

Dette notatet er av overordnet form og vurderer mudring, tildekking, deponering og rensing som tiltaksformer i lys av teknologi, miljøgevinst og økonomiske insitamenter. Prinsippet med tiltak er å redusere risiko i forhold til miljøet, både i forhold til økologiske effekter og human helse.

Introduksjon

Rent og rikt hav har de senere årene fått økende oppmerksomhet både nasjonalt og internasjonalt. Norsk havbruksnæring og norsk turisme er spesielt viktig i denne sammenhengen. Tiltak i forhold til forurensede sedimenter har i stor grad vært ad hoc-preget; både prioriteringene av hvor tiltak har blitt gjennomført og hvilke tiltaksformer som er blitt gjennomført.

I løpet av de siste årene har forurensningmyndighetene gjennomført pilotprosjekter for å høste erfaring med ulike tiltak. Dette dokumentet som har som mål å fokusere på norske forhold, vil ivareta de erfaringene som er funnet i dette arbeidet. Forhold som er typiske for Norge er at det er mange terskelfjorder (forurenset sediment har liten grad av transport ut av fjorden) og mange små havner med forurensning langs en lang kyst. De viktigste kildene for forurensningen er punktutslipp fra byer, industri langs kysten hvorav mange av aktivitetene nå er nedlagt.

Prinsippet forurenser betaler er vanskelig å følge helt ut i forhold til tiltak av forurensede sedimenter; fordi forurenser ikke eksiterer, det er diffuse og vanskelig å plassere ansvar eller fordi kostnaden for tiltak er så store at det ikke er betalingssevne hos forurenser. Et helhetlig forståelse av betalingsmekanismer og prispolitikk er nødvendig for å gi et insitamenter til tiltak.

1 Tiltak som en del av sedimentforvaltning

Stortingsmelding nr 12 Rent og rikt hav peker på behovet for en mer helhetlig forvaltning og bedre samordning av ulike interesser. Og nettopp helhetlige og systematiske forvaltningsrutiner er viktig for å sikre at det tas riktige beslutninger om tiltak i forurensede sedimenter.

En forutsigbar forvaltningspolitikk er også en forutsetning for fortsatt teknologiutvikling.

Det er fortsatt behov for økt kompetanse og utvikling av ny teknologi for gjennomføring av sedimenttiltak. Teknologi og kompetanse er imidlertid ikke begrensende for gjennomføring av tiltak i dag.

Manglende politiske beslutninger og tilhørende økonomiske bevilgninger for å definere og innfri et nasjonalt miljømål bremser i dag gjennomføringshastigheten for sedimentoppdyddingen.

I tillegg begrenses forvaltningens beslutningsmulighet av manglende systemer for å vurdere effekter og nytteverdier av gjennomførte tiltak.

2 Valg av tiltak

Forut for enhver diskusjon om type tiltak, er det en forutsetning at behovet for tiltaket er definert og at pågående kilder til utlekking er stoppet.

Valg av tiltaksmetode vil alltid være avhengig av en rekke stedlige forhold.

- Dette kan være konkrete fysiske betingelser som forurensningstype, behov for en gitt seilingsdybde eller naturgitte forhold som strøm, tidevann, bunntopografi etc.
- Valg av tiltak er også avhengig av hvilke miljømål som er definert og av eventuelle spesielle brukerinteresser.

Så lenge det ikke er definert klare miljømål eller gode metoder for å vurdere nytten av tiltak i forurensede sedimenter, ender i praksis valg av tiltaksmetoder opp med å være et rent kostnadsspørsmål.

Tiltakene er ofte komplekse og krever detaljert planlegging og prosjektering før det kan utarbeides sammenlignbare kostnadsoverslag for ulike tiltaksalternativer. Krav til detaljinformasjon, oppfølging og overvåking vil variere avhengig av hvilken tiltaksmetode som velges. Det er derfor viktig at oppgaver knyttet til hele prosjektets historie inkluderes i prosjekteringen som må ligge til grunn for kostnadsvurderingen.

Tiltak i forurensede sedimenter følger to hovedprinsipper:

- In situ behandling. (Behandling på stedet).
- Ex situ behandling. (Fjerning for ekstern behandling).

