for at oprensning af sediment og følgende deponering finder sted på en miljømæssig hensigtsfuld måde
- Udvikling af en række "håndteringsredskaber" til brug indenfor forhindring af forurening, kildekontrol, oprensning og håndtering af opgravet sediment.

Strategiplanen blev udarbejdet for at opnå større grad af samarbejde og koordinering indenfor nationen mht. håndtering af forurenede havnesediment (Environmental Protection Agency, 2000).

Oprensning

Ved oprensninger ved mindre marinaer, søer og floder benytter man sig i flere tilfælde i USA af det mindre sugefartøj, Mud Cat. Mud Cat'en opererer på små vanddybder 0,6-4,5 meter og den kræver kun en besætning på 2 mand. Den består af en selvsejlende pram monteret med en hydraulisk styret udligger. Udliggeren er placeret forrest på prammen og det er herfra, at oprensningen foretages. Et skærehoved monteret på udliggeren kan foretage et "snit" på 2,4 meters bredde ved en dybde på op til 4,5 meter. Bag skærehovedet sidder en snegl, der fører det opgravede materiale til en centrifugal sugepumpe. Materialet pumpes derefter gennem et rørsystem til et deponeringsområde.

Mud Cat'en drives frem langs modullinjer afsat med ca. 2,5 meters afstand. De 2 mænd, der bemander båden, kan egenhændigt sørge for både opstilling og udgravning og omkostningerne kan derfor holdes nede.

Mud Cat'en fremstilles som at kunne levere en mere miljøvenlig oprensningsteknik i forhold til de mere konventionelle og større oprensningsskibe og den har derfor været foretrukket til flere oprensningsjobs i følsomme områder. Der er forholdsvis lille turbiditetsgenerering ved anvendelse af Mud Cat. Ved at dække sneglebordet med et mudderskjold, som kan trækkes tilbage, kan turbiditetsgenereringen minimeres ved oprensningen.

Ved oprensning med Mud Cat kan sedimentet oprenses med relativt højt tørstofindhold (Ellicott International, 2000).

7 Danske regler for håndtering

7.1 Overblik over lovgivning og myndigheder

I Danmark henhører lovgivningen omkring håndtering og deponering af sediment under en række forskellige ministerier. Ansøgeren skal dog kun fremsende ansøgningsmateriale til én myndighed. Denne myndighed sender materialet ud i høring til alle de øvrige ministerier, som skal forholde sig til den konkrete sag. Det har ikke været muligt at angive typiske sagsbehandlingstider, da disse i henhold til de adspurgte myndigheder varierer meget og afhænger af den konkrete sag. Det kan derfor anbefales ansøgeren at spørge om, hvornår der kan forventes en afgørelse i forbindelse med ansøgningen.

I skemaet nedenfor er der anført gældende lovgivning og godkendende myndighed, som skal kontaktes i forbindelse med ansøgninger om oprensning og bortskaffelse af sediment.

Opgave	Lovgivning	Ansøgning sendes til
Oprensning af sediment til klapping	"Lov om beskyttelse af havmiljøet" nr. 476 "Bekendtgørelse om klapping" nr. 975	Amtet
Oprensning af forurenede sediment	"Lov om miljøbeskyttelse" nr. 698	Amtet
Uddybning af havbunden	"Bekendtgørelse om henlæggelse af opgaver til Kystinspektoret og om kundgørelse af ordensreglement for havne" nr. 1051 "Miljømæssig vurdering af anlæg på søterritoriet" nr. 128	Kystinspektoret

Opgave	Lovgivning	Myndighed
Etablering af specialdepoter til forurenede havnesediment	<p>”Lov om miljøbeskyttelse” nr. 698</p> <p>”Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomheder” nr. 107</p> <p>”Bekendtgørelse om brugerbetaling for godkendelse og tilsyn efter miljøbeskyttelsesloven” nr. 965</p> <p>”Lov om planlægning” nr. 368</p> <p>”Bekendtgørelse om supplerende regler i medfør af lov om planlægning” nr. 428</p> <p>”Bekendtgørelse af lov om afgift af affald og råstoffer” nr. 570</p> <p>”Bekendtgørelse om henlæggelse af opgaver til Kystinspektoratet og om kundgørelse af ordensreglement for havne” nr. 1051</p>	<p>Amtet</p> <p>Kystinspektoratet</p>
Udledning af overskudsvand til recipient	<p>”Lov om miljøbeskyttelse” nr. 698</p> <p>”Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4” nr. 501</p> <p>”Lov om afgift af spildevand” nr. 636</p>	<p>Amtet via kommunen</p> <p>Told og Skat</p>
Udledning af overskudsvand til afløbssystem	<p>”Lov om miljøbeskyttelse” nr. 698</p> <p>”Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4” nr. 501</p>	Kommunen

Modtagerne af ansøgningsmaterialet fremsender materialet til høring ved de relevante myndigheder, afhængigt af sagens art og omfang. Følgende forhold vurderes ved de respektive myndigheder:

1. Amtet vurderer de miljømæssige forhold i alle sager om håndtering af havbundsmateriale.
2. Kystinspektoratet, som hører under Trafikministeriet, vurderer forhold omkring etablering af anlæg på kystterritoriet og genanvendelse af rent sediment, når det anvendes til kystfodring.
3. Skov- og Naturstyrelsen, som hører under Miljø- og Energiministeriet, vurderer forhold omkring råstofindvinding, naturbeskyttelsesinteresser og arkæologiske forhold ved alle oprensnings-, uddybnings- og klapsager.
4. Farvandsvæsnet, som hører under Forsvarsministeriet, vurderer forhold omkring sejladsikkerhed og kabelinteresser. Farvandsvæsnet høres i alle sager om oprensning, uddybning og klapping.
5. Fiskeridirektoratet, som hører under Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, vurderer konsekvenserne for de lokale fiskeinteresser. Fiskeridirektoratet høres i alle sager om oprensning, uddybning og klapping af havbundsmateriale.
6. Søfartsstyrelsen, som hører under Erhvervsministeriet, vurderer forhold som vedrører sejladsikkerhed i forbindelse med etablering af arbejder på søterritoriet.

De lovgivningsmæssige bindinger, som er angivet i ovenstående skema vil blive gennemgået nærmere i de efterfølgende afsnit.

7.2 Sediment til klapping

Tilladelse

Det er amtsrådet i det amt hvori klappingen ønskes foretaget, der meddeler tilladelse til dumpning af oprenset havbundsmateriale i henhold til Lov om beskyttelse af havmiljøet § 26 stk. 1. Hvis oprensningen og klapping foregår i 2 forskellige amter, skal ansøgning om tilladelse sendes til det amt, som klappingen ønskes foretaget i.

Det fremgår af ”Lov om beskyttelse af havmiljøet”, bilag 1, hvilke forhold der skal tages med i vurdering ved meddelelse af en klap tilladelse. Det fremgår af lovens bilag 2, hvilke stoffer sedimentet kun må indeholde i uvæsentlige mængder og koncentrationer.

Det fremgår af §3 i ”Bekendtgørelse om dumpning af oprenset havbundsmateriale”, at en ansøgning skal indeholde oplysninger om:

1. Arten af materialet som ønskes klappet
2. Mængden angivet i m³
3. Tykkelsen af laget af materiale som skal oprenses og klappes
4. Angivelse af arbejdsområdet
5. Forslag til klappplads
6. Tidsplan for arbejdet

Når amtet har modtaget ansøgningen, sendes den til relevante høringsparter, som beskrevet i afsnit 7.1. I henhold til bekendtgørelsens §3 skal Fiskeridirektoratet, Farvandsvæsnet og Skov- og Naturstyrelsen høres. Hvis der skal klappes i et EF-beskyttelsesområde, eller i et område med en vanddybde på under 6 meter, skal miljøministeren meddele samtykke hertil.

Når amtet har modtaget ansøgningen, vil amtet vurdere om der skal udtages prøver af sedimentet for at undersøge sammensætningen af sedimentet og tilstedeværelsen af forurenende stoffer i sedimentet. Antallet af prøver der eventuelt skal udtages og antallet af parametre der analyseres for, vurderes i hver enkelt sag ud fra mængden, som skal oprenses, samt ud fra potentielle forureningskilder i området. Prøverne kan blive analyseret for en eller flere af de parametre, som fremgår af bilag 1 og 2 i ”Bekendtgørelse om dumpning af oprenset havbundsmateriale” og ”Lov om beskyttelse af havmiljøet”. Amtet kan pålægge ansøgeren udgifterne til prøveudtagning og analyse.

Analyseresultaterne danner grundlag for amtets vurdering af om oprensingsmaterialet kan tillades klappet.

Ud fra oplysninger om klapppladsen vurderes det, om sedimenttypen kan klappes på den foreslåede plads.

Det fremgår af bekendtgørelsens § 8, hvilke forhold tilladelsen kan sætte vilkår for. Tilladelsen kan indeholde retningslinier for, hvilke forureningsbegrænsende foranstaltninger, der skal gennemføres i forbindelse med oprensning, transport og dumpning af havbundsmateriale. Foranstaltningerne skal sættes i værk for at sikre, at oprensning og transport påvirker området, hvor oprensningen finder sted mindst muligt. Tilladelsen kan indeholde vilkår om, at der skal udtages prøver under og

efter oprensningen har fundet sted som dokumentation for, at de opstillede kriterier er opfyldt.

Amtet fører tilsyn med at klaptilladelsens vilkår overholdes.

Når der meddeles en afgørelse om klapping, skal denne indeholde en klagevejledning.

7.2.1 Etablering af klappads

Amterne skal placere klappadser på dansk søterritorium, og klappadserne skal være optaget som retningslinje i amtsrådets regionplan, og udlagt med lempet målsætning. Gamle klappadser indeholdende forurenede materiale skal bevares i regionplanen, også efter at de ikke mere benyttes til klapping.

En klappads er ikke et egentligt anlæg, men et område hvortil der i hver enkelt sag bliver givet en tilladelse til specifik anvendelse. Vilkår for anvendelse af pladsen opstilles i hver enkelt tilladelse. Derfor skal der ikke meddeles en miljøgodkendelse af disse klappadser.

Klappadsens egnethed vurderes i hver enkelt sag i henhold til ”Bekendtgørelse om dumpning af oprenset havbundsmateriale”

7.3 Oprensning af forurenede sediment

Tilladelse til oprensning af forurenede havnesediment meddeles af amtsrådet i det amt oprensningen finder sted i henhold til ”Lov om miljøbeskyttelse” § 27. stk.2.

Det fremgår ikke af bekendtgørelser eller vejledninger, hvilke oplysninger der skal fremsendes for at opnå tilladelsen. Det er dog praksis, at det som minimum skal oplyses:

1. Hvorfor oprensningen er nødvendig.
2. Arten af materialet.
3. Mængden angivet i m.³
4. Tykkelsen af laget af materiale som skal oprenses.
5. Angivelse af arbejdsområdet.
6. Forslag til metode til oprensning og evt. forslag til forureningsbegrænsende foranstaltninger.
7. Oplysninger om, hvortil materialet skal bortskaffes.
8. Tidsplan for arbejdet.

Når amtet har modtaget ansøgningen, sendes den til relevante høringsparter, som beskrevet i afsnit 7.1

Når amtet har modtaget ansøgningen, vil de vurdere om der skal udtages prøver af sedimentet for at undersøge sammensætningen af sedimentet, hvis sammensætningen ikke allerede er beskrevet tilstrækkeligt. Antallet af prøver der udtages, og antallet af parametre der analyseres for, vurderes i hver enkelt sag blandt andet ud fra mængden, som skal renses op, samt ud fra potentielle forureningskilder i området. Prøverne kan blive analyseret for de relevante parametre, der er anført i bilag 2 i ”Lov om beskyttelse af havmiljøet”. Ansøgeren kan pålægges at betale udgifterne til prøveudtagning og analyse.

Analyserne gennemføres for, at myndighederne har et grundlag for at afgøre, om der skal sættes vilkår for oprensningen for at minimere påvirkningen af

omgivelserne. Analyseresultaterne skal også danne baggrund for beslutningen om, hvordan materialet skal bortskaffes, og om der skal fastsættes restriktioner i forbindelse med dette.

Tilladelserne kan indeholde vilkår for, hvilke forureningsbegrænsende foranstaltninger, der skal gennemføres omkring oprensningen og transporten af havbundsmaterialet. Foranstaltningerne skal sættes i værk for at oprensningen og transporten påvirker området mindst muligt. Tilladelsen kan indeholde vilkår om, at der skal udtages prøver under og efter oprensningen som dokumentation for at de opstillede kriterier er opfyldt.

Når der meddeles en afgørelse, skal denne indeholde en klagevejledning.

Amtet fører tilsyn med at tilladelsen vilkår efterleves.

7.4 Uddybning af havbunden

Tilladelse

Tilladelse til uddybning ud over offentliggjort dybde skal indhentes hos Kystinspektoret. Tilladelsen meddeles i henhold til ”Bekendtgørelse om henlæggelse af opgaver til Kystinspektoret og om kundgørelse af ordensreglementer for havne” nr. 1051 § 4.

Det fremgår ikke af bekendtgørelser eller vejledninger, hvilke oplysninger der skal fremsendes for at opnå tilladelsen. Det skal dog som minimum oplyses

1. Hvor uddybning foretages
2. Hvorfor uddybning er nødvendig
3. Hvilken udstrækning uddybning skal have

Hvis det opgravede materiale ønskes klappet, deponeret eller genanvendt, skal der indhentes særskilt tilladelse hertil.

Afhængigt af sagens omfang sendes ansøgningen til høring hos relevante høringsparter jvf. afsnit 7.1

En tilladelse kan blandt andet indeholde krav om, at der foreligger en tilladelse til at bortskaffe det opgravede materiale, inden arbejdet kan påbegyndes.

Når der meddeles en afgørelse om uddybning, skal denne indeholde en klagevejledning.

VVM-procedure

Ved ansøgning om uddybning, skal Kystinspektoratet i henhold til § 6 i ”Bekendtgørelse om henlæggelse af opgaver til Kystinspektoratet og om kundgørelse af ordensreglementer for havne” afgøre, om der skal gennemføres en VVM-procedure for det pågældende projekt. I ”Bekendtgørelse om miljømæssig vurdering af anlæg på søterritoriet(VVM)”, er det beskrevet, hvilke anlæg der er omfattet, og hvilke oplysninger der skal ligge til grund for vurderingen af, om proceduren skal gennemføres.

Høringsparterne som udtaler sig om ansøgningsmaterialet skal også udtale sig om, hvorvidt de mener der skal gennemføres en VVM-vurdering. På baggrund af udtalelser fra høringsparter og egen vurdering træffer Kystinspektoratet en afgørelse som kan påklages.

7.5 Deponering i depot eller specialdepot

Miljøgodkendelse

I henhold til ”Lov om miljøbeskyttelse” er det amtsrådet der meddeler miljøgodkendelse til depoter, specialdepoter og spulefelter i henhold til ”Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse” § 33. Amtsrådet meddeler også tilladelse til udledning af spildevand direkte til recipienten i henhold til § 28.

