

## BEST – beslutningsgrunnlag for tiltaksmetode tynnsjikttildekking

*Av Marianne Olsen*

Marianne Olsen er prosjektleder ved Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Telemark

Innlegg på fagtreff i Norsk vannforening 29. april 2009

### Sammendrag

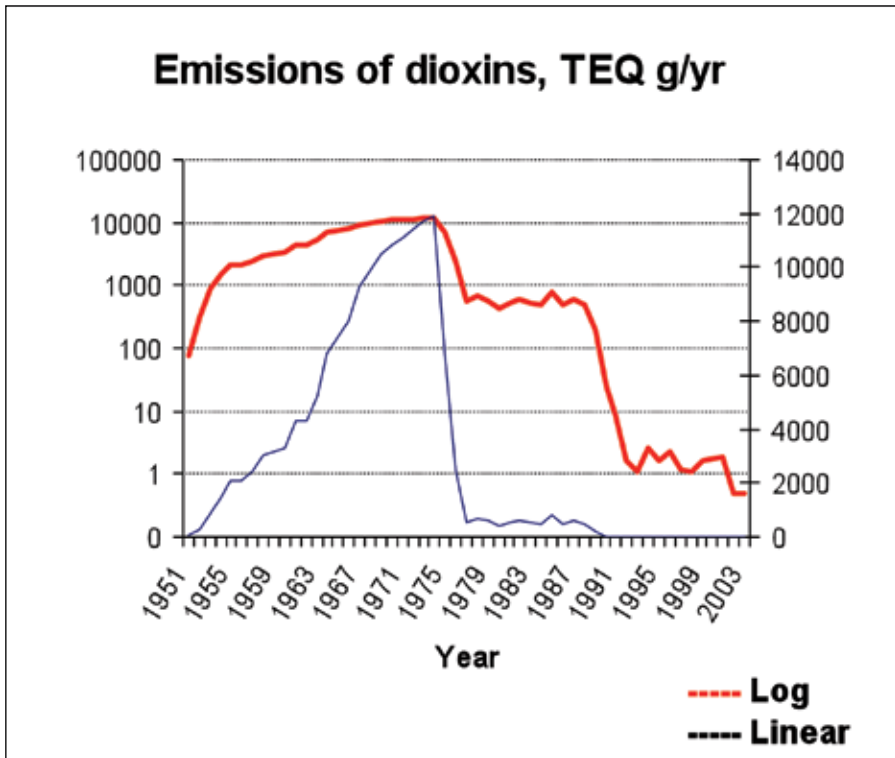
Dioksinforurensningen i grenlandsfjordene i Telemark er knyttet til Norsk Hydros magnesiumfabrikk på Herøya, som ble lagt ned i 2002. Utslippene fra fabrikkene har ført til høye konsentrasjoner av dioksiner og furaner i fisk og skalldyr, og i sedimentene i grenlandsfjordene. Myn-dighetene har i samarbeid med industri-en over lang tid overvåket forurens-ningsutviklingen. Da lange tidsserier mot slutten av 1990-tallet ga en forståelse for at nedgangen i fisk og skalldyr flatet ut, startet arbeidet med å forstå dyna-mikken i fjorden med tanke på å komme fram til tiltaksløsninger. Dette arbeidet har ført til at muligheten for å gjennom-føre en storskala tynnsjikttildekking i grenlandsfjordene nå utredes, samtidig som ny og spennende kunnskap om tynnsjikttildekking forskes fram.