Flytskjema i figur 1 viser hvilke tiltaksmetoder som er knyttet til de to ulike behandlingsprinsippene: **Denne figuren vil bli omtegnet noe.**

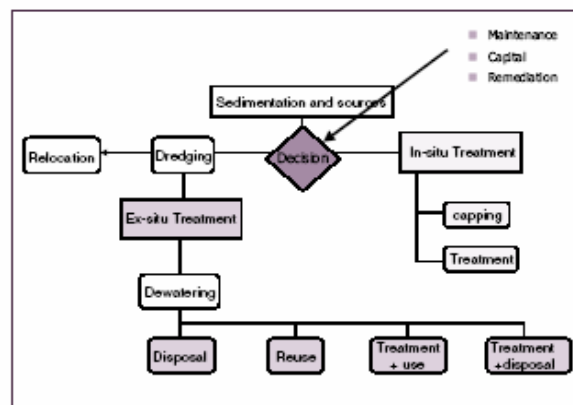


Fig. 1: Flow chart representing the management options leading to the needs for dredging and/or treatment

In situ behandling omfatter i dag kun tildekking, da in situ rensing og immobilisering fortsatt er på forskningsstadiet.

Øvrige tiltaksmetoder krever først mudring før videre disponering eller behandling. Dette kan være ulike former for deponering, immobilisering eller rensing. Felles for de fleste former for deponering, gjenbruk eller behandling er at det er nødvendig å avvannet sedimentene. Dette gjelder ikke ved undervannsdeponering/omplassering.

En kategorisering av ulike behandlingstiltak og vurdering av prosesser i forhold til sedimenttype, konsentrasjonsnivå og type forurensing er vist i tabell 2.

3 Mudring

3.1 Sugemudring

Fordele

- Små sugemudringsfartøy kan gå på tørt land. Kan mudre helt opp i strandsonen hvor større mudringsfartøy har problemer med adkomst.
- Egnet til miljømudring og til deponering i poser.

- Fungerer meget godt under alle typer bunnforhold hvor det skal fjernes lag av forurenset sediment.
- Har en utprøvet rekkevidde ned til minus 20 m.
- Fungerer under forhold med tykk is.

Ulemper

- Maskinen er ømtålelig for søppel og andre obstruksjoner på bunnen.
- Tilfører mye vann til sedimentet, noe som setter begrensninger på deponerings og behandlingsmetodene.

3.2. Pneumamudring

- Denne pumpetypen har en liten erfaring med i Norge.
- Pneumapumpen består av tre tanker koblet sammen på et munnstykke, samt en distributor som fordeler trykkluft og vakuum mellom tankene. Systemet fungerer ved at massene suges inn i tankene ved hjelp av vakuum og skyves videre med trykkluft.

Fordeler

- Grunnet den store innløpshastigheten til sedimentet, blir det tilført veldig lite ekstra vann under mudringen i forhold til den vannmengden som er naturlig i sedimentet.
- Ved normal drift er det lite oppvirvling ved selve munnstykket.
- Pumpen har stor kapasitet og har "ingen" begrensninger på arbeidsdybde.
- Kan trolig deponere direkte i sjø uten sikring, dersom nødvendige tilpasninger gjøres.

Ulemper

- Søppel og obstruksjoner som befinner seg nede i sedimentet er det største problemet og kan forårsake driftsproblemer. I forkant av selve munnstykket er det plassert en rist som kan bli tett av søppel. Det kan legges seg søppel/skrot i ventilen i innløpet til tankene. Dette medfører at ventilen ikke blir skikkelig tett, og det blir da en form for tilbakespyling. Ved utbedringer kan dette problemet løses.
- Pneumapumpen kan/bør ikke mudre på grunnere vann enn ca. 1,5 m.

3.3. Grabbmudring

- Konvensjonell metode, mest brukt ved utdyping og vedlikeholdsmudring. Ikke så anvendelig ved miljømudring, da det er stor spredning og oppvirvling ved denne metode.

3.4. Oppsummering mudring

Mudringsmetode	Søppel	Innblanding av vann	Oppvirvling på mudringsstedet
Pneuma-metoden	Gir problemer	Liten	Liten (etter tilpasning av ventil)
Sugemudring med kuttehode	Gir problemer	Stor	Liten
Sugemudring med vannspyling	Problemer med store objekter som følger de mudrede massene	Stor	Liten
Grabbmudring	Problemer med store objekter	Liten	Noe

- Ulike mudringsmetoder er egnet til ulike forhold.
- Innblanding av vann vil ofte bestemme hvilken mudringsmetode som kreves.
- Ved deponering direkte under vann eller ved mudring for stabilisering, må det velges en metode som gir liten innblanding av vann.
- Søppel er et problem ved alle metoder, også ved grabbmudring. Det er derfor viktig å kartlegge og eventuelt fjerne søppel så langt mulig før oppstart.