Det fremgår af ”Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed”, hvilke oplysninger ansøgningen skal indeholde, og hvilke forhold der kan stilles vilkår for i en miljøgodkendelse. En afgørelse skal indeholde en klagevejledning, da afgørelser kan påklages.

Det er amtet som fører tilsyn at med vilkårene i godkendelsen overholdes.

Hvis depotet etableres som en udvidelse i søterritoriet, skal Kystinspektoratet meddele tilladelse hertil.

Der skal betales en årlig afgift til amtet i henhold til ”Bekendtgørelse om brugerbetaling for godkendelse og tilsyn efter miljøbeskyttelsesloven”. Afgiften ligger p.t. fra 500 – 224.000 kr.

VVM-procedure

I henhold til ”Lov om planlægning” og ”Bekendtgørelse om supplerende regler i medfør af lov om planlægning” skal der gennemføres en VVM-procedure i forbindelse med etablering af depoter.

Det fremgår af bekendtgørelsens bilag 1 og 2, hvilke anlæg der er omfattet af bekendtgørelsen. Hvis et depot er omfattet af bilag 1, skal der altid gennemføres en VVM-procedure. Er depotet i stedet omfattet af bilag 2, skal amtet foretage en vurdering af, om det er nødvendigt at gennemføre en VVM-procedure. Det fremgår af bilag 3, hvilke forhold der skal lægges til grund for denne vurdering.

Det er amtsrådet som træffer afgørelsen, og afgørelsen kan påklages.

7.6 Udledningstilladelse direkte til recipient

En ansøgning om en tilladelse til udledning af forurenede vand fra et depot, skal fremsendes til kommunen, hvori depotet skal etableres. Kommunen afgør, om ansøgningen skal sendes videre til behandling i amtet. Direkte udledning til recipient fra et depot vil i udgangspunktet blive behandlet i amtet. Det er den myndighed, som behandler sagen, der afgør, hvilke oplysninger ansøgningsmaterialet skal indeholde.

Det fremgår af ”Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4”, hvilke forhold, der kan reguleres i en udledningstilladelse.

En afgørelse fra myndigheden skal indeholde en klagevejledning.

Afgift

I henhold til ”Lov om afgift af spildevand”, skal en virksomhed med en udledning af spildevand direkte til recipient og virksomheder som nedsiver spildevand, anmeldes hos Told og Skat. Denne myndighed vil påligne virksomheden en afgift, som afhænger af mængden af spildevand som udledes, og mængden af næringsalte og iltforbrugende stoffer i spildevandet.

7.7 Udledningstilladelse til kommunalt afløbssystem

En ansøgning om en tilladelse til at tilslutte spildevandsstrømmen fra et anlæg til det kommunale afløbssystem, skal fremsendes til kommunen.

Kommunen træffer afgørelse i henhold til ”Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4” om, hvilke forhold der skal reguleres i en tilslutningstilladelse.

Afgift

Kommunen meddeler, hvad afløbsafgiften for spildevandet skal være.

7.8 Andre regler

Transport

Der skal ikke meddeles særskilt tilladelse til selve transporten af det opgravede slam. Afgørelser om oprensning, uddybning og klapping vil dog ofte indeholde restriktioner omkring transporten, som skal efterleves.

Det er amtet som fører tilsyn med, at vilkårene overholdes.

Indberetning af opgravede mængder til klapping

Havbundsmateriale som klappes er ikke omfattet af kommunens affaldsregulativer og er ikke omfattet af de almindelige bestemmelser for affald.

I henhold til ”Bekendtgørelse om dumpning af oprenset havbundsmateriale(klapping)”, skal amtet underrettes om mængden i henholdsvis

tons og m³, umiddelbart efter klappingen er udført. Amtet skal én gang årligt indberette til Miljøstyrelsen, hvor store mængder der er klappet det foregående kalenderår.

Indberetning af opgravede mængder forurenede havbundsmateriale

I henhold til ”Bekendtgørelse om afgift på affald og råstoffer” nr. 570 af 3. august, §11, stk. 7 er anlæg til deponering af oprensningssedimenter fritaget for registrering. Dermed er disse virksomheder ikke omfattet af indberetningspligten (ISAG) i henhold til ”Bekendtgørelse om affald” §15 – 19.

Hvis sedimentet modtages på et depot, hvor der modtages forskellige typer affald, skal det indberettes til Miljøstyrelsen, da disse virksomheder er registreringspligtige i henhold til ”Bekendtgørelse om afgift på affald og råstoffer”.

Registrering af transporterede mængder

I henhold til ”Bekendtgørelse om affald” skal transportører af det havnesediment som hverken skal klappes eller genanvendes føre register over transporterede mængder, -type, affaldets producent og afleveringssted. Disse oplysninger skal opbevares i 5 år.

Det er affaldsproducenten, som oftest er kommune eller havn, der skal give disse oplysninger til transportøren. Hverken transportør eller affaldsproducent er pålagt indberetningspligt til Miljøstyrelsen. Dermed skal der ikke ske indberetning af mængden af opgravet forurenede sediment.

Afgifter

Hvis oprenset sediment afleveres på et depot som modtager blandet affald, vil det blive pålagt statsafgift i henhold til ”Bekendtgørelse om afgift på affald og råstoffer”

Genanvendelse

Hvis oprensningmaterialet anvendes i stedet for jomfruelige råstoffer, skal Skov- og Naturstyrelsen kontaktes med henblik på at få fritagelse for råstofafgiften ved anvendelse af materialet.

Beskrivelse af myndighedsbehandling i forbindelse med genanvendelse af produktet til f.eks. vejmateriale, strandfodring, jordforbedringsmiddel, rekreative områder som f.eks. fugle-ø, eller mursten er nærmere beskrevet i Miljøstyrelsens arbejdsrapport om nyttiggørelse, rensning og fraktionering af havneslam.

8 Gennemgang af oprensningsteknikker

8.1 Metodevalg

Ved udførelse af oprensnings/uddybningsopgaver er der adskillige faktorer der skal tages højde for i forbindelse med valg af korrekt gravemateriel. Det er nødvendigt at fokusere på områdets karakteristika, herunder bundtopografi, sedimenttype og forureningsgrad, bølger og vanddybde. Ligeledes er det væsentligt at have oplysninger om mængden af sediment, der skal oprenses, samt pladsforholdene i det pågældende område, transportvej og bortskaffelsesmetode.

Ved oprensning af forurenede sediment skal der yderligere tages højde for miljøforholdene i området, herunder tilladelige grænser for suspension af forurenede materiale under udgravning.

Det oprensningsmateriel, der mest almindeligt bliver anvendt ved oprensning i Danmark, er:

- Slæbesuger
- Stiksuger
- Skære/suge gravemaskine
- Spandkædemaskine
- Grab, miljøgrab eller skovl

I særlige tilfælde begrundet en opgaves omfang og kompleksitet vil uddybningsudstyr med anden karakteristika end nævnt her kunne mobiliseres fra udlandet.

På de følgende sider er oprensning af sediment med ovenstående materiel nærmere beskrevet i skemaer. Informationen for udarbejdelse af skemaerne er indhentet gennem samtale med danske entreprenører, fra en spørgeskemaundersøgelse foretaget i foråret 2000, fra relevante hjemmesider (CEDA, 2000; IADA, 2000; MAGIS, 2000; Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2000; PIANC-AIPCN, 2000) og fra en række rapporter (Nielsen, R. 1989; PIANC, 1977; PIANC, 1996; og Statshavneadministrationen Frederikshavn, 1989), notater, conferenceoplæg (Hartmann, 2000; Øresund Link Dredging & Reclamation Conference, 1999) og egne erfaringer. Der er ikke opgivet kildehenvisning under de enkelte skemaer, men relevant litteratur er opgivet i litteraturlisten og firmaer der har bidraget med information er listet i bilag 1.

8.2 Økonomi

Økonomien, der er beskrevet under hver af metoderne, er almindelige vejledende gængse priser, der dog varierer betydeligt afhængig af de ovenfor nævnte forhold tilknyttet den enkelte opgave. Priserne er alle indhentet i efteråret 2000 fra danske entreprenører, der udbyder oprensning og transport af havnesediment (bilag 1).

8.3 Miljøpåvirkninger

Det beskrevne oprensningsmateriel og metoder kan finjusteres og den operationelle kontrol kan skærpes, således at miljøpåvirkningen under oprensningsarbejdet mindskes betydeligt. Eventuelle krav om mindsket turbiditet under oprensning vil dog resultere i højere priser end de her nævnte.

Udover at selve oprensningsmateriellet kan finjusteres, er der andre tiltag der kan mindske spredningen af sedimentet.

De tiltag der oftest refereres til i litteraturen (PIANC, 1996) og dem der er nævnt af danske entreprenører omfatter:

- anvendelse af siltgardin
- anvendelse af spunsvæg
- sedimentation ved beluftning
- justering af gravehastigheden på mekanisk graveudstyr
- montering af kappe omkring skærehoved på hydraulisk oprensningsudstyr
- anvendelse af lukket skovl eller grab (miljøgrab)
- anvendelse af videoovervågning af oprensningsudstyr (dette er ikke relevant ved oprensning af havnesediment i danske havne pga. den ringe sigtbarhed).

Et siltgardin (spærremembran) afskærmer oprensningsområdet således, at den ændrede turbiditet kun får lokal betydning og risikoen for spredning af forurenede sediment mindskes. Siltgardinet er en flydende barrierer, der nedsænkes vertikalt fra vandoverfladen til en specificeret vanddybde. Det er også muligt at anvende en metode, hvor barrieren skabes ved beluftning (for nærmere beskrivelse se afsnit 10).

Selve oprensningsarbejdets dybde og udstrækning styres mest almindeligt af elektronisk positionering og dybdemålingsudstyr. Dette udstyr er ikke nærmere beskrevet i denne rapport.

8.4 Yderligere oplysninger

For beskrivelse af andet oprensningsmateriel der fortrinsvist benyttes i udlandet henvises til Dansk Hydraulisk Institut (1989), PIANC (1977;1996) eller USACE (1983).

8.5 Slæbesuger

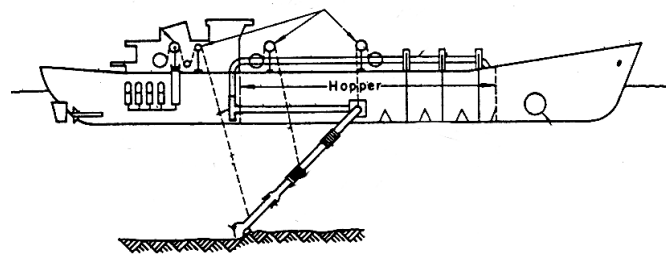
Beskrivelse af metode

Slæbesugeren er den mest benyttede form for sandsuger i Danmark. Sedimentet suges op via et nedsænket stålrør med påmonteret sugehoved og hjælpefodder. På et slæbesugningsfartøj kan der monteres et til to sugerør. Slæbesugeren bevæges frem over havbunden under oprensningen.

Der findes en stor variation af sugehoveder, anvendelsen afhænger af bundforholdene samt af eventuelle krav om mindsket turbiditet under oprensning.

Hvis tørstofindholdet i sedimentet er stort, er det nødvendigt med vandtilførsel for at kunne pumpe det op. Det oprensede sediment transporteres mest almindeligt i slæbesugerenes lastrum (lastekapacitet fra 300 m³ og opefter). Det er derfor ikke nødvendigt at mobilisere pram, når der oprenses med slæbesuger.

Når lastekapaciteten er nået, er det nødvendigt at tømme før yderligere sediment kan oprenses. Slæbesugerfartøjerne kan enten tømmes gennem klapper i bunden eller gennem rørledning.



Slæbesugerfartøj. Dansk Hydraulisk Institut, 1989.

Forudsætninger for anvendelse

Meget velegnet til at uddybe i følgende jordtyper:

- silt
- slam
- sand
- meget blødt ler

Oftest udgør disse typer de øverste forurenede lag. Materialet skal være let at frigøre.

Præcisionen af positioneringen for sugehovedet er relativt dårlig og metoden er begrænset af, at der skal være en dybgang på 3-4½ meter. Den maksimale sugedybde er typisk ca. 25-30 meter. Lastekapaciteten varierer fra 300 m³ og opefter.

Slæbesugeren er i stand til at operere i selv stærk strøm og på åbent hav. Afhængig af størrelsen af slæbesugerfartøjet er metoden dog begrænset af en maksimal bølgehøjde på 1.5 – 2.0 meter. Anvendelse af slæbesuger vurderes først at være helt ineffektiv eller endog farlig ved bølgehøjder på 2.5-4.0 meter. Slæbesugeren kan derfor anvendes til vedligeholdelses oprensninger i havne.

Da det oprensede sediment transporteres i skibets last, er det ikke nødvendigt at mobilisere transportpramme. Det kan være nødvendigt med mindre slæbebåd til hjælp under manøvrering og flytning af anker.

Miljøforhold

Giver anledning til høj turbiditet i området, afhængigt af hvor meget

overskudsvand man tillader at løbe ud igen og afhængigt af udløbsarrangementet. Kan reducere miljøpåvirkningerne ved f.eks. at benytte recirkulationssystem, eller ved at arbejde indenfor et siltgardin.

Kan foretage oprensning med minimal miljøpåvirkning ved anvendelse af modificeret form for slæbesuger (se afsnit om økonomi)

Økonomi

For oprensning af > 10.000 m³ sediment er prisen for oprensning (inklusive mobilisering) 15-35,-kr./m³. Fra specifik opgave udført sommeren år 2000 angives prisen på 33,50 kr./m³ ved opsugning og transport over en afstand på 15 sømil fra oprensningsområde til bortskaffelsesområde.

Et modificeret sugehoved påsat en slæbesuger anvendes til specifikke oprensningsopgaver i Norden. Opgaverne udføres af dansk entreprenør. Modificeringen af slæbesugeren har resulteret i, at der kan oprenses forurenede sediment med meget stor præcision og med minimal turbiditet. Denne metode er dog økonomisk dyr. Oprensning ved en vanddybde på 2-14 m og transport (max. 1500 m) koster 50-70,- kr/m³.

Nødvendige ansøgninger

Amtet skal meddele en tilladelse, inden oprensning af forurenede sediment, eller inden oprensning af materiale til klappning påbegyndes.

Skov og Naturstyrelsen skal meddele tilladelse til oprensning af rent sediment til genanvendelse.

Afgifter

Der er ingen afgifter forbundet med oprensning af sediment.

Fordele/Ulemper

Fordele:

- Den er forholdsvis billig at mobilisere (ved mængder >10.000 m³) og den har stor kapacitet. Dog er den ikke så økonomisk rentabel som spandkædemaskinen ved opgaver, der kræver oprensning af store mængder sediment.
- Slæbesugeren kan foretage oprensninger på åbent hav under forhold, hvor andre metoder ikke kan anvendes.
- Kan ved egen kraft flyttes hurtigt og billigt til et arbejdsområde.

