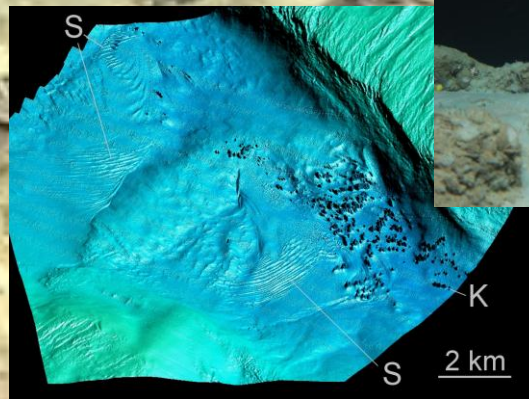
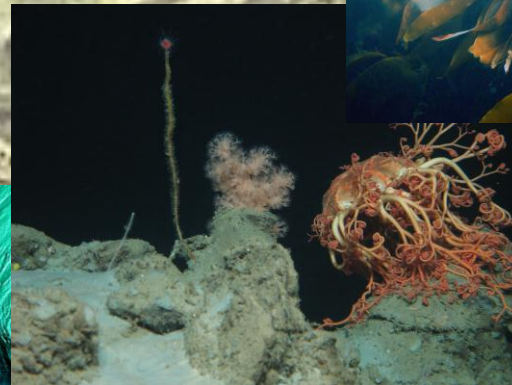


# Sjødeponi – økologisk levedyktig løsning?

Torgeir Bakke  
NIVA



F. Moy

SERPENT

MAREA

# Problemstilling

- Sjødeponering av gruveavgang,
- Ikke strandkantdeponi, ikke forurenset sediment
- Gruveindustrien har behov for å bli av med enorme mengder avgang
- Skal man ha en mineralnæring er dette uunngåelig
- Alternativene er tilbakefylling, deponering på land eller i sjø
- Deponering på land har av ulike grunner skapt mindre protester enn i sjø



**Er miljøeffektene av sjødeponering slik at dette kan være en levedyktig løsning?**

# Mål med foredraget

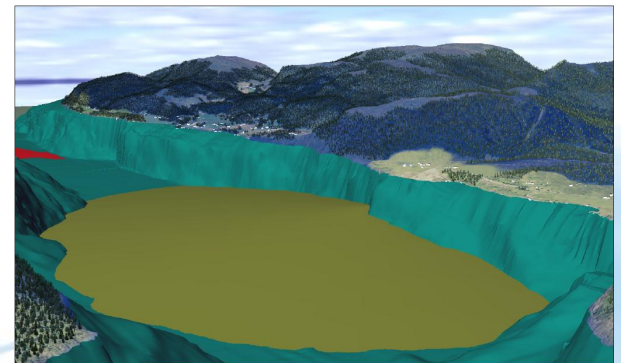
- Belyse
  - Hva vet vi konkret om økologiske effekter ved sjødeponering
  - Hvordan kan økologisk kunnskap hjelpe oss til å bedømme fremtidige virkninger
  - Hvordan kan økologisk kunnskap brukes for å sette akseptkriterier
  - Finnes det noen absolutte sperrer for sjødeponering «showstoppers» ?

# To situasjoner

- Effekter under deponering
- Gjenvekst etter deponering

# Under deponering

- Lang varighet (Førdefjorden 50 år)
- Store massemengder skal deponeres
- Som oftest rene masser, men ikke alltid
- Tre effektsoner (med gradvis overgang)
  - Massiv tildekking (flere meter i året)
  - Hypersedimentering
    - Naturlig avsetning 1-10 mm/år
  - Øket turbiditet i vannet
    - Typisk naturlig TSM < 5 mg/l



# Hva betyr massiv tildekking?

- Toleransegrense for tildekking varierer fra art til art
- Ut fra eksisterende data på mange arter er grensen for 50 % dødelighet (**LC50**) satt til ca 5-6 cm\*
  - Hustad marmor: ingen effekt av akkumulert avsetning på < 5 cm. Satt som akseptgrense.
- Noen få dyr kan grave seg opp gjennom 30-50 cm, men hva med gjentatt tildekking?
- En **PNEC-verdi** for tykkelse på avsetning er anslått til ca 1 cm\*. Dette bør statistisk sett sikre 95 % av artene mot skade
- Førdefjorden: Maks ca. 3 m pr år. 95-98 % av arealet som får tilsatt avgang vil ha høyere overdekking enn PNEC. Dette er en tilstand som vil vare så lenge deponeringen foregår
- Tilsatskjemikalier og naturlige miljøgifter (metaller, sulfid) vil kunne forsterke virkningen
- I de verste områdene vil alle bunnorganismer dø.