### Bakgrunn

Historien om dioksinforurensning i grenlandsfjordene i Telemark starter

med etableringen av magnesiumfabrikken til Norsk Hydro på Herøya i Porsgrunn i 1951. I industriprosessene i denne fabrikk ble det dannet klorerte forbindelser, og utslippene gikk både til luft og til sjø i Frierfjorden. De første årenes utslipp av dioksiner og furaner er det bare mulig å anslå ut i fra beregninger, men basert på forholdstall til andre kjente klorerte forbindelser er det antatt at utslippene fram til midten av 70-tallet kan ha vært opptil 12-14 kg/år til sjø (Kilde: Trond Gulbrandsen, Norsk Hydro). I 1975 ble det gjort endringer på råstoffsidene, noe som bidro til en utslippsreduksjon på rundt 90 %. Den neste store utslippsreduksjonen skjedde som følge av store rens tiltak i 1990, slik at utslippene fram til nedstenging av fabrikkene i 2002 lå ned mot 1-2 g/år og innenfor SFTs utslippskrav, figur 1.

Grenland er det best undersøkte området i Norge i forhold til miljøgifter, og overvåkning av miljøgifter i fisk og skalldyr har pågått siden 70-tallet. Utslippsreduksjonen i 1990 førte raskt til lavere dioksin-konsentrasjoner i fisk og skalldyr (Knutzen og Green, 1991), men allerede



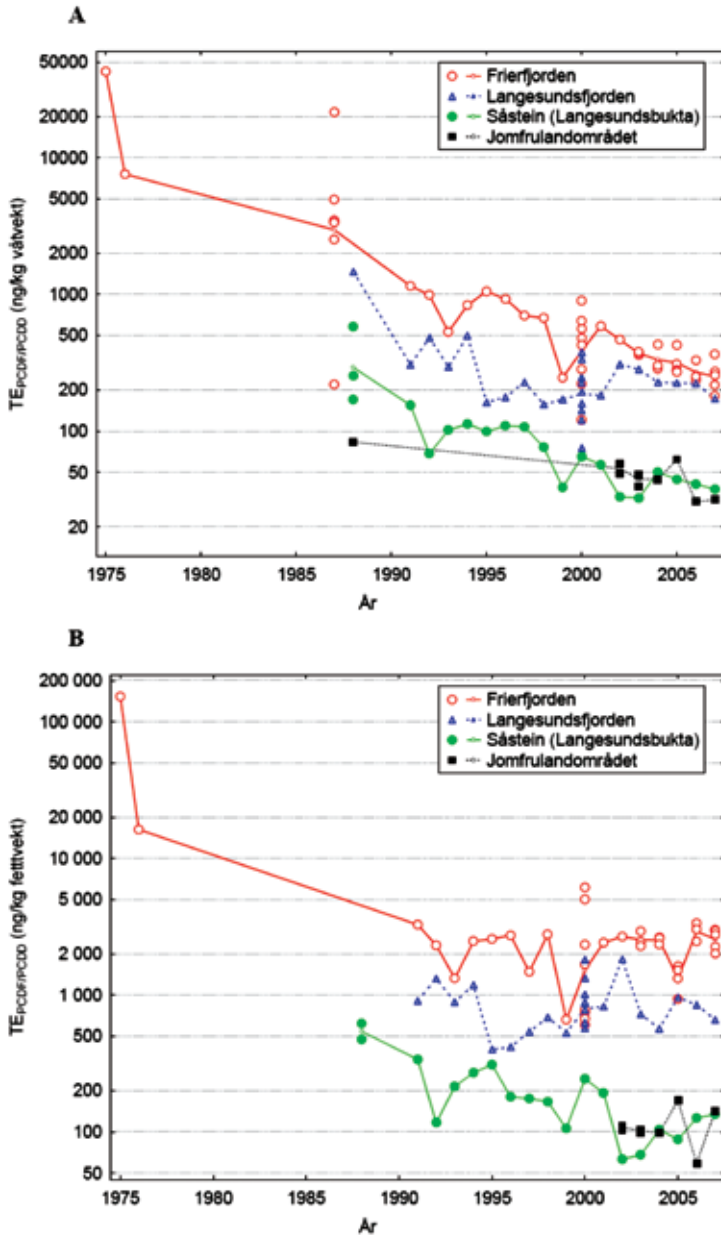
Figur 1. Utslipp av dioksiner beregnet som 2,3,7,8-TCDD-toksisitetsekvivalenter til Frierfjorden fra magnesiumfabrikken på Herøya. Tall fra før 1987 er estimert ut fra relasjon til verdier av andre klorerte hydrokarboner. Kilde: Trond Gulbrandsen, Norsk Hydro Forskningscenteret. Dataene er presentert både i en logaritmisk (a.) og lineær (b.) skala. Figur fra Næs m.fl. (2004).

i 1992 observerte NIVA at nedgangen så ut til å ha flatet ut og at konsentrasjonene fortsatt var uakseptabelt høye (Knutzen, 1994).