Ulemper

- Afhængig af sugehovedets udformning kan det være vanskeligt at styre sugehovedet i en præcis dybde.
- Der kan opstå problemer med, at hjælpefodderne laver så dybe spor i sedimentet, at sugehovedet ikke kan trænge ned og suge i de dannede ”volde”. Det kan i sådanne situationer være nødvendigt at eftersejle med slæbebåd monteret med bom.
- Kræver en forholdsvis stor vanddybde for at kunne operere.
- Er ikke muligt at opgrave kontinuert ved oprensning af store mængder sediment, da normal procedure så vil involverer lastning, transport og losning, samt tilbagetransport til oprensningsområde.
- Det er ikke fordelagtigt at benytte en konventionel sandsuger ved oprensning af forurenede havnesediment, da der ved oprensningen vil blive optaget en stor mængde vand der vil øge volumen af det der efterfølgende skal bortskaffes.

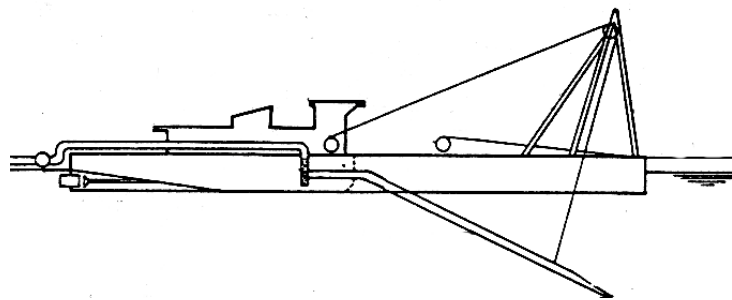
8.6 Stiksuger

Beskrivelse af metode

Denne type benyttes ikke så ofte som slæbesugeren. Stiksugeren er mindre end slæbesugeren og opfattes som et alternativ til denne.

Stiksugeren bevæges ved at oprensingsfartøjet bevæger sig frem og tilbage over oprensingsområdet. Sugehovedet er monteret på et nedsænket stålrør. Stiksugeren kan monteres med dyser, der kan tilføre vand til sedimentet for at frigøre dette.

Det oprensede sediment transporteres oftest i stiksugerens last og det er derfor ikke nødvendigt at mobilisere pram, når der oprensnes med stiksuger. Når lastrummet er fyldt (kapacitet mellem 150 – 800 m³), er det nødvendigt at tømme før yderligere sediment kan oprensnes.



Stiksugefartøj. Dansk Hydraulisk Institut, 1989.

Forudsætninger for anvendelse

Velegnet til at uddybe i følgende jordtyper:

- silt
- slam
- sand
- ler
- småsten (ral)

Kohæsive jordarter kan oprensnes, hvis et jetsystem installeres ved sugehovedet.

Stiksugeren suger meget lokalt og benyttes fortrinsvist ved oprensning af meget ensartet materiale såsom ral.

Metoden er begrænset af dybgang på 3-4½ meter. Sugedybde op til 25 meter

Miljøforhold

Giver anledning til høj turbiditet i området omkring sugehovedet. Øget turbiditet ved losning er afhængigt af, hvor meget overskudsvand man tillader at løbe ud igen og afhængig af udløbsarrangementet. Kan reducere miljøpåvirkningerne ved f.eks. at benytte recirkulationssystem.

Ved anvendelse af dyser omkring sugehovedet vil dette resultere i høj turbiditet.

Økonomi

Stiksugeren er billigere at mobilisere end slæbesugeren. Prisen for anvendelse af stiksugeren er 20-150,- kr./m³. Denne pris er angivet uden mindstemængde og er derfor umiddelbart højere end prisen for anvendelse af slæbesugeren.

Nødvendige ansøgninger

Amtet skal meddele en tilladelse inden oprensning af forurenede sediment eller materiale til klappning påbegyndes.

Skov og Naturstyrelsen skal meddele tilladelse til oprensning af rent sediment til genanvendelse.

Afgifter

Der er ingen afgifter forbundet med oprensning af sediment.

Fordele/Ulemper

Fordel:

- Suger meget lokalt og kan derfor fordelagtigt benyttes til at udtage en meget ensartet sedimenttype.
- Kan ved egen kraft flyttes hurtigt og billigt til et arbejdsområde.

Ulempe:

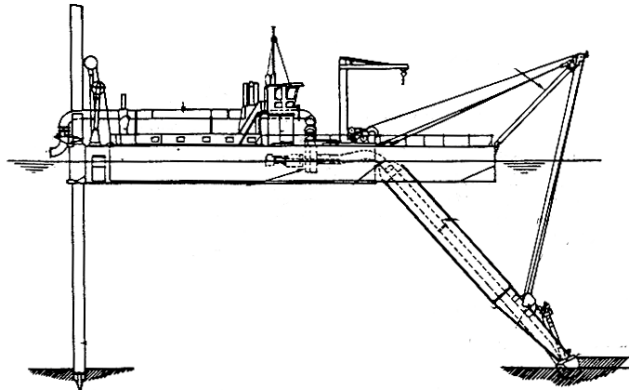
- Er ikke anvendelig ved uddybningsopgaver, samt opgaver der kræver oprensning af store mængder sediment.
- Høj turbiditet omkring sugehovedet.

8.7 Skære/suge gravemaskine

Beskrivelse af metode

Skære/suge gravemaskine (cutter suction dredger)

Et roterende skærehoved monteret for enden af et sugerør resulterer i løsrivning og findeling af det opgravede materialet, så dette kan pumpes. Skære/suge gravemaskinen er mest almindelig monteret på skib med støtteben. Skærehovedet svinges fra side til side under oprensningen. Fartøjet er forankret under oprensning og det er nødvendigt at fjerne fortøjning og støtteben, når fartøjet skal flyttes.



Skære/suge gravemaskine. Dansk Hydraulisk Institut, 1989.

Forudsætninger for anvendelse

Meget velegnet til at uddybe i følgende jordtyper:

- Sand
- Silt
- Kohæsive materialer
- Hårde materialer så som kalk og granit

Afhængig af styrken af tænderne i skærehovedet vil skære/suge gravemaskinen kunne foretage uddybning i meget hårde materialer.

Kapaciteten varierer stærkt efter bundforholdene. Har stor kapacitet ved oprensning af materialer, der kan håndteres direkte gennem rørledning. Ved normale forhold kan der forventes en kapacitet på ca. 1-5000 m³/dag.

Gravedybden er normalt op til 25 meter, men gravedybden kan udvikles specielt til gravning på meget store dybder.

Afhængig af størrelsen af fartøjet er metoden begrænset af en maksimal bølgehøjde på 0.2 – 0.4 meter. Anvendelse af skære/suge gravemaskinen vurderes at være ineffektiv eller endog farlig ved bølgehøjder på 0.5 – 0.8 meter. Skære/suge gravemaskinen anvendes derfor ofte til at vedligeholde havne, kanaler og udsejlingsrender hvor der ikke er voldsomme bølgepåvirkninger.

Miljøforhold

Giver anledning til høj turbiditet i området omkring skærehovedet. Denne gravemetode anbefales, når sedimentet er meget kohæsivt og der ikke er krav om mindsket turbiditet i forbindelse med oprensningen.

Økonomi
15-25 kr/m³. Priser gældende for oprensning > 10.000 m³

Nødvendige ansøgninger

Amtet skal meddele en tilladelse, inden oprensning af forurenede sediment eller materiale til klappning påbegyndes.

Skov og Naturstyrelsen skal meddele tilladelse til oprensning af rent sediment til genanvendelse.

Afgifter

Der er ingen afgifter forbundet med oprensning af sediment.

Fordele/Ulemper

Fordel:

- Kan håndtere hårde materialetyper.
- Da der oftest benyttes direkte indpumpning af sediment i rørledning når der oprenses med skære/suge gravemaskine, er det muligt at foretage kontinuerlig oprensning.
- Muligt med stor præcision ved oprensningsopgaver

Ulempe:

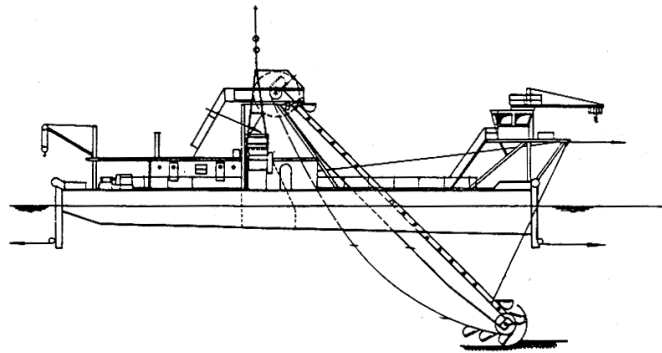
- Dyr at mobilisere. Høj turbiditet omkring skærehovedet.
- Kan ikke benytte metoden ved stor bølgegang. Dette begrænser anvendelse på åbent hav.
- Ved anvendelse af direkte indpumpning kan rørledningen give navigations problemer i trafikerede havne.

8.8 Spandkædemaskine

Beskrivelse af metode

Spandkædemaskinen består af en række spande (grabbe) monteret på en ”uendelig” kæde. Forskellige typer af spande kan anvendes afhængig af den specifikke opgave.

Oprensset sediment læses typisk på pram (klap-,split- eller lukket- pram) til videre transport og deponering. Spandkædemaskinen er forankret under arbejdet og ofte benyttes støtteben.



Spandkædemaskine. Dansk Hydraulisk Institut, 1989.

Forudsætninger for anvendelse

Meget velegnet til uddybning i ler. Ikke specielt egnet til oprensning af meget blødt havnesediment.

Materiellet kan indstilles til at foretage meget nøjagtig oprensning af sediment.

Anvendes typisk ved oprensning af store mængder sediment. Kapaciteten varierer fra 3-6.000 m³ pr. dag afhængig af maskinkraft, spandstørrelse vanddybde og sedimenttype.

I Tyskland benytter en dansk entreprenør sig af en modificeret form for spandkædemaskine, der resulterer i, at meget lidt vand tages op sammen med sedimentet. Denne modificerede metode giver anledning til mindre turbiditet i området end en konventionel spandkædemaskine eller en sandsuger og da den medtager minimal mængde af vand er den velegnet til oprensning af materiale til genanvendelse.

Begrænset ved dybgang på 4-4½ meter. Normale maksimale gravedybde er op til 35 meter. Kan indrettes specielt med hensyn til gravedybden.

Metoden er begrænset af en maksimal bølgehøjde på 0.4 meter. Anvendelse af spandkædemaskinen vurderes at være ineffektiv eller endog farlig ved bølgehøjder på omkring 1.0 meter.

Miljøforhold

Turbiditeten er høj, men dog normalt mindre end for en slæbesuger.

Den største spredning af sedimentet sker ved selve oprensningen på havbunden. Desuden opstår der et vist spild under fremføring af de enkelte spande igennem vandet.

Økonomi

20-60 kr./m³ afhængig af oprensningsdybden (bestemmende for antallet af spande der skal monteres), bundforholdene samt sejlafstand til depot. Prisen angiver

omkostninger ved oprensning af sedimentmængder > 30.000 m³.

Nødvendige ansøgninger

Amtet skal meddele en tilladelse, inden oprensning af forurenede sediment eller materiale til klappning påbegyndes.

Skov og Naturstyrelsen skal meddele tilladelse til oprensning af rent sediment til genanvendelse.

Afgifter

Der er ingen afgifter forbundet med oprensning af sediment.

Fordele/Ulemper

Fordele:

- Præcisionen af gravedybde og placering er høj.
- Stor kapacitet
- Afhængig af spandestørrelse kan man optage store sammenhængende klumper af materiale.

Ulempe:

- Det er nødvendigt med hjælpefartøjer, hvilket resulterer i, at det er relativt dyrt at foretage den initiale mobilisering af en spandkædemaskine til udgravning. Er dog en mere økonomisk rentabel metode at anvende end sandsugeren ved oprensning af store mængder sediment.
- Arbejdet med spandkædemaskinen er vejrfølsomt.
- Høj turbiditet.
- Meget vedligeholdelse kræves, mens arbejdet foretages.

8.9 Grab, miljøgrab eller skovl

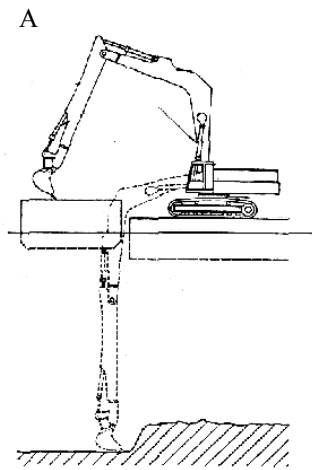
Beskrivelse af metode

Uddybning med grab, miljøgrab eller skovl.

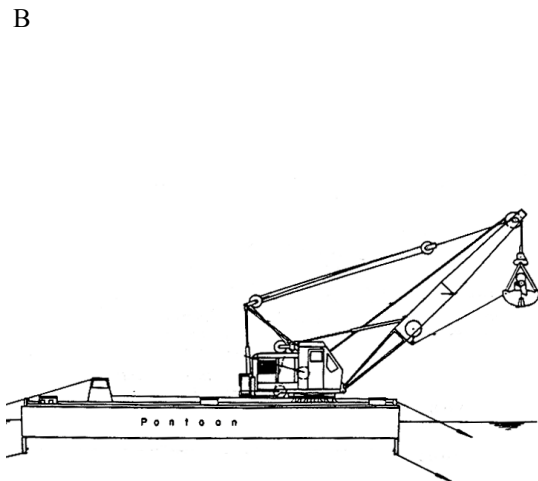
Man har afhængig af opgave mulighed for at montere graveenhederne på hydraulisk gravemaskine eller wiremaskine.

Udgravningen foretages fra skib eller flåde. Nødvendigt med mobilisering af pram til transport af sediment efter oprensning.

Ved montering på flåde er det nødvendigt med slæbebåd for at transportere materiellet til arbejdsområdet



(A) Gravemaskine



(B) Grabmaskine. Dansk Hydraulisk Institut, 1989.

Forudsætninger for anvendelse

Grab: Grab er velegnet til at oprense slam, dynd, sand og blødt ler. Kan grave på ”ubegrænset vanddybde”, når monteret på wiremaskine. Ved montering på wire er det vægten af grabben og nedfaldshastigheden, der bestemmer gennemtrængningsdybden i bundmaterialet. Præcise udgravninger ved brug af wiremaskine monteret med grab, kan kun udføres på lavt vand uden strøm. Ved montering på hydraulisk arm kan der overføres større kraft til bunden og større præcision kan opnås. Grabbens udformning og størrelse kan variere meget. Kapaciteten varierer fra 1 til ca. 30 m³. Af grabtyper kan nævnes muddergrab, tandgrab, klippegrab og kaktusgrab.

Afhængig af typen af fartøj er metoden begrænset af en maksimal bølgehøjde på 0.4 – 2.5 meter. Anvendelse af grab vurderes at være ineffektiv eller endog farlig ved bølgehøjder på 1.0 – 3.5 meter.

Miljøgrab: Miljøgrabben er lukket tæt, så der ikke tabes sediment under oprensningen. Anvendes hvor der stilles krav til mindsket turbiditet. Miljøgrab er velegnet til at oprense slam, dynd, sand og ler. I forhold til almindelig grab, genereres 30-70 % mindre turbiditet ved brug af miljøgrab. Entreprenør har opgivet oprensningsskapacitet på 400-1200 m³ pr. dag for miljøgrab monteret på hydraulisk gravemaskine og 400-1000 m³ pr. dag for miljøgrab monteret på wiremaskine.

