

Oppsummering av erfaring med tildekking av forurenset sjøbunn



KOLOFON

Utførende institusjon

DNV GL og NGI

Oppdragstakers prosjektansvarlig

Jens Laugesen

Kontaktperson i Miljødirektoratet

Erik Høygaard

M-nummer

502

År

2016

Sidetall

64

Miljødirektoratets kontraktnummer

15028194

Utgiver

Miljødirektoratet

Prosjektet er finansiert av

Miljødirektoratet

Forfatter(e)

Jens Laugesen, DNV GL, Espen Eek, NGI, Thomas Møskeland, DNV GL

Tittel - norsk og engelsk

Oppsummering av erfaring med tildekking av forurenset sjøbunn
Summary of contaminated seabed capping experiences

Sammendrag - summary

Rapporten gir en «state of the art»-oversikt over dokumentert norsk og internasjonal erfaring med opprydding i form av tildekking av forurenset sjøbunn med rene masser. Erfaringer fra forskjellige tildekkingsprosjekter i Norge og utlandet er sammenstilt. Rapporten oppsummerer hvor godt tildekking av forurenset sjøbunn med rene masser virker over tid med henblikk på å hindre utlekking og spredning av miljøgifter og med henblikk på rekolonisering av biota.

The report provides a state of the art overview of documented Norwegian and international knowledge with clean-up by capping of contaminated sediments with clean soil. Experiences from different capping projects in Norway and abroad are gathered. The report summarizes how well the capping of contaminated sediments with clean soil functions over time in order to prevent the leaching and spreading of contaminants with respect to recolonisation of biota.

4 emneord

Forurenset, sjøbunn, tildekking, erfaring

4 subject words

Contaminated, seabed, capping, experience

Forsidefoto

Tildekking i Kanalen, Trondheim. Foto:www.trondheim.havn.no

Innhold

1. Innledning	3
2. Tildekkingsmetoder	5
2.1 Hva er tildekking av forurenset sjøbunn?	5
2.2 Tildekkingsmetoder for forurenset sjøbunn	6
2.2.1 Klassisk isolasjon med mineralske masser	6
2.2.2 Klassisk isolasjon med mineralske masser inkludert aktivt lag	7
2.2.3 Tynnsjiktstildekking med aktivt materiale	7
2.3 Utleggingsmetoder for tildekkingsmasser	7
2.3.1 De mest brukte utleggingsmetodene	7
2.3.2 Utlegging av spesialprodukter	9
2.4 Forventet varighet av et tildekkings tiltak	10
3. Utførte tildekkinger i Norge og internasjonalt	12
4. Erfaringer fra ulike typer tildekkings tiltak - Fysisk bestandighet	15
4.1 Faktorer som kan påvirke bestandigheten av tildekkingen	15
4.1.1 Stabilitet av tildekkingen og massene under	15
4.1.2 Erosjon	18
4.2 Hvordan oppfører tildekkingslaget seg over tid?	20
4.2.1 Bestandighet av tildekkingen med henblikk på tildekket område	22
5. Tildekkings effektivitet - reduksjon av miljørisiko	23
5.1 Totalkonsentrasjon av miljøgifter på sjøbunnen etter tildekking	23
5.2 Felldata vedrørende utlekking	25
5.3 Laboratorieforsøk vedrørende utlekking	27
6. Rekolonisering av biota på tildekkingslaget	29
7. Oppsummering	33
8. Referanser	41

Vedlegg:

Vedlegg 1 - Beskrivelse av utførte tildekkingsprosjekter

1. Innledning

Denne rapporten gir en beskrivelse av «state of the art»-innen opprydding i forurensete sedimenter i form av tildekking av sjøbunnen med rene masser. Denne beskrivelsen er basert på en oversikt over dokumenterte norske og internasjonale erfaringer med tildekking.

Kapittel 2 av rapporten gir en overordnet beskrivelse av ulike tildekkingsmetoder for forurenset sjøbunn og funksjon og hensikt med ulike tildekkingslag som en tildekkingsløsning kan bygges opp av. Her inngår:

- Hva er tildekking av forurenset sjøbunn?
- Tildekkingsmetoder for forurenset sjøbunn
- Utleggingsmetoder for tildekkingsmasser
- Forventet varighet av et tildekkingstiltak

Kapittel 3 gir en oversikt over et utvalg av tildekkingstiltakene som er gjennomført i Norge og internasjonalt.

Kapittel 4 gjennomgår erfaringer fra tildekkingstiltak i Norge og internasjonalt, og hva faktorer slik som type tildekkingsmasser og -tykkelser har å si for fysisk bestandighet til tildekkingen. Her inngår:

- Faktorer som kan påvirke bestandigheten av tildekkingen
- Hvordan oppfører tildekkingen seg over tid?

Kapittel 5 omhandler effektivitet av tildekkingstiltak med henblikk på å redusere miljørisiko og hvordan forskjellige typer tildekking hindrer utlekking av miljøgifter. Her inngår:

- Totalkonsentrasjon av miljøgifter på sjøbunnen etter tildekking
- Felldata vedrørende utlekking
- Laboratorieforsøk vedrørende utlekking som kan si noe om både betydningen av materialvalg og tykkelse for å hindre utlekking av miljøgifter over lang tid.

Kapittel 6 omhandler rekolonisering av biota på tildekkingslaget, og hvor lang tid tar det å oppnå god økologisk tilstand. Her inngår studier av rekolonisering etter tildekking fra forskjellige lokaliteter.

Kapittel 7 oppsummerer hvilke faktorer som fremstår som de viktigste for å kunne gjennomføre et vellykket tildekkingsprosjekt med god miljønytte.

Rapporten er utarbeidet av DNV GL og NGI på oppdrag fra Miljødirektoratet.

Målgruppen for rapporten er primært Miljødirektoratet og fylkesmannens miljøvern avdeling. Tiltakshavere, konsulenter og andre som arbeider med miljøforbedrende tiltak i sedimenter forventes også å kunne ha nytte av denne rapporten.

Hensikten med rapporten er at den skal være en beslutningsstøtte når miljømyndigheter skal vurdere egnetheten av en tildekkingsmetode under gitte forhold. I rapporten er det derfor også fokusert på å beskrive de forhold som har ligget til grunn for de forskjellige tildekkingsprosjektene og hvordan disse forholdene har påvirket det endelige resultatet.

Mange har bidratt til denne rapporten, vi vil spesielt takke:

Joe Jersak, SAO Environmental Consulting AB

Morten Schaanning, NIVA

Agnar Målsnes og Kjetil Børve, Boliden Odde

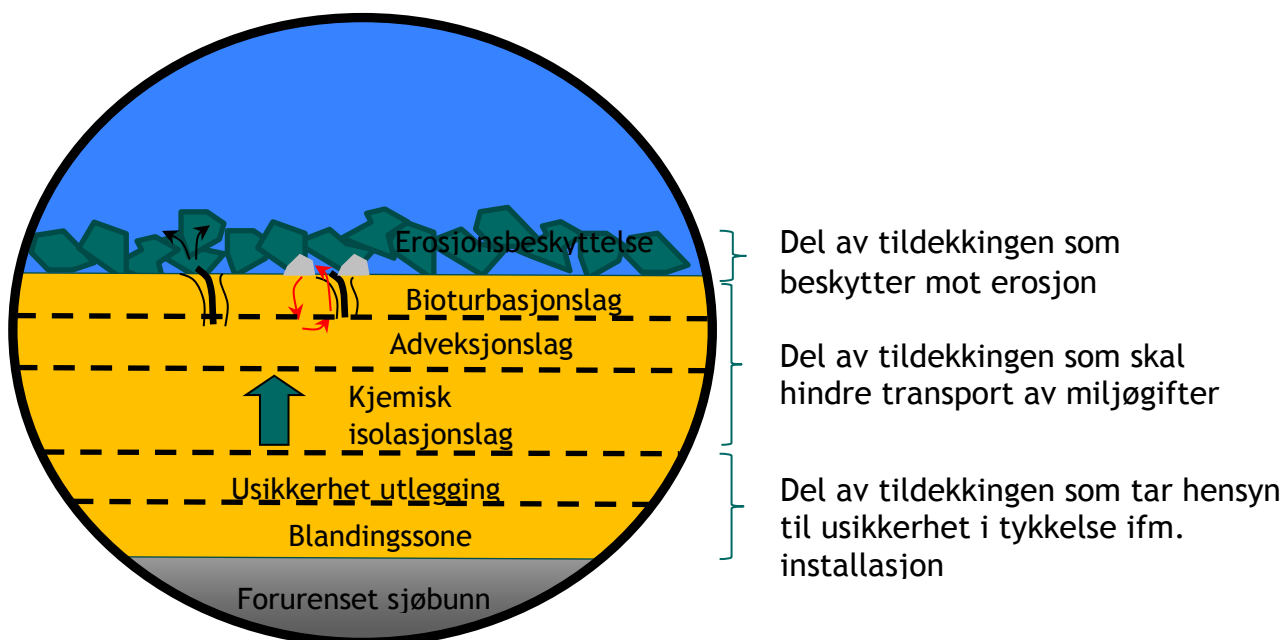
2. Tildekkingsmetoder

Tildekking av forurenset sjøbunn har blitt benyttet som tiltaksmetode på forurensete sedimenter siden 1970/80-tallet og er ved siden av mudring og deponering av forurensete masser den mest benyttede tiltaksmetoden. Tildekking av forurensete sedimenter gjøres for å hindre spredning av forurensning fra sedimentene og for å redusere eksponering av bunnfauna for forurensningen i sedimentet. For at tildekkingen skal virke slik den er tenkt er det viktig at tildekkingen planlegges i forhold til situasjonen der denne skal installeres, at den gjennomføres slik den er planlagt og at det ikke skjer vesentlige skader i tildekkingen.

2.1 Hva er tildekking av forurenset sjøbunn?

Figur 1 viser oppbygging av et tildekkingsdesign med tanke på å hindre transport gjennom tildekkingen og å bevare tildekkingens fysiske integritet. Den øverste delen av tildekkingen (erosjonsbeskyttelsen) er ment å skulle hindre skader som følge av erosjon. Lagene under dette (bioturbasjonslaget, adveksjonslaget og det kjemiske isolasjonslaget) er ment å skulle redusere spredning av forurensning gjennom tildekkingen, mens de nederste lagene vist i figuren er med i designet for å ta hensyn til usikkerheter knyttet til utlegging av tildekkingsmasser.

Mange tildekkinger er gjennomført uten å bygge på et slikt forholdsvis detaljert design eller designet er bevisst forenklet ved å slå sammen flere av lagene. Det vil i mange tilfeller være rimelig å slå sammen flere lag siden tykkelsen og egenskapene til de ulike lagene vil variere med forurensningssituasjonen i sedimentet som skal dekkes til og de fysiske forholdene slik som strømforhold der tildekkingen skal ligge.



Figur 1: Skjematisk illustrasjon av tildekkingsdesign

Tildekking av forurensete sedimenter har som regel en umiddelbar positiv effekt på kjemisk tilstand på sjøbunnen ved at det i de fleste tilfeller er forholdsvis uproblematisk å plassere et lag med rene masser over forurenset sjøbunn og dermed isolere denne. Dersom det ikke er vesentlig grunnvannsutstrømning gjennom sedimentene på sjøbunnen og dersom tildekkingen har en tykkelse som er slik at tildekkingen ikke blandes av bioturbasjon¹, vil transport gjennom tildekkingen være svært langsom. Dette gjør at det i mange tilfeller er forholdsvis lett å oppnå gode resultater med tildekking.

Fysiske forhold kan imidlertid føre til avvik i forhold til ønsket funksjon og virkning av tildekkingen:

- Rekontaminering ved at forurenset material sedimenterer over tildekkingen
- Erosjon fjerner hele eller deler av tildekkingen
- Fysisk brudd eller utglidning i tildekkingen slik at forurensete sedimenter under eksponeres

2.2 Tildekkingsmetoder for forurenset sjøbunn

Tildekking av forurensete sedimenter kan deles inn i følgende overordnede typer tildekkingsløsninger:

- Klassisk isolasjon med mineralske masser
 - må være vesentlig tykkere enn bioturbasjonsdyp
 - typisk tildekkingsstykkelse er 20 - 50 cm
- Klassisk isolasjon med mineralske masser inkludert aktivt lag (karbon el. lign.)
- Tynnsjiktstildekking med aktivt materiale
 - typisk tildekkingsstykkelse er mindre enn 10 -15 cm

2.2.1 Klassisk isolasjon med mineralske masser

Mineralske masser slik som sand, rene mudrede masser og finknuste steinmasser er mye brukt som tildekkingsmasser. Slike masser er ofte lett tilgjengelige og er relativt rimelige. Mineralske masser har imidlertid som regel liten evne til å binde forurensningen og fungerer derfor kun som en isolering mellom de forurensete sedimentene og vannmassene og biota på og over tildekkingen. Denne tildekkingsløsningen forutsetter derfor at en tilstrekkelig del av tildekkingen ikke påvirkes av bioturbasjon eller vannstrømmer (adveksjon) og må derfor bygges opp med tanke på dette. I områder med utstrømning av forurenset grunnvann fra land vil klassisk isolasjonstildekking være mindre gunstig. Her må det velges andre (tettere) løsninger som enten renser eller hindrer strømming av forurenset grunnvann. Siden forurensete sedimenter i Norge i de fleste tilfeller består av og ligger på silt og leire med lav permeabilitet vil forurensningstransport med grunnvannsutstrømning være et begrenset problem. Vannstrømning i mindre skala inne i tildekkingslaget kan likevel oppstå som følge av trykkforskjeller forårsaket av vannstrøm og bølger i vannmassen like over tildekkingen. For å

¹ Bioturbasjon = Sedimentlevende dyr graver i sedimentet og forstyrrer den opprinnelige lagdelingen i sedimentet. Materiale som opprinnelig befinner seg et stykke nede i sedimentet, kan transporteres til overflaten og omvendt.

hindre transport gjennom tildekkingen med slik strømning kan isolasjonstildekking designes med et lag med lav permeabilitet (adveksjonslaget, se figur 1). Tildekkingen må minimum ha en tykkelse som er større enn det som blandes av aktiviteten til sedimentlevende dyr (bioturbasjonsdypet) og må derfor i praksis være tykkere enn 10 cm.

Klassisk isolasjon med mineralske masser er den vanligste tildekkingsløsningen i gjennomførte tildekkingsprosjekter i Norge.

2.2.2 Klassisk isolasjon med mineralske masser inkludert aktivt lag

For å øke tildekkingens evne til å binde forurensning som kan transporteres fra de forurensete sedimentene og gjennom tildekkingen så kan det blandes inn materialer med høyere sorpsjonskapasitet for de miljøgiftene som tildekkingen skal hindre spredning av. En slik tildekking vil kunne redusere transport gjennom tildekkingen dersom det forventes betydelig transport for eksempel gjennom grunnvannsutstrømning eller annen adveksjon. I så fall vil tildekkingen fungere som en filterbarriere.

2.2.3 Tynnsjiktstildekking med aktivt materiale

Dersom det er ønskelig å dekke til store arealer eller områder med særlig verdifull biota er det ønskelig at tildekkingen skal være så tynn som mulig slik at den påvirker sjøbunnsbiotopen i minst mulig grad. For tildekking av store arealer vil dessuten ressursbruk og kostnader medføre at tynnsjiktstildekking er fordelaktig.

En slik tildekking vil være bare noen få cm tykk og vil derfor være tynnere eller om lag like tykt som bioturbasjonsdypet. En slik tildekking vil i vesentlig grad bli blandet med det forurensete sedimentet under. For at denne løsningen skal redusere spredning og biotilgjengelighet av miljøgiftene er det nødvendig at tildekkingen inneholder aktive materialer som binder miljøgiftene. Dette gjør at fritt løste konsentrasjoner av miljøgifter i porevannet på sjøbunnen reduseres og dermed også biotilgjengeligheten og utlekking av disse.

2.3 Utleggingsmetoder for tildekkingsmasser

Utlegging av tildekkingsmasser har to vesentlige målsetninger som til dels er motstridende:

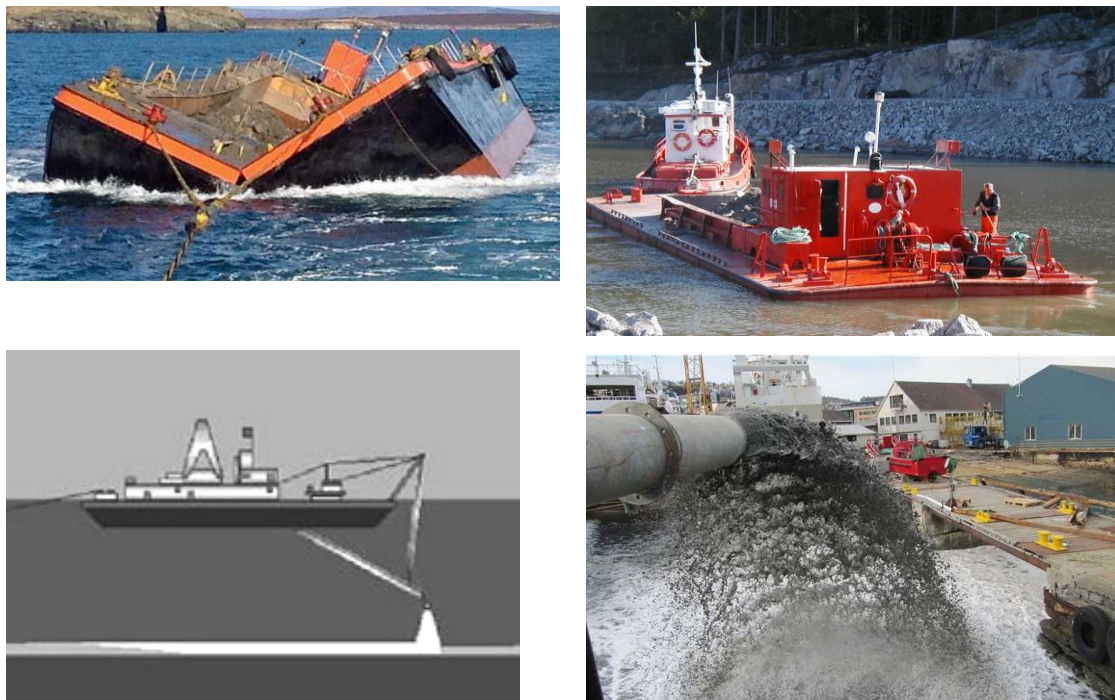
- Spre massene utover tildekkingsområdet slik at tildekkingen blir jevn
- Hindre spredning utenfor tildekkingsområdet slik at unødvendig masseforbruk unngås

2.3.1 De mest brukte utleggingsmetodene

De mest brukte metodene i de gjennomgåtte prosjektene er utlegging med:

- Splittlekter
- Fallbunnslekter
- Pumping av masser gjennom rør ned til like over sjøbunnen
- Spredning av masser over vannoverflaten slik at disse spres igjennom luften før de synker gjennom vannet ned til sjøbunnen (rainbowing)

De forskjellige metodene er vist i figur 2 nedenfor.



Figur 2: Illustrasjon og bilder som viser utstyr for de ulike metodene for utlegging av tildekkingsmasser. Øverst til venstre: Splittbunnleker (Foto: www.workbargebroskers.com). Øverst til høyre: Fallbunnleker (Foto: Agder Marine). Nederst til venstre: Pumping av masser gjennom rør (Illustrasjon: US EPA). Nederst til høyre: Spredning av masser over vannoverflaten (Foto: Gerd Stensen AS).