4 Tildekking

Tiltaket består i å dekke til det forurensete sedimentet på sjøbunnen slik at spredning – transport – av forurensning fra sedimentene til omgivende miljø reduseres eller opphører samt at tildekkingen skal være en fysisk barriere slik at levende organismer ikke kommer i kontakt med sedimentet.

Ved valg av tildekking som tiltaksform er følgende punkter viktige:

1. God kjennskap til forholdene på stedet (dypde, støyingsforhold, topografi, bunsedimentenes fysiske og kjemiske egenskaper, påvirkning av trafikk etc...).
2. Valg av tildekkingsmasse gjøres basert på fastlagte prosedyrer (ref. SFT-veileder under utarbeidelse).
3. Prosjektering av alle deler av tiltaket. Utarbeidelse av gode funksjonsbeskrivelser for anleggsarbeidene slik at entreprenøren kan velge riktig metode og utstyr.
4. Utarbeide program for oppfølging/vedlikehold av tildekkingen.

Prosjektering av tiltaket består hovedsakelig å komme frem til tykkelse av tildekkingslaget, og kravene til massene som skal brukes (ref SFT-rapport TA-1865/2002). I områder med noe mindre forurensning kan en dekke til med tynnere lag og la naturen overta med naturlig tildekking ved naturlig sedimentasjon. Her vil ikke kravet til sammenhengende dekke være så viktig.

Viktige momenter for valg av tildekkingsmasse, er massens fysiske egenskaper, dvs at massen blir liggende der den skal ligge.

Massen må være kjemisk stabil slik at den i seg selv ikke er kilde til forurensning.

Det er gunstig om massene i tillegg har geokjemiske egenskaper (adsorpsjon eller stimulert nedbrytning) som bidrar til å redusere utlekking fra sedimentet.

Kjennskap til bunnens geotekniske egenskaper er viktig for at resultatet blir som forventet. En viktig parameter er skjærstyrken i sjøbunnen som avgjør hvor tykke lag en kan legge ut av gangen.

Ved tildekking vil man i en periode ødelegge det biologiske livet som er på stedet. Fra tidligere tiltak vet vi at arter vil innvandre på de tildekte områdene, og det kan forventes like stort mangfold når dette har skjedd.

Tildekkingen vil foregå i en slik begrenset tykkelse at det ikke vil ha noen betydning for bruken av områdene, og metoden vil benyttes hvor tildekkingsmaterialet vil være i overensstemmelse med typen bunnforhold på stedet.

Miljøvurdering

Fordeler

- Tildekking som tiltak er første prioritet
- Liten potensiell spredning av forurenset sediment ved utlegging av masse
- Kan utføres uavhengig av vanndybde

- Kan benytte overskuddsmasse som ikke egner seg til annet formål
- Tildekking kan regnes som en naturlig prosess og et bidrag til naturlig sedimentasjon

Ulemper

- Fare for ufullstendig tildekking
- Ingen fjerning av forurensing fra miljøet
- Krever overvåking

Økonomivurderinger

- Kostnadene knyttet til tiltaket er lave i forhold til andre løsninger
- Spesielt lave kostnader hvis tilgang på store volum med overskuddsmasse som er egnet for tildekking.
- Kostnadene til oppfølging av kan være uoversiktlige dersom perioden blir lang

5 **Deponering** (ikke inkl. dypvannsdeponering da dette inngår i tildekkingsmetode)

Strandkantdeponi

Deponiområdet avgrenses med en fysisk barriere (helt tett eller permeabel filter barriere) hvor sedimentene plasseres på innsiden.

Sjøbunnens/områdets stabilitet må vurderes. Valg av tett- eller permeabel barriere vurderes avhengig av miljøgiftenes egenskaper og tidevann/strømnings forhold.

Miljøvurderinger

Fordeler

- Fjerner forurensingen fra det marine miljøet til et kontrollerbart deponi

Ulemper

- Bruk av filterbarrierer ikke egnet for vannløselige miljøgifter
- Krav til langsiktig oppfølging av deponiet mhp utlekking av miljøgifter
- Hvis ikke valgte barriere holder krav, er det vanskelig å foreta ytterlige forbedringer eller rensetrinn (jmf mulighetene for deponi på land)
- Krav til oppfølging av deponiets stabilitet

Økonomiske vurderinger

Kan innvinne land (kai/næringsformål)

Landdeponi

Sedimentene plasseres i deponi på land med tillatelse om deponering av slike masser.