<p><u>Skovl</u>: Hurtig at udgrave med. Har større brydekraft og kapacitet end grab og kan derfor benyttes ved oprensning af tørt og hårdt lersediment ud over de blødere materialer. Skovlens kapacitet er typisk mellem 1-15 m³ afhængig af typen af skovl der benyttes (dybdeske eller højdeske). Maksimal dybde ca. 20-25 meter. Ofte benyttes støtteben under oprensningen pga. de store horisontale kræfter som overføres til havbunden gennem skovlen.</p> <p>Afhængig af typen af fartøj er metoden begrænset af en maksimal bølgehøjde på 0.3 – 0.4 meter. Anvendelse af skovl vurderes at være ineffektiv eller endog farlig ved bølgehøjder på 0.6 – 1.0 meter.</p> <p>Præcisionen af uddybning foretaget med enten grab eller skovl er ens.</p>
<p><i>Miljøforhold</i></p> <p>Ved oprensning med åben grab kan overfladematerialet vaskes ud på vejen gennem vandsøjlen. Sedimentholdig materiale kan ligeledes blive skyllet ud, når grabben bryder igennem vandoverfladen.</p> <p>Ved arbejde med miljøgrab, bliver turbiditeten minimal.</p> <p>Kan med fordel anvende skovl eller grab ved oprensning af hårde materialer til genanvendelse, da oprensningen kan finde sted med minimal vandtilførsel.</p>
<p><i>Økonomi</i></p> <p>15,- til 50,-kr. pr. m³. Priserne er gældende for oprensning af mængder > 3000 m³. 1400,- kr. pr. time</p>
<p><i>Nødvendige ansøgninger</i></p> <p>Amtet skal meddele en tilladelse, inden oprensning af forurenede sediment eller materiale til klappning påbegyndes.</p> <p>Skov og Naturstyrelsen skal meddele tilladelse til oprensning af rent sediment til genanvendelse.</p>
<p><i>Afgifter</i></p> <p>Der er ingen afgifter forbundet med oprensning af sediment.</p>
<p><i>Fordele/Ulemper</i></p> <p><i>Fordel:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ved at benytte skovl kan man grave i hårde materialer. • Kræver ikke meget manøvrer plads og kan derfor med fordel benyttes til oprensning af sediment omkring broer, dokke, havnearealer, rørledninger og moler. • Kan opnå stor præcision ved udgravninger foretaget med skovl. <p><i>Ulempe:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Er ikke velegnet til oprensning af store mængder sediment, da der kun kan oprenses forholdsvis små mængder af gangen. Anvendelse af miljøgrab er dyre end anvendelse af grab og skovl. • Kan ikke benytte metoden ved stor bølgegang. Dette begrænser anvendelse på åbent hav.

9 Gennemgang af transportmuligheder

Metoder

Ved valg af optimal transport metode for det opgravede havnesediment bør en række faktorer vurderes, såsom oprensingsmetode og materiel, transportafstand og transportforhold, kapaciteten af bortskaffelsesenheden og oprensningens omfang.

I forbindelse med forurenede havnesediment bør endvidere tages hensyn til følgende forhold (PIANC, 1996):

- Distancen til behandlings eller deponeringssted
- Transporten skal foregå uden spild til omgivelserne
- Der skal tages højde for eventuelle luft og støv emissioner fra transportfartøjerne.
- Transporten skal foretages med minimum ekstra tilførsel af vand for at forhindre, at de forurenende stoffer udvaskes og for at undgå for stort kapacitetsbehov ved bortskaffelse.

Ofte finder man, at det ved valg af transportmiddel til transport af sediment er nødvendigt at kombinere forskellige typer. Adgangsforholdene til en given bortskaffelsesenhed kan give anledning til, at oprenset sediment skal omlastes fra én pram type til en anden eller evt. pumpes fra pram eller skib til bortdkaffelsesområde.

De mest anvendte transportmetoder for transport af havnesediment er:

- Splitpram og klappram
- Lukket pram
- Skib
- Rørledning
- Lastbil

I de følgende skemaer er disse transportmetoder nævnt. Informationen for udarbejdelse af skemaerne er indhentet gennem samtale med danske entreprenører, fra en spørgeskemaundersøgelse gennemført i efteråret 2000, fra relevante hjemmesider (CEDA, 2000; IADA, 2000; MAGIS, 2000; Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2000; PIANC-AIPCN, 2000) og fra en række rapporter (Nielsen, R. 1989; PIANC, 1977; PIANC, 1996; og Statshavneadministrationen Frederikshavn, 1989), notater, konferenceoplæg og egne erfaringer. Der er ikke opgivet kildehenvisning under de enkelte skemaer, men relevant litteratur er opgivet i litteraturlisten og firmaer der har bidraget med information er listet i bilag 1.

Definitioner

For at opnå sammenligneligt grundlag for både beskrivelse af transport fartøjer og de oplysninger der er indhentet fra kontaktede entreprenører er følgende definitioner anvendt:

- Flåde: Ikke selvsejlende. Ingen lastekapacitet. Anvendes til transport og montering af oprensingsmateriel.
- Pram: Kan være selvsejlende. Anvendes kun til transport. Har stor opbevaringskapacitet.

Skib: Selvsejlende. Kapacitet for opbevaring af sediment afhængig af skibsstørrelse. Anvendes til transport og montering af oprensingsmateriel samt transport af opgravet materiale.

Det er almindeligt at finde variationer af disse definitioner. Således kaldes et skib monteret med hydraulisk gravmaskine ofte for en gravepram.

Alle typerne kan monteres med støtteben der kan hjælpe til at fastholde fartøjet under oprensning og pålæsning af sediment.

Økonomi

Økonomien, der er beskrevet under hver af metoderne, er almindelige vejledende gængse priser, der dog varierer betydeligt afhængig af den enkelte opgave. Priserne er alle indhentet i efteråret 2000 fra danske entreprenører, der udbyder oprensning og transport af havnesediment (bilag 1).

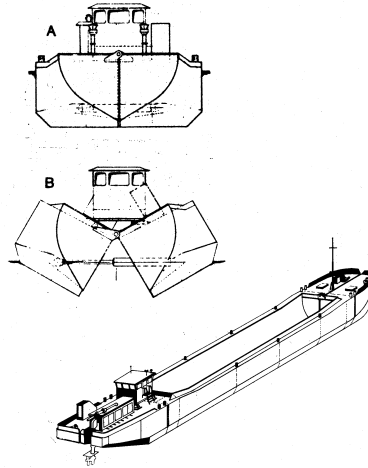
9.1 Splitpram og klappram

Beskrivelse af metode

Splitpram: Tømmes ved at prammen lukkes op i bunden langsskibs

Klappram: Tømmes gennem klapper i bunden.

Nyere pramme lukkes tæt sammen ved hjælp af højtrykshydraulik og en gummitætning.



Splitpram. A: lukket; B: åben. (PIANC, 1977).

Forudsætninger for anvendelse

Kapaciteten kan være fra omkring 100-1.500 m³ afhængig af pramstørrelse.

Klappramme kan være vanskelige at tømme fuldstændigt ved transport af meget sammenhængene materiale.

I dag benyttes fortrinstvist splitpramme frem for klappramme.

Miljøforhold

Der kan forekomme spild ved transport i ældre pramme. Dette kan være et problem ved transport af forurenede sediment.

Ved overfyldninger er der fare for afløb af overskudsvand under transport.

Økonomi

Transport fra oprensingssted til klapområde (0,5-1,0 sømil) 12,- kr./m³.

Ellers tillæg på ca. 1-2 kr./m³/sømil.

Nødvendige ansøgninger og afgifter

Der skal ikke fremsendes ansøgninger om transport, og der er ikke pålagt afgifter for transport af sediment.

Fordele/Ulemper

Fordel:

- Fordel at benytte klappram eller splitpram ved deponering til søs ved klappning, kontrolleret klappning og kapning.

Ulempe:

- Ulempen ved at benytte en klappram frem for en splitpram er, at der er flere dele der skal vedligeholdes ved en klappram. Ligeledes kan det være vanskeligt at få alt materialet ud fra en klappram.

9.2 Lukket pram

<p><i>Beskrivelse af metode</i></p> <p>Lastes og losses ved hjælp af en grab, skovl eller sandsuger/rørledning. Eventuelt skal der ved losningen med sandsuger/rørledning tilsættes vand for at sedimentet kan pumpes.</p>
<p><i>Forudsætninger for anvendelse</i></p> <p>Benytter oftest lukket pram ved transport af forurenede havnesediment da faren for spild under transport dermed mindskes. Anvendelse kan være begrænset af adgangsforhold.</p>
<p><i>Miljøforhold</i></p> <p>Fare for spild af overskudsvand ved overfyldning. Dette forekommer fortrinstvist ved transport af sediment oprenset vha. sandsuger, da denne metode uundgåeligt medfører oprensning af store mængder vand.</p>
<p><i>Økonomi</i></p> <p>Transport fra oprensningssted til deponiområde (2-3 sømil) 12-13,- kr./m³. Ellers tillæg på ca. 1-2 kr./m³/sømil.</p>
<p><i>Nødvendige ansøgninger og afgifter</i></p> <p>Der skal ikke fremsendes ansøgninger om transport, og der er ikke pålagt afgifter for transport af sediment.</p>
<p><i>Fordele/Ulemper</i></p> <p><i>Fordel:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Fordel at benytte lukket pram ved transport af forurenede sediment pga. mindsket fare for spild.• Kan foretage kontrolleret lodsning ved brug af grab, skovl eller rørledning. <p><i>Ulempe:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Ulempe at benytte lukket pram ved deponering ved klappning, kontrolleret klappning eller kapning til søs.

9.3 Skib

<p><i>Beskrivelse af metode</i></p> <p>Transport foretages i lastrummet på det fartøj der har forestået oprensningen af sedimentet. Skibet kan være enten lukket eller indrettet til at kunne åbnes i bunden langs skibet (som hhv. lukket pram og splitpram). Ved lukket lastrum lastes og losses ved hjælp af en grab, skovl eller sandsuger/rørledning. Eventuelt skal der ved losningen med sandsuger/rørledning tilsættes vand for at sedimentet kan pumpes.</p>
<p><i>Forudsætninger for anvendelse</i></p> <p>Ved begrænsede adgangsforhold hvor det ikke er muligt at mobiliserer både flåde med oprensningsmateriel og pram er det fordelagtigt at anvende skib. Alle typer af sediment kan transporteres. Kapaciteten variere mellem 100-1.500 m³.</p>
<p><i>Miljøforhold</i></p> <p>Fare for spild fra bund ved transport i ældre skibe med mulighed for tømning ved åbning i bund.</p>
<p><i>Økonomi</i></p> <p>Transport fra oprensningssted til klapområde (0,5-1,0 sømil) 12,- kr./m³ Ellers tillæg på ca. 1-2 kr./m³/sømil Sejlads 1250 kr./time</p>
<p><i>Nødvendige ansøgninger og afgifter</i></p> <p>Der skal ikke fremsendes ansøgninger om transport og der er ikke pålagt afgifter for transport af sediment.</p>
<p><i>Fordele/Ulemper</i></p> <p><i>Fordel:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Ved begrænsede adgangsforhold er det en fordel at kunne nøjes med at mobilisere et enkelt fartøj der kan forestå både oprensning og transport af sediment. <p><i>Ulempe:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Ulempe at skulle transportere i oprensningsfartøjets lastrum ved oprensning af store mængder sediment der overstiger skibets kapacitet.

9.4 Rørledning

<p><i>Beskrivelse af metode</i></p> <p>Rørledning kan monteres på visse pramme og skibe. Rørledning benyttes til at transportere opgravet materiale til bortskaffelsesområdet. Rørledningen kan forsynes med assisterende pumpestationer (booster-station).</p> <p>Rørledning kan ligeledes benyttes til at transportere sediment fra skib til pram.</p> <p>I visse tilfælde nedgraves rørledningen.</p>
<p><i>Forudsætninger for anvendelse</i></p> <p>Sedimentet kan ikke transporteres over for lange distancer. Vandindholdet skal være så højt, at sedimentet kan pumpes. Fortrinsvist benyttes rørledning, når der transporteres slam eller sand.</p> <p>Rørdiameteren kan variere mellem 15 og 120 cm afhængigt af maskinens størrelse.</p>
<p><i>Miljøforhold</i></p> <p>Kan forekomme spild til omgivelserne, hvis slangen ikke er 100 % tæt.</p>
<p><i>Økonomi</i></p> <p>Indpumpning (indpumpning til bortskaffelsesenhed fra lastrum på pram eller skib): 15-20 kr./m³</p> <p>Direkte indpumpning (direkte indpumpning til bortskaffelsesenhed under oprensningen): 10,-15,- kr./m³</p>
<p><i>Nødvendige ansøgninger og afgifter</i></p> <p>Der skal ikke fremsendes ansøgninger om transport, og der er ikke pålagt afgifter for transport af sediment.</p>
<p><i>Fordele/Ulemper</i></p> <p><i>Fordele:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Fordel at kunne pumpe direkte fra lastrum til depot eller direkte fra havbund til depot.• Der kan deponeres/pumpes ind på små vanddybder og over længere afstande. <p><i>Ulempe:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Ulempe at sedimentet skal være meget vandholdigt.• Kan give navigationsproblemer for anden trafik i oprensningsområdet, hvis der indpumpes med rørledning, der ikke er nedgravet.

9.5 Lastbil

<p><i>Beskrivelse af metode</i> Læsses og losses med sediment fra pram eller skib ved brug af enten grab, skovl eller pumpe.</p>
<p><i>Forudsætninger for anvendelse</i> Landdeponering af sediment.</p> <p>Kapacitet på omkring 10-20 m³.</p>
<p><i>Miljøforhold</i> Da det ofte er store mængder sediment, der skal losses fra pram eller skib, kan anvendelse af lastbil være en ressourcekrævende og dyr transportteknik at benytte, da kapaciteten af en lastbil typisk er væsentlig mindre end kapaciteten af skib eller pram.</p> <p>Det kan være nødvendigt at afvande sedimentet inden transport.</p>
<p><i>Økonomi</i> Omløsning fra pram/skib til lastbil ca. 15-30 kr./m³.</p> <p>Kørsel koster ca. 2-4 kr./m³/km.</p>
<p><i>Nødvendige ansøgninger og afgifter</i> Der skal ikke fremsendes ansøgninger om transport, og der er ikke pålagt afgifter for transport af sediment.</p>
<p><i>Fordele/Ulemper</i> <i>Fordel:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Kan transportere sedimentet over længere distancer til et landdepot, der ikke ligger i umiddelbar nærhed af vand. Det kan være nødvendigt at benytte lastbil til transport af tørt materiale, der ikke kan pumpes. <p><i>Ulempe:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Det er en ulempe, at man skal omlaste det oprensede sediment fra oprensningsfartøjet. Det kan derfor blive en dyr og besværlig løsning ved omlastning og transport af store mængder sediment.