Splittlekter

En splittlekter legger ut masser på sjøbunnen ved at skroget åpnes og massene får falle fritt til bunnen fra skipet. Åpningen av skroget kan reguleres, men mengden som slippes ut kan være vanskelig å kontrollere nøyaktig. Denne metoden er derfor best egnet på større dyp der massene blandes med vann og derfor spres over et større område mens massene faller gjennom vannsøylen. Denne metoden ble f.eks. benyttet til tildekkingen av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven i Oslofjorden. Metoden ble imidlertid også benyttet til tildekking av undervannsdeponiet i Kamfjordkilen (Sandefjord) der vanddyptet var bare 5 m.

Fallbunnleker

Fallbunnleker slipper ut massene gjennom bunnen av skroget via separate luker som kan åpnes gradvis. Utslippshastigheten vil normalt være lavere enn fra en splittlekter. I de fleste tilfeller åpnes ikke alle luker samtidig, noe som bidrar til bedre kontroll med massene som slippes ut. Denne metoden ble f.eks. benyttet til tildekkingen ved Hanneviksbukta i Kristiansand og i Trondheim havn.

Pumping av masser gjennom rør ned til like over sjøbunnen

Tildekkingsmasser legges ut ved at de pumpes fra et fartøy eller leker der massene blandes med vann og pumpes gjennom et rør og slippes ut rett over sjøbunnen. Denne metoden brukes der man ønsker å ha høy grad av kontroll over hvor massene plasseres på sjøbunnen samt hvor man ønsker å unngå blakking av vannet i overflaten. Denne metoden er for eksempel brukt i Opticap-prosjektet både ved tildekking i Grenlandsfjordene og utenfor Fiskerstrand.

Rainbowing

Tildeckingsmasser pumpes ut fra et rør over vannoverflaten slik at massene spres gjennom luft før de sedimenterer gjennom vannsøylen ned til sjøbunnen. Denne metoden brukes ofte dersom man ønsker størst mulig spredning av tildeckingsmassen. Dette kan gjøres for å dekke til inntil eller innunder kaier og andre konstruksjoner i vannkanten/grunne områder. Denne metoden er bl.a. brukt i Tromsø havn, indre Oslo havn og Trondheim havn.

2.3.2 Utlegging av spesialprodukter

I noen tilfeller vil det ved tildekking også være behov for å bruke spesialprodukter som geotekstilduk, betongmadrasser og bentonittleire (eller annet materiale med spesialiserte egenskaper).

Geotekstilduk

Geotekstilduk kan brukes for å øke bæreevnen av bunnen som tildekkes. En annen viktig bruk av geotekstilduk er for å separere forskjellige masser med forskjellig kornfordeling i tildekkingen for å unngå sammenblanding av lagene. Tilsvarende også for å unngå sammenblanding av de forurensete sedimentene og de rene tildeckingsmassene (f.eks. i Eitrheimsvågen). Duk kan også brukes under tildekkingslag for å dekke til strender (f.eks. Vækerøstranda) og for å dekke sjødeponi (f.eks. Trondheim havn) og avfallsdeponi på sjøbunnen (Kollevågen). En ulempe ved bruk av geotekstilduk er at den kan bli revet opp av ankring, og at den kan samle opp gass hvis den er for tett samt at duk ved bruk i strandområder kan komme til overflaten.



Figur 3: Legging av geotekstilduk ved kaia til Glencore (tidl. Xstrata og Falconbridge) nikkelverk i Kristiansand. Foto: Jon Egil Vinje.

Betongmadrasser

Betongmadrasser brukes spesielt i havner hvor det er vanskelig å dekke til sjøbunnen og skråninger med løsmasser på grunn av sterk påvirkning fra propelloppvirvling fra skip. Det finnes to hovedtyper betongmadrasser, de som produseres på stedet ved at betong injiseres i lommer i en fiberduk og prefabrikerte betongmadrasser, se figur 4.



Figur 4: Foto til venstre: Tildekking med betongmadrasser hvor betongen injiseres i lommer i en fiberduk. Foto: <http://aspent.com>. Foto til høyre: Prefabrikerte betongmadrasser. Foto: <http://www.geosynthetica.net>.

Bentonittleire

Dersom det er behov for svært tette tildekkingsmasser, for eksempel hvis det er fare for grunnvannstrøm gjennom tildekkingen eller hvor tildekkingstykkelse må begrenses vil en kunne bruke bentonittleire eller andre materialer med tilsvarende tettende egenskaper. Bentonittleire har egenskapen at leiren under trykk og i kontakt med vann sveller og gir en tettende effekt. For tildekking av forurenset sjøbunn brukes gjerne bentonittleire som kan ruller ut som duk på sjøbunnen, leiren er da «innpakket» i en fiberduk, se figur 5.



Figur 5: Bentonittleire (granulat) i fiberduk. Foto: www.claysandminerals.com.

2.4 Forventet varighet av et tildekkingstiltak

Tildekking av forurensete sedimenter gjøres som regel med en forventning om at tiltaket skal være et engangstiltak med svært lang levetid. Vurderinger av levetiden til et tildekkingstiltak kan gjøres ved å vurdere følgende forhold:

- Tid til forurensning fra nytt materiale sedimentert over tildekkingen overskrider tiltaks målet definert for prosjektet.

- Tid til gjennombrudd av forurensning gjennom tildekkingen
 - Dersom det er diffusjon som styrer transporten gjennom tildekkingen vil et slikt gjennombrudd ofte ligge noen hundre eller tusen år frem i tid, se for eksempel Kystverket (2008). Transporten gjennom tildekkingen etter gjennombruddet er mye lavere enn transporten uten tildekking (se avsnitt 5.3).
 - Dersom det er grunnvannstrøm gjennom tildekkingen vil gjennombruddstiden være avhengig av sorpsjonskapasiteten i tildekkingen.
- Levetid til materialer brukt i tildekkingen.

Fysisk påvirkning som kan skade tildekkingen, slik som erosjon fra propellstrøm eller stabilitetsbrudd, vil oftest skje i enkeltstående hendelser eller over kort tid sammenlignet med forventet levetid til tildekkingen. Slike hendelser må man i størst mulig grad ta høyde for under design og prosjektering. Se kapittel 4 for flere detaljer om dette.

3. Utførte tildekkinger i Norge og internasjonalt

I Norge ble den første tildekkingen av forurenset sjøbunn utført i Eitrheimsvågen, Sørfjorden i 1992 og det er siden dette utført flere titalls tildekkingsprosjekter i Norge. Disse prosjektene varierer fra noen få tusen m² tildekket sjøbunn til ca. 1 km² (tildekking i Oslo havn²). I Norge har de fleste tildekkingsprosjekter foregått i marint miljø (havner og fjorder). Internasjonalt er en rekke tildekkingsprosjekter også gjennomført i elver og ferskvann. Utenom Norge er de fleste beskrevne tildekkingsprosjektene utført i USA.

I denne rapporten er det i tillegg til kjente tildekkingsprosjekter i Norge valgt ut noen karakteristiske og dokumenterte prosjekter i utlandet. Disse prosjektene er grunnlaget for vurderingene i denne rapporten. Oversikt over disse prosjekter er gitt i tabell 1. I Vedlegg 1 er det gitt en mer uttømmende beskrivelse av hvert prosjekt.

² Bjørvika, Pipervika og dyppvannsdeponiet ved Malmøykalven.

Tabell 1: Oversikt over tildekkingsprosjekter fra Norge og utlandet som er grunnlaget for denne rapporten.

Prosjekt	Land	År	Kort beskrivelse	Tilgjengelige data
Kristiansand-tildekking utenfor Falconbridge (nå Glencore) + ved Color Line	Norge	2002-2003 + 2009	Problem med rekontaminering (mudring etterpå) ved Falconbridge. Tildekking med betongmadrasser ved Color line.	Oppfølgende prøvetaking av sedimenter med totalkonsentrasjoner av miljøgifter.
Kristiansand - tildekking utenfor Lagmannsholmen	Norge	2001	Eksempel på mindre tildekkingsprosjekt (12 000 m ²)	Ingen miljødata.
Opticap - pilottest i Eidangerfjorden og Ormerfjorden i Grenland	Norge	2009	Tynnsjikt, relativt stort dyp. Aktivt kull brukt. Fokus på dioksiner og furaner. Tildekking gjort i september 2009.	Flukser, miljøgiftkons. i vann, SPI-bilder, bunnfaunasamfunn, bioakkumulering
Sandefjord Kamfjordkilen	Norge	2002-2003	Tildekking av undervannsdeponi for mudrede masser med fiberduk og 0,3 m knust stein i sandfraksjon.	Dokumentasjon av tildekkingslagets effekt på undervannsdeponiet med flukskamre, faststoffanalyser. Problemstillinger med rekontaminering og ikke oppnådd ønsket tiltakseffekt.
Oslo havn, Bjørvika og Pipervika	Norge	2007-2011	Mudring og tildekking med leire og mineralske masser.	Tiltakseffektivitet målt ved faststoffanalyser, passive prøvetakere, flukskamre. Rekontaminering fra urbane kilder er undersøkt. Bunnfaunadata fra 2015. Dokumentasjon av lagtykkelse av dekkmasser.
Tildekking av dypvannsdeponi ved Malmøykalven i indre Oslofjorden	Norge	2008-2011	Tildekking av deponi for mudrede masser med 0,4 m knuste steinmasser (sandfraksjon), lagt ut i flere lag.	Data for rekolonisering med bunnfauna, kjemisk effektivitet av dekklaget (flukskamre, passive prøvetakere, og faststoffprøver). Data fra forundersøkelse, etter installasjon og etterkontroller. Kjemiske parametere er metaller, PAH, PCB, TBT. Dokumentasjon av lagtykkelse av dekkmasser.
Lysaker - tildekking ved Fina tankanlegg	Norge	2003	Tildekking av oljeforurenset sjøbunn med 50 cm sand.	Overvåkning av tykkelse i en 10-årsperiode med målestaver og dykkerundersøkelser.
Eitrheimsvågen, Sørfjorden	Norge	1992	Tildekking av sjøbunn forurenset med tungmetaller (spesielt sink). Det ble først lagt ut geotekstil og så et sandlag over dette.	Oppfølgende prøvetaking av sedimenter med totalkonsentrasjoner av miljøgifter.
Trondheim havn	Norge	2015-2016	Mudring og tildekking inne i bynært område, med deponering av masser i undervannsdeponi og strandkantdeponi. Anleggsarbeidet pågår fram mot sommeren 2016.	Totalkonsentrasjon måles før og etter tildekking. Parameteromfang metaller, PAH, PCB.

Prosjekt	Land	År	Kort beskrivelse	Tilgjengelige data
Trondheim havn (pilotprosjekt aktivt kull)	Norge	2008	Tildekking av et testfelt med aktivt kull blandet med bentonittleire i Kanalen.	Porevannskonsentrasjoner og data på utlekking av miljøgifter fra sjøbunnen.
Fiskarstrand - pilottest Opticap	Norge	2010	Tildekking av sterkt TBT-forurenset sediment med biokalk (suspendert mineralsk masse). Tynntildekking, 5-10 cm.	Måling av tiltakseffektivitet med flukskamre, passive prøvetakere og faststoffanalyser. Bunnfaunaundersøkelse for data om rekolonisering.
Brattvåg - tildekking av muddermasser i geotekstilposer	Norge	2009	Lite prosjekt, masser plassert på sjøbunn og tildekket med fiberduk og 30 cm ren sand.	Ingen miljødata.
Kristiansund-tildekking av muddermasser i geotekstilposer	Norge	2004	Samme type som prosjektet i Brattvåg.	Ingen miljødata.
Kristiansund - tildekking ved bygging av storkai	Norge	2004	Et lite område i havna med forurensete sedimenter ble tildekket med 30 cm grus.	Ingen miljødata.
Harstad havn	Norge	2012-2014	Tildekking av dypere områder (15-20 m) i Harstad havn med sand og grus.	Pålegg om årlige kontroller av tildekkingen (utbredelse, tykkelse, innhold av miljøgifter).
Tromsø havn	Norge	2010-2012	Tildekking i bukta ved Nansenplass og deler av indre havn tildekket med 0,5 m rene sand- og grusmasser. Tildekking under kaier med et 0,3 m mektig lag av sand og grus.	Avsluttende prøvetaking av sedimenter med totalkonsentrasjoner av miljøgifter etter tildekking.
Turingen	Sverige	1999-2000 + 2002 - 2003	Tildekking av innsjø med en kunstig gel laget av en aluminiumbasert fellingskjemikalie.	Oppfølgende prøvetaking av sedimenter med totalkonsentrasjoner av miljøgifter.
Tollaren	Sverige	2008-2009	Tildekking av kvikksølvforurensete sedimenter med geotekstil og knust stein i marint miljø nær Stockholm.	Ingen miljødata.
Tildekking med leire Haringvliet	Nederland	2003	Tildekking med 0,5 m leire i et en elvemunning.	Oppfølgende prøvetaking av sedimenter med totalkonsentrasjoner av miljøgifter.
Utførte prosjekter i USA	USA	1978-2005	USA har flest utførte tildekkingsprosjekter. Det er i all hovedsak utført klassisk tildekking med mineralske masser. Noen prosjekter har også hatt en innblanding av aktivt kull.	Data for utførte tildekkingsprosjekter i USA er publisert av ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council) i 2014. En sammenstilling av erfaringer fra basert på ITRCs rapport er gitt i tabell 4 i kapittel 7.
Onondaga lake	USA	2010-2012	Tildekking av 1,8 km ² med sand. I perioden 2012 - 2015 skjedde tre ulike utglidninger i de bratteste områdene.	Oppfølgende prøvetaking av sedimenter med totalkonsentrasjoner av miljøgifter etter utglidningene.
Minamata bay	Japan	1977-1990	Mudring, plassering bak cellespunt og tildekking.	Avsluttende prøvetaking av sedimenter med totalkonsentrasjoner av miljøgifter etter tildekking.

4. Erfaringer fra ulike typer tildekkingstiltak – Fysisk bestandighet

Den overordnede effekten av tildekking som risikoreducerende tiltak og dermed miljønyttan av tiltaket vil være avhengig av i hvilken grad tildekkingen er fysisk bestandig over tid.

I dette kapitlet gjennomgås de erfaringer som finnes fra ulike typer tildekkingstiltak med tanke på hvilke forhold som er viktige for å opprettholde den fysiske bestandigheten til tildekkingstiltak.

4.1 Faktorer som kan påvirke bestandigheten av tildekkingen

De viktigste identifiserte faktorene som kan påvirke tildekkingslagets fysiske bestandighet er:

- Stabilitet i tildekkingen og massene under
- Erosjon
 - Skipstrafikk
 - Generelle strømforhold
 - Bølgeforhold

4.1.1 Stabilitet av tildekkingen og massene under

Tildekkingen vil utgjøre en last på den eksisterende sjøbunnen. Hvis denne lasten overskrider bæreevnen i de underliggende massene vil tildekkingsmassene synke inn i de underliggende forurensete sedimentene (og kunne forårsake mindre eller større grunnbrudd). Som en følge av dette kan massene blandes slik at tildekkingen ikke lenger dekker de forurensete sedimentene. I tillegg kan dette føre til oppvirvling av forurensete partikler til vannmassene.

I skrånende områder kan lasten fra tildekkingen svekke skråningsstabiliteten og forårsake en utglidning av sjøbunnen og tildekkingen over denne. Dette kan medføre at forurensete sedimenter og tildekkingsmasser blandes og at de transporteres nedover skråningen til nye områder. I tillegg kan dette også føre til oppvirvling av forurensete partikler.

Slike grunnbrudd kan dessuten i verste fall føre til skade på andre konstruksjoner i området eller svekket stabilitet i et større område som kan øke risiko for større grunnbrudd.

Tildekking av avfallsdeponi i Kollevågen

I Kollevågen utenfor Bergen ble kommunalt avfall fylt i strandkanten og i sjø i perioden 1930-1975. I 2005 ble avfallet i sjøen dekket til med steinmasser (kornstørrelse: 0-32 mm) i et lag på 0,5 m etterfulgt av fiberduk og deretter erosjonssikring (kornstørrelse: 0-64 mm) i et lag på 0,3 m. Undersøkelser i 2012 og 2014 (NGI, 2014) viste imidlertid at det var skader på denne tildekkingen slik at avfallet igjen var eksponert på sjøbunnen flere steder, se figur 6.

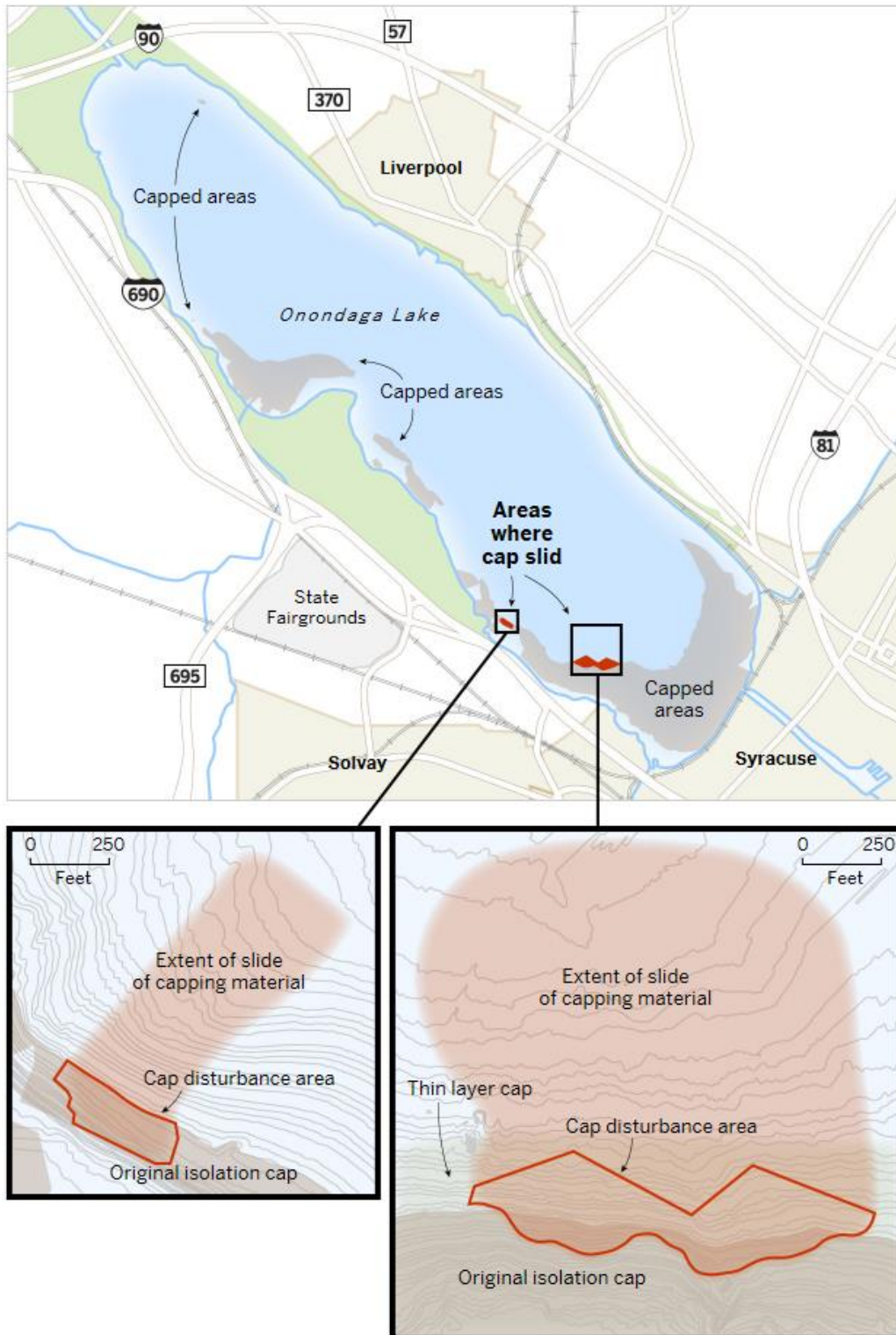
Årsaken til dette er sannsynligvis at tildekkingen ikke hadde tilstrekkelig stabilitet i forhold til erosjon, skråningsstabilitet og/eller ujevne setninger i avfallet.