Innovativ deponering av forurenset sediment er mulig og bør etterstres. Dvs vurdering og optimalisering av avvanningsmetoder og valg av deponeringsforhold i hver enkelt sak. Luftingsforhold vurderes; aerob lagringsperiode før deponering under anaerobe hvis det er mest optimalt; manipulering av redoksforhold i valgte deponiområder for å stimulere nedbrytning eller oppnå mest stabile lagringsforhold.

Innovativ deponering krever en helhetsvurdering av massen som skal deponeres;

- o Sedimenttype; fordeling leire/silt/sand
- o Innhold av organisk materiale
- o Type forurensning, organiske og/eller uorganiske miljøgifter
- o Nedbrytningsmuligheter av organiske miljøgifter
- o Partikkelbinding av miljøgifter

Basert på disse vurderinger tilpasses deponeringsløsningen.

Avvanning

Sediment med høyt vanninnhold må avvannes før deponering på land. Kan utføres mekanisk ved filterpresse eller i avvanningsbasseng. For standkantdeponi kan avvenning skje i deponi med permeabel barriere forutsatt at miljøgiftene er partikkelbundet og svært lite vannløselige.

Miljøvurderinger

Fordeler

- Fjerner forurensingen fra det marine miljøet til et kontrollerbart deponi
- Muligheten til forbehandling/volumreduksjon av forurenset masse
- Kontroll og evnt. behandling av potensiell avrenning.

Ulemper

- Deponi er en endelig ressurs som kan i framtiden bli begrensende.

Økonomivurderinger

6 **Rensing**

Tiltaket består i å redusere mengden miljøgifter i de forurensete sedimentene ved å separere de fraksjoner som er forurenset og/eller bryte ned forurensningen biologisk eller kjemisk.

Rensetiltak foregår ex situ (etter at sedimentene er mudret). In situ tiltak er fortsatt på forskningsstadiet.

Tiltak som avvanning eller stabilisering av forurensete sedimenter ved tilsats av bindemidler pleier ikke å defineres som rensetiltak. Avvanning har imidlertid en vesentlig funksjon fordi de mudrete sedimentene i de fleste tilfeller først må avvannes for å være egnet til rensing. Stabilisering av forurensete sedimenter med sement eller lignende binder miljøgiftene og reduserer muligheten for utlekking.

Når rensing blir valgt som tiltaksform er følgende punkter viktige:

1. Kjennskap til kornfordelingen. Det viktigste rensetiltaket er normalt separasjon. Andel finpartikler (leire og silt) bør ikke overstige ca. 40% (se videre neste punkt).
2. God kjennskap til fordelingen av miljøgiftene i de ulike kornfraksjonene i sedimentet. En vellykket separasjon bygger normalt på at miljøgiftene i all hovedsak er bundet til finpartikler og at hvis en separerer bort disse vil en sitte igjen med en forholdsvis ren sand-/grusfraksjon.
3. Sedimenter med lav forurensningsnivå og/eller forurensning som har liten utlekkingspotensiale vil ikke være godt egnet til rensing (ikke lønnsomt).
4. Det må finnes en egnet etterbruk for de rene fraksjoner som rensingen produserer.
5. Det må finnes en forsvarlig håndtering av restfraksjonen med finkornig sediment (og eventuell vannfase) som har et høyt konsentrert innhold av miljøgifter. Dette kan være biologisk/kjemisk behandling i et videre trinn eller deponering i godkjent deponi.

Miljøvurderinger

Fordeler

- Sedimentene blir renset og miljøgiftene fjernes fra sjøen.
- Det genereres rene sand-/grusmasser.

Ulemper

- Det vil normalt genereres en mindre restfraksjon med finkornige sediment med et høyt konsentrert innhold av miljøgifter.

Økonomivurderinger

- Kostnaden for rensing vil muligens kunne forsvares hvis en ser på samfunnsnytte og langsiktige perspektiver etc. (Billigere konkurrerende teknologier reduserer miljøfaren ved å forflytte eller tildekke forurensningen og overlater derved en del av problemene til fremtidige generasjoner).
- Kostnaden for rensetiltak er høy i forhold til mudring/deponering og tildekking.

Bedre teknologi og utstyr for rensing og høyere priser for deponering kan forandre dette i fremtiden.