10 Beskrivelse af bortskaffelsesmetoder

Metodevalg

Der er en række faktorer der er afgørende for valg af bortskaffelsesmetode. Forureningsgraden af sedimentet er afgørende for, hvilke miljømæssige krav der stilles til bortskaffelsen, mens sedimentets karakter er afgørende for hvilke metoder der er mulige at anvende. Samtidig kan der være andre interesser som f.eks. behov for opfyldningsmateriale, der kan have betydning for valget. Der udover kan lokale forhold udelukke en ellers teknisk god løsning.

Bortskaffelsesmetoderne kan generelt opdeles i 3 hovedgrupper :

1. Klapping i / på havbunden
 - klapping direkte på havbunden
 - klapping direkte på havbunden, men mellem undersøiske dæmninger
 - klapping i hul i havbunden
 - kontrolleret klapping
 - klapping med kapping (overdækning)
2. Deponering i kystzonen
 - spulefelter på land
 - landindvinding bag diger ved kysten
 - landindvinding ved kunstig ø
 - specialdepot i kystzonen, evt. som udvidelse af havneareal
3. Deponering på land
 - deponering på losseplads.

På de følgende sider er de nævnte bortskaffelsesmetoder nærmere beskrevet i skemaer. Informationen for udarbejdelse af skemaerne er indhentet gennem samtale med danske entreprenører, fra en spørgeskemaundersøgelse gennemført i efteråret 2000, og fra en række rapporter (Bernard WD, 1978; Dansk geoteknik, 1989; Nørgård H.; PIANC, 1986; PIANC, 1998; Statsadministrationen Frederikshavn, 1989), conferenceoplæg og fra egne erfaringer. Der er ikke opgivet kildehenvisning under de enkelte skemaer men relevant litteratur er opgivet i litteraturlisten og firmaer der har bidraget med information er listet i bilag 1.

Økonomi

Økonomien, der er beskrevet for de enkelte metoder, er vejledende overslagspriser der varierer meget afhængig af de lokale forhold. Specielt i de tilfælde, hvor der skal etableres egentlige konstruktioner, som for eksempel i forbindelse med spulefelter, specialdepoter og lossepladsdepoter. Priserne angiver niveauet for efteråret 2000.

Miljøpåvirkninger

For de enkelte bortskaffelsesmetoder er der beskrevet, hvilke miljøpåvirkninger der kan forventes fra deponeringen.

10.1 Klapning

Beskrivelse af metode

Klapning er bortskaffelse direkte på eller i hul i havbunden. Der skelnes mellem 3 typer klapning :

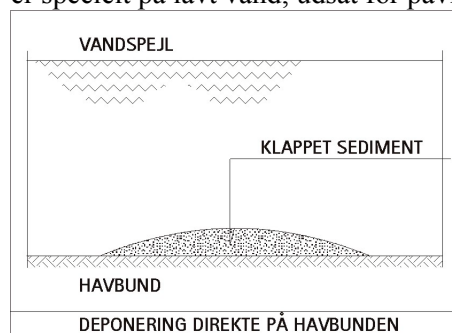
- klapning direkte på havbunden
- klapning direkte på havbunden, men mellem undersøiske dæmninger
- klapning i hul i havbunden.

Selve klapningen udføres normalt ved klapning fra en spilt- eller klappram, ved pumpning fra skib eller lukket pram, eller ved losning med gravemaskine. Hvis klapplassen ligger tæt på oprensingsstedet, kan klapningen udføres ved pumpning i rør. Ved store vanddybder eller stærk strøm, kan klapningen fordelagtigt foretages ved brug af rørledning, der føres helt ned til havbunden.

De 3 typer kan alle suppleres med kapning (overdækning) der er beskrevet nærmere i afsnittet om kapning.

Klapning direkte på havbunden

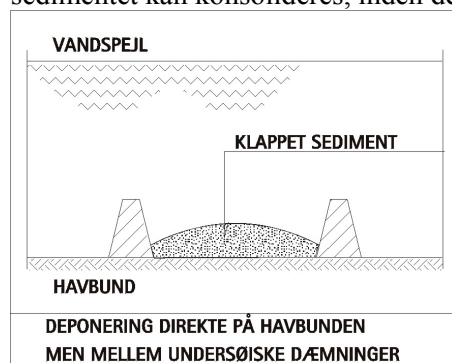
Ved klapning direkte på havbunden ligger sedimentet helt ubeskyttet. Sedimentet er specielt på lavt vand, udsat for påvirkninger fra strøm og bølger.



Klapning direkte på havbunden. Tegnet efter PIANC (1986)

Klapning direkte på havbunden, men mellem undersøiske dæmninger

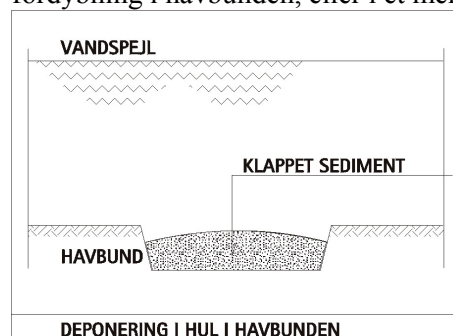
Ved klapning direkte på havbunden men mellem undersøiske dæmninger, startes klapningen ved etablering af dæmninger rundt om klappområdet. Dæmningerne beskytter sedimentet mod påvirkninger fra strøm og bølger og derved mindsker spredning af det klappede materiale. Arbejdet bør udføres i en stille periode, så sedimentet kan konsolideres, inden der optræder storme.



Klapning direkte på havbunden, men mellem undersøiske dæmninger. Tegnet efter PIANC (1986).

Klapning i hul i havbunden

Klapning i hul i havbunden kan enten udføres i et område med en naturlig fordybning i havbunden, eller i et menneskeskabt hul, f.eks. fra råstofudgravning.



Klapning i hul i havbunden. Tegnet efter PIANC (1986).

Drift af anlæg

Efter etableringen er der ingen egentlig drift af anlægget. Normalt foretager tilsynsmyndighederne (normalt amtet) dog miljøtilsyn og overvågning.

Forudsætninger for etablering

Forud for etableringen skal der foretages en række vurderinger med henblik på at vælge en egnet klappads. Dels skal der foretages en række miljømæssige/lovgivningsmæssige vurderinger. Men der skal også foretages en række tekniske vurderinger og undersøgelser. Som en del af de tekniske kriterier der vægtes ved valg af placering af klappads kan nævnes :

- økonomiske / tekniske årsager der gør, at pladsen med fordel kan placeres tæt på havnen. Flere mindre havne kan eventuelt anvende samme klappads.
- at klappadsen placeres på et sted, hvor sedimentet ikke naturligt ledes tilbage til oprensningsstedet eller til andre områder der kræver oprensning. Med fordel kan vælges et område, hvor der i forvejen forekommer naturlig sedimentation. Dette kan vurderes på baggrund af strømmålinger, jordbundsundersøgelser, modelberegninger mm.
- at sedimentet der skal klappes bør have en kornstørrelsesfordeling, indhold af organisk stof og massefylde, der minder om det materiale der forefindes på klappadsen.
- at klapning ikke bør udføres i områder med stærkt sætningsgivende aflejringer eller på undersøiske skrænter.

Miljøforhold

Ved klapning direkte på havbunden vil den fineste sediment fraktion normalt blive spredt over et større område. For at minimere spredningen af sediment i forbindelse med brug af rørledning, kan der etableres skørter e. lign på rørmundingen.

For klapning direkte på havbunden, men mellem undersøiske dæmninger, er den beskyttende læeffekt minimal i en afstand på ca. 10-20 gange dæmningernes højde. På lave vanddybder vil det være svært at vedligeholde dæmningerne pga. strøm- og bølgepåvirkninger.

For klapning i hul i havbunden vil spredningen af sediment være mindre end ved klapning imellem volde. Hvis hullet ikke fyldes helt op, er der mulighed for, at sedimentet vil blive dækket af naturlig sedimentation af det omkring liggende materiale.

Generelt gælder det for de 3 typer klapning, at udgravningen og klapningen bør

foretages, således at det mest forurenede sediment opgraves og klappes først, hvorefter det dækkes med mindre forurenede sediment.

Økonomi

Etableringsomkostninger

Klapning direkte på havbunden kan udføres for ca. 8–15 kr/m³. Prisen for klapning og indspuling i rørledning er stort set ens.

Klapning direkte på havbunden mellem dæmninger er forbundet med større omkostninger end klapning direkte på havbunden. Det er dog meget vanskeligt at prissætte dette generelt, da det er stærkt afhængigt af depotets størrelse og forholdene i øvrigt.

Klapning i hul i havbunden kan udføres for ca. 8-15 kr/m³, svarende til klapning direkte på havbunden.

Driftsomkostninger

Der er ingen driftsudgifter forbundet med klapning, bortset fra tilsynsmyndighedernes miljøtilsyn / overvågning.

Nødvendige ansøgninger

Der skal ansøges om tilladelse til at bruge en ny klappads hos amtsrådet.

Der skal ansøges om tilladelse til klapning hos amtsrådet.

Kystinspektoret skal vurdere, om der skal gennemføres en VVM-procedure for klappadsen.

Afgifter

Der er ikke lagt afgift på klapning af rent havnesediment

Fordele/Ulemper

Klapning direkte på havbunden

Fordel :

- Klapning direkte på havbunden er en teknisk nem løsning og økonomisk fordelagtig løsning.
- Med rolige strøm og bølgeforhold vil spredning af sediment være begrænset.

Ulempe :

- Med ugunstige strøm og bølge forhold kan der ske en relativ stor spredning af sedimentet efter klapningen.
- Anlægget kan beskadiges af storme.
- Det er svært at vurdere og kontrollere langtidspåvirkningerne af det omgivende miljø fra anlægget.
- Eventuelle forurenede stoffer kan frigives fra sedimentet til vandfasen.

Klapning direkte på havbunden mellem undersøiske dæmninger

Fordel :

- Dæmningerne giver en bedre beskyttelse mod spredning af sedimentet end hvis der klappes direkte på havbunden.

Ulempe :

- Løsningen er teknisk vanskelig og er økonomisk dyrere end direkte klapning.
- De undersøiske dæmninger kan være vanskelige at etablere, specielt på større vanddybder og de beskyttende dæmninger kan beskadiges af storme.
- Da den beskyttende læeffekt er minimal i en afstand på ca. 10-20 gange

dæmningernes højde, kan metoden kun anvendes til mindre anlæg.

Klapning i hul på havbunden

Fordel :

- Klapning i hul på havbunden er en teknisk nem og økonomisk billig løsning.
- Klapningen kan fjerne iltvindshuller fra havbunden
- Spredning af sedimentet er relativt lille.
- Der er mulighed for naturlig sedimentation (kapning) oven på sedimentet.

Ulempe :

- Det kan være svært at finde en naturlig fordybning/menneskeskabt fordybning i passende afstand fra oprensingsstedet.

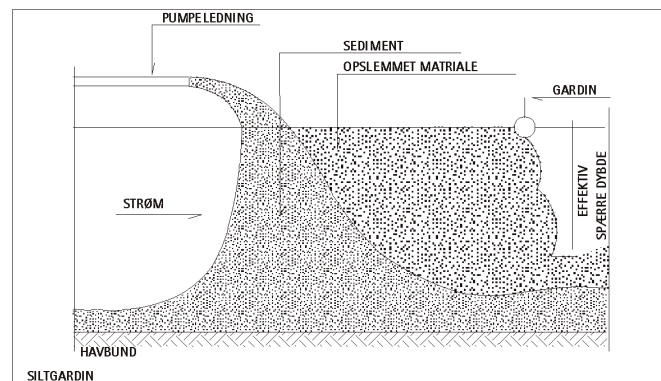
10.2 Kontrolleret klapning

Beskrivelse af metode

Ved kontrolleret klapning anvendes de førnævnte metoder til klapning. Klapningen foretages dog kontrolleret, så påvirkningen af miljøet mindskes. Dette kan gøres ved, at man reducerer spredningen af sedimentet ved hjælp af siltgardiner (spærremembran) eller ved beluftningsslanger.

Siltgardiner

Siltgardiner anvendes specielt til at mindske overfladenær spredning af det fineste materiale. Siltgardiner består af geotekstiler, der ophænges rundt om klapplassen. Siltgardinet holdes på plads med flydetanke i toppen og ballastkæder i bunden, samt trækkabler. Da hele klapplassen kan være omkranset af siltgardiner, skal der etableres en sektion, der kan åbnes, hvis der skal sejles ind til klapplassen.



Siltgardiner i forbindelse med klapning. Tegnet efter Barnard, W.D (1978)

Beluftningsslanger

Beluftningsslangen er fyldt med huller og under tryk sendes luft igennem slangen, hvorved der vil komme en mængde luftbobler, der søger op mod vandoverfladen. Herved mindskes massefylden i det beluftede område og sediment vil derved hurtigt synke mod bunden. Beluftningsslangerne kan udlægges rundt om deponeringspladsen. Når et fartøj skal sejle ind i området slukkes for lufttrykket, hvorved det kan sejle uhindret ind. Metoden bruges meget sjældent.

Drift af anlæg

Som ved klapning. Håndtering af siltgardinerne er meget vanskelig og mandskabskrævende.

Forudsætninger for etablering

Metoden anvendes, hvis der er risiko for stor spredning af sediment eller hvis der generelt er krav om at minimere spredningen.

Miljøforhold

Metoden giver en væsentlig reduktion i spredning af sediment.

Økonomi

Etableringsomkostninger

Omkostningerne afhænger meget af de aktuelle forhold, men metoden er generelt dyr.

Driftsomkostninger

Som beskrevet ved klapning.

Nødvendige ansøgninger
Som beskrevet ved klapping.

Afgifter
Som beskrevet ved klapping.

Fordele/Ulemper

Fordel :

- Ved kontrolleret klapping opnås en væsentlig reduktion i spredning af det fineste sediment.

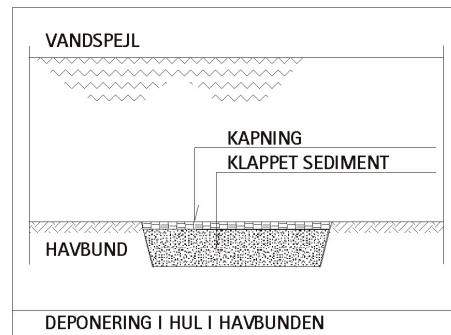
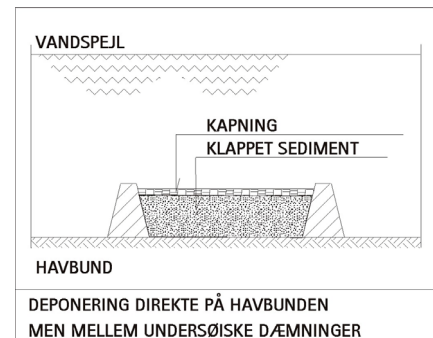
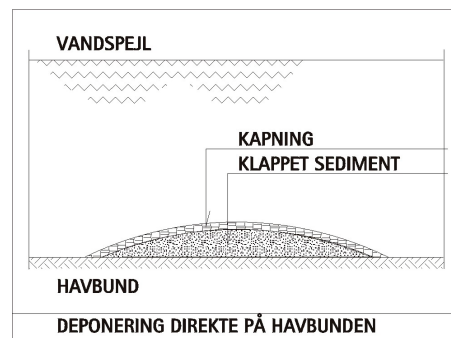
Ulempe :

- Metoden er ikke velegnet i på store vanddybder eller i områder med meget strøm.
- Metoden er vanskelig at håndtere og er dyr.