De siste undersøkelsene bekrefter bildet av at endringene skjer langsomt. Dioksiner i torskelever fra Frierfjorden har sunket siden 1991 på våtvektsbasis, figur 2, men viser svak stigning i 2008. I Langesundsfjorden har dioksiner i torskelever, ørretfilet, og blåskjell ikke endret

seg entydig siden midten av 90-tallet og ligger nå så vidt under nivåene i Frierfjorden, mens nivåene i krabbesmør har sunket.

Allerede på 1960-tallet ble det gitt kostholdsråd pga miljøgiftkonsentrasjoner i fisk og skalldyr, og de har senere blitt revurdert flere ganger. Etter siste revisjon i 2004 er konsum av all fisk og skalldyr i Frierfjorden og Voldsfjorden ut til Breviksbroen frarådet. Videre er det



Figur 2. Dioksiner i torskelerver på A: våtvektbasis og B: fettvektbasis som funksjon av tid. Verdiene er angitt som TEPCDF/PCDD. Alle replikater er vist og linjene er trukket mellom gjennomsnittsverdier på log-skala. Figur fra Bjerkeng, m.fl. (2008)

frarådet å spise sjørøret som er fanget i Skiensvassdraget, Herrevassdraget og i mindre vassdrag som munner ut i disse eller i Frierfjorden. Innenfor kostholdsgrensen som strekker seg fra Mølen ved Helgeroa i Larvik kommune til Såstein og Kråka i Bamble kommune, er det frarådet å spise ål, sild, makrell, krabbe og lever fra fisk.

Som en følge av utslippene gjennom flere tiår, er også sjøbunnen forurenset med miljøgifter. Forurensningen i sedimentet er sammensatt og har mange kilder, som diverse industri rundt fjordene, inkludert verftsindustrien, skipsfart, kommunale utslipp, avrenning fra land og tilførsler fra vassdraget. Det er imidlertid de klorerte forbindelse fra utslippene fra Norsk Hydros magnesiumfabrikk på Herøya som dominerer forurensningsbildet. Utslippene fra magnesiumumfabrikken kan spores langt utenfor fjordområdene. Konsentrasjonene av dioksiner og furaner i indre deler av Frierfjorden ligger på ca 6000 pg TE/g, mens verdiene ved Breviksterskelen er målt til ca 4000 pg TE/g, og i fjordavsnittene Eidangerfjorden og Ormefjorden rundt 1000 pg TE/g (K. Næs m.fl., 2009).

De viktigste tilførslene er nå stanset, og det er nå akseptert at det er sedimentet som bidrar til å opprettholde miljøgiftkonsentrasjonene i fisk og skaldyr.

### Langsiktig overvåking og tiltaksplan

Siden slutten av 1980-tallet har myndigheter og industri arbeidet med å redusere utslipp og overvåke forurensningssituasjonen i grenlandsfjordene. Da man run-

det år 2000, og tidsseriene ga grunnlag for å snakke om en utflating i konsentrasjonen av dioksiner i fisk og skaldyr, ble arbeidet utvidet fra overvåking til å omfatte også modellutvikling. Motivasjonen var å forstå dynamikken i fjordsystemet, og å finne forklaringer på hvorfor konsentrasjonene i fisk og skaldyr ikke gikk ytterligere ned. Prosjektet DIG (Dioksiner i Grenland) ble satt i gang som et samarbeid mellom flere forskningsmiljøer med NIVA i prosjektledelsen, og med finansiering fra Norges forskningsråd og Norsk Hydro. I prosjektet ble det bl.a. utviklet en helhetlig modell for flyt av dioksiner i grenlandsfjordene, satt sammen av en abiotisk og en biotisk del. Modellen ga muligheter for å sette opp scenarier for forurensningsutviklingen i fjordene. Resultatene fra DIG-prosjektet har dannet grunnlaget for det videre arbeidet med forurenset sjøbunn i Grenland.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har gjennom sin nasjonale satsning på forurenset sjøbunn, prioritert 17 områder med fjorder og havner der det arbeides med å utvikle helhetlige tiltaksplaner for opprydding i forurenset sjøbunn, og grenlandsfjordene er en av disse. SFT har laget en mal for arbeidet slik at alle tiltaksområdene følger de samme fasene. Fylkesmannen i Telemark har på oppdrag fra SFT koordinert arbeidet lokalt i Grenland siden 2004. Den første fasen av arbeidet førte til en kunnskapsstatus for forurensningssituasjonen og en kvantifisering av utslippskilder til grenlandsfjordene. Oversikten som ble fremskaffet tok for seg både tungmetaller og organiske

miljøgifter. Det ble identifisert kunnskapshull og det ble gjort en foreløpig inndeling og prioritering av delområder.

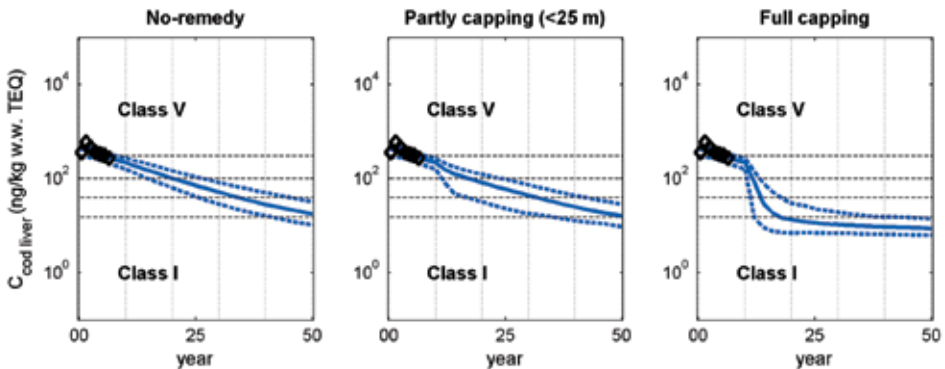
I fase 2 ble prosjektet Rein fjord etablert som et samarbeidsprosjekt mellom forurensningsmyndighetene, kommunene og industrien i Grenland, med Norsk Hydro og SFT som de største økonomiske bidragsyterne, og NIVA og NGI som de mest sentrale faginstuttene. I denne fasen var målsetningen å få dekket kunnskapshullene for så å utvikle en tiltaksplan. Det ble gjennomført en rekke deloppgaver for å få forståelse for hvor tiltak burde settes inn, hvilke typer av tiltak som var aktuelle og hvordan forholdet mellom kostnader og nytte kunne bli ved gjennomføring av tiltak. Konkrete deloppgaver som ble gjennomført var miljørisikoanalyse, kostnytte-analyse, etablering av langsiktige miljømål, modellberegninger av scenarier for utviklingen av miljøgiftforurensning i sjøbunnen og i fisk og skalldyr med og uten tiltak, og vurdering av mulige tiltaksmetoder. Gjennomføringen av miljørisikoanalyser ble gjort etter SFTs veileder (TA-2085/2005). Kostnytteanalyser ble gjennomført i samarbeid med Ståle Navrud ved UMB og David Barton ved NIVA, og ble blant annet basert på gjennomføring av en betalingsvillighetsundersøkelse blant befolkningen i grenlandsområdet. Modellberegningene av ulike scenarier ble basert på modellverktøyet Sedflex (NIVA), som er utviklet fra DIG-modellen.

De viktigste resultatene fra arbeidet i fase 2 kom fra modellering av tidsutvikling for dioksin i fisk og skalldyr, med og uten tiltak. Resultatene fra modellbereg-

ningene viste at tiltak må omfatte svært store arealer for å påvirke dioksinbelastningen i fisk og skalldyr. Forklaringen ligger i at forurensningen er jevnt spredd over hele fjordsystemet, den viktigste tilførselsveien fra sediment til fisk og skalldyr er gjennom næringskjeden, og beiteområdene er store. Modellverktøyet ble benyttet til å sette opp ulike tiltaksløsninger, som i modellen ble beskrevet som rent sediment innenfor definerte areal og dyp i fjordene, slik man teoretisk kan tenke seg det ved en tildekking med rene masser.

Modelleringer for Frierfjorden viste at den naturlige remedieringen (dvs. ingen tiltak) med 95 % sannsynlighet vil føre til at fisk og skalldyr i Frierfjorden vil være under 4 ng TEQ/kg våtvekt, som er EUs grense for omsetning av fisk og skalldyr til konsum, om ca 45 år. For å fremskynde denne naturlige forbedringen, må tiltak gjennomføres i størsteparten av fjordarealene. Modellen viste liten respons i fisk og skalldyr før tiltakene omfattet nærmere halve fjordarealet, men ved en full tildekking med rene masser kunne forbedringen framskyndes til 10-15 år etter tiltaket.

Bildet var det samme for de ytre fjordområdene, som strekker seg fra Breviksterskelen og ut til linjen Mølen – Såstein. Fjordarealet i Frierfjorden er ca 10 km<sup>2</sup>, og arealet utenfor kan være i størrelsesorden 20 km<sup>2</sup>. Modellberegningene ga videre en forståelse for at tiltak i Frierfjorden ville ha tilnærmet ingen effekt på forholdene i de ytre fjordområdene. Figur 3 viser eksempel på resultater fra en modellberegning for Frierfjorden, gjen-



Figur 3. Resultater fra modellberegninger gjennomført med verktøyet Sedflex (NIVA). Kurvene viser utviklingen av dioksinkonsentrasjoner i torskelever over tid, i forhold til tre ulike tiltaksalternativer. (K. Næs m.fl., 2009)

nomført av NIVA for Norsk Hydro (K. Næs m.fl., 2009).

Miljørisikoanalysen som ble gjennomført i Fase 2 ble basert på en inndeling av fjordområdene i forhold til dyp og nærhet til havner og industrikanaler. Siden forurensningsbelastningen er høyest nærmest kaiområdene ga også risikoen analysen relativt sett høyest risiko, både mhp spredning, helse og økologi, utenfor de største industrikanalene.

## Strategiske valg

Modellberegningen i Fase 2 gjorde det klart at de tiltakene som skal til for å forbedre forurensningssituasjonen, vil måtte dekke store arealer både innenfor og utenfor Breviksterskelen. Det ble også klart at tiltak som gjøres i Frierfjorden innenfor Breviksterskelen vil ha liten betydning i de ytre fjordområdene. Dette skyldes det forholdet at de aktuelle miljøgiftene er knyttet til sedimentet, at næ-

ringskjeden er den viktigste inntaks- og transportveien for forurensning fra sedimentet til fisk og skalldyr, og dessuten terskelfjordstrukturen, som begrenser horisontalspredningen av forurensning fra sedimentet.

Med utgangspunkt i modellberegningene synes det lite hensiktsmessig å avgrense mindre tiltaksområder, når miljømålet er sterkt knyttet til belastningen i fisk og skalldyr i hele fjordsystemet. På den annen side ga resultatene fra miljørisikoanalysen et bilde på hvor de mest belastede forurensningsområdene er, med fare for spredning, human helse og økosystemskader innenfor delområdene. Miljørisikoanalysen ga et utgangspunkt for å prioritere delområder dersom hensikten er å rydde opp i avgrensede ”hotspots”.

Modellberegningene har imidlertid vist at opprydding i slike hotspots vil ha liten effekt på fisk og skalldyr i fjord-

systemet. Med dette utgangspunktet stod Fylkesmannen overfor et strategisk valg for det videre arbeidet, og valgte å jobbe videre med hele fjordsystemet og tiltaksløsninger for dette. Miljømålene som så langt i prosessen var diskutert med lokale interessegrupper og med kommunene, var knyttet opp mot utnyttelse av fjorden til næring og rekreasjon, noe som forutsetter mer enn avgrensede lokale forbedringer i sedimentet. Det betyr ikke at forurensningsproblematikken ved de mest belastede lokalitetene ikke følges opp videre, men motivasjonen for å håndtere disse områdene er ikke direkte knyttet til forventning om å kunne måle effekt i fisk og skalldyr. Forurensningsmyndighetene følger opp forurensningsproblematikken utenfor skipsverft, industrihavner og trafikkhavner.

Arbeidet i fase 2 ble ikke konkretisert i en ferdig tiltaksplan, slik SFT i utgangspunktet hadde ønsket. Med forståelse for at utfordringene i grenlandsfjordene er å komme fram til metodisk gjennomførbare tiltaksløsninger som vil ha effekt over store arealer, uten samtidig å innebære store negative konsekvenser for økosystemet i fjordene, ble det tatt et nytt strategisk valg i arbeidet. I samarbeid med Norsk Hydro og SFT ble det satset på utredning av tiltaksløsning i form av tildekking med tynne sjikt av ulike masser. Tynne sjikt vil i denne sammenhengen si under 5 cm med dekkmasse. Fylkesmannen i Telemark valgte å prioritere videre arbeid i ytre fjord, utenfor Breviksterskelen, selv om de mest belastede forurensningslokalitetene er å finne i Frierfjorden innenfor Breviksterskelen. Dette

valget var primært basert på at det er dette ytre fjordavsnittet det knytter seg størst rekreasjons- og fiskeinteresser til. Erfaringene fra arbeidet i ytre fjord vil være overførbare til Frierfjorden.

## BEST

Motivasjonen for tildekking med tynne sjikt er både knyttet til økonomi, logistikk og reduserte økologiske konsekvenser i forhold til tradisjonell tildekking med tykke lag av rene masser. Fylkesmannens arbeid har tidsrammen 2007-2010. For å presisere dette arbeidets målsetning er prosjektet gitt navnet BEST; *Beslutningsgrunnlag for tiltaksmetode tynnsjikttildekking*. Prosjektet skal levere et godt og bredt beslutningsgrunnlag om tiltaksløsningen, og har lagt opp til at beslutningsgrunnlaget skal baseres på fire grunnstener.

For det første kunnskap om hvilke effekter tildekking i tynne sjikt kan gi på tilbakeholdelse av miljøgifter. På den annen side er det samtidig viktig å forstå hvilke konsekvenser tildekking kan ha på biologien i tiltaksområdet. I tillegg skal prosjektet levere kostnadsoverslag basert på konkrete tiltaksløsninger, og opp mot dette vurdere nytteverdien i form av hvilke miljømål det er realistisk å oppnå. Disse forholdene vil sammen danne grunnlaget for fylkesmannens anbefaling vedrørende tiltak mot forurenset sjøbunn i Grenland.

BEST-prosjektet mottar resultater fra to store prosjekter, Opticap og Thinc. Det førstnevnte er et BIA-prosjekt (Brukerstyrt innovasjonsarena) under Norges forskningsråd, med Secora, Agder

marine, NOAH, Hustadmarmor, SFT og Norsk Hydro som partnere, og under ledelse av Norges geotekniske institutt (NGI). Det andre prosjektet (Thinc) ledes av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og er finansiert av Norsk Hydro. Prosjektene utfyller hverandre og samarbeider i utredningen av tynnsjikttildekking. Utredningene baserer seg på studier både i lab, i større bokser på NIVAs forskningsstasjon Solbergstrand utenfor Drøbak, og i felt i grenlandsfjordene. Forurenset sediment fra grenlandsfjordene er benyttet i studiene både på lab og i bokser, og det er gjort både biologiske og kjemiske studier av forsøk med tildekking av ulike typer masse.

Massene som er undersøkt i studiene på lab og i bokser er følgende:

1. Suspendert kalk: to kvaliteter fra Hustadmarmor
2. Miljøgips: knust kalk fra NOAH
3. Sand, 0-8 mm fra Drøbak
4. Hyperitt fra NCC Valberg i Kragerø
5. Kuttet marin leire i to ulike kvaliteter
6. Aktivt kull i pulverform
7. Lignin

Det er spenning og forventning knyttet til de aktive massene, spesielt aktivt kull, og evne til å holde tilbake miljøgiftene i forhold til de passive materialene.

Gjennomføringen av feltstudier innebærer tynnsjikttildekking i ytre fjord i grenlandsfjordene. Oppstart for dette arbeidet var 1. september 2009, og overvåkingen etter tildekking vil foregå i minst 18 måneder. Det er lagt ut kalk,

ren leire og leire i blanding med kull på ulike felt i fjorden. Tildekkingsfeltene ligger på ca 100 meters dyp i Eidangerfjorden og på ca 30 meters dyp i Ormefjorden. Feltstudiene vil gi bedre forståelse for effektene av tildekking både i forhold til kjemisk tilbakeholdelse og biologiske responser, og ikke minst gir de en metodisk utprøving av utlegging i svært tynne sjikt på store dyp.

Utprøvingen av ulike masser i lab, bokser og felt vil gi det viktigste kunnskapsbidraget til BEST. I tillegg til dette er det flere spørsmål som også er viktige å få besvart, for å få en så komplett forståelse som mulig for effektene og konsekvensene av tynnsjikttildekking som tiltaksløsning. Dette gjelder bl.a. hvilken påvirkning tråling har på oppvirvling og spredning av forurenset sediment, og i hvilken grad tråling kan tenkes å påvirke et tildekkingstiltak. Det gjelder også hvilken betydning skipsfart og havnevirksomhet har ved oppvirvling av sediment i forbindelse med propellaktivitet og annen havnemanøvrering. Utredninger av disse problemstillingene ivaretas både gjennom oppdrag som myndighetene eller industrien på eget initiativ har igangsatt, og gjennom pålegg til virksomheter. Prosjektet BEST skal sammenfatte kunnskap og de erfaringer som bygges opp i prosjektperioden, til et beslutningsgrunnlag og en anbefaling som etter planen skal foreligge ved årsskiftet 2010/2011.

### Referanser

Bjerkeng, B., J.A. Knutsen, T. Bakke og A. Ruus. 2008. *Overvåkning av miljø-*



*gifter i fisk og skalldyr fra Grenlandsfjordene 2008.* NIVA 1052/09.

Knutzen, J. 1994. *Overvåkning av miljøgifter i fisk og skalldyr fra Grenlandsfjordene 1992.* NIVA 545/93.

Knutzen, J. og N.W. Green, 1991. *Overvåkning av miljøgifter i fisk og blåskjell fra Grenlandsfjordene i 1990.* NIVA 468/91.

Næs, K., J. Persson, T. Saloranta, T. Andersen, J.A. Berge, K. Hylland, A. Ruus,

A, Tobiesen, O.A.Bergstad og J.A. Knut-  
sen, 2004. *Dioksiner i Grenlandsfjordene – DIG. Oppsummering av forskningsprosjektet.* NIVA rapport LNR 4876-2004.

Næs, K. T. Saloranta, H. C. Nilsson, G. Cornelissen, D. Broman, 2009. *Undersøkelser for å styrke modeller knyttet til beslutningsstøtte for tiltak mot forurensede sedimenter i Grenlandsfjordene.* Rapport til Norsk Hydro.