7. Økonomiske vurderinger og insitamenter

- Teknologi er ikke begrensningen for tiltak, men det er behov for utvikling av bedre teknologi/optimalisering av eksisterende.

- For at det skal skje må det være et økonomiske insitamenter fra myndigheter og samfunnets side. Flere land er opptatt av dette.

Viktige momenter her er at:

1. man ønsker ikke "feie problemet under teppet" (framtidig miljøpolitikk)
 2. deponier betraktes som en endelig ressurs som vurderes i et framtidsperspektiv
 3. i mange tilfeller vurderes rensede sedimenter som en potensiell ressurs.
- Myndighetenes insitamenter for å legge til rette for utvikling av bedre og billige tiltak kan være flere.
 - Mange aktuelle renseløsninger resulterer i et mindre eller større deponeringsbehov.
 - Graden av avfallsreduksjon, framtidig bruk av deponier, markedet for sekundære råstoffer henger sammen og kan styres av myndighetene.

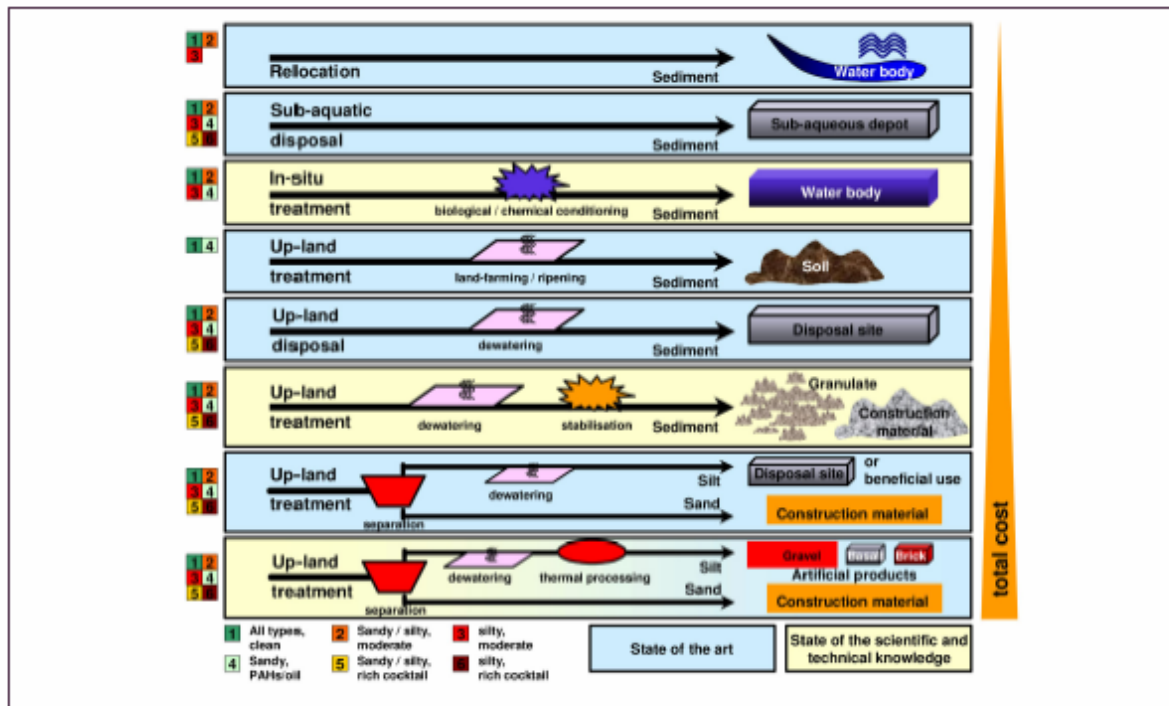


Fig. 2: Modified overview on available treatment chains based on AKWA (2000)

En tabell som vurderer ulike tiltak's egnethet i forhold til sedimenttype og forurensningsnivå.

Tiltakstype	Type sediment			Forurensningsnivå			Type forurensing	
	Høyt OM	Leire/silt	Sand	lav	middels	høy	organisk	uorganisk
Tildekking								
Tykt								
Tynt								
Reaktiv								
Deponering								
Dypvann								
Grunnvann								
Strandkant								
Landdeponi								
Behandling								
Avvanning								
Mekanisk separasjon								
Biologisk nedbrytning								
Kjemisk nedbrytning								
Stabilisering								

+ egnet, - ikke egnet, +/- middels (mulig) egnet, OM = organisk materiale, ir= ikke relevant