10.3 Kapning

Beskrivelse af metode

Kapning anvendes til overdækning af klappladser, specielt hvis der er tale om forurenede materiale på klappladser. Kapningen udføres med et rent fyldmateriale og udføres med præcisionsudstyr for at sikre, at hele klappladser er dækket med rent fyldmateriale i den ønskede tykkelse. Tykkelsen varierer afhængigt af de lokale strømforhold mm. Metoden anvendes sjældent og vil normalt kun blive valgt for svagt forurenede sediment.



Kapning med kapning. Tegnet efter PIANC (1986).

Drift af anlæg

Udover miljøtilsyn/overvågning er der ingen drift af anlægget

Forudsætninger for etablering

For at bibeholde den ønskede effekt af kapningen, skal fyldmaterialet have en kornstørrelsesfordeling og massefylde, der svarer til det materiale, der skal overdækkes. Derudover skal klappladser være beliggende i et område, hvor der ikke optræder bølge- og vindforhold, der kan ødelægge kapningen.

Kapningen skal være så tyk, at der ikke er risiko for at gravende dyr, stormvejr eller skruevand ødelægger kapningen og åbner mulighed for udsivning.

Hvis det klappede sediment er sætningsfølsomt, skal kapningen udføres så langsomt, at det kan blive jævnt fordelt på pladsen. Dette gøres for ikke at få lokale store belastninger af sedimentet, så der kan forekomme brud i sedimentet med følgende ødelægges af kapningen.

Miljøforhold

Kapningen giver en god indkapsling af forurenede sediment, hvorved spredning af forureningen mindskes. Det er svært at føre tilsyn med om kapningen er intakt, samt at vurdere om der sker udsivning.

Økonomi

Etableringsomkostninger

Kapningen kan udføres for ca. 60-80 kr/m² overdækket areal. Sammenholdt med udgiften for klappning afhænger prisen pr. m³ klappet sediment meget af klapppladsens udformning (tykkelse og udstækning).

Driftsomkostninger

Der er ingen driftsudgifter forbundet med kapning, bortset fra tilsynsmyndighedernes miljøtilsyn/overvågning. Der kan blive stillet krav om overvågning i en længere periode.

Nødvendige ansøgninger

Amtsrådet skal ansøges om tilladelse til at tage en ny kapplads i brug.
Amtsrådet ansøges om tilladelse til kapningen
Kystinspektoret skal vurdere, om der skal gennemføres en VVM-procedure.

Afgifter

Kapning af havbundsmateriale på klapppladser er ikke forbundet med nogen afgifter

Fordele/Ulemper

Fordel :

- Kapning er en teknisk og økonomisk overkommelig metode til minimering af spredning af forurenede sediment.

Ulempe :

- Kaplaget kan beskadiges af storme og der er risiko for at bunddyr kan perforere kapningen.
- Metoden er ikke så sikker til deponering af forurenede sediment som deponering i spulefeltet og lossepladsdepoter.

10.4 Spulefelt

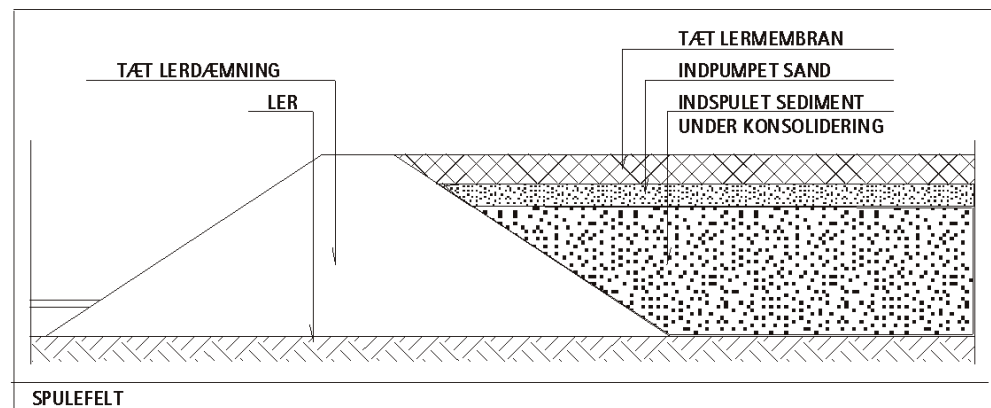
Beskrivelse af metode

Spulefelter kan inddeles efter 3 hovedprincipper :

1. Spulefelt på land
2. Landvinding bag diger ved kysten
3. Landvinding ved kunstig ø

Spulefelt på land

Ved etablering af et spulefelt på land omkranses området med dæmninger, hvorved der dannes et depot. Havnesedimentet pumpes ind i depotet og afvandes ved gravitation. Overskudsvandet opsamles og udledes til recipient.



Princip i spulefelt. Tegnet efter Dansk Geoteknik A/S (1989).

Landvinding bag diger ved kysten

Ved landvinding bag diger ved kysten, etableres der diger ude i vandet. Efter etableringen kan depotområdet bag digerne tømmes helt eller delvis for vand. Den efterfølgende deponering foregår ved indpumpning af sedimentet. Indpumpningen kan fortsættes til over kote nul, hvorved man får gavn af en landvinding. Metoden er specielt velegnet i lavvandede områder, da udgifterne til etablering af digerne vokser voldsomt med vanddybden.

Kunstig ø bag diger ved hav/fjord

Den kunstige ø etableres ved omkransning af et område med diger med top over havoverfladen. Herefter foretages deponeringen ved indpumpning af sediment. Metoden kræver, specielt på store vanddybder, meget store diger og der opnås derfor normalt ikke et stort depotvolumen. Metoden kan være nyttig, hvis man af andre årsager har behov for en kunstig ø og sedimentet er af en sådan karakter at det kan benyttes til det aktuelle behov.

Ved spulefelter på land og ved landvinding bag diger skal det sikres, at der ikke sker forurening af grundvand, i områder der har betydning for vandindvindingsinteresser. Med fordel kan depoterne etableres i områder, hvor der er tætte lerforekomster, der kan sikre mod nedsivning af forurenende stoffer. De omkransede volde / diger bør ligeledes udføres med ler, således at udsivningen mindskes. I nogle tilfælde kan det være nødvendigt at etablere en bundmembran og et drænsystem til opsamling af forurenende vand. Normalt vil man vælge at inddele spulefeltet i mindre spulefelter, da disse er lettere at håndtere.

Da deponeringen foretages ved pumpning, vil der være en stor mængde af overskudsvand i spulefeltet. Dette overskudsvand skal ledes tilbage til recipienten. Overskudsvandet må først ledes tilbage til recipienten, når de fineste partikler er bundfældet, da denne fraktion normalt indeholder størstedelen af de forurenede stoffer. Den opholdstid, der er nødvendig for at opnå tilstrækkelig sedimentation, er afhængig af sedimentets og forureningens karakter. Normalt vil der være tale om opholdstider på mellem 1 og 7 døgn.

Der kan være en del lugtgener forbundet med deponeringen. Under deponeringen bør der derfor konstant være ca. 1 m vand over sedimentet. Efter endt deponering skal spulefeltet overdækkes med rene materialer. Overdækningen skal udføres således, at der ikke er risiko for grundbrud i det normalt meget bløde sediment. I forbindelse med overdækningen kan det indpumpede fyld eventuelt være dækket med vand, hvorved belastningen på sedimentet mindskes.

Når spulefeltet er så konsolideret, at der er opnået en tilstrækkelig styrke, etableres en tæt (ler)membran ovenpå. Membranen udføres med fald mod spulefeltets sider for at aflede overfladevand og derved mindske udvaskningen af eventuel forurening.

Afsluttende kan spulefeltet overdækkes med en topografi og beplantning e.lign, der svarer til den fremtidige anvendelse af området. Området kan f.eks. anvendes til rekreativt område, men anvendelse til bebyggelse o.lign. vil være begrænset p.g.a. dårlig bæreevne i sedimentet.

Drift af anlæg

Etableringen omfatter den afsluttende overdækning med indpumpning af rent fyld, lermembran og eventuelt yderlige jord for at opnå en bestemt topografi.

Den største driftsomkostning er håndteringen af overskudsvandet. Afledning af overskudsvand skal kontrolleres løbende. Hvis kontrollen viser, at afledningskravet selv efter lang opholdstid ikke kan overholdes, kan der etableres sedimentationsbassiner med plads til at overskudsvandet kan få den fornødne opholdstid. Ved stærkt forurenede sediment kan det vise sig nødvendig at etablere og drive et egentligt drænsystem med rensning, svarende til hvad man kender fra lossepladser.

Forudsætninger for etablering

Ved alle typer gælder at spulefeltet skal være placeret ved kysten, således at sedimentet kan pumpes ind i området. Der bør ikke være vandindvindingsinteresser i området. Det er ikke realistisk at anvende metoden i områder med store vanddybder.

Miljøforhold

Der kan forekomme spild i forbindelse med indpumpningen. Udsivning fra spulefeltet minimeres ved bundmembran enten naturlig eller udlagt. Partikel størrelsen af det udsivende materiale er afhængig af opbygningen af digerne. Eventuelle tungmetaller der ikke er bundet til sedimentet vil blive bundet til leret og der vil derfor ikke forekomme udsivning af tungmetaller, Dansk Geoteknik (1989). Overskudsvandet skal kontrolleres og kan eventuelt renses.

Økonomi

Etableringsomkostninger

Indpumpning til spulefelt kan udføres for ca. 8-15 kr/m³. Etablering koster ca. 10 kr/m³, men kan ved særlig vanskelige forhold kan blive 30-50 kr/m³.

Driftsomkostninger

Driften kan normalt udføres for ca. 2-5 kr/m³.

Nødvendige ansøgninger

Amtsrådet skal :

- ansøges om en miljøgodkendelse til etablering af et spulefelt.
- meddele tilladelse til udledning af procesvand direkte til recipient.
- vurdere om der skal gennemføres en VVM-procedure
- Hvis depotet etableres som en udvidelse på søterritoriet, skal kystinspektoret meddele tilladelse hertil.

Hvis havneslammet skal afleveres til et spulefelt som er godkendt, skal der ikke ansøges om godkendelse hos en miljømyndighed. I godkendelsen af et spulefelt vil der ofte være vilkår, med angivelse af hvilke forurenede stoffer der kan accepteres i det materiale, der skal deponeres.

Afgifter

Der skal betales afgift til amtet for godkendelse og tilsyn med anlægget.

Der skal ikke betales statsafgift af havbundsmateriale som deponeres i et spulefelt. Hvis der udledes overskudsvand direkte til recipient, skal Told og Skat afgøre om der skal betales afgift. Hvis overskudsvandet ledes til eksisterende afløbssystem, afgør kommunen afledningstilladelsen.

Fordele/Ulemper

Fordel :

- Efter deponeringen er afsluttet, kan spulefelterne anvendes til andre formål.
- Ved etablering med bundmembran er spredningen af forurening begrænset.

Ulempe :

- Der kan optræde lugtgener.
- I de kystnære områder er ofte følsomme plante og dyreliv og der kan være risiko for forurening af grundvandet.
- I forbindelse med storme er kan digerne blive beskadiget.
- Metoden er forbundet med driftsudgifter

10.5 Specialdepot i kystzonen, evt. som udvidelse af havneareal

<p><i>Beskrivelse af metode</i></p> <p>Specialdepoter i kystzonen kan benyttes, hvis man skal have etableret et nyt havneområde. Arbejdet udføres ved at etablere en tæt spunsvæg eller et dige/dæmning omkring det område hvori der ønskes deponeret. Hvis forholdene tillader det, kan der anvendes en tæt membran. Sedimentet kan enten pumpes eller losses med gravemaskine ind i depotet.</p> <p>Ved anvendelse af dige/dæmning skal opbygningen vælges således, at udsivning af materiale minimeres. Dette gøres ved at stille krav om opfyldelse af filterkriterier.</p> <p>Depotet skal overdækkes med rent fyld og der skal etableres overfladeafvandning for at reducere nedsivning gennem sedimentet og dermed reducere risiko for udvaskning.</p>
<p><i>Drift af anlæg</i></p> <p>Når depotet er etableret, er der, bortset fra miljø tilsyn og overvågning, ingen egentlige driftsomkostninger. Hvis der deponeres stærkt sætningsgivende slam, kan der være tale om løbende supplering med tilfyldningsmateriale.</p>
<p><i>Forudsætninger for etablering</i></p> <p>Metoden vil være specielt egnet, hvis der er tale om sandholdigt sediment, da dette er velegnet som fyld i arealer, der senere skal anvendes til havneaktiviteter.</p>
<p><i>Miljøforhold</i></p> <p>Udsivningen gennem spunsvæggen vil være tilnærmelsesvis nul og kortvarig, da eventuelle utætheder i spunsvæggen vil blive lukket til af sediment. Udsivningen vil reduceres yderligere, hvis der opretholdes samme vandstand på begge sider af spunsvæggen. Udsivningen vil normalt kun omfatte lerfraktionen.</p> <p>Ved etablering af dige/dæmning er overholdelse af filterkriteriet altafgørende for udsivningen. Der kan eventuelt suppleres med en lermembran e.lign på indersiden af depotet.</p>
<p><i>Økonomi</i></p> <p><i>Etableringsomkostninger</i></p> <p>Udgifter til etablering af spunsvæg eller dige/dæmning er stærkt afhængige af bl.a. jordbundsforhold og vanddybde. Prisen vil normalt ligge i størrelsesordenen kr. 10.000 - 40.000,- pr. løbende meter spunsvæg. Prisen for dige/dæmning afhænger af, hvilke materialer der skal anvendes til overholdelse af filterkriteriet, men metoden er ikke nødvendigvis billigere end en spunsvæg.</p> <p>Ved opfyldning med indpumpet sediment er udgifterne ca. 8-15 kr/m³. Hvis sedimentet sejles til på pramme og skal losses med gravemaskine er udgifterne ca. 20-30 kr/m³.</p> <p>Prisen for afdækning med rent sand er meget afhængigt af mængden</p> <p><i>Driftsomkostninger</i></p> <p>Der er driftsomkostninger i forbindelse med overvågningen af bl.a. perkolatet.</p>
<p><i>Nødvendige ansøgninger</i></p> <p>Amtsrådet skal :</p> <ul style="list-style-type: none">• ansøges om en miljøgodkendelse til etablering af et specialdepot.• meddele tilladelse til udledning af procesvand direkte til recipient

- vurdere om der skal gennemføres en VVM-procedure
 - Hvis depotet etableres som en udvidelse på søterritoriet, skal kystinspektoret meddele tilladelse hertil.
- Hvis der afledes vand til det kommunale afløbssystem, skal kommunen meddele en tilslutningstilladelse.