\*Smit et al 2008, Ellis et al 1995

# Hvordan blir bunnforholdene der faunaen er helt slått ut?

- Ingen sedimentlevende fauna (infauna)
- Liten/ingen fauna på sedimentet (epifauna)
- Mineralsk sediment, uten eller meget lavt organisk innhold
- Ingen bioturbasjon
- Ingen stoffomsetning i sedimentet, f.eks. generering av næringsalter til bunnvannet



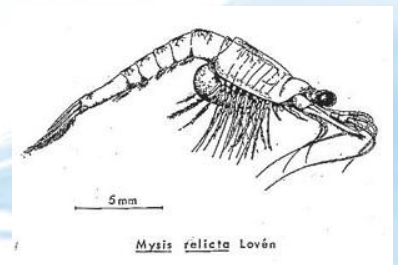
# Ringvirkninger

- Dette avhenger av
  - Hvor stor del av bunnen ødelegges
  - Hvor stor den naturlige koblingen mellom bunn og vann er.
- Dyr som lever av sedimentfaunaen må flytte eller endre mønster i næringsopptak (fisk).
- Dyr som lever av epifauna kan finne noe mat (et grensetilfelle)
- Dyr som lever av hyperfauna (zooplankton på bunnen) bør fortsatt kunne finne næring lokalt
- Manglende næringsomsetning og utlekking til bunnvannet kan i neste omgang gi lavere primærproduksjon



# Showstoppers

- Deponering i verneområder
  - Neppe aktuelle i utgangspunktet
- Kravene i vannforskriften
- Tap av isolerte arter som ikke har mulighet til å etablere seg igjen
  - Arktiske relikter er spesielt verdifulle som symbolarter, men forekommer helst i dype innsjøer
  - Forekomst kan gi et salamander-syndrom, dvs kategorisk forbud.



# Hva betyr hypersedimentering?

- Overgangssonen der faunaen overlever, men der kontinuerlig eller episodisk sedimentering er høyere enn den naturlige.
- PNEC for begravning er som sagt ca 1 cm som engangstildekking. Vi vet lite om hva gjentatt tildekking over lang tid betyr.
- Kan ha størst innvirkning på hardbunnsorganismer
  - Tåler normalt lite nedslamming

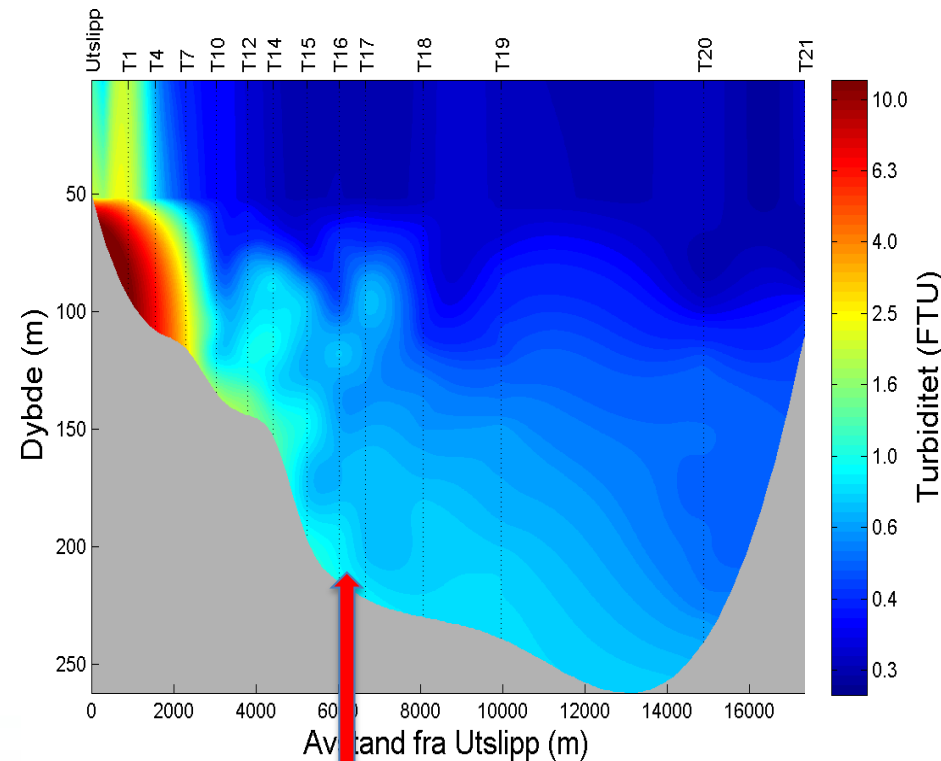
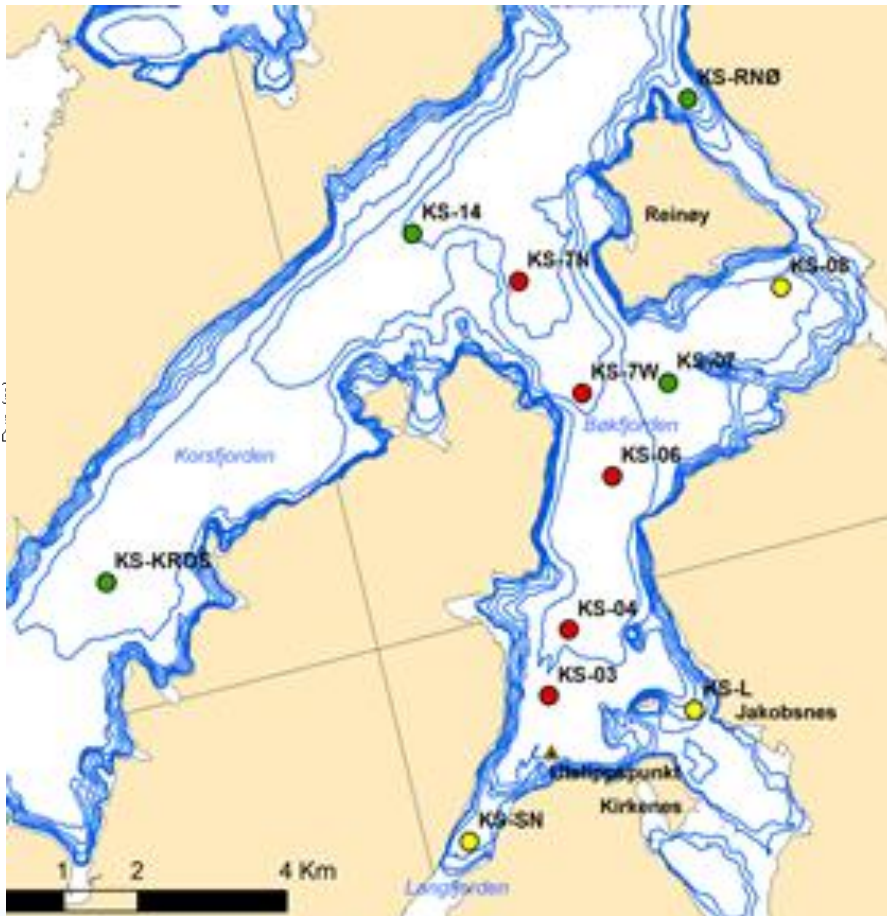