Figur 6: Eksponert avfall i skadet tildekking i Kollevågen (NGI, 2014).

Onondaga Lake, USA

I innsjøen Onondaga lake i New York state i USA ble det i 2010 - 2012 gjort sediment-opprydding med blant annet tildekking av 1,8 km² av bunnen i innsjøen. Tildekkingen hadde en tykkelse på 60 til 100 cm med sand og den inneholdt også et sjikt med aktivt kull. I perioden 2012 - 2015 skjedde tre ulike utglidninger i de bratteste delene av tildekkingsområdene, hvor helningen på bunnen var ca. 1:10. Dette førte til at forurenset sediment ble spredt til et område på i overkant av 100 000 m², se Figur 7 (Honeywell, 2015). Årsaken til utglidningene var at de stedlige sedimentene som lå under tildekkingen viste seg å være bløtere enn det som var kartlagt i forbindelse med prosjekteringen av tiltaket.



Figur 7: Utbredelse og lokalisering av utglidningene i de bratteste delene av tildekkingsområdene i Onondaga Lake.
 Kilde: Honeywell og Peter Allen | pallen@syracuse.com

Disse to eksemplene viser at tildekking kan gi grunnbrudd og masseforflytning eller eksponering av forurensete masser. Det er derfor viktig at prosjekteringen av tildekkingstiltak

inkluderer vurderinger og beregning av stabilitet og bæreevne og at disse bygger på tilstrekkelige geotekniske data.

4.1.2 Erosjon

Vannstrømmer over tildekkingen kan ta med seg korn fra tildekkingsmassen og transportere disse vekk. Dersom dette skjer i stort omfang kan det føre til at tildekkingen eller deler av denne forsvinner. Dessuten kan eroderte masser forflyttes og samles opp i større mengder i områder der de kan ligge i veien for skipstrafikk eller annen aktivitet i vannet.

Ulike forhold kan føre til erosjon av tildekkingsmasser:

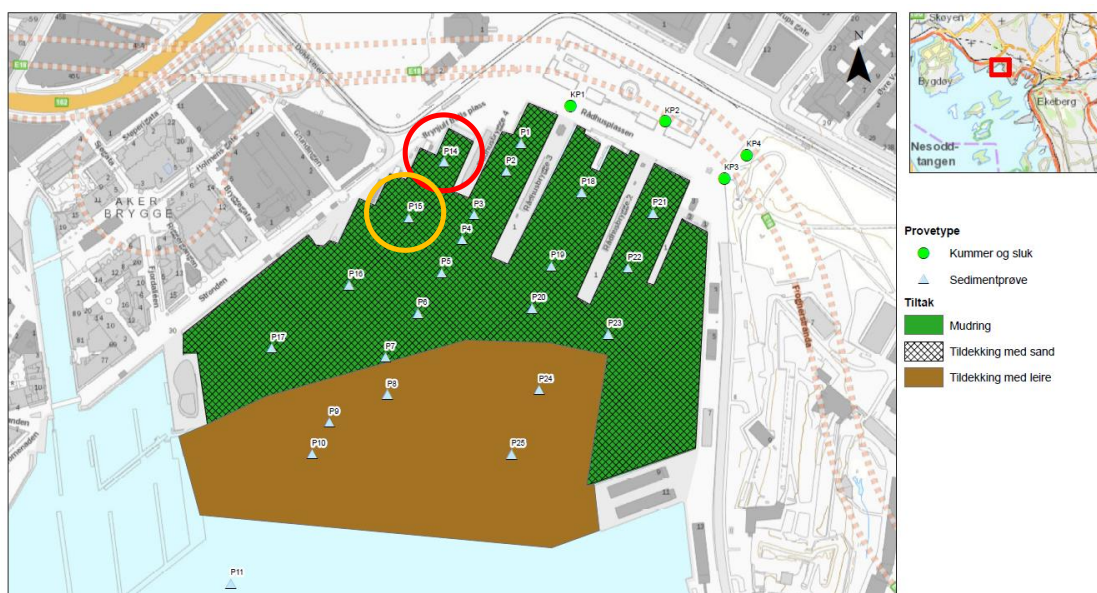
- Skipstrafikk - propellstrøm fra skip kan gi betydelig strømhastighet og dermed erosjon
- Strøm generert av bølger - viktig nær land og i grunne områder
- Annen strøm - strøm forårsaket av tidevann, vind og andre hydrodynamiske forhold

I mange tilfeller vil skipstrafikk generere den sterkeste strømhastigheten i havneområder og vil dermed være dimensjonerende for behovet for erosjonsbeskyttelse av tildekkingen. Det er viktig at tildekkingen konstrueres slik at propelloppvirvling ikke ødelegger tildekkingen.

Oslo havn

I flere områder i Pipervika og Bjørvika i Oslo havn ble det i forbindelse med oppryddingsprosjektet Ren Oslofjord tildekket med knuste steinmasser (kornstørrelse 0 - 8 mm) for å håndtere restforurensning etter mudring. Undersøkelse av tilstanden på sjøbunnen 4 år etter denne tildekkingen (NGI, 2015) viste at i et prøvepunkt innerst i Pipervika der fergene til Nesodden legger til (figur 8, rød sirkel) var all tildekkingsmasse borte og ren grå leire fra før tildekkingen utgjorde sjøbunnen. Dette skyldes sannsynligvis at propellstrøm fra Nesoddenfergene har erodert bort tildekkingsmassene. I punktet om lag 50 m lenger ut (figur 8, oransje sirkel) var tildekkingen fortsatt på plass, men inneholdt lite finstoff. Dette tyder på at tildekkingen her var utsatt for erosjon, men har motstått denne.

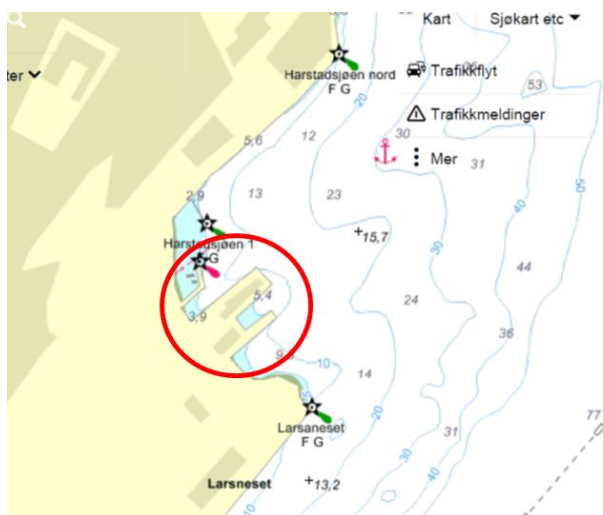
I dette tilfellet er en relativt finkornig tildekking vasket vekk fra et avgrenset område der sjøbunnen eksponeres for betydelig propellstrøm. I tilstøtende områder er tildekkingen fortsatt intakt. Dette viser at en tildekking må prosjekteres slik at den tåler propellstrømmen i området der denne legges ut dersom den fysiske bestandigheten til tildekkingen skal ivaretas. Eksemplet viser også at tildekkingen områder utenfor de mest erosjonsutsatte områdene kan motstå erosjonen selv om de samme skipene beveger seg over dette området også. Siden det i dette området var mudret før tildekkingen var det lite forurensning igjen under tildekkingen. Det som var igjen av forurensning kan være erodert bort sammen med tildekkingsmassene.



Figur 8: Tildekkede områder i Pipervika i Oslo havn. Område hvor tildekkingsmassene var borte (rød sirkel) og område utenfor hvor de fortsatt var på plass (oransje sirkel). Kilde: NGI (2015).

Harstad havn

Et annet eksempel på effekt fra propellersosjon er Harstad havn hvor det ble tildekket i 2012-2014. Overvåking omlag ett år etter tildekking i havna avdekket at tildekkingslaget var i god stand unntatt ved hurtigbåtkaia hvor undersøkelsene indikerte at både tildekkingslag og erosjonssikring var borte på grunn av propellersosjon. Fylkesmannen har pålagt Harstad kommune å på nytt tildekke området i henhold til Miljødirektoratets tildekkingsveileder, og å sikre at tildekkingen har tilstrekkelig erosjonsmotstand til å motstå påregnelig båttrafikk og propellersosjon.



Figur 9: Hurtigbåtkaia i Harstad havn (rød ring) hvor undersøkelsene indikerte at både tildekkingslag og erosjonssikring var borte på grunn av propellersosjon. Kart: Sjøkart fra Gule Sider.

Erfaringene fra disse og andre tildekkingsprosjekter viser at tildekkingen blir liggende i de største delene av tildekkingsarealene også der hvor det er skipstrafikk. Det er imidlertid også en tydelig erfaring at i særlig erosjonsutsatte områder slik som grunnere områder der større skip manøvrerer og legger til kai, vil det kunne oppstå skader på tildekking som følge av propellerrosjon. Dette betyr at det er viktig å dimensjonere med erosjonsbeskyttelse i slike områder med tilstrekkelig sikkerhetsmargin.

4.2 Hvordan oppfører tildekkingslaget seg over tid?

For de fleste av de gjennomgåtte prosjektene er det fremdeles relativt kort tid i forhold til forventet levetid mellom når tildekkingen ble lagt ut og siste gjennomførte overvåkning av tildekkingens tilstand og effekt. Det finnes imidlertid en del erfaringer med hvordan en tildekking har oppført seg over tid med tanke på stabilitet og erosjon og eventuelle andre fysiske påvirkninger som kan gi skader på tildekkingen.

For noen tildekkingsmaterialer kan man tenke seg at disse blir fysisk forringet over lang tid. For eksempel ved forvitring eller biologisk nedbrytning av materialer som inneholder organiske komponenter. Disse prosessene vil være svært langsomme for de fleste stoffer som er aktuelle å bruke til tildekking og vil derfor ikke være aktuelle i levetiden til tildekkingen.

I USA er det første registrerte tildekkingsprosjektet fra 1978 (Stamford-New Haven, Connecticut) og i Norge fra 1992 (Eitrheimsvågen). De første tiltakene som ble utført har ikke vært fulgt opp med grundig overvåking slik at det foreligger kun begrenset med informasjon over hvordan de har oppført seg over tid. Det er generelt få prosjekter hvor det er gjort en grundig oppfølging. I Norge er det spesielt prosjektet ved Malmøykalven som har hatt en grundig oppfølging. I USA finnes et par eksempler på tildekkingsprosjekter som er overvåket i inntil 17 år.

Malmøykalven

En av de mest undersøkte tildekkingene i Norge er dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. I forbindelse med undersøkelse av rekolonisering på tildekkingen ble prøver av sjøbunnen i det tildekkede området undersøkt med tanke på massenes kornfordeling. Disse undersøkelsene viste at det i det tildekkede deponiområdet var sand og grus fra tildekkingen, mens i området utenfor bestod massene av slam og leire (DNV, 2012). Det vil si at tildekkingsmassene hadde blitt liggende i tildekkingsområdet i ett år etter tildekkingen og at de ikke hadde blitt spredt til området utenfor. Slike målinger skal også gjøres i 2016.

Eitrheimsvågen

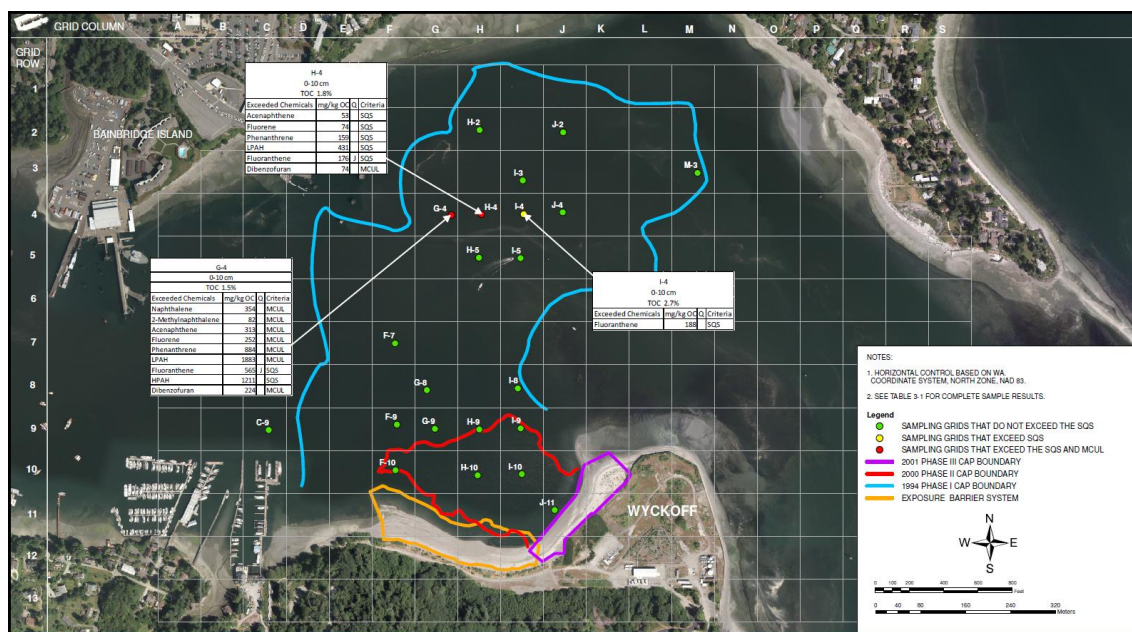
Forurensede sedimenter i Eitrheimsvågen ble dekket til med fiberduk og rene masser (sand) i 1992. Dykkerundersøkelse av tildekkingen i 1995 viste at tildekkingen var intakt og at det ble observert en betydelig biologisk aktivitet på overflaten av dekklaget. En ny dykkerbefaring

med prøvetaking av sedimenter gjennomført i 2001 viste at overflaten av tildekkingen var blitt rekontaminert fra kilder på land (NIVA 2002 og 2010). I undersøkelsen fra 2001 er det bare analysert prøver av den øverste cm i sedimentet og rapporten beskriver ikke tilstanden til selve tildekkingen.

Wyckoff-Eagle Harbor, Washington, USA

Wyckoff-Eagle Harbor ligger utenfor et område der det har vært anlegg for kreosot-impregnering av trevirke. Området er en del av en såkalt Superfund-site der myndighetene i USA tar ansvaret for oppryddingen. Prosjektet er sammen med en rekke andre tildekkingsprosjekter i USA beskrevet i ITRC-rapporten "Contaminated Sediments Remediation" (ITRC, Interstate Technology & Regulatory Council, 2014). En sammenstilling er presentert i tabell 4 i kapittel 7.

Et område på 280 000 m² ble i 1994 dekket med 0,3 - 0,9 m sand, se figur 10. Dette området overvåkes fremdeles og det er rapportert overvåkning til og med 17 år (1994 - 2011) etter tildekkingen (HDR Engineering Inc., 2012). Som en del av denne overvåkingen ble det tatt 21 kjerneprøver i tildekkingsområdet. Disse viste at tildekkingen i hele området bortsett fra i to punkter som lå der en ferge trafikkerte like over, var intakt og fremdeles isolerte forurensningen. I området med fergetrafikk var tildekkingen sannsynligvis erodert bort og forurenset sediment eksponert.



Figur 10: Området som ble tildekket og punkter der det er tatt kjerneprøver av tildekkingen. Grønn farge i prøvepunktene viser at overflateprøven hadde PAH-konsentrasjoner lavere enn grenseverdier for prosjektet. Ref.: HDR Engineering Inc., 2012.

Convair Lagoon, California, USA

PCB-forurensete sedimenter i Convair Lagoon i San Diego bay i USA ble i 1997/1998 dekket til med 0,9 m sand og stein. Dette prosjektet er også beskrevet i ITRC (2014) hvor overvåkingen viser at tildekkingen har vært effektiv i 15 år. Det er ikke funnet data fra overvåkingen, men i en søknad fra industrien (Executive officer summary report, 2015) om å få gå over til et enklere overvåkningsprogram heter det (oversatt fra engelsk): «Endringer i utslippskravene

og overvåkings- og rapporteringsprogrammet for Convair Lagoons sandtildekking er hensiktsmessig fordi; (1) sanden har med godt resultat isolert de PCB-forurensete sedimentene i over 15 år, (2) vedvarende PCB-kilder ble ryddet opp ved det tidligere industrianlegget, (3) overvannsystemet er eliminert som en tilførsel for PCB-forurensete sedimenter til Convair Lagoon og (4) tiltaksgrensen på 4,6 milligram per kilogram (mg/kg) for reparasjonsarbeider og rensing av overvann og/eller undersøkelser, kan reduseres fordi PCB-kildene til Convair Lagoon har minsket.»

4.2.1 Bestandighet av tildekkingen med henblikk på tildekket område

Bestandigheten av tildekkingen i hele tiltaksarealet er viktig for at tildekkingen skal ha den forventede virkningen. Som nevnt over kan enkelthendelser som utglidninger og erosjon gi skader på tildekkingen og dermed redusere området der tildekkingen er intakt. Det understrekes imidlertid at slike skader kun er registrert for mindre deler av det totale tiltaksområdet i alle de tilfellene som er gjennomgått her. Selv i Onondaga Lake der det skjedde tre utglidninger var arealet som ble skadet mindre enn 10 % av det totale tildekkede området (se avsnitt 4.1.1).