Afgifter

Der skal betales en årlig afgift til amtet for godkendelse og tilsyn af anlægget. Der skal ikke betales statsafgift af havbundsmateriale som deponeres i et specialdepot, hvis der kun deponeres havbundsmateriale i depotet. Hvis der udledes overskudsvand direkte til recipient, skal Told og Skat afgøre, om der skal betales afgift. Ved miljøgodkendelse og tilsyn med et depot kræves brugerbetaling.

Fordele/Ulemper

Fordel :

- Hvis sedimentet stammer fra oprensning/udbygning i samme havn, som depotet er planlagt i, vil transportafstanden til depotet være lille.
- Efter deponeringen kan depotet gøre gavn i forbindelse med udvidelse af havne e.lign.
- Det er muligt at kontrollere udsivning af forurening.
- Ved anvendelse af spunsvæg kan depotet anvendes som kaj anlæg.

Ulempe :

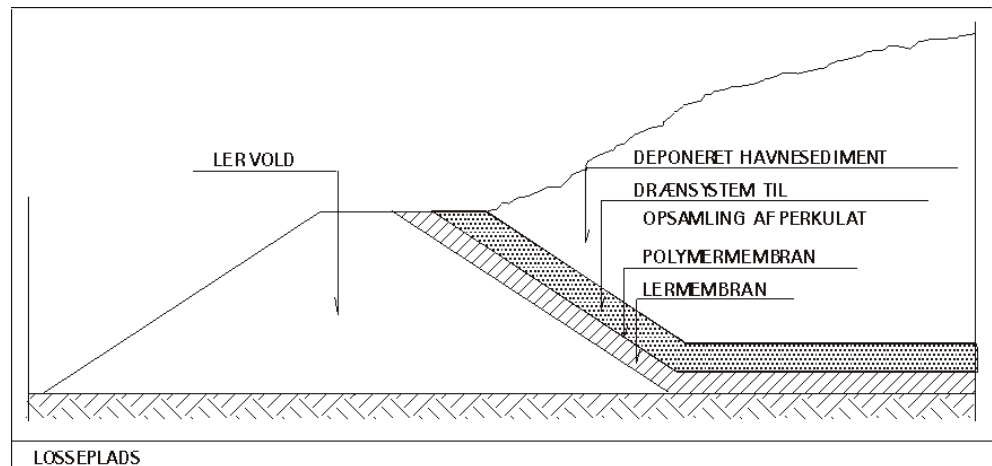
- Ved etablering af dige/dæmning går der en del depotvolumen tabt i selve konstruktionen.

10.6 Deponering på losseplads

Beskrivelse af metode

Ved deponering på losseplads skal der etableres et traditionelt affaldsdepot eller der kan deponeres i et eksisterende egnet affaldsdepot. Depotet skal etableres med tæt bundmembran, samt et drænsystem til opsamling af forurenat vand fra depotet. Der vil være krav om en dobbelt membran, hvor der skal suppleres med en plastmembran af polymer.

Det opsamlede drænvand skal ledes til renseanlæg.



Princip i deponering på losseplads

Deponeringen skal foretages ved aflæsning fra lastbiler. Det er nødvendigt, at sedimentet er så stabilt, at det kan deponeres som traditionelt affald. Umiddelbart efter oprensning vil sedimentet normalt være meget vandholdigt og uegnet til deponering på losseplads. Sedimentet kan derfor med fordel mellemdenoneres i et tørrefelt inden deponering på losseplads. Tørrefelterne udformes med dæmninger omkring depotet. I bunden af depotet etableres et drænsystem og et 0,5 á 1,0 m tykt lag af grovkornet sand. Samtidig etableres et system til rensning og afledning af overskudsvand. I løbet af ca. 6 måneder er sedimentet tørt nok til at det kan deponeres på losseplads.

Drift af anlæg

Driften af anlægget svarer til drift af en almindelig losseplads. Dette indebærer håndtering/indbygning af sedimentet, afledning og rensning af perkolat, afslutning med slutafdækning og retablering af depotet.

Forudsætninger for etablering

Det er nødvendigt, at sedimentet er stabilt nok til deponering. Depotet skal være placeret tæt ved kysten, så transporten afstanden minimeres.

Miljøforhold

Metoden er meget miljøvenlig, da det er muligt at kontrollere udsivning og at oprense det opsamlede vand.

Økonomi

Etableringsomkostninger

Etablering af et lossepladsdepot kan udføres for ca. 250 – 350 kr/m² depot.

Driftsomkostninger

Den samlede udgift til deponering indeholdende, etablering af depotet, håndtering, rensning af perkolat og slutafdækning, er ca. 175–225 kr/tons sediment.

Såfremt der bliver stillet krav om separat rensning af perkolatet, skal der tillægges yderligere ca. 50 kr/tons.

Nødvendige ansøgninger

Amtsrådet skal :

- ansøges om en miljøgodkendelse til etablering af et depot.
- meddele tilladelse til udledning af vand direkte til recipient.
- vurdere om der skal gennemføres en VVM-procedure, inden anlægget kan miljøgodkendes.

Hvis der afledes vand til det kommunale afløbssystem, skal kommunen meddele en tilslutningstilladelse.

Hvis havneslammet skal afleveres til et depot som er godkendt, skal der ikke ansøges om godkendelse hos en miljømyndighed.

Afgifter

Der skal betales afgift til amtet for godkendelse og tilsyn med anlægget.

Hvis der modtages flere forskellige typer affald på depotet, skal der betales en deponeringsafgift til staten på 375 kr/ton. Told og Skat eller kommunen skal afgøre, om der skal betales afgift.

Fordele/Ulemper

Fordele :

- Udsivning af forureningen vil være minimal og det er muligt at overvåge og kontrollere en eventuel udsivning.
- Hvis sedimentet er tørret, er det muligt at deponere i højden og derved få et stort depotvolumen på et lille areal.
- Depotet kan efterfølgende anvendes til f. eks. rekreativt område.
-

Ulempe :

- Metoden er teknisk vanskeligere end de øvrige deponeringsmetoder og vil normalt kræve en mellemdeponering eller tørring/behandling på anden vis.
- Det er en dyr form for deponering.

11 Beskrivelse af udviklingsbehov

Udviklingen i metoder til håndtering af havnesediment har tidligere i væsentlig grad været styret af konkrete opgavers fysiske rammer og krav, samt ønsket om at være økonomisk konkurrencedygtige. Inden for det sidste årti er kravene om en miljørigtig håndtering kommet til. Det må forventes, at udviklingen rettet mod at opfylde stadigt strengere miljøkrav, vil være den dominerende udviklingsfaktor i den nærmeste fremtid.

Som det fremgår af materialet, eksisterer en bred vifte af metoder for at håndtere havnesediment miljørigtigt, men disse bliver ikke udnyttet i fuldt omfang i dag. Det er hovedsageligt på grund af den nuværende praksis, som blandt andet skyldes, at det er relativt omkostningskrævende for havnene at benytte de miljøvenlige metoder og deponeringsanlæg.

Der findes en række konkrete problemstillinger i forbindelse med håndtering af havnesediment, som med fordel kan undersøges eller kortlægges af hensyn til miljøet, havnenes økonomi og entreprenørernes mulighed for at investere i miljørigtigt udstyr.

Felter, der i første række trænger sig på som indsatsområder, omkring opfyldelsen af strengere miljøkrav er:

Udstyr til oprensning af sediment

Kortlægning af udstyr som er specielt velegnet til optagning af små mængder sediment ud fra en teknisk økonomisk vurdering

Vurdering af både korttids- og langtidseffekt på miljøet fra nye anlæg

Mulighed for etablering af centrale depoter for forurenede havnesediment

- Ejerforhold, driftsforhold, økonomi
- Placering, antal

Indretning af centrale depoter

- Depotyper – til sediment med forskellige forureningsgrader
- Vurdering af diffusionskonstanter for relevante stoffer for forskellige membraner
- Godkendelse af depot, herunder krav til materiale som modtages
- Kontrolprocedurer for depoterens tæthed

Udvikling af koncept for integreret tørre- afvandingsenhed med tilhørende depot

11.1 Udstyr til oprensning af små mængder sediment

Problem

Det er relativt dyrt at oprense mindre mængder sediment. Der findes udstyr, som er udviklet specielt til oprensning af mindre mængder sediment. Dette udstyr anvendes primært i udlandet men benyttes dog også i et vist omfang i Danmark til oprensning af søer og vandhuller. Da der i denne rapport er lagt vægt på at beskrive de teknikker der i dag anvendes af danske entreprenører til oprensning og bortskaffelse af havnesediment, er dette udstyr ikke beskrevet nærmere end hvad der er angivet i afsnit 6.5. Det bør dog undersøges om dette udstyr også med fordel kan anvendes til oprensning af havnesediment.

Udvikling

Det bør kortlægges hvilket udstyr der findes andet end det der primært benyttes i dag, til oprensning af mindre mængder sediment både på det danske og det internationale marked, som er billigt at mobilisere, og som kan beskytte miljøet på en tilfredsstillende måde under oprensningen.

Mål

At anbefale typer af udstyr, som fungerer mest hensigtsmæssigt ud fra en teknisk, økonomisk og miljømæssig vurdering.

11.2 Etablering af centrale depoter

Problem

Praksis hos miljømyndighederne peger i retning af krav om bortskaffelse af forurenede havnesediment i tætte kontrollerede depoter. Med mange små og forskellige deponeringsanlæg vil der være forskel på krav til bortskaffelse på grund af lokale forhold, og der vil være forskel på miljøpåvirkningerne fra de forskellige anlæg. Samtidig er der stor forskel på, hvilke former for materiel entreprenørerne har behov for.

Udvikling

Ved at etablere større centrale deponeringsanlæg, vil det være nemmere at overskue eventuelle miljøpåvirkninger fra deponeringen, og det vil være en mindre økonomisk belastning for mindre havne, at være med i et større samarbejde.

Det skal undersøges, om havnene er interesserede i centrale depoter. Der skal fastlægges, hvem der skal finansiere disse, og der skal anslås hvad brugerbetalingen vil være, inden havnene spørges. Det skal afklares, hvem der skal være driftsherre for depoterne, og efter hvilke retningslinier disse depoter skal godkendes.

Ud fra en vurdering af, hvilke behov der er i forskellige typer depoter i forskellige områder i Danmark, skal der udarbejdes et forslag til hvor, og hvor mange depoter, der skal etableres, samt hvilke type depoter der skal etableres.

Mål

Der udarbejdes en handlingsplan for etablering af et antal centrale depoter

11.3 Indretning af centrale depoter

Problem

Hvis der skal etableres store centrale depoter, er det vigtigt at kunne beregne, hvor stor udsivning/spredning af sediment der forekommer fra de forskellige typer af deponeringsanlæg, og det skal fastlægges, hvordan depoternes egenkontrol kan iværksættes.

Udvikling

Ved at etablere større centrale deponeringsanlæg vil det være nemmere at overskue eventuelle miljøpåvirkninger fra deponeringen.

For at kunne vælge de mest egnede deponeringsanlæg, bør der udføres målinger ved eksisterende anlæg, samt udføres modelberegninger til vurdering af udsivning fra de forskellige typer både for så vidt angår korttids og langtidseffekter. Sammen med disse undersøgelser skal det vurderes, hvilke muligheder der er for at mindske udsivningen fra depoterne. Dette kan for eksempel være :

- en vurdering af forskellige membrantyper og udvikling af metoder til udlægning/etablering af membraner under vanskelige forhold.
- en undersøgelse af de forskellige membrantypers diffusionskonstanter over for relevante stoffer
- en vurdering af forbedrede rensningsmetoder af overskudsvand fra spulefelter
- en vurdering af nye metoder til overvågning af deponeringsanlæg

Mål

At opnå en mere præcis vurdering af miljøpåvirkningen fra forskellige typer deponeringsanlæg. Dermed får miljømyndighederne et bedre grundlag, der kan benyttes når der skal stilles krav til bortskaffelse og egenkontrol. Samtidig giver det et bedre grundlag for en vurdering af, hvilken type anlæg, der giver anledning til en acceptabel udsivning for sediment med forskellige forureningsgrader.

En langsigtet planlægning vil give entreprenørerne bedre forudsætninger for at foretage nye investeringer i materiel.

11.4 Udvikling af koncept for tørre og afvandingsdepoter.

Problem

Den sikreste deponering af forurenede sediment er i lukkede depoter med membraner og opsamling af perkolat. Havnesedimentet er normalt ikke egnet til deponering uden en forgående behandling i form af tørring eller anden form for stabilisering.

Udvikling

Der bør gennemføres forsøg med forskellige muligheder for tørring, samt forsøg med tilsætning af andre materialer, der kan stabilisere havnesedimentet. Det bør også undersøges, om det er muligt at etablere et anlæg, der kan kombinere tørringen og deponeringen, uden det bliver nødvendigt med en lang transport af det afvandede havnesediment.

Mål

Der bør findes en økonomisk forsvarlig metode til afvanding/stabilisering af havnesediment, så det kan deponeres i kontrollerede depoter.

12 Litteratur

Barnard, W.D. (1978). Prediction and control of dredged material dispersion around dredging and open-water pipeline disposal operations. Technical Report DS-78.13, Aug. 1978. US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.

Biener, E.; Sasse, T og Arnold, J. (1999). New treatment of harbour sludge in Bremen and Bremerhaven. 12th International Harbour Congress. September 15-17, 1999. Antwerpen. Edited by De Schutter, G.

CEDA, Central Dredging Association (Oktober 2000). www.dredging.org

Dansk Geoteknik A/S (1989). Notat om deponeringsmetoder. Afsnit 12. Dansk Vandbygningsteknisk Selskab. Havnesediment – Seminar i Ebeltoft, 17. maj 1989.

Dansk Hydraulisk Institut (1989). Aftapningsmetoden. Afsnit 14. Dansk Vandbygningsteknisk Selskab. Havnesediment – Seminar i Ebeltoft, 17. maj 1989.

Ellicott International (2000). www.ellicott.com

Erikson, G (November 2000), NCC Danmark: Personlig kommunikation.

Ferdinandy, M; Weenk, A; Rienks, J. og Groen, K. (1999) Treatment of contaminated sediments: Assessment of environmental effects. 12th International Harbour Congress. September 15-17, 1999. Antwerpen. Edited by De Schutter, G.

Gullbring, P.; Hammar, T.; Helgée, A.; Troedsson, B.; Hansson, K.; Hansson, F. (August 1998); Remediation of PCB-contaminated Sediments in Lake Järnsjön: Investigations, Considerations and Remedial Actions.

Hartmann, L.W. (Oktober 2000). NCC Danmark: Miljørigtig oprensning af forurenede havnesedimenter. Foredrag til Havnekonferencen Dynamic Ports 2000.

IADC, International Association of Dredging Companies (Oktober 2000). www.iadc-dredging.com

MAGIS, Marine Sand and Gravel Information Service (2000). www.sandandgravel.com

Martin, J. (November 2000), Per Aarsleff A/S. Personlig kommunikation.

Miljøstyrelsen, 2000, Projektpakke om forurenede sedimenter, Keld Jørgensen

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Oktober 2000). www.waterland.net

Mollema, P. (1997). Management of dredged material at the Port of Rotterdam. Copenhagen Waste and Water 97. Conference proceeding.