# Hva betyr økt turbiditet?

- Stresseffekter i vannmassene er dokumentert
- Typisk normalnivå av TSM: < 5 mg/l
- Leirpartikler: LC50: ~3000 mg/l, PNEC: ~18 mg/l\*
- Letale nivåer for voksen og juvenil laksefisk er >55 mg/l
- Nivåer av borekaks som har gitt biologiske effekter i forsøk er >0,5 mg/l
- Bøkfjorden dårlig bunnfauna ved >1 FTU (~ 1 mg/l)
- For borekaks og Bøkfjorden kan andre faktorer enn fysisk belastning spille inn.
- Større innvirkning på hardbunnsorganismer.
  - Må håndtere suspenderte partikler uten næringsverdi
- Frykt for at økt turbiditet forstyrrer fisk under vandring, men vi vet lite.
- Risiko for å forstyrre næringssøk hos visuelle predatorer, men vi vet lite.



# Bunnfauna og TSM Bøkfjorden(2010, 2011)

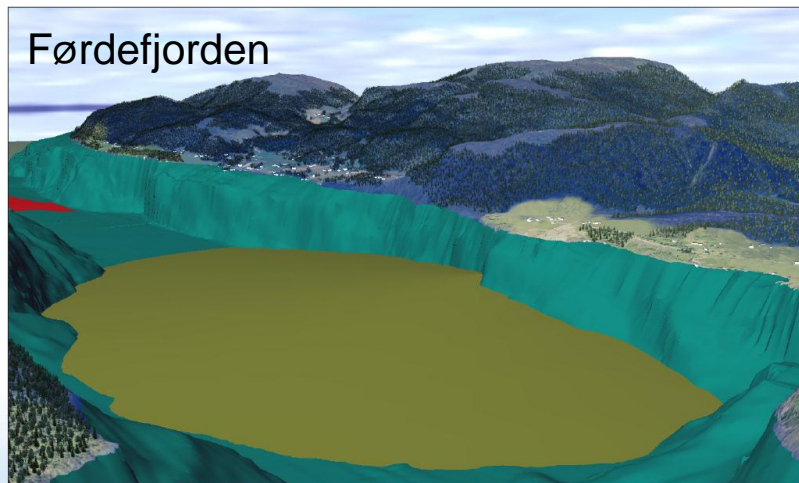


Grense for dårlig fauna

Kilde: J.A. Berge, NIVA

# Kan effektene under deponering reduseres?

- Død bunn i 50 år er neppe akseptabelt
- Flytting av utslipp for å sikre enklaver med bunnfauna gjennom hele deponeringstiden
  - Opprettholde et næringsgrunnlag for fisk
  - Sikre områder som kan produsere rekrutter
  - Unngå at symbol-arter forsvinner helt