5. Tildekkingens effektivitet – reduksjon av miljørisiko

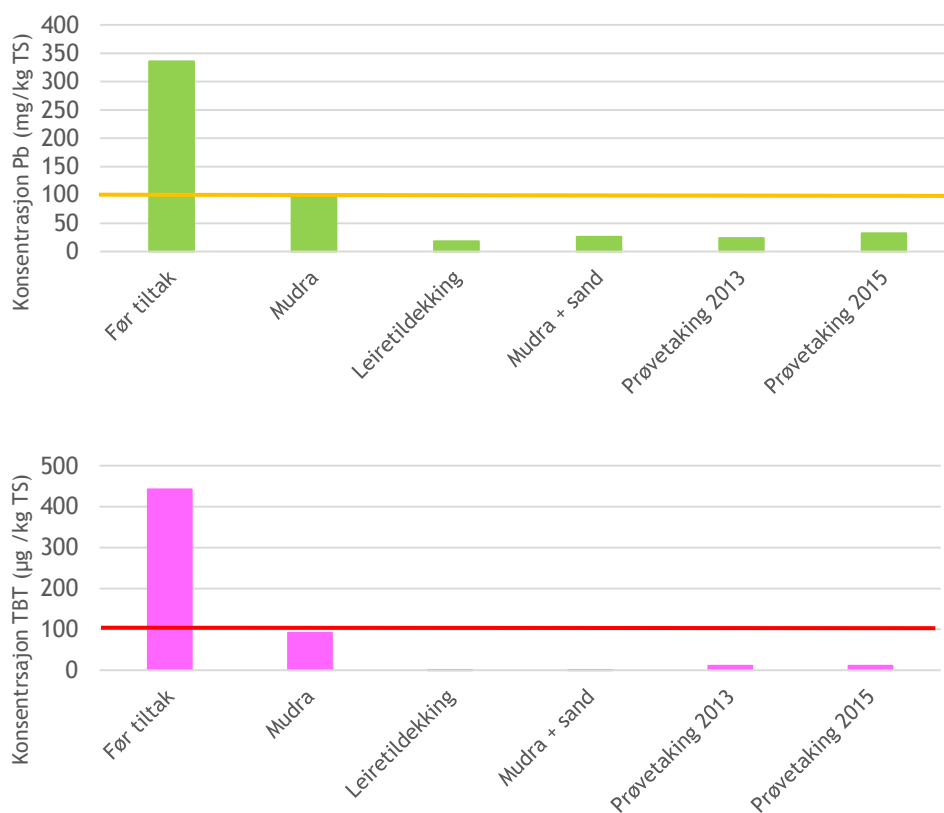
Hensikten med tildekking av forurenset sjøbunn er å redusere miljørisiko knyttet til sedimentene ved å hindre utlekking og spredning av miljøgifter og hindre eksponering av bunnfauna til forurensete sedimenter. Dette kapittelet omhandler erfaringer fra prosjekter der miljørisiko før og etter tildekking er vurdert.

5.1 Totalkonsentrasjon av miljøgifter på sjøbunnen etter tildekking

I mange prosjekter er effektiviteten av tildekkingen målt ved å måle totalkonsentrasjon av miljøgifter på sjøbunnen før og etter tildekking. I noen få tilfeller er disse målingene også gjort over flere år etter avsluttet tildekking.

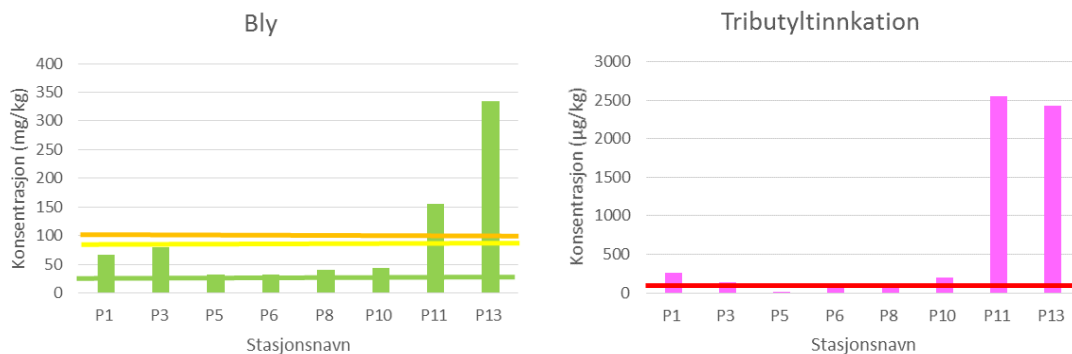
Oslo havn

I Oslo havn er det målt konsentrasjoner i overflatesediment i områder som er dekket til både for håndtering av restforurensning etter mudring og i områder der tildekking er hovedtiltak.



Figur 11: Mediankonsentrasjon av bly (øverst) og TBT (nederst) i overflatesediment i Bjørvika fra før tiltak (2005) og like etter mudring og like etter påfølgende tildekking, samt fra oppfølgende prøvetaking i 2013 og 2015.

Figur 11 viser resultater fra målinger av totalkonsentrasjon av bly og TBT før, underveis og etter tiltak i Oslo havn. Disse resultatene viser at mudringen av de forurensete sedimentene reduserte konsentrasjonen av miljøgiftene betydelig, mens den påfølgende tildekkingen gav en ytterligere betydelig reduksjon. Oppfølgende prøvetaking viser at overflatekonsentrasjonen øker noe i forhold til konsentrasjonen like etter tildekkingen.



Figur 12: Konsentrasjoner av bly og TBT i transekter fra innerst (P1) til ytterst (P13) i Pipervika 4,5 år etter at områdene ble dekket til. Punktene P1 - P10 ligger i tildekkingsområdet, mens P11 og P13 ligger utenfor. Rød linje viser overgangen mellom tilstandsklasse IV og V, oransje linje viser overgangen mellom tilstandsklasse III og IV, gul linje viser overgangen mellom tilstandsklasse II og III og grønn linje mellom tilstandsklasse I og II (SFT, 2007).

Figur 12 viser at den reneste sjøbunnen etter tildekking ble funnet i den sentrale delen av tildekkingsområdet. Dette indikerer at den rekontamineringen som skjer kommer fra kilder på land og fra resuspendert sediment fra områder utenfor tiltaksområdet som fremdeles er forurensete. 4,5 år etter at disse områdene ble dekket til er konsentrasjonene i overflatesedimentet lave sammenlignet med konsentrasjonene før tiltaket og i områdene utenfor tildekkingen som fremdeles er forurenset. Dette betyr at rekontaminering av tildekkingen i disse områdene ikke vesentlig har redusert tiltakets effektivitet målt som reduksjon i miljøgiftkonsentrasjoner i det biologisk aktive overflatesedimentet.

Eitrheimsvågen

Innerst i Sørfjorden ved Eitrheimsvågen ble det i 1992 tildekket ca. 90 000 m² sjøbunn med fiberduk og sand. Tiltaket ga en reduksjon på sink- og kadmiuminnhold i sjøvann på over 90 %. I 2009 ble det gjort en kartlegging og vurdering av forurensningssituasjonen (NIVA, 2010) som konkluderte med at den tildekkede sjøbunnen var rekontaminert. En vurdering utført av DNV GL (2009) viste at det var to sannsynlige hovedårsaker til rekontamineringen; uhellutslipp og regulære utslipp fra lokal industri og avfallsdeponier. Det ble gjort en vurdering av de regulære utslippene (omfattet av bedriftens utslippstillatelse) som viste at disse utslippene i seg selv kunne gi betydelig forhøyede miljøgiftkonsentrasjoner i sedimentene.

USA

Nadeau og Skaggs (2015) har gjort en sammenstilling av erfaringer med rekontaminering etter utførte tildekkinger i USA. Denne undersøkelsen har sett på 25 tiltak hvor rekontaminering er rapportert. De mest sannsynlige kildene for rekontaminering for disse områdene er utslipp fra ukontrollerte punktkilder og/eller spredning fra inntilliggende sediment som ikke er omfattet av tiltaket. I tillegg har ITRC (2015) gjort en sammenstilling av utførte tildekkinger i USA (tabell 4, kapittel 7). Her vises også til tilfeller med rekontaminering, denne kommer typisk

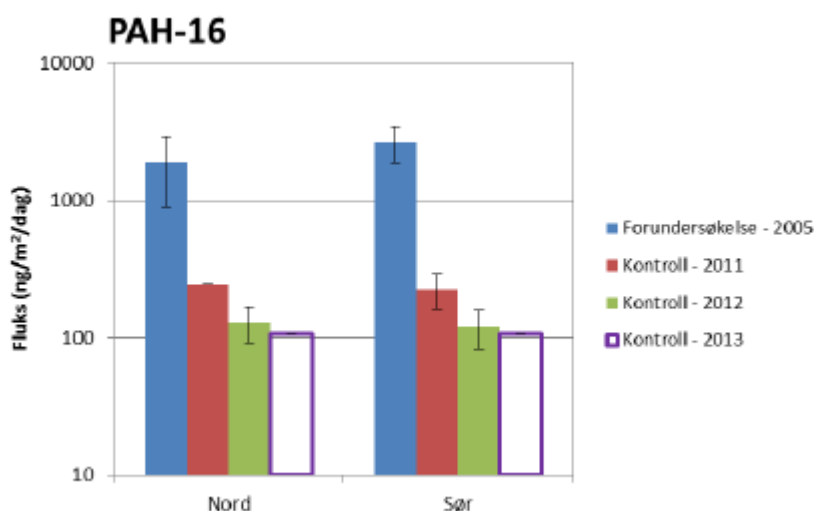
fra gjenstående aktive kilder i området og der hvor det er utført tiltak i elver er det i flere tilfeller tilført kontaminering via elvetransport fra forurensete områder oppstrøms.

5.2 Felldata vedrørende utlekking

I enkelte prosjekter er det også målt utlekking fra sjøbunn eller porevannskonsentrasjon på sjøbunnen med og uten tildekking. Slike data finnes for Malmøykalven i Oslo og for testtildekkingen i Grenlandsfjorden (Opticap).

Tildekking av dypvannsdeponi Malmøykalven

Dypvannsdeponiet ved Malmøykalven i Oslo ble tildekket med knuste steinmasser (sand- og grusfraksjon). Her ble det målt utlekking (fluks) av PAH-16 og PCB-7 fra sjøbunnsverflaten før etablering av dypvannsdeponiet, like etter tildekking i 2011 samt i 2012 og 2013, se Figur 13.



Figur 13: Fluks av PAH-16 (ng/m²/dag, logaritmisk skala) målt før deponering i 2005 og etter tildekking av dypvannsdeponiet i 2011, 2012 og 2013. I 2013 ble ikke PAH påvist men deteksjonsgrensen er brukt i figuren.

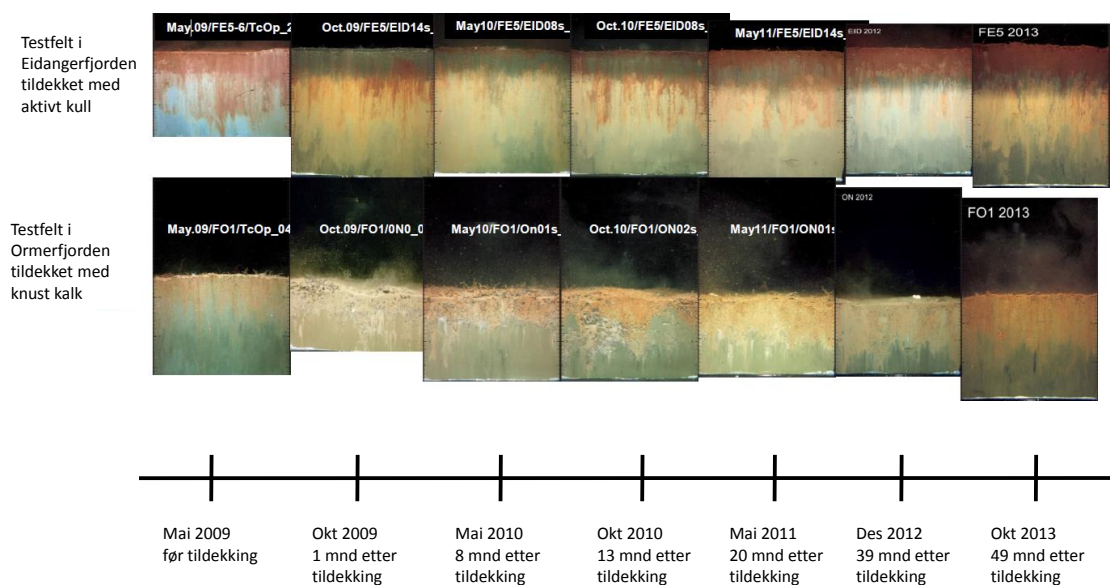
Målinger viste at utlekkingen var høy fra sedimentene i området der deponiet ble etablert. Like etter at deponiet var ferdig tildekket i 2011 var utlekkingen redusert med mer enn 90 %. Videre overvåking i 2012 og 2013 viste ytterligere reduksjon av utlekkingen. Resultatene viser at tildekkingen effektivt hindrer utlekking både fra de opprinnelig forurensete sedimentene i området og de deponerte forurensete massene i deponiet. Årsaken til at utlekkingen er høyest i starten like etter tildekkingen antas å være at PAH og PCB transporteres med porevann fra konsolidering av de deponerte massene. Resultatene viser at selv denne utlekkingen i konsolideringsfasen var liten sammenlignet med utlekkingen fra sjøbunnen før etableringen av deponiet.

Testtildekking i Grenlandsfjorden - Opticap

Grenlandsfjorden er den mest dioksinforurenede fjorden i Norge. Her har det vært vurdert om det er mulig å utføre en tynnsjiktstildekking av store deler av fjorden for å redusere biotilgjengeligheten av dioksin i sedimentene og dermed forhindre at dioksiner transporteres videre oppover i næringskjeden til fisk og mennesker.

Forskningsprosjektet Opticap etablerte 4 forskjellige testfelter i Grenlandsfjorden for å teste effektiviteten av tynnsjiktstildekking (1-5 cm) med ulike typer materialer. I Figur 14 er det vist sedimentprofilbilder med en aktiv tildekking (aktivt kull og leire) og en mineralsk passiv tildekking (knust kalkstein). Bildene viser at det gradvis legger seg et lag med nytt forurenset sedimentmateriale på toppen av tildekkingen. Dette sees som et rødt lag på toppen av det svarte laget med aktivt kull og på det lyse laget med knust kalk. Tildekkingen med aktivt materiale blandet med leire reduserte utlekking og biotilgjengelighet med mer enn 80 % til tross for innblandingen av forurenset materiale. Tynntildekking med bare passivt materiale gav derimot liten eller ingen positiv effekt i form av redusert utlekking eller biotilgjengelighet (Miljødirektoratet 2014).

Dette viser at aktive tildekkingsmaterialer som aktivt kull kan bidra til å hindre utlekking og transport av organiske miljøgifter. Dessuten viser denne studien at passive materialer virker dårlig når tildekkingen er så tynn at den ikke er vesentlig tykkere enn bioturbasjonsdypet (typisk 2 til 10 cm).



Figur 14: Foto tatt med sedimentprofilkamera fra testfelt med tynnsjiktstildekking med aktivt kull innblandet i leire (øverst) og testfelt med knust kalk (nederst). Foto fra venstre til høyre viser tidsaksen med økende tid etter tildekking mot høyre, foto lengst til venstre er før tildekking. Foto: Bjørnar Beylich, bildene er hentet NIVA-rapport 6724-2014/Miljødirektoratet [M-219/2014].

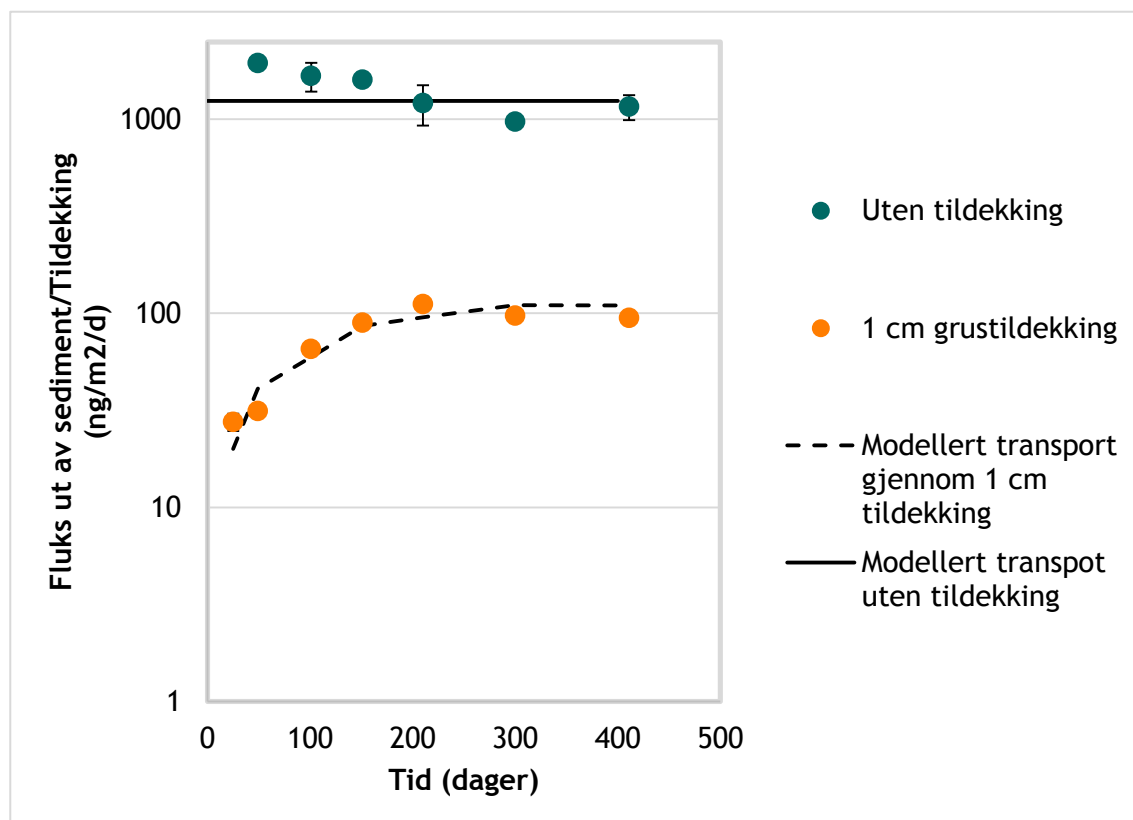
5.3 Laboratorieforsøk vedrørende utlekking

Laboratorieforsøk vedrørende utlekking kan si noe om både betydningen av materialvalg og tykkelse for å hindre utlekking av miljøgifter over lang tid.

NIVA - Opticap

I Opticap-prosjektet testet NIVA effekten av tildekking med ulike tykkelser og materialer i store laboratorieforsøk. Her fant man at effektiviteten av tildekkingen økte med tykkelsen og med tilsetning av aktivt materiale.

Modellering av diffusjonsfluks gjennom en tildekking med et typisk design på >30 cm viste at det vil ta flere hundre år før miljøgiftene kan komme igjennom tildekkingen. Eek et al (2008) utførte laboratorieforsøk for å undersøke om beregnede transporthastigheter av miljøgifter overensstemmer med målte transporthastigheter gjennom tildekkingen. Resultatene av disse forsøkene viste at det var meget god overensstemmelse mellom beregnet og målt transporthastighet for PAHer. Figur 15 viser målt fluks av pyren gjennom en tildekking med sandig grus på 1 cm og viser hvordan transport med diffusjon gjennom bare 1 cm tildekking på lang sikt flater ut på en verdi som er 10 ganger lavere enn transport fra sediment uten tildekking. Resultatene av denne testen gjelder den delen av tildekkingen som ikke påvirkes av bioturbasjon og der diffusjon styrer transporten.



Figur 15: Målt transport av pyren som diffunderer gjennom en grustildekking. Data fra: Eek et al (2008).

Resultatene viser at modellering av transport av miljøgifter kan være et godt verktøy for å vurdere egnet tykkelse av en tildekking.

Laboratorieforsøk i Opticap

NIVA gjennomførte flere laboratorieforsøk i Opticap-prosjektet der utlekking og bioakkumulering ble målt fra dioksinforurenset sediment tildekket med ulike tykkelser tildekkingsmateriale og ulike mengder aktivt kull tilsatt. Disse testene viste at effekten av tildekkingen var avhengig av tykkelsen og av om det var tilsatt aktivt kull eller ikke (Josefsson et al, 2012).

6. Rekolonisering av biota på tildekkingslaget

Tildekking av forurenset sjøbunn gjøres for å forbedre tilstanden på sjøbunnen. I mange tilfeller er både den biologiske tilstanden og den kjemiske tilstanden i sedimentet forringet og en tildekking vil både isolere forurensningen og skape et nytt og rent bunnsubstrat som er gunstig for etablering av en ny og sunnere bunnfauna enn det som var i det forurensete sedimentet. Havneområder nær byer og industri har ofte vært påvirket av betydelige utslipp av både miljøgifter, kloakk og andre avfallsstoffer slik at både biologisk og kjemisk tilstand er dårlig.

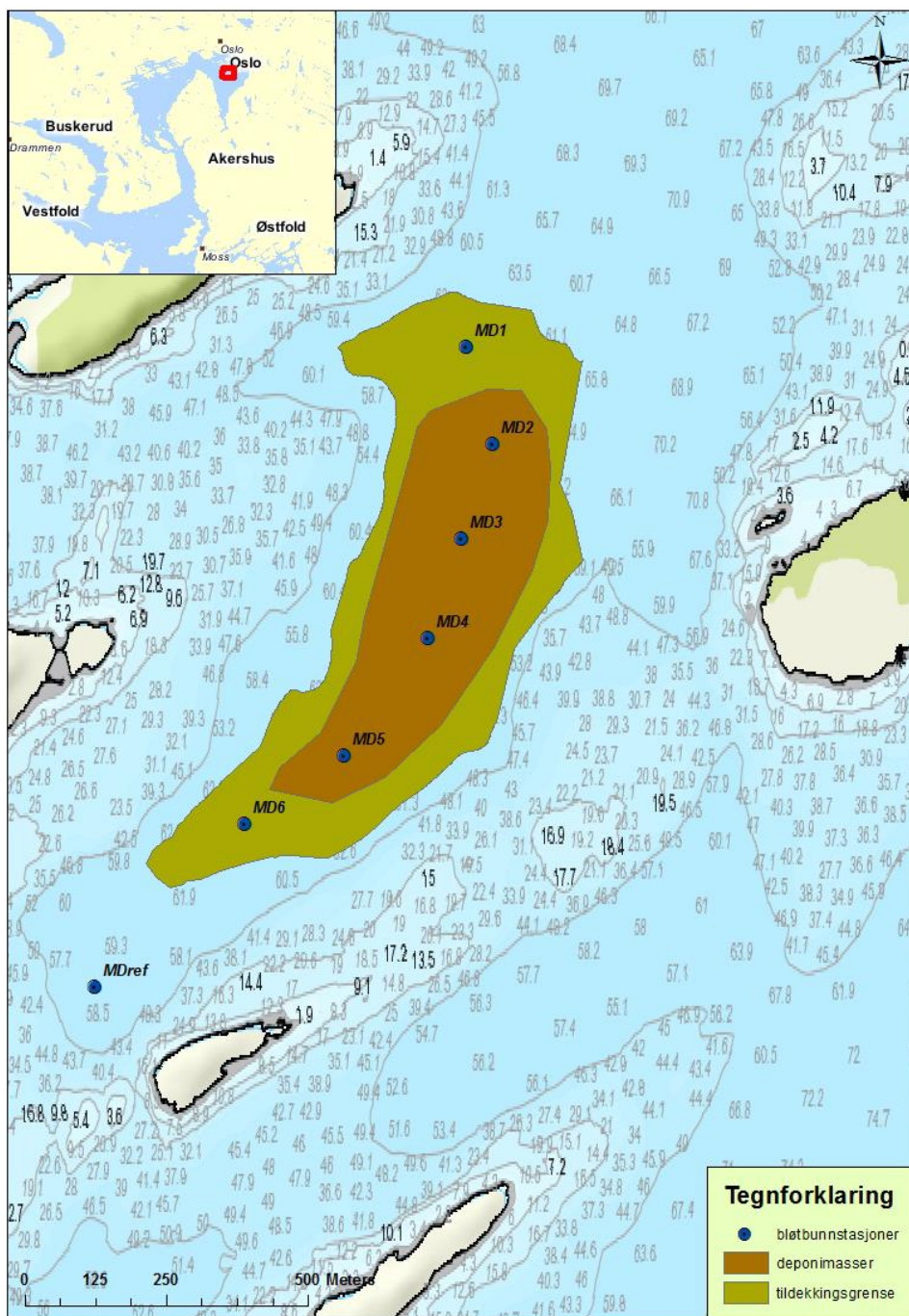
Lenger ut i industrifjorder kan en ofte finne områder som er lite påvirket av kloakk eller annen organisk avrenning og som derfor har en sunn bunnfauna og god biologisk tilstand, men der det fremdeles er høye konsentrasjoner av miljøgifter fra industriutslipp slik at den kjemiske tilstanden er dårlig. I en slik situasjon vil tildekking kunne gi en rask forbedring av kjemisk tilstand, men siden bunnfaunen er sunn så vil forstyrrelser av denne kunne føre til en negativ påvirkning av biologisk tilstand. Ved tildekking vil som regel all bunnfauna begravnes under tildekkingen og ny bunnfauna må derfor rekolonisere området. Oftest brukes det tildekkingsmasser som har en annen mineralogi og kornfordeling enn de opprinnelige massene. Dette gjør at bunnfaunaen som reetableres kan ha en annen sammensetning av arter enn det som fantes før tildekkingen.

I Norge finnes to prosjekter hvor det er utført grundige studier av rekolonisering etter tildekking av forurenset sjøbunn. Både etter tildekkingen av deponiet for mudrede masser ved Malmøykalven i Oslofjorden, i det oppryddede området i Oslo Havn og i pilotprosjektet Opticap i Grenlandsfjorden er det gjort overvåkning av kvaliteten på bunnfaunaen etter tildekking. Her har rekolonisering opp til 4 år etter tildekking blitt studert.

Deponi for mudrede masser ved Malmøykalven

Etter at forurensete mudrede masser fra Oslo havn var blitt deponert utenfor Malmøykalven (2006 - 2008) på ca. 65 m dyp ble disse dekket til med et lag finknust stein med en minste tykkelse på 40 cm. Kornstørrelse på massene var mellom 0 - 8 mm. Tildekkingen ble gjennomført i flere omganger fra 2008 - 2011. Massene ble lagt ut ved å slippe disse fra splittlekter i overflaten.

Rekolonisering av bunnfaunaen på tildekkingen (figur 16) ble undersøkt i 2012 (DNV, 2012) og en ny undersøkelse av dette er planlagt i 2016. Undersøkelsen i 2012 viste at bunnfaunaen på alle stasjonene i tildekkingsområdet var i tilstandsklasse "moderat" i henhold til Vannrammedirektivets klassifiseringssystem (VRD, 2009). Referansestasjonen utenfor det tildekkede området ble klassifisert som tilstandsklasse "dårlig". Variasjoner i faunaen reflekterte sedimenttypen i de to områdene; sand og grus i tildekkingsområdet og leire og slam i det omkringliggende forurensete området (referansestasjonen). Artssammensetningen i tildekkingsområdet ble betegnet som typisk for tidlig rekoloniseringsstadium og det ble forventet at den positive utviklingen skulle fortsette. Tildekkingsområdet fremstod som en "øy" av renere masser i forhold til omkringliggende forurensete sedimenter. Artssammensetningen utenfor tildekkingsområdet var dominert av forurensningstolerante arter.



Figur 16: Kart som viser dypvannsdeponiet ved Malmøykalven, med beliggenhet av masser som ble deponert, tildekingsgrensen samt bløtbunnstasjoner hvor bunnfaunaen ble undersøkt, DNV (2012).

Indre Oslo Havn

Etter mudring og tildekking i indre Oslo havn ble det i 2015 gjennomført en første gangs kartlegging av rekoloniseringen i tiltaksområdene i Pipervika, Bjørvika/Bispevika og Lohavn. Resultatene viste at bløtbunnssamfunnet på de enkelte stasjonene i områdene med tildekking var i ulike faser av rekolonisering / utvikling etter tiltaket som ble gjennomført i ulike omganger i perioden 2006 - 2011. Referansestasjonen preges av naturlig fint sediment og høyt innhold av flere miljøgifter. Sammenliknet med referansestasjonen har tiltaksområdet generelt hatt en forholdsvis rask forbedring av biologisk tilstand selv om overvåkingen viser at samfunnene fortsatt bærer preg av å være på vei mot et ferdig etablert bunnfaunasamfunn. Videre ble det konkludert med at bløtbunnssamfunnet var bedre i tiltaksområdene sammenliknet med områdene utenfor, hvor det ikke var gjennomført tiltak.

Grenlandsfjorden

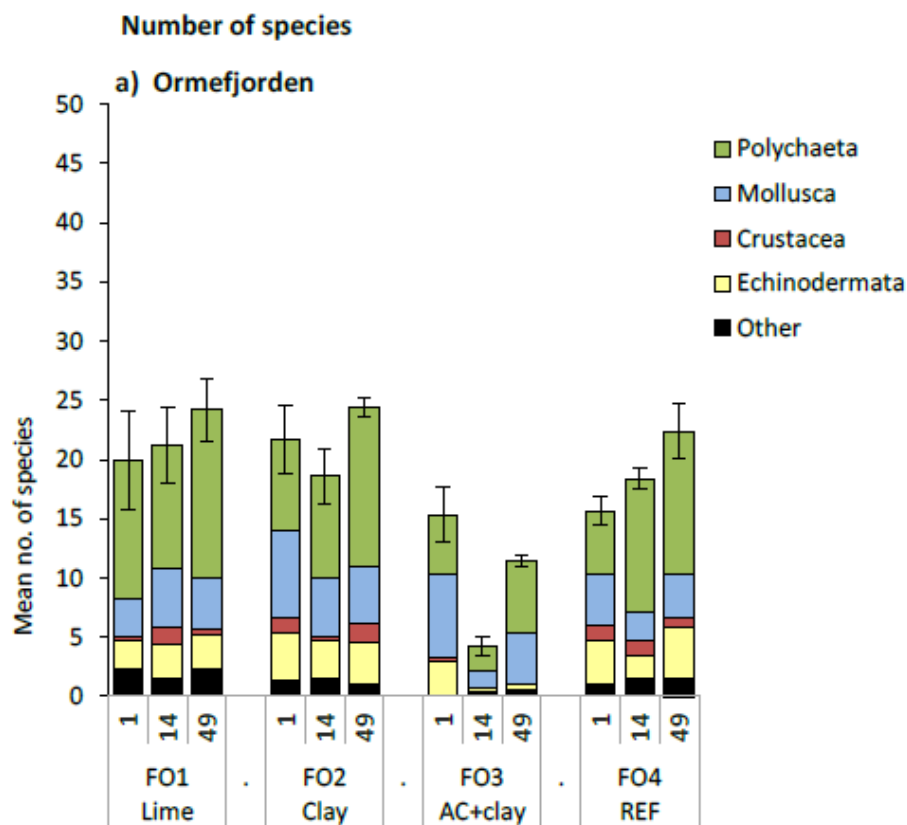
I forskningsprosjektet Opticap ble det gjennomført en felttest av tyntildekking i Grenlandsfjordene. I denne testen ble tyntildekking (1-5 cm) testet i 4 forskjellige testfelt med tre ulike typer materialer.

- Knust kalkstein fra NOAH
- Mudret ren leire fra Grenlandsfjorden
- Mudret ren leire fra Grenlandsfjorden blandet med aktivt kull (AC) på to av testfeltene

Disse testfeltene ble overvåket fra etableringen i 2009 til 2014 for å studere effektiviteten med hensyn på reduksjon av biotilgjengelighet av dioksiner (se avsnitt 5.2) og effekten tildekkingen har på tilstanden til bunnfaunasamfunnet og hvordan de tildekkede områdene rekoloniseres. Prøvetaking for undersøkelse av bunnfaunakvalitet ble gjort 1, 14 og 49 måneder etter tildekkingen.

En viktig forskjell mellom tyntildekking og isolasjonstildekking er at tykkere tildekking vil begrave bunnfaunaen i tildekkingsområdet slik at denne må reetableres ved rekolonisering. Tyntildekking vil være en mindre dramatisk forstyrrelse av sjøbunnen og derfor kan deler av bunnfaunaen overleve slik at sjøbunnen kan rekoloniseres raskere.

Resultatene fra undersøkelse av bunnfaunaen på testfeltene i Grenlandsfjordene viste at 1 måned etter tildekkingen var antallet arter bunnlevende organismer funnet i prøver fra sjøbunnsoverflaten i de ulike testfeltene om lag like mange som i referansefeltet uten tildekking (se figur 17). Dette betyr at antallet arter ikke ble vesentlig påvirket av tyntildekkingen. Det samme ble funnet etter 14 og 49 måneder i testfeltene med mudret leire (Clay) og knust kalkstein (Lime). På testfeltet tildekket med et tynt lag mudret leire blandet med aktivt kull (AC+clay) ble det imidlertid funnet at antall individer var kraftig redusert etter 14 måneder. Dette tyder på at de passive tildekkingsmaterialene leire og kalk var ufarlige for de bunnlevende organismene. Aktivt kull derimot ser ut til å ha en betydelig negativ effekt på bunnfaunaen. Undersøkelsen etter 49 måneder viste imidlertid at antall arter på testfeltet med aktivt kull igjen økte, men var fremdeles lavere enn på referansefeltet uten tildekking og de øvrige testfeltene. Dette indikerer at det skjer en rekolonisering også på dette feltet men at denne tar forholdsvis lang tid.



Figur 17: Utviklingen for de forskjellige bunnlevende organismer i de ulike testfeltene i Grenlandsfjorden over tid; 1, 14 og 49 måneder etter at tildekkingen ble utført (NIVA, 2014).

Tilsvarende negativ effekt av aktivt kull er også funnet i en testtildekking i Trondheim havn (Cornelissen et al, 2011). En større gjennomgang av en rekke studier med behandling av aktivt kull viste at i 80 % av studiene ble det funnet positiv effekt eller ingen effekter på sedimentlevende organismer ved bruk av aktivt kull (Janssen and Beckingham, 2013), mens det i 20 % av undersøkelsene ble funnet negative effekter på bunnfauna. Disse studiene viser at aktivt kull både har positive og negative effekter som miljøtiltak. Positive effekter er redusert biotilgjengelighet av miljøgifter. Negative effekter kan være redusert kvalitet av bunnfaunaen. I flere av de gjennomgåtte studiene ble det funnet at høyere dose og mindre kornstørrelse på det aktive kullet gav større reduksjon i biotilgjengelighet av forurensningen. Imidlertid viste flere av studiene også at økt dose og mindre kornstørrelse gav større negative effekter på bunnfaunaen. Dette samsvarer med det som er beskrevet over for de norske eksemplene og skyldes at de minste kornene med aktivt kull binder miljøgifter mer effektivt, men kan også ha en direkte skadelig effekt på bunnlevende organismer.

De eksemplene som er beskrevet her viser at effekten som tildekking har på bunnfaunaen er avhengig av hvordan forholdene var før tildekkingen startet. I Oslo havn der det var en forringet biologisk tilstand på sjøbunnen før tildekkingen, har det skjedd en forholdsvis rask forbedring selv om overvåkingen viser at samfunnene fortsatt bærer preg av å være på vei mot et ferdig etablert bunnfaunasamfunn. Undersøkelsene etter tynntildekkingen i Grenlandsfjordene indikerte at tildekking med tynne lag (1-5 cm) med passive materialer gav liten forstyrrelse av bunnfaunasamfunnet, mens aktivt kull hadde en tydelig negativ effekt.

7. Oppsummering

Erfaringene fra de gjennomgåtte tildekkingsprosjektene er i all hovedsak positive. Med dette menes at tildekkingen fortsatt er intakt og fungerer slik det var forutsatt. I tabell 3 gis en oppsummering av den viktigste informasjonen fra hvert prosjekt som er gjennomgått. Som det fremgår av tabellen er det store variasjoner mellom prosjektene, noen har hatt en grundig oppfølging og noen (spesielt de minste) har ikke hatt noen oppfølging etter at de ble utført. I tillegg er det i tabell 4 presentert en sammenstilling over erfaringer med tildekking av forurenset sjøbunn i USA som ble utført av ITRC (The Interstate Technology & Regulatory Council) i 2014.

Registrerte skader på tildekking

I noen prosjekter er det funnet skader i tildekkingen som skyldes at tildekkingsmaterialet er erodert bort (av skipstrafikk). I disse prosjektene er det imidlertid kun mindre deler av tildekkingsarealet der større skip manøvrerer og legger til kai i grunnere områder som er blitt påvirket.

Det er også eksempler på at dårlige grunnforhold har ført til skader i tildekkingen som følge av utglidninger eller store setninger.

Rekontaminering

Rekontaminering av sjøbunnen etter tildekking ved at nytt forurenset materiale har lagt seg på overflaten av tildekkingen er funnet i flere tilfeller. Rekontaminering kan skyldes tilførsler av forurensning fra land enten fra utslipp fra punktkilder eller fra diffuse kilder som avrenning fra forurenset grunn, fyllinger og tette flater via overvann. Dersom man har tilstrekkelig kontroll på de diffuse kildene vil den negative effekten av en slik rekontaminering være avgrenset, slik som f.eks. resultatene så langt tyder på i Oslo havn. Rekontaminering kan også skyldes spredning fra inntilliggende områder der det ikke er gjort tiltak mot forurenset sjøbunn. En slik spredning kan være vesentlig hvis de inntilliggende forurensete områdene er utsatt for sterk strøm, propelloppvirvling eller det gjøres mudring eller andre inngrep i sjøbunnen.

Type tildekking og erfaringer med disse (fordeler og ulemper)

I de gjennomgåtte tildekkingsprosjektene er det hovedsakelig brukt to typer tildekkingsløsninger:

- Klassisk isolasjon med mineralske masser
- Tynnsjikttildekking med aktivt materiale

Isolasjonstildekking gjøres typisk med mineralske masser som leire, sand, grus og finknuste steinmasser. Erfaringen fra utførte prosjekter er at utlegging med granulære masser (sand, grus og finknuste steinmasser) er enklere å legge ut enn kohesive (klebrige) masser som leire. Knuste steinmasser er i tillegg i mange tilfeller rimelig i innkjøp og tilgjengelige i nærområdet og er derfor brukt i mange prosjekter.

Isolasjonstildekking har gitt god effekt i de gjennomgåtte prosjektene så lenge det er kontroll over forhold som kan føre til skader av tildekkingen eller rekontaminering (se over).

Tynnsjiktstildekking er til nå bare prøvd ut i pilotskala i Norge men har ved bruk av aktivt kull vist lovende resultater i forhold til å redusere biotilgjengelighet og utlekking av organiske miljøgifter.

I tillegg finnes den klassiske isolasjonstildekkingen med mineralske masser inkludert et aktivt lag (karbon el. lign.), som har vært lite brukt så langt. Denne kan være særlig aktuell dersom grunnvannstransport gjennom den forurensete sjøbunnen er en viktig transportmekanisme for vannløst eller fri fase av forurensning.

I tabell 2 gis det en oversikt over under hvilke forhold de forskjellige typene av tildekking er best egnet.

Tabell 2: Forskjellige typer tildekking (klassisk isolasjon, tynnsjikt, klassisk isolasjon med aktivt lag) og for hvilke forhold de er best egnet.

Forhold	Klassisk isolasjonstildekking med mineralske masser	Tynnsjiktstildekking med aktivt materiale	Klassisk isolasjonstildekking inkludert et aktivt lag
Erosjonsutsatte områder	Godt egnet med erosjonsbeskyttelse	Lite egnet	Godt egnet med erosjonsbeskyttelse
Vanskelige grunnforhold	Krever geoteknisk vurdering/prosjektering	Ofte bedre egnet (mindre last)	Krever geoteknisk vurdering/prosjektering
Fri fase forurensning (olje etc.)	Krever konservativ design (stor tykkelse, tette løsninger)	Lite egnet	Krever konservativ design (stor tykkelse, tette løsninger). Aktivt lag kan binde olje (kapasitet til aktivt lag viktig)
Grunnvannsutstrømning	Lite egnet (stor utstrømning stoppes ikke av tildekking)	Mindre egnet (pga. lite aktivt materiale og begrenset kapasitet)	Egnet hvis et aktivt lag hindrer gjennomstrømning gjennom forurensningen eller har kapasitet til å filtrere forurensningen.
Kilder på land er fortsatt aktive	Lite egnet	Bedre egnet, det aktive laget vil ha kapasitet til å binde noe av forurensningen som tilføres fra land	Bedre egnet, dersom det aktive laget ligger øverst og binder da noe av forurensningen som tilføres fra land
Biologisk rekolonisering	Erfaringer tyder på rask rekolonisering	Erfaringer tyder på negativ effekt av aktivt kull på bunnfauna og dermed på rekolonisering	Få erfaringer. Vil være avhengig av hvilket materiale som ligger i det biologisk aktive laget
Erfaringer	Mest hyppig brukt	Utprøvd flere steder	Enkelte prosjekter i USA

Områder som hadde en dårlig biologisk tilstand på sjøbunnen før tildekkingen opplever ofte en forholdsvis rask forbedring. Undersøkelsene etter tynntildekkingen i Grenlandsfjordene indikerte at tildekking med tynne lag (1-5 cm) gav liten forstyrrelse av bunnfaunasamfunnet ved bruk av passive materialer, mens aktivt kull hadde en tydelig negativ effekt på bunnfaunaen.

De gjennomgåtte tildekkingsprosjektene viser at de viktigste faktorene for å lykkes med tildekking av forurenset sjøbunn er:

- Kontroll med aktive kilder på land
- Rekkefølge - koordinering av tildekkingsprosjektet med arbeider i tilstøtende forurensete områder i sjø og på land (tildekking bør være det siste tiltaket i rekkefølge for å unngå rekontaminering)
- Erosjon - kartlegging av strømforhold, skipstrafikk, bølger
- Stabilitet - geoteknisk vurdering bør gjøres av den planlagte tildekkingen
- Tynnsjiktstildekking må inkludere et aktivt materiale for å fungere
- Tildekking av store områder eller områder med høy økologisk verdi må vurderes i forhold til negative effekter på biota.
- Kontroll av tildekkingsmasser, tildekkingsmassene må være rene og bestandige masser

Lokale forhold som påvirker miljønyttene av tildekkingen

De to viktigste faktorene i de lokale forholdene som påvirker miljønyttene av tildekkingen er rekontaminering og erosjon.

Begge disse faktorene er beskrevet i innledningen av oppsummeringen. Disse faktorene kan i verste fall medføre at en må gjøre supplerende tiltak for å ikke få en forringet miljønytte av tiltaket. Supplerende tiltak vil normalt være en ny tildekking i de områder som er blitt forurenset. I tillegg må en sørge for å begrense/stoppe den eller de aktive kildene samt å dimensjonere den nye tildekkingen så den er erosjonssikker.

Tabell 3: Oppsummering av erfaringene med henblikk på tildekkingens fysiske stabilitet og effektivitet i de utvalgte prosjektene. Som fremgår er det lite informasjon å hente fra de minste prosjektene da disse er mindre beskrevet og dokumentasjonskravet har vært begrenset.

Prosjekt	Kort beskrivelse	Utgledning/ Innblanding	Erosjons- skader	Rekontaminering	Dokumentert effektivitet av tildekking	Effekt på biota/rekolonisering
Kristiansand -tildekking utenfor Falconbridge (nå Glencore) + ved Color Line	Problem med rekontaminering (mudring etterpå) ved Falconbridge. Tildekking med betongmadrasser ved Color line.	Nei	Nei	Ja (spredning fra ikke tildekket område ved kai og eventuelt fra senere mudring av dette området)	Rekontaminering overskygger	Ikke data
Kristiansand - tildekking utenfor Lagmannsholmen	Eksempel på mindre tildekkingsprosjekt (12 000 m2)	Ikke data	Ikke data	Ikke data	Ikke data	Ikke data
Opticap - pilottest i Eidangerfjorden og Ormerfjorden i Grenland	Tynnsjikt med aktivt kull, relativt stor dyp. Data på bunnfaunakvalitet, kjemisk effektivitet av dekklaget, målt som fluks. Fokus på dioksiner og furaner.	Nei	Nei	Ja	Betydelig risikoreduksjon	Ja, negativ
	Tynnsjikt uten aktivt kull, for øvrig som i eksempelet over	Nei	Nei	Ja	Liten eller ingen risikoreduksjon	Ingen negativ effekt
Sandefjord Kamfjordkilen	Dokumentasjon av tildekkingslagets effekt på undervannsdeponiet med flukskamre, tiltakseffekt målt ved faststoffanalyser, problemstillinger med rekontaminering og ikke oppnådd ønsket tiltakseffekt.	Nei	Nei	Ja, fra andre områder	Flukskammer viser redusert utlekking av miljøgifter	Ikke data
Oslo havn, Bjørvika og Pipervika	Mudring og tildekking med leire og mineralske masser. Tiltakseffektivitet målt ved faststoffanalyser, passive prøvetakere, flukskamre. Rekontaminering fra urbane kilder er undersøkt. Bunnfaunadata fra 2015. Dokumentasjon av lagtykkelse av dekkmasser.	Nei	Ja, i mindre områder fra skips-trafikk	Moderat rekontaminering dokumentert over tid.	God effekt over tid	Rekolonisering dokumentert. Bunnfauna på vei tilbake.

Prosjekt	Kort beskrivelse	Utglijning/ Innblanding	Erosjons- skader	Rekontaminering	Dokumentert effektivitet av tildekking	Effekt på biota/rekolonisering
Tildekking av dypvannsdeponi ved Malmøykalven i indre Oslofjorden	Tildekking av dypvannsdeponi med 0,4 m mineralske masser, lagt ut i flere lag. Data for rekolonisering med bunnfauna, kjemisk effektivitet av dekklaget (flukskamre, passive prøvetakere, sedimentfeller faststoffprøver). Data fra forundersøkelse, etter installasjon og etterkontroller. Kjemiske parametere er metaller, PAH, PCB, TBT. Dokumentasjon av lagtykkelse av dekkmasser.	Ja, innblanding under utlegging av 1. lag. Ble tildekket av etterfølgende lag.	Nei	Ikke påvist	Liten fluks og lav total. konsentrasjon i overflate dokumentert	Rekolonisering dokumentert. Bedre bunnfauna i tildekkingsområdet enn utenfor
Lysaker - tildekking ved Fina tankanlegg	Tildekking av oljeforurenset sjøbunn med 50 cm sand. Overvåking av tykkelse med målestaver 3 år etter tildekking viste at tykkelsen var minst 50 cm fortsatt.	Nei	Nei	Nei	Totalkonsentrasjon	Ikke data
Eitrheimsvågen, Sørfjorden	Tildekking av sjøbunn forurenset med tungmetaller (spesielt sink). Det ble først lagt ut geotekstil og så et 30 cm sandlag over dette.	Nei	Nei	Ja	Tot. konsentrasjon resultat påvirket av rekontaminering	Ikke undersøkt
Trondheim havn	Mudring og tildekking inne i bynært område, med deponering av masser i undervannsdeponi og strandkantdeponi. Anleggsarbeidet pågår fram mot sommeren 2016. Fokus på metaller, PAH og PCB. Parameteromfang metaller, PAH, PCB.	Nei	Nei, men tiltak nettopp avsluttet	Ingen rekontaminering direkte etter avslutning	God effekt like etter avslutning	(ikke dokumentert, tiltak nettopp avsluttet)
Trondheim havn (pilotprosjekt aktivt kull)	Tildekking av testfelt med aktivt kull blandet med bentonittleire i Kanalen.	Nei	Nei	Ja (pilot)	Porevannskonsentrasjon og utlekking av miljøgifter fra sjøbunnen ble redusert	Negative effekt av aktivt kull i form av dårligere kvalitet på bunnfaunasamfunn (BQI)
Fiskarstrand - pilottest Opticap	Tildekking av sterkt TBT forurenset sediment med biokalk (suspendert mineralsk masse). Tynntildekking, 5-10 cm. Måling av tiltakseffektivitet med flukskamre, passive prøvetakere og	Nei	Nei	Utredning pågår	Flukskammer og passive prøvetakere viser noe effekt	Liten forandring i bunnfauna

Prosjekt	Kort beskrivelse	Utglijning/ Innblanding	Erosjons- skader	Rekontaminering	Dokumentert effektivitet av tildekking	Effekt på biota/rekolonisering
	faststoffanalyser. Bunnfaunaundersøkelse for data om rekolonisering.					
Brattvåg - tildekking av muddermasser i geotekstilposer	Samme type som Kristiansund	Ikke data	Ikke data	Ikke data	Ikke data	Ikke data
Kristiansund- tildekking av muddermasser i geotekstilposer	Lite prosjekt masser plassert på sjøbunn og tildekket med fiberduk og 30 cm ren sand.	Ikke data	Ikke data	Ikke data	Ikke data	Ikke data
Kristiansund - tildekking ved bygging av storkai	Et lite område i havna med forurensete sedimenter ble tildekket med 30 cm grus.	Ikke data	Ikke data	Ikke data	Ikke data	Ikke data
Harstad havn	Tildekking av dypere områder (15-20 m) i Harstad havn med sand og grus.	Nei	Ja, fra skips- trafikk	Ja, som følge av skipstrafikk	God effekt målt som tot. konsentrasjon like etter tildekking	Ikke data
Tromsø havn	Tildekking i bukta ved Nansenplass og deler av indre havn tildekket med 0,5 m rene sand- og grusmasser. Tildekking under kaier med et 0,3 m mektig lag av sand og grus.	Nei	Ja, fra skips- trafikk	Ja, som følge av skipstrafikk	God effekt målt som tot. konsentrasjon like etter tildekking	Ikke data
Turingen	Tildekking av innsjø med en kunstig gel laget av en aluminiumbasert fellingskjemikalie.	Nei	Nei	Nei	Mistanke om at den kunstige tildekkingen (gel) ikke fungerer som forutsatt	Ikke data
Tollaren	Tildekking av kvikksølvforurensete sedimenter med geotekstil og knust stein i marint miljø nær Stockholm.	Nei	Nei	Nei		Ikke data
Tildekking med leire Haringvliet	Tildekking med 0,5 m leire i et en elvemunning.	Nei	Nei	Ja, elven tilførte forurensning som la seg oppe på dekklaget	Ikke data	Ikke data
Onondaga lake (USA)	Utglijning lokalt (ca. 10 % av tildekkingen ødelagt)	Ja	Nei	Nei	Ikke data	Ikke data
Minamata bay	Tiltak mot kvikksølvforurenset sjøbunn. Mudring, plassering bak cellespunt og tildekking	Nei	Nei	Ikke data	Ikke data	Ikke data

Tabell 4: Sammenstilling utført av ITRC (The Interstate Technology & Regulatory Council) i 2014 over utførte tiltak mot forurensete sedimenter. Tabellen viser en sammenstilling fra ITRCs rapport over erfaringer fra utførte tildekkingsprosjekter i USA.

Prosjekt	Forurensning	Areal (1 ha = 10 000 m ²)	Tildeckings- tykkelse	Tildeckingsmateriale	Tidspunkt for tildekkingen	Effektivitet	Kommentarer
Pacific Sound Resources, Seattle, WA	PAH i kreosot (NAPL) og kvikksølv	23,5 ha	0,8 - 1,8 m	Tildeckingsmateriale fra uttak på land og sand fra mudringsprosjekt.	2003 - 2005	Ingen observert forurensningstransport basert på porevannsmålinger i 2010.	I enkelte deler av tildekkingsarealet var det steile skråninger (50 %). Tildekking ned til 80 m dyp.
Head of Thea Foss Waterway, Tacoma, WA	PAH i tjære (NAPL)	8,5 ha	0,9 m	Tildekking med sand og HDPE-duk og erosjonsbeskyttelse.	2003	Rekontaminering av tildekkingen fra oppstrømskilder.	Delvis mudring for dybde og duk for å hindre gassuttrenkning.
Wyckoff-Eagle Harbor, Bainbridge Island, WA (Prosjekt nr. 1)	PAH i kreosot (NAPL)	28 ha	0,3 - 0,9 m	Sand fra mudring for seilingsdyp.	1994	Tildekkingen inneholdt forurensning. Erosjon i område med fergetrafikk Rekontaminering fra aktive kilder. Undersøkelser av porevann viste likevel ingen transport gjennom tildekkingen. (Lu og Reible, 2011)	Overvåkning viste redusert langtidsrisiko basert på mindre negative effekt på lever i English Sole.
Wyckoff-Eagle Harbor, Bainbridge Island, WA (Prosjekt nr. 2)	PAH, kvikksølv	23,5 ha	0,15 - 0,9 m	Sand	1997		Overvåkning av konsentrasjon i overflatesediment har ikke overskredet grenseverdiene for prosjektet.
Pier 64, Seattle, WA	PAH, metaller, ftalater, dibenzofuraner	-	0,15 - 0,45 m	Sand fra mudring for seilingsdyp.	1994		Tynntildekking for å hindre resuspensjon under peledriving.
New Haven Harbor, CT	PAH, metaller	-	0,5 m	Silt	1993		
Port Newark/Elizabeth, NY	PAH, metaller	-	1,6 m	Sand	1993		
Pier 53-55 CSO, Seattle, WA	PAH, metaller	-	0,4 - 0,8 m	Sand hentet fra mudring for seilingsdyp.	1992		Bunnfaunasamfunn ble ødelagt av tildekkingen
Experimental Mud Dam, NY	PAH, metaller	-	1,0 m	Sand	1983		Kjerneprøver tatt i 1990

Prosjekt	Forurensning	Areal (1 ha = 10 000 m ²)	Tildeckings- tykkelse	Tildeckingsmateriale	Tidspunkt for tildekkingen	Effektivitet	Kommentarer
Mill-Quinnipiac River, CT	PAH, metaller	-	0,5 m	Silt	1981		Kjerneprøver tatt i 1991
Norwalk, CT	PAH, metaller	-	0,5 m	Silt	1981		
Stamford-New Haven, CT	PAH, metaller	-	0,5 m	Sand	1978		Kjerneprøver tatt i 1990
GP Lagoon, Bellingham, WA	Kvikksølv	I tidevanns- sonen	0,9 m	Sand	2001	Ingen miljøgifttrans- port gjennom tildekk- ingen etter 3 måneder.	
Central Long Island Sound Disposal Site, NY	Alle typer miljøgifter fra havneområder	-	Ukjent	Sand	1979-1983	Noen kjerneprøver viste forurensning også i overflaten. Indikasjon på mindre utglidninger i de mudrede massene	Omfattende kjerneprøvetaking viste at tildekkingen var stabil. Det var dårlig rekolonisering i mange områder.
New York Mud Dump Disposal Site, NY	Metaller	-	Ukjent	9,2 millioner m ³ sand	1980		Kjerneprøver 3,5 år etter tiltaket viste at tildekkingen var intakt.
Duwamish Waterway/ Diagonal CSO, Seattle, WA	PCB, ftalater, kvikksølv	2,8 ha	0,9 - 1,5 m	Isolasjonslag av sand, erosjonsbeskyttelse av stein, og habitatlag	2003-2004		Erosjonsbeskyttelse i det meste av området. Habitat ble plassert i områder som var grunnere enn -3 m lavere enn laveste vannstand.
Hylebos Waterway, Commencement Bay, WA	PCB, kvikksølv, halvflyktige organiske forbindelser	0,2 ha	1,1 m	Geotekstil, 0,45 m med knust stein og 0,6 m komprimert sand/grus.	2004		Tildekking i tidevannsonen ble gjort med landbasert utstyr ved lavvann.
Olympic View Resource Area, WA	PCBs, dioksiner	0,5 ha	Variabel avhengig av delområde som ble til dekket	Sand, granulær AC (GAC)	2002		9 000 tonn sand fra lekter ble plassert via nedføringsrør. I noen områder ble det blandet inn granulært aktivt karbon (4 % i forhold til volum, 1,5 % i forhold til vekt) som en ekstra barriere.
Convair Lagoon, San Diego, CA	PCB	56,4 ha	0,9 m	Sand over knust stein	1998		Pågående overvåkning

8. Referanser

Cornelissen, G., Elmquist Kruså, M., Breedveld, G. D., Eek, E., Oen, A. M.P., Arp, H. P. H., Raymond, C., Samuelsson, G., Hedman, J. E., Stokland, Ø., and Gunnarsson, J. S. (2011). Remediation of Contaminated Marine Sediment Using Thin-Layer Capping with Activated Carbon—A Field Experiment in Trondheim Harbor, Norway Environ. Sci. Technol., 2011, 45 (14), pp 6110-6116. Publication Date (Web): June 14, 2011 (Article), DOI: 10.1021/es2011397

DNV. (2012). Rekolonisering av bentisk fauna ved dypvannsdeponiet, Malmøykalven 2012, Oslo Havn KF. Rapportnr.: 2012-1437, Rev. 01, 2012-11-23.

Executive officer summary report. (2015).

http://www.waterboards.ca.gov/sandiego/board_info/agendas/2015/Dec/item8/Item_8_EO_SR.pdf (lest 3. mai 2016)

Honeywell. (2015). Onondaga lake capping, dredging, habitat and profundal zone (smu 8) final design modified protective cap ra-d-1 design revision.

http://www.dec.ny.gov/docs/regions_pdf/olprofsmu8.pdf (lest 14. mars 2016)

ITRC, 2014. Contaminated Sediments Remediation, Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC), 50 F Street NW, Suite 350, Washington, DC 20001

Janssen, E. M.-L. and Beckingham, B. A. (2013) .Biological Responses to Activated Carbon Amendments in Sediment Remediation. Environ. Sci. Technol., 2013, 47 (14), pp 7595-7607, Publication Date (Web): June 7, 2013 (Critical Review), DOI: 10.1021/es401142e.

Josefsson, S., Schaanning, M., Samuelsson, G., Gunnarsson, J., Olofsson, I, Eek, E., Wiberg, K. (2012). Capping efficiency of various carbonaceous and mineral materials for in situ remediation of marine PCDD/F-contaminated sediments: sediment-to-water fluxes and bioaccumulation in boxcosm tests. Environ. Sci. Technol. 46 (6), pp 3343-3351.

HDR Engineering Inc. (2012). Science and Engineering for the Environment LLC, Ken Taylor Associates Inc. 2012. Final 2011 Year 17 Monitoring Report. East Harbor Operable Unit - Wyckoff/Eagle Harbor Superfund Site.

Kystverket (2008). Salvage of U864 - Supplementary studies - Study no. 11: Assessment of future spreading of mercury for the capping alternative. Report no. 23916-11.

Lu, X., Drake, B., Skwarski, A., Reible, D. (2011). Predicting bioavailability of PAHs and PCBs with pore water concentrations measured by disposable solid-phase micro-extraction fibers, Environ. Toxicology and Chemistry, 30, Issue 5, May 2011, Pages: 1109-1116.

Miljødirektoratet (2014). Tynntildekking av forurensete sedimenter. Overvåkning av fire testfelt i Grenlandsfjordene. Rapport M-219/2014.

Nadeau, S.C., Skaggs, M.M. (2015). Analysis of Recontamination Following Completion of Sediment Remediation Projects: An Update. Battelle Eighth International Conference on Remediation and Management of Contaminated Sediments. January 12-15, 2015 New Orleans, Louisiana, USA.
NGI (2008) Tildekking av forurenset sediment med leire i Oslo Havn. NGI-rapport 20071396-2. Datert 14. februar 2008.
NGI. (2011). Sluttrapport, april 2011, Forskningsrådet Havkyst Prosjekt 185032. Norwegian Research Council "Coast and Sea" Project 185032. NGI report no. 20081057-1
NGI. (2014). Utarbeiding av tiltaksplan for Kollevågen nedlagte avfallsdeponi. Sluttrapport. 20130795-01-R Rev 01 datert. 26. august 2014
NGI. (2015). Oslo Havn KF - Overvåking av forurensning ved mudring og deponering Endelig oppsummering 2014. Dokumentnr.: 20140442-03-R datert: 15. november 2014. Rev. nr.: 3, 16. november 2015.
NGI. (2015). Overvåking av kjemisk og biologisk tilstand i Oslo Havn 2015. kontroll av miljøtilstand - prøvetaking av overvannskummer og sedimenter i Oslo havn 2015=Dokumentnr.: 20150346-01-R Dato: 25. november 2015.
NIVA. (2002). Effekter av uhellsutslipp av metallholdig vann til Sørfjorden, Hardanger i 1999-2000. Analyser av sedimenter og filet av torsk Løpenr. 4520-2002. Prosjektnr. 21127
NIVA. (2009). Undersøkelse av tildekking av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven med Sedimentprofilkamera. NIVA rapport 5775-2009, datert 31/3-09
NIVA. (2010) Tiltaksplan for forurensete sedimenter i Sørfjorden. Rapport l.nr. 6003-2010.
NIVA. (2013). Overvåking av miljøgifter i nærområdet til Xstrata Nikkelverk AS i Kristiansand i 2012; Metaller I sedimenter, vann og blåskjell. Rapport l.nr. 6547-2013
NIVA. (2014). Thin layer capping of fjord sediments in Grenland. Chemical and biological monitoring 2009-2013. Rapport 6724-2014.
SFT. (2002). Tildekking av forurensete sjøsedimenter (TA-1865/2002).
SFT. (2007). Veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment (TA-2229/2007).
Vannrammedirektivet. (2009). Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet. Veileder 01: 2009. Klassifisering av miljøtilstand vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften.

Vedlegg 1

Beskrivelse av utførte tildekkingsprosjekter

Beskrivelsene er sortert geografisk fra sør til nord i Norge, deretter kommer de utenlandske prosjektene.

Prosjekt: Kristiansand - tildekking utenfor Falconbridge Nikkelverk (nå Glencore) + Kristiansand havn, fergepir til Color Line

Kort prosjektbeskrivelse:

Tildekking av myk hellende forurenset sjøbunn med 25 cm sand, totalt 183 000 m³ masser. Sjøbunnen var forurenset med tungmetaller, PAH og dioksiner. Sjøbunnen hadde svært liten skjærstyrke og det var også rasfare. Sanden var gratis fordi den kom fra Statens vegvesen sitt veiprosjekt hvor ren sand måtte fjernes. Nærmest land ved kai hvor det var risiko for propelloppvirvling av sediment, ble det lagt en betongmadrass (2 700 m²). Ved siden av ble det lagt en armert fiberduk med 25 cm sand og 40 cm pukkb ovenpå (7 500 m²). Tildekkingen ble utført i tynne sjikt (først 5 cm og så to 10 cm lag deretter) med fallbunnslekter. Det ble ikke observert ras/utglidninger. Ved den nye fergepiren (Color Line) i indre havn ble det lagt ut betongmadrasser på sjøbunnen på et 5000 m² stort areal.

Utført (år):

2002-2003 + betongmadrasser i 2009

Byggherre:

Kristiansand kommune/Statens Vegvesen

Konsulent:

NIVA, NGI og Sørlandskonsult

Entreprenør:

Agder Marine

Areal tildekket:

330 000 m²

Overvåking etter utført tiltak:

I Hannevika er det i forbindelse med årlig overvåking utført av NIVA (sedimentprøver) i funnet "gammelt" forurenset slam oppå tildekkingslaget (siste fra 2012). Det antas bl.a. komme av at det ble utført mudringsarbeider i området etter tildekkingen utenfor Falconbridge i Hannevika.

Total kostnad:

Ca. 14 mill. NOK for hele prosjektet i 2003 (tildekkingen av 330 000 m² med sand kostet ca. 9 mill. NOK, dvs. ca. 30 NOK/m², det ble et meget rimelig prosjekt pga. gratis dekkmasser). Kostnaden ble dekket av Kristiansand kommune, SFT og Falconbridge. Kostnaden for tildekking med betongmadrasser ved Color Line var 13,5 mill. NOK, hvorav 3 mill. NOK ble dekket av SFT.

Prosjekt: Kristiansand - tildekking utenfor Lagmannsholmen**Kort prosjektbeskrivelse:**

Tildekking av forurensede sedimenter med 30 cm sand før utfylling med sprengstein utenfor Lagmannsholmen. Sedimentene var forurenset med tungmetaller, PAH og dioksiner. Tildekkingsmassene (sand fra et sandtak) ble levert av Kristiansand havn. Tildekking ble utført i tre lag à 10 cm. Utleggingen ble foretatt med fallbunnslekter. Den første utfyllingen endte med utrasing og i årene etterpå ble det jobbet med ny tildekking/utfylling.

Utført (år):

Tiltak er utført i flere runder: 2001, 2007 og 2015

Byggherre:

Kristiansand havn

Konsulent:

Sørlandskonsult

Entreprenør:

Agder Marine

Areal tildekket:

12 000 m² (i 2001)

Overvåking etter utført tiltak:

-

Total kostnad:

0,4 mill. NOK i 2001 (sandene ble levert og er ikke inkludert i kostnaden). Kostnader for de senere tiltakene er ikke kjent.

Prosjekt: Opticap - Pilottest tynntildekking med aktivt kull og mineralske masser i Eidangerfjorden og Ormerfjorden i Grenland

Kort prosjektbeskrivelse:

Tildekking av sjøbunn forurenset med dioksiner og kvikksølv. Tre testfelt på 100 x 100 m (totalt 30 000 m²) i Ormerfjorden ble dekket til med tynne lag av henholdsvis 1) aktivt kull (2 kg/m²) blandet med ren leire, 2) bare ren leire og 3) knust kalkstein (0 - 5 mm). Vanddypet på disse testfeltene var om lag 30 m. I Eidangerfjorden ble et testfelt på 200 x 200 m (totalt 40 000 m²) dekket til med ren leire blandet med aktivt kull (2 kg/m²). Vanddypet på testfeltet i Eidangerfjorden var 95 m.

Mer info: www.opticap.no

Utført (år):

2009

Byggherre:

Forskningsrådet, Secora, Agder Marine, NOAH, Miljødirektoratet, Norsk Hydro, Omya Hustadmarmor

Konsulent:

NGI, NIVA, Stockholms Universitet

Entreprenør:

Secora, Agder Marine

Areal tildekket:

Ca. 70 000 m²

Overvåking etter utført tiltak:

Utlekking av klororganiske miljøgifter (bl.a. dioksiner og furaner) fra sediment til vann, Bioakkumulering i bunnfauna og bunnfaunakvalitet. Overvåking ble utført 1, 8, 14, 20, 23, 45 og 56 måneder etter tildekkingen

Total kostnad:

4,5 MNOK (felttesten)

Prosjekt: Sandefjord, Kamfjordkilen - Tildekking av undervannsdeponi

Kort prosjektbeskrivelse:

Mudrede masser fra Kamfjordkilen ble både lagt i geotekstilposer og direkte inn i et undervannsdeponi. Toppen av deponiet etter avslutning var på om lag - 5 m. Tildekkingen av deponiet bestod av fiberduk, 20 cm 0-16 mm knuste steinmasser (lagt ut i to omganger á 10 cm) og 10 cm 0-63 mm steinmasser som topplag. Tildekkingen ble lagt ut ved hjelp av splittlekter. Den ble kontrollert av dykker og bruk av ekkolodd.

Utfordringen i dette prosjektet var først og fremst knyttet til restforurensning i de mudrede områdene.

Mer info: Sluttrapport fra NCC utarbeidet for Sandefjord kommune. Datert 17. november 2003: http://www.sandefjord.kommune.no/globalassets/teknisk/teknisk-dokumenter/klima-og-miljo/rapporter-sandefjordsfjorden/2003_ncc_ngi_niva_kamfjordkilen_sandefjord_erfaringsrapport_miljomudring_kamfjordkilen_esnsm-1.pdf

Utført (år):

2002 - 2003

Byggherre:

Sandefjord kommune

Konsulent:

NGI, NIVA

Entreprenør:

NCC Anlegg

Areal tildekket:

Ca. 28 000 m²

Overvåking etter utført tiltak:

Totalkonsentrasjon i prøver fra sjøbunnen og utlekking fra sediment til vann i 5 år.

Total kostnad:

19 MNOK for hele prosjektet, 3,5 MNOK for tildekking

Prosjekt: Oslo havn - Bjørvika og Pipervika

Kort prosjektbeskrivelse:

Tildekking med leire: I "Ren Oslofjordprosjektet" ble områder med vandyp 15 til 20 m i Oslo havn tildekket med ren leire som kom fra sjøarbeidene for Operatunnelen (senketunnel). 270 000 m² ble tildekket med rene leirmasser, dekklaget var ca. 40 cm på mesteparten av arealet men i et område var det helt opp til 2,3 m tykt. Leiren ble lagt ut fra en fallbunnslekter som "kvernet" leiren med store horisontale kniver (tverrskips over lukene) før den ble sluppet fra lekteren.

Utleggingen gikk bra men det viste seg at den "rene" leiren noen steder var forurenset på grunn av vanskeligheter med å skille ren og forurenset leire. Kostnader til teknologiutvikling (kverning av leirklumper) ble dekket av SFT.

Tildekking med knuste steinmasser: I noen områder med dyp mindre enn 15 m ble det utført tildekking med knuste steinmasser. Dette var områder hvor man ikke oppnådde tilstrekkelig rene sedimenter ved mudring eller områder hvor mudring ikke var egnet eller mulig. Til sammen ble i overkant av 430 000 m² tildekket med knuste steinmasser.

Mer info: <http://www.renoslofjord.no/>

Utført (år):

2007-2011

Byggherre:

Statens vegvesen Region Øst (leirtildekking), Oslo Havn KF (sandtildekking)

Konsulent:

NGI

Entreprenør:

Leire: Skanska (mudret og leverte leiren), Agder Marine (underleverandør til Skanska) kvernet og la ut leiren, men på slutten ble også noe leire lagt ut av Skanska med splittlekter. (Det ble totalt brukt 178 000 m³ leire til tildekkingen som Skanska hadde grabbmudret i forbindelse med arbeidene for senketunnelen i Bjørvika).

Sand: Secora (Agder Marine, som var underleverandør, la ut sanden).

Areal tildekket:

Ren leire (Statens vegvesen Region Øst): 270 000 m² (NGI, 2008)

Estimert areal tildekket med knuste steinmasser (Oslo Havn KF): 430 000 m²

Overvåking etter utført tiltak:

Etterkontroll etter gjennomførte tiltak av at tiltaks mål er nådd (NGI (2009), NGI (2011), NGI (2015)). Miljøgiftkonsentrasjoner i ny sjøbunn, tykkelse av tildekkingslag og undersøkelse av bunnfaunasamfunn (2015).

Total kostnad:

Tiltaket i Oslo havn (mudring, tildekking, deponering) kostet totalt ca. 250 mill. NOK. Miljødirektoratet dekket ca. 95 mill. NOK.

Prosjekt: Tildekking av dypvannsdeponi ved Malmøykalven i indre Oslofjorden

Kort prosjektbeskrivelse:

I "Ren Oslofjordprosjektet" ble flere områder med vanddyp ned til 15 m i Oslo havn mudret og deponert i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Etter endt deponering ble disse massene dekket til med 0,4 m knuste masser (grus og sandfraksjon). Tildekkingsmassene ble lagt ut ved å slippe disse fra splittlekter i vannoverflaten og ned på de deponerte massene på 60 - 70 m dyp. Siste runde med tildekking ble gjennomført ved at massene ble pumpet ut under vannoverflaten. Tildekkingen ble lagt ut i tynne lag på ca. 5 - 10 cm. Mer info: <http://www.renoslofjord.no/>

Utført (år):

2008-2011

Byggherre:

Oslo Havn KF

Konsulent:

NGI

Entreprenør:

Secora, siste tildekkingsrunde: Agder Marine

Areal tildekket:

350 000 m²

Overvåking etter utført tiltak:

Tykkelse på første lag ble målt med SPI-kamera og sammenlignet med modellering (NIVA, 2009). Tykkelse etter hovedtildekking ble målt med målepinner og kjerneprøvetaker. Tykkelse etter supplerende tildekking ble målt med nye målepinner (NGI 2011). Tykkelse av tildekkingslaget på hele deponiet ble etterkontrollert med målepinner og kjerneprøvetaker (NGI 2015). Utlekking fra tildekket sjøbunn ble målt med flukskammer i 2011, 2012 og 2013. Rekolonisering av bunnfauna ble undersøkt i 2012. En undersøkelse av utlekking og rekolonisering vil bli gjennomført i 2016.

Total kostnad:

Tiltaket i Oslo havn (mudring, tildekking, deponering) kostet totalt ca. 250 mill. NOK. Miljødirektoratet dekket ca. 95 mill. NOK.

Prosjekt: Lysaker - tildekking ved Fina tankanlegg**Kort prosjektbeskrivelse:**

Tildekking av oljeforurenset sjøbunn ned til 8 m vanddyp utenfor tidligere tankanlegg til Fina rett ved utløpet av Lysakerelva.

Det ble tildekket med 50 cm sand som entreprenør måtte skaffe til veie. Det ble stilt spesielle krav til meget fin kornstørrelse (ned mot silt). Overvåking med turbiditetsmålere. Dette fungerte ikke så godt pga. av tidvis naturlig høy turbiditet ved elveutløpet til Lysakerelva.

Utført (år):

2003

Byggherre:

Fina

Konsulent:

NGI

Entreprenør:

Agder Marine

Areal tildekket:8 000 m²**Total kostnad:**

0,9 mill. NOK (i 2003)

Prosjekt: Eitrheimsvågen (Sørfjorden) - tildekking

Kort prosjektbeskrivelse:

Forurensede sedimenter i Eitrheimsvågen i Sørfjorden utenfor Norzink (nå Boliden Odda) ble tildekket i 1992. Sedimentene var forurenset med tungmetaller (sink spesielt) fra sinkverket.

Som en del av tiltaket ble det laget en 200 meter lang demning av løsmasser på tvers av Eitrheimsvågen med en kjerne bestående av en stålpunt for å stoppe utlekking fra det gamle deponiet. Videre ble det laget avskjærende grøfter for overvann og strandlinjen forsterket ved hjelp av gabioner og geotekstiler for å sikre mot stranderosjon og for å etablere en ny strand. Sjøbunnen utenfor demningen (et areal på ca. 400 m x 225 m) ble tildekket med fiberduk i bredder på 6 m fra lekter. Duken ble lagt ut med overlapp og sveiset under vann for å få dekket hele bunnen samt fjæresonen.

På fiberduken ble det dosert sand fra lekter slik at tykkelsen var minst 30 cm på toppen av duken. Dette ble kontrollert av dykkere og der hvor tykkelsen var mindre enn 30 cm ble det etterfylt med sand.

Vanddyppet i området som ble tildekket var fra 0 til 12 m. Sinkkonsentrasjonen i sedimentene som ble tildekket varierte mellom 19 000 mg/kg tørrstoff til 75 000 mg/kg tørrstoff. Tiltaket ga en reduksjon på sink- og kadmiuminnhold i sjøvann på over 90 %. Dette er det første prosjektet i Norge med tildekking av forurensede sedimenter.

Utført (år):

1992

Byggherre:

Norzink (nå Boliden Odda)

Konsulent:

Instanes

Entreprenør:

Selmer (ble overtatt av Skanska i 2000)

Areal tildekket:

Ca. 90 000 m² sjøbunn ble tildekket med fiberduk og sand

Overvåking etter utført tiltak:

NIVA gjennomførte i 2007 teoretiske spredningsberegninger basert på verktøyet i risikoveilederen for forurenset sediment (SFT, 2007). Spredningsberegningene gjennomført i 2007 antyder spredning av metaller fra sedimentet til vannsøylen. Beregningene førte til at NIVA anbefalte ytterligere tildekking. Dette ble utredet av DNV i 2009 som konkluderte med at en ytterligere tildekking ikke så ut til å kunne gi lave konsentrasjoner av miljøgifter i sedimentene på grunn av rekontaminering via lovlige utslipp fra bl.a. Boliden Odda og anbefalte vurdering av andre tiltak som gir større effekt.

Total kostnad:

36 mill. NOK i 1992. (Norzink betalte 26 mill. NOK og SFT 10 mill. NOK.). Selve tildekkingen kostet ca. 8 mill. NOK.

Prosjekt: Trondheim havn - tildekking av forurenset sjøbunn inne i bynært område

Kort prosjektbeskrivelse:

Sjøbunnen i fire områder i Trondheim havn ble tildekket for å redusere spredning av miljøgifter til vannmiljøet. Miljøgiftene det var fremst fokus på var metaller, PAH og PCB. De fire områdene som ble tildekket var Kanalen, Brattørbassenget, Nyhavna og Ilsvika. I de tre førstnevnte områdene ble det, der det var nødvendig, mudret før tildekking for å oppnå ønsket seilingsdyp påfulgt av en tildekking med mellom 30-50 cm dekkmasse (kornstørrelse 0-8 mm) og et 10-15 cm erosjonslag over dette. I Ilsvika ble det kun utført en 10 cm tynnsjiktstildekking (sand) av hensyn til geotekniske forhold og risiko for utglidning.

Mer info: <http://renerehavn.no/> og <https://www.trondheim.kommune.no/renerehavn>

Utført (år):

2015-2016

Byggherre:

Trondheim kommune

Konsulent:

NGI, Multiconsult og DNV GL

Entreprenør:

Envisan (datterselskap av det belgiske selskapet Jan de Nul) med Agder Marine som underleverandør av bl.a. tildekking i Kanalen

Areal tildekket:

Ca. 380 000 m²

Overvåking etter utført tiltak:

Tillatelsen fra Miljødirektoratet pålegger Trondheim kommune en overvåking etter avsluttet tiltak som skal pågå over minimum en 12-års periode. Overvåkingen skal være i tråd med vannforskriftens bestemmelser.

Total kostnad:

Oppryddingen er beregnet å koste ca. 175 millioner NOK eks. mva. (i 2016). Staten dekker 75 prosent av kostnadene til de rene miljøtiltakene.

Prosjekt: Trondheim havn - testtildekking med aktivt kull**Kort prosjektbeskrivelse:**

Tildekking av tre ulike testfelt med aktivt kull, bare aktivt kull, aktivt kull blandet med bentonittleire og aktivt kull dekket med et 5 mm tynt lag sand. I tillegg var det etablert et referanse felt med bare 5mm sand og et uten noen tildekking. Massene ble blandet og lagt ut fra en arbeidsflåte.

Mer info: Sluttrapport, april 2011, Forskningsrådet Havkyst Prosjekt 185032

Utført (år):

2008

Byggherre:

Trondheim Havn

Konsulent:

NGI

Entreprenør:

Trondheim havn

Areal tildekket:

Ca. 1 000 m²

Overvåking etter utført tiltak:

Utlekking fra sediment til vann, bioakkumulering av PAHer og PCB i bunnfauna og porevannskonsentrasjon i vannet.

Total kostnad:

Ikke kjent

Prosjekt: Opticap - Pilottest tynntildekking med aktivt kull og Biokalk utenfor Fiskerstrand verft

Kort prosjektbeskrivelse:

Tildekking av sjøbunn forurenset av TBT, tjærestoffer og tungmetaller. Biokalk, som er finknust kalkstein i suspensjon, og Biokalk blandet med aktivt kull ble pumpet ut som tildekkingsmasse på et 11 000 m² stort testfelt i ca. 4,5 cm tykkelse. Testfeltet ble overvåket først i ca. 1 år etter tildekkingen. Det er også gjort nye målinger 5 år etter tildekkingen som ikke er ferdig rapportert ennå.

Mer info: www.opticap.no

Utført (år):

2010

Byggherre:

Forskningsrådet, Secora, Agder Marine, NOAH, Miljødirektoratet, Norsk Hydro, Omya Hustadmarmor, samarbeid også med Fiskerstrand verft AS

Konsulent:

NGI, NIVA

Entreprenør:

OMYA Hustadmarmor (fraktesbåt pumpet ut massene)

Areal tildekket:

Ca. 11 000 m²

Overvåking etter utført tiltak:

Utlekking fra sediment til vann, bunnfaunakvalitet (2011 og 2015).

Total kostnad:

Ikke kjent

Prosjekt: Brattvåg - tildekking av muddermasser med geotekstilposer**Kort prosjektbeskrivelse:**

For å øke seilingsdybden fra 6 til 8 m foran en del av kaianlaget til STX Norway i Brattvåg ble ca. 4 000 m³ sedimenter mudret med grabb. Det øvre laget var sterkt forurenset og utgjorde ca. 500 m³. Forurensningen var i hovedsak kobber, PAH og TBT. De 500 m³ som var forurenset ble plassert i geotekstilposer (såkalte "big bags") og deponert i sjøen. De øvrige 3 500 m³ rene massene ble brukt for å tildekke geotekstilposene. Tildekkingen foregikk ved at massene ble sluppet fra bunn i lekter.

Utført (år):

2009

Byggherre:

STX Norway Offshore AS

Konsulent:

Multiconsult (miljø)

Entreprenør:

Sjøentreprenøren

Areal tildekket:

De 500 m³ ble plassert i 7 stk "big bags" som ble tildekket med 3 500 m³ rene masser, antatt areal 1 000-2 000 m².

Overvåking etter utført tiltak:

-

Total kostnad:

1,7 mill. NOK (i 2009)

Prosjekt: Kristiansund- tildekking av muddermasser i geotekstilposer**Kort prosjektbeskrivelse:**

Mudring av forurensede sedimenter ble utført i Kristiansund havn. Mudring gikk ned til ca. 20 m dyp. Massene ble plassert i geotekstilposer på lekter og senket ned med kran på sjøbunnen 30-40 m utenfor kai og utplassert på min. 20 m dyp (seilingsdybde). Posene ble tildekket med fiberduk og 30 cm ren sand.

Utført (år):

2004

Byggherre:

Kristiansund kommune

Konsulent:

Multiconsult

Entreprenør:

Skanska

Areal tildekket:

Posene på sjøbunnen som ble tildekket omfattet et areal på ca. 50 x 20 m, dvs. ca. 1000 m².

Overvåking etter utført tiltak:

-

Total kostnad:

2,7 mill. NOK (i 2004)

Prosjekt: Kristiansund - tildekking ved bygging av storkai**Kort prosjektbeskrivelse:**

Tildekking av forurensede sedimenter i Kristiansund havn. Et område i havna med forurensede sedimenter ble tildekket med 30 cm grus.

Utført (år):

2004

Byggherre:

Kristiansund kommune

Konsulent:

Multiconsult

Entreprenør:

Skanska

Areal tildekket:

4 100 m²

Overvåking etter utført tiltak:

-

Total kostnad:

0,8 mill. NOK (i 2004)

Prosjekt: Harstad havn - tildekking av forurenset sjøbunn

Kort prosjektbeskrivelse:

Harstad havn var en av de prioriterte områdene i Norge for sanering av sjøbunnen. Tiltaket hadde to hensikter; å få en ren sjøbunn og å få mudret en farled med 60 m bredde og 9 m dybde inn til havnen. Arbeidene startet opp sommeren 2012 og ble avsluttet våren 2014. Arbeidet bestod av mudring av forurenset sjøbunn i grunnere områder (< 15 m) her var det anslått mudring av 120 000 m³ men endelig mengde ble 172 000 m³, bl.a. på grunn av overmudring. Ca. 120 000 m² forurenset sjøbunn i dypere områder (15-20 m) ble tildekket. Hoveddelen av den ca. 30 cm tykke tildekkingen ble utført med en «trailing suction hopper dredger» (85 %) og 15 % med en sandpumpe (under brygger etc.). Tildekkingsmassene (sand og grus) ble mudret opp og hentet fra Risøyrenna.

Mer info: http://harstadhavn.no/aktuelt/ren_harstad_havn/
og <http://www.kystverket.no/renharstadhavn>

Utført (år):

2012-2014

Byggherre:

Kystverket og Harstad Kommune (+ en innleid byggeleder fra Asplan Viak)

Konsulent:

Multiconsult

Entreprenør:

Secora (tildekking ble utført av underleverandører: tildekkingen med «trailing suction hopper dredger» ble utført av Rohde-Nielsen A/S (dansk firma) og tildekkingen med sandpumpe av Gerd Stensen AS)

Areal tildekket:

Ca. 120 000 m²

Overvåking etter utført tiltak:

I tillatelsen fra Fylkesmannen ble det gitt pålegg om årlige kontroller av tildekkingen etter at den var avsluttet. Disse kontrollene skal dokumentere utbredelse og tykkelse av tildekkingslaget samt innhold av miljøgifter.

Total kostnad:

Ca. 150 mill. NOK. Oppryddingen var et spleiselag mellom Kystverket (farleden) og Harstad kommune (som fikk støtte til opprydding av forurenset sjøbunn fra staten).

Prosjekt: Tromsø havn - tildekking av forurenset sjøbunn

Kort prosjektbeskrivelse:

Tromsø havn var en av flere prioriterte områder i regjeringens handlingsplan for opprydding i forurenset sjøbunn. Miljøtilstanden i Tromsø havn var klassifisert som svært dårlig i henhold til Miljødirektoratets klassifiseringssystem, spesielt med hensyn til innhold av PAH16 og PCB7. I regi av Tromsø Havn KF ble det gjennomført en opprydding forurenset sjøbunn i indre havn, i bukta ved Fridtjof Nansens plass (Nansenplass) og i søndre havn i Tromsø. Oppryddingen omfattet mudring av ca. 80 000 m³ forurensete sedimenter og deponering av disse i et strandkantdeponi. Der miljøkvaliteten ikke var tilfredsstillende etter mudring og remudring ble sjøbunnen tildekket med 0,5 m rene sand- og grusmasser. Videre ble det under de fleste kaier tildekket med 0,3 m rene sand- og grusmasser (etter rydding av skrot). Tildekkingen ble utført med sandpumperen M/S Gerd Stensen, som mudret opp og spylte ut ca. 25 000 m³ rene sand- og grusmasser fra Tønsvik i Tromsø kommune.

Mer info: http://www.miljodirektoratet.no/no/Tema/Forurenset_sjobunn/Opprydding-i-prioriterte-omrader/Tromso/

Utført (år):

2010-2012

Byggherre:

Tromsø Havn KF

Konsulent:

Multiconsult

Entreprenør:

Skanska Norge AS var hovedentreprenør (mudring og deponering). Deler av deponeringsarbeidet ble utført med AF-Gruppen som underleverandør. Skanska har benyttet Gerd Stensen AS som underentreprenør for tildekkingen.

Areal tildekket:

Ca. 50 000 m²

Overvåking etter utført tiltak:

I tillatelsen fra Fylkesmannen er det gitt krav om overvåking av tildekkingen.

Total kostnad:

Ca. 136 mill. NOK for oppryddingen av forurenset sjøbunn. Tromsø havn fikk ca. 50 % av beløpet i støtte fra staten.

Prosjekt: Turingen (Sverige) - tildekking

Kort prosjektbeskrivelse:

Bunnen i innsjøen Turingen som har en overflate på ca. 100 ha (1 km²) var forurenset med kvikksølv fra papirmasseproduksjon som foregikk mellom 1946 og 1966. Kvikksølvinnholdet i overflatesedimentene varierte mellom 2,5 - 8 mg/kg TS. På grunn av den myke bunnen (papirfiber) var det ikke mulig å gjennomføre en normal tildekking. Det ble derfor bestemt å finne en metode for å lage en bunn som ikke ville synke inn i papirfiberlaget. En helt ny metode ble valgt hvor det ble lagt ut en ny bunn som ble dannet av en gel som bestod av en aluminiumbasert fellingskjemikalie.

Laboratorietester og en pilottest viste at denne gelen stivnet når den ble lagt ut på bunnen og dannet et hardt lag. Gelen ble lagt ut på ca. 80 % av sjøbunnen med spesialutviklet metode og dannet et 2-5 cm tykt lag når den stivnet.

Det kan også nevnes at i forkant av geltildekkingen ble det i 1999-2000 gjennomført et tiltak ved Turingens utløp for å redusere kvikksølvspredningen med 75 % i forhold til spredningen fra hele Turingen. Tiltaket innbefattet en begrenset mudring og tildekking av 40 000 m² med en permeabel geotekstil (slipper igjennom gass) fulgt av 20 cm sand og minst 20 cm pukkk hvor vanddybden var mindre enn 4 m.

Utført (år):

1999-2000 (tildekking ved utløpet) + 2002-2003 (tildekking med gel)

Byggherre:

Nykvarn kommun

Konsulent:

WSP og Markus Meili (geltildekking)

Entreprenør:

Vattenresurs AB (gelen)

Areal tildekket:

Ca. 800 000 m² ble tildekket med gel og ca. 40 000 m² med geotekstil, sand og pukkk

Overvåking etter utført tiltak:

Overvåkingen etter tiltaket har vist en forbedring av tilstanden i Turingen. Imidlertid har prøvetaking av bunnsedimentene vist at det forekommer en del forhøyede verdier av kvikksølv i overflatesedimentene samtidig som mengden av aluminium (gelen) minker. Dette kan tyde på en omblending av sjøbunnen eller en omkrystallisering eller tap av det kunstige gellaget.

Total kostnad:

Ca. 57 MSEK for tiltakene utført mellom 1999-2003. Kostnad for overvåking og oppfølging ble anslått til 8 MSEK i perioden 2004-2008.

Gelen oppgis å ha kostet 625 SEK/m³ eller 25 SEK/m² sjøbunn.

Prosjektet ble finansiert av Naturvårdsverket, Länsstyrelsen i Stockholms län, EU, Stockholms läns landsting og Södertälje kommun (nå Nykvarn kommun).

Prosjekt: Tollaren (Sverige) - tildekking**Kort prosjektbeskrivelse:**

Kvikksølvforurensete sedimenter i marint miljø ved Tollaren rett utenfor Stockholm ble tildekket 2008-2009. Kilden til kvikksølvforurensningen var utslipp fra en nedlagt papirmassefabrikk. Utslippene foregikk fra 1941 til 1964 og bestod av cellulosefibre innblandet fenylikvikksølv.

Selve tildekkingsprosjektet startet med at det ble utplassert en dobbel vertikal siltgardin for å beskytte mot spredning under tiltaket. Som tildekkingsmetode ble det først søkt om å få lagt ut en betongmadrass over de forurensete sedimentene men forslaget ble ikke godkjent av Vattendomstolen. Løsningen som ble godkjent og utført var at det på sjøbunnen først ble lagt ut en geotekstil og siden et lag av knust stein over dette.

Utført (år):

2008-2009

Byggherre:

NCC (Skulle bygge boliger i området)

Konsulent:

WSP, Golder

Entreprenør:

NCC

Areal tildekket:

140 000 m² var utbredelsen av papirfiberlaget som ble tildekket (laget var på det meste 4-5 m tykt).

Overvåking etter utført tiltak:

Ikke kjent

Total kostnad:

Ikke kjent

Prosjekt: Haringvliet (Nederland) - uttesting av tildekking med leire

Kort prosjektbeskrivelse:

Elvemunningen ved Haringvliet og tilstøtende farvann er en del av deltaet i den sørvestlige delen av Nederland. I dette området, er sedimentene som stammer fra industriell virksomhet langs elvene Rhinen og Meuse forurenset. Mengden forurenset sediment i dette området vurderes å være flere hundre millioner m³ og å mudre en så stor mengde og deponere denne ville være svært dyrt. Rijkswaterstaat bestemte seg derfor for å teste ut om det ikke var mulig å utføre en tildekking isteden. I 2003 ble det derfor utført en test i elvemunningen hvor 16 ha (0,16 km²) ble tildekket med 0,5 m ren ren leire. Årsaken til at leire ble valgt er at dette er en type masse som det ellers er vanskelig å finne avsetning for men som forutsatt at den kan legges ut på sjøbunnen vil være svært rimelig. Løsningen som ble valgt for utleggingen var en leker som hadde 32 like store åpninger hvor leiren ble plassert før den ble sluppet ned på bunnen slik at leiren ble jevnt fordelt på bunnen (se foto nedenfor). Kontrollen etter utført arbeid viste at tildekkingen var vellykket og at det var mulig å bruke leire som tildekkingsmateriale.



Foto som viser hvordan leirmassene ble lagt ut (Foto: Rijkswaterstaat)

Utført (år):

2003

Byggherre:

Rijkswaterstaat

Konsulent:

Rijkswaterstaat

Entreprenør:

Combinatie Moerdijk som bestod av Ballast Ham Nederland, Martens og Van Oord

Areal tildekket:

Ca. 160 000 m² sjøbunn ble tildekket med ren leire

Overvåking etter utført tiltak:

Overvåking etter tiltaket viste at ca. 5 år etter tiltaket hadde det lagt seg et ca. 10 cm tykt forurenset slamlag oppe på den rene leiren. Det ble derfor konkludert med at i en slik elvemunning som får tilført forurenset slam via elvetransport har et slikt tildekkingstiltak en levetid på i størrelsesorden 5-10 år.

Total kostnad:

Ikke kjent

Prosjekt: Onondaga Lake Remediation

Kort prosjektbeskrivelse:

I innsjøen Onondaga lake i New York stat i USA ble det i 2010 startet sediment-opprydding med blant annet tildekking av 1,8 km² med sand. I perioden 2012 - 2015 skjedde tre ulike utglidninger i de bratteste delene av tildekkingsområdene. Dette førte til at forurenset sediment ble spredt til et område på i overkant av 100 000 m² (Honeywell 2015). Mer info: <http://www.lakecleanup.com/>

Utført (år):

2010 - 2012

Byggherre:

Honeywell

Konsulent:

Parsons, O'Brien & Gere, Anchor QEA

Entreprenør:

Ikke kjent

Areal tildekket:

1,8 km²

Overvåking etter utført tiltak:

Ikke beskrevet i detalj i tilgjengelig materiale

Total kostnad:

Ikke kjent

Prosjekt: Minamata bay (Japan) - tildekking**Kort prosjektbeskrivelse:**

Minamata er en kystby i den sørlige delen av Japan hvor det fra en lokal industri ble sluppet ut mellom 70-150 tonn kvikksølv mellom 1932 og 1968 i Minamatabukten (Minamata bay). Dette førte til kvikksølvforurenset fisk og skalldyr og da mange i Minamata levde fremst av fisk fra Minamata bay ble de forgiftet av metylkvikksølv fra fisken og til sammen ca. 900 personer omkom og 3 000 ble skadet. Målinger av kvikksølv i sedimentene i Minamata bay viste at de i gjennomsnitt hadde kvikksølvkonsentrasjon på mellom 30-2 000 mg/kg ts.

Tiltak for mot de forurensete kom i gang i 1977 og ble avsluttet i 1990. Løsningen som ble valgt var å mudre 780 000 m³ av de forurensete sedimentene og plassere dem i et sjødeponi lengst inn mot land. Sjødeponiet ble plassert i det området hvor man hadde de mest forurensete sedimentene. En fikk på denne måten tildekket de mest forurensete sedimentene in situ uten å måtte mudre i disse. Etter at alle de forurensete massene var deponert ble deponiet tildekket med en membran (for å øke bærestyrken) og på membranen ble det lagt vulkansk akse (lett tilgjengelig og billig) og øverst ble det avsluttet med et jordlag. I deponiområdet ble det etterpå etablert en park.

Utført (år):

1977-1990

Byggherre:

Kumamoto fylke

Konsulent:

Ikke kjent

Entreprenør:

Ikke kjent

Areal tildekket:Ca. 700 000 m² (deponioverflaten som ble tildekket)**Overvåking etter utført tiltak:**

Ingen informasjon foreligger om hva slags kontroll som ble utført av tildekkingen av deponiet

Det ble utført etterkontroll der hvor det ble mudret. Etter mudring var den gjennomsnittlige kvikksølvkonsentrasjonen i de gjenstående sedimentene 4,6 mg/kg ts.

Total kostnad:

3200 mill. NOK i 1990. (Industrien som hadde forurenset betalte ca. 2/3).

Miljødirektoratet

Telefon: 03400/73 58 05 00 | Faks: 73 58 05 01

E-post: post@miljodir.no

Nett: www.miljødirektoratet.no

Post: Postboks 5672 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøksadresse Trondheim: Brattørkaia 15, 7010 Trondheim

Besøksadresse Oslo: Grensesvingen 7, 0661 Oslo

Miljødirektoratet jobber for et rent og rikt miljø. Våre hovedoppgaver er å redusere klimagassutslipp, forvalte norsk natur og hindre forurensning.

Vi er et statlig forvaltningsorgan underlagt Klima- og miljødepartementet og har mer enn 700 ansatte ved våre to kontorer i Trondheim og Oslo, og ved Statens naturoppsyn (SNO) sine mer enn 60 lokalkontor.

Vi gjennomfører og gir råd om utvikling av klima- og miljøpolitikken. Vi er faglig uavhengig. Det innebærer at vi opptre selvstendig i enkeltsaker vi avgjør, når vi formidler kunnskap eller gir råd. Samtidig er vi underlagt politisk styring. Våre viktigste funksjoner er at vi skaffer og formidler miljøinformasjon, utøver og iverksetter forvaltningsmyndighet, styrer og veileder regionalt og kommunalt nivå, gir faglige råd og deltar i internasjonalt miljøarbeid.