Mossmann, S. og van Mill, G. (1999). Optimising and modelling of flotation techniques for remediation of contaminated sediments. 12th International Harbour Congress. September 15-17, 1999. Antwerpen. Edited by De Schutter, G

Nielsen, R. (1989): Entreprenørsynspunkter på håndtering. Afsnit 8. Dansk Vandbygningsteknisk Selskab. Havnesediment – Seminar i Ebeltoft, 17. maj 1989.

Nørgård H., Clausen E.: Solutions to environmental problems concerning maintenance dredging.

PIANC (1977). Final report of the International Commission for the study of environmental effects of dredging and disposal of dredged materials. Annex to bulletin No 27. Vol. II, 1977.

PIANC (1986). Disposal of Dredged Material at Sea. Report of a working group of the Permanent Technical Committee II, PIANC, Supplement to Bulletin No. 52, 1986.

PIANC (1998). Management of aquatic disposal of dredged material, Report of Working Group I.

PIANC-AIPCN (1996). Handling and Treatment of Contaminated Dredged Material from Ports and Inland Waterways "CDM". Volume 1. Report of a working group No. 17 of the Permanent Technical Committee I, Supplement to Bulletin No. 89, 1996.

PIANC-AIPCN (1997). Dredged material management guide. Special Report of the Permanent Environmental Commission. Supplement to Bulletin no. 96, 1997.

PIANC-AIPCN, International Navigation Association (2000), www.pianc-aipcn.org

Prøpping, K. (1997). Management of dredged material at the Port of Rotterdam. Copenhagen Waste and Water 97. Conference proceeding.

Skalshøj, J. (November 2000), Per Aarsleff A/S. Personlig kommunikation.

Statshavnsadministrationen Frederikshavn (1989) Bortskaffelse af havneslam. Udredningsrapport. Rapport udarbejdet af RAMBØLL & Hannemann; COWIconsult og Carl Bro Gruppen as.

Solhaug, K.P. (December 2000). NCC Anlæg A/S Norge. Personlig kommunikation.

United States Environmental Protection Agency (2000). www.epa.gov

van Raalte, G.H. (1997). Management of dredged material at the Port of Rotterdam. Copenhagen Waste and Water 97. Conference proceeding.

van Veen, W.W og Cuperus, J.C. (1999). Prediction of contaminant behaviour during the treatment of contaminated sediment. 12th International Harbour Congress. September 15-17, 1999. Antwerpen. Edited by De Schutter, G.

van't Hoff, J. and Pepels, A.H.M. og van der Meulen, P.A. (1999). Sand separation of heavily contaminated (class 4) dredged material; Results of a large scale test programme in Rotterdam, 12th International Harbour Congress. September 15-17, 1999. Antwerpen. Edited by De Schutter, G.

Øresund Link Dredging & Reclamation Conference (1999). Editet af Iversen og Mogensen. København, Danmark, 26-28 Maj 1999.

Lovmateriale

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse, nr. 698 af 22. september 1998

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse af lov om råstoffer, nr. 569 af 30. juni 1997

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse om ansøgning om efterforskning og indvinding af råstoffer af råstoffer fra havbunden samt indberetning om indvundne råstoffer, nr. 1167 af 16. december 1996

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse om brugerbetaling for godkendelse og tilsyn efter miljøbeskyttelsesloven, nr. 965 af 16. december 1998

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse om dumpning af oprenset havbundsmateriale, nr. 975 af 19. december 1986

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed, nr. 107 af 1. februar 2000

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4, nr. 501 af 21. juni 1999.

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse om supplerende regler i medfør af lov om planlægning, nr. 428 af 4. juni 1999

Miljø- og energiministeriet, Lov om beskyttelse af havmiljøet, nr. 476 af 30. juni 1993

Miljø- og energiministeriet, Lov om planlægning, nr. 368 af 2. juni 1999

Skatteministeriet, Bekendtgørelse af lov om afgift af affald og råstoffer, nr. 570 af 3. august 1998

Skatteministeriet, lov om afgift af spildevand, nr 636 af 21. oktober 1998

Trafikministeriet, Bekendtgørelse om henlæggelse af opgaver til Kystinspektoret og om kundgørelse af ordensreglementer for havne, nr. 1051 af 16. december 1999

Trafikministeriet, Bekendtgørelse om miljømæssig vurdering af anlæg på søterritoriet (VVM), nr. 128 af 11. marts 1999

Bilag 1

12.1 Liste over entreprenører

I forbindelse med udarbejdelse af nærværende rapport, blev der rettet henvendelse til danske branche- og interesseorganisationer samt Erhvervsfremmestyrelsen for at få en liste over entreprenører, som udbyder ydelser indenfor oprensning, transport eller bortskaffelse af sediment. Ingen af de adspurgte havde en sådan liste.

Da der ikke findes et register, der angiver samtlige udbydere af oprensningsopgaver i Danmark, blev der fremsendt spørgeskemaer til firmaer opført på Skov- og Naturstyrelsens liste over ral- og sandslugere med tilladelse til indvinding, samt firmaer der stod opført i enten telefonbogen eller under umiddelbart tilgængelige internetadresser. Udvalgte danske havneadministrationer blev kontaktet for at få oplysninger om, hvilke entreprenører der havde arbejdet med oprensning i de respektive havne.

Spørgeskemaerne er sendt frem til 45 entreprenører, og 15 af disse har returneret skemaet.

I dette bilag findes en liste over de udbydere, der har returneret det pågældende spørgeskema i udfyldt stand, og som er aktuelle udbydere af oprensningsopgaver.

På grund af denne fremgangsmåde har det ikke været muligt at sikre, at alle udbydere af ydelser omkring oprensning af sediment er blevet kontaktet, og derfor kan listen i dette bilag ikke betragtes som en komplet liste over danske udbydere.

Oprensning af havneslam

Udbyder	Oprensnings metode	Kapacitet	Deponering
Rohde Nielsen A/S Nyhavn 20 1051 København K Tlf: 33912507	Oprensning med striksuger og slæbesuger, spandkædemaskine eller hydraulisk gravemaskine monteret med skovl.	Ingen kapacitetsbegrænsninger.	Klapping Kontrolleret klapping Spulefelt Kapning Genanvendelse til vands Genanvendelse til lands Deponering på land
Per Aarsleff A/S Lokesvej 15 8230 Åbyhøj Tlf: 97442222	Oprensning med hydraulisk gravemaskine (40-45 t) fra skib eller gravemaskine (75 t) fra flåde med støtteben (semijack-up).	Gravemaskine på skib: 200-300 m ³ /t Gravemaskine på flåde med støtteben (semijack-up): 300-600 m ³ /t. Begge afhængig af pramkapacitet.	Kontrolleret klapping Genanvendelse til lands
Skanska Danmark A/S Baltorpevej 154 2750 Ballerup Tlf: 44779999	Indkapsling af forurennet havneslam. Spunsning, udlægning af membran og opfyldning med ren jord.		
Rederiet Erik Høj A/S Havnen 11 8700 Horsens Tlf: 75628411	Oprensning med spandkædemaskine, hydraulisk gravemaskine (med skovl eller lukket miljøgrab) eller wiremaskine.	Spandkæde: 3-6.000 m ³ pr. dag Hydr. gravemaskine: 4000-1200 m ³ pr. dag Wiremaskine: 400-1000 m ³ pr. dag.	Klapping Kontrolleret klapping Spulefelt Genanvendelse til vands Genanvendelse til lands Deponering på land
Mogens Pedersen Nyborg A/S Skaboeshusevej 103 5800 Nyborg Tlf: 65312266	Gravning med skovl, grab eller spandkædemaskine.	Fra 200 – 1000 m ³ pr. dag.	Klapping Kontrolleret klapping Spulefelt Genanvendelse til lands Deponering på land

Udbyder	Oprensning metode	Kapacitet	Deponering
NCC Danmark A/S Kirkebjerg Alle 88 2605 Brøndby Tlf: 43447500	Slæbesuger med specialkonstrueret sugehoved og hydraulisk arm. Grab	20 – 200 m ³ i timen for slæbesuger. 100 m ³ i timen for grab	Klapning Kontrolleret klapning Spulefelt Genanvendelse til vands Genanvendelse til lands Deponering på land
Peter Madsen Rederi A/S Søren Nymarksvej 8 8270 Højbjerg Tlf: 86290100	Grab, skovl, stiksuger og slæbesuger.	Ingen kapacitetsbegrænsninger.	Klapning Spulefelt
Dansk Undervandsrensning Offenbachsvej 30, 2. th. 2450 København SV	Stiksuger	Afhængig af stiksuger og arealstørrelse.	Klapning Kontrolleret klapning Genanvendelse til vands Genanvendelse til lands Deponering på land
Storebælt Sten & Grus A/S Havnepladsen 4220 Korsør	Sandsuger.	1.000 m ³ pr. dag afhængig af sejlåstand til udlosningssted.	Klapning Kontrolleret klapning Spulefelt Genanvendelse til vands Genanvendelse til lands Deponering på land
Statshavnsadministrationen Hulvejen 6701 Esbjerg	Sandsuger eller grab	Grabfartøj med lastekapacitet på 480 m ³ .	Klapning Spulefelt

Udbyder	Oprensningens metode	Kapacitet	Deponering
M/S Søral v/Fr. Frederiksen Fayesvej 31 4900 Nakskov Tlf: 54920620	Stiksuger eller grab	150 m ³ kapacitet i laste kasse	Klaping Kontrolleret klaping Genanvendelse til vands Genanvendelse til lands Deponering på land

Transport af havneslam

Udbyder	Transport metode	Kapacitet
Rohde Nielsen A/S Nyhavn 20 1051 København K Tlf: 33912507	Splitpram	814 m ³
Per Aarsleff A/S Lokesvej 15 8230 Åbyhøj Tlf: 97442222	1). Transport i lukkede 280 m ³ pramme. Omladning med hydraulisk gravemaskine til mindre 70 m ³ klappramme. 2). Transport i 300-350 m ³ splitpramme.	1). 150 m ³ /t p.g.a. små klappramme i depotet. 2). 300-600 m ³ /t
Rederiet Erik Høj A/S Havnen 11 8700 Horsens Tlf: 75628411	1). Transport i pramme eller andre enheder til pumpestationen for videre transport til spulefelt i rørledning. Hvis spulefeltet er lukket, sendes det retur til pumpestation. 2). Losses med grab og køres væk på lastbil til deponering	1). 450 m ³ pramkapacitet, 400 m ³ /time pumpekapacitet 2) 100 m ³ /time for lastbil
Mogens Pedersen Nyborg A/S Skaboeshusevej 103 5800 Nyborg Tlf: 65312266	Udsejling med skib eller klappram.	200 – 1000 m ³ pr. dag

Udbyder	Transport metode	Kapacitet
NCC Danmark A/S Kirkebjerg Alle 88 2605 Brøndby Tlf: 43447500	Transport	
Peter Madsen Rederi A/S Søren Nymarksvej 8 8270 Højbjerg Tlf: 86290100	1). Lukket pram 2). Klappram 3). Skib 4). Lastbil	1). 105 m ³ 2). 120 m ³ 3). 65-400 m ³ 4). 10 m ³
Dansk Undervandsrensning Offenbachsvej 30, 2. th. 2450 København SV	Skib eller lastbil	
Storebælt Sten & Grus A/S Havnepladsen 4220 Korsør	Skib	Skib: 200 – 375 m ³
Statshavnsadministrationen Hulvejen 6701 Esbjerg	Skib	480 m ³

M/S Søral v./Fr. Frederiksen Fayesvej 31 4900 Nakskov Tlf: 54920620	Skib	150 m ³
---	------	--------------------

Bilag 2

Beregningseksempler

For at anskueliggøre, hvilke metoder der kan vælges til forskellige typer oprensingsopgaver og for at give indtryk af hvordan omkostningerne i forbindelse med arbejdet er fordelt, er der opstillet en række beregningseksempler.

Der er taget udgangspunkt følgende 3 typer oprensingsopgaver :

1. Oprensning af uforurenet havnesediment der skal klappes på en nærliggende klappads.
2. Oprensning af blødt forurenet havnesediment, i en stor havn med god plads. Sedimentet skal bortskaffes i et nærliggende spulefelt. Påvirkning af miljøet er uden betydning.
3. Oprensning af blødt forurenet havnesediment, i en stor havn med god plads. Sedimentet skal bortskaffes i et nærliggende spulefelt. Miljøet skal påvirkes mindst muligt.

I beregningseksemplerne er der kommet med forslag til løsning af oprensingsopgaverne med mængder på hhv. 10.000 m³ og 200 m³.

Der er vist nogen generelle eksempler og der vil være mange forhold der kan have betydning for metode valget i en konkret opgave. Det kan f.eks. være pladsforhold, vanddybde, hårdhed og egenskaber af sedimentet, lokale entreprenører, årstid eller tidshorisont for opgavens løsning.

De samme forhold gør sig gældende for prisen, og der kan derfor være stor variation i priserne ved forskellige opgaver. Der er derfor tale om generelle overslagspriser.

Prisen for opgravning er angivet i kr./m³ havnesediment i fastmål.

Opgave	Mængde (m ³)	Valg af materiel	Omkostninger til mobilisering (kr.)	Omkostninger for opgravning (kr. / m ³)	Samlede omkostninger (kr.)
Rent slam til nærliggende klaplads	10.000	Spændkædemaskine	80.000	20 – 25	280 – 330.000,-
Rent slam til nærliggende klaplads	10.000	Gravemaskine på flåde og transport med pramme	50.000	30	350.000,-
Rent slam til nærliggende klaplads	10.000	Sugning fra skib	20.000	35 - 40	370 –420.000,-
Rent slam til nærliggende klaplads	200	Sugning fra skib	20.000	50	30.000,-
Forurennet slam til nærliggende spulefelt. Ingen særlige hensyn til miljøpåvirkninger	10.000	Gravemaskine på flåde, transport med pramme og pumpning til spulefelt	120.000	30 - 35	420 – 470.000,-
Forurennet slam til nærliggende spulefelt. Ingen særlige hensyn til miljøpåvirkninger	10.000	Sugning fra skib og pumpning til spulefelt	100.000	30 - 40	400 – 500.000,-
Forurennet slam til nærliggende spulefelt. Ingen hensyn til miljøpåvirkninger	200	Sugning fra skib og pumpning til spulefelt	50.000	50 - 60	60 – 72.000,-

Opgave	Mængde (m ³)	Valg af materiel	Omkostninger til mobilisering (kr.)	Omkostninger for opgravning (kr. / m ³)	Samlede omkostninger (kr.)
Forurenet slam til nærliggende spulefelt. Særlige hensyn til minimering af miljøpåvirkninger	10.000	Gravemaskine på flåde, transport med pramme og pumpning til spulefelt	100.000	50	600.000,-
Forurenet slam til nærliggende spulefelt. Særlige hensyn til minimering af miljøpåvirkninger	10.000	Sugning fra skib og pumpning til spulefelt	100.000	50 – 80	600 – 900.000,-
Forurenet slam til nærliggende spulefelt. Særlige hensyn til minimering af miljøpåvirkninger	200	Sugning fra skib og pumpning til spulefelt	50.000	70 - 100	64 – 70.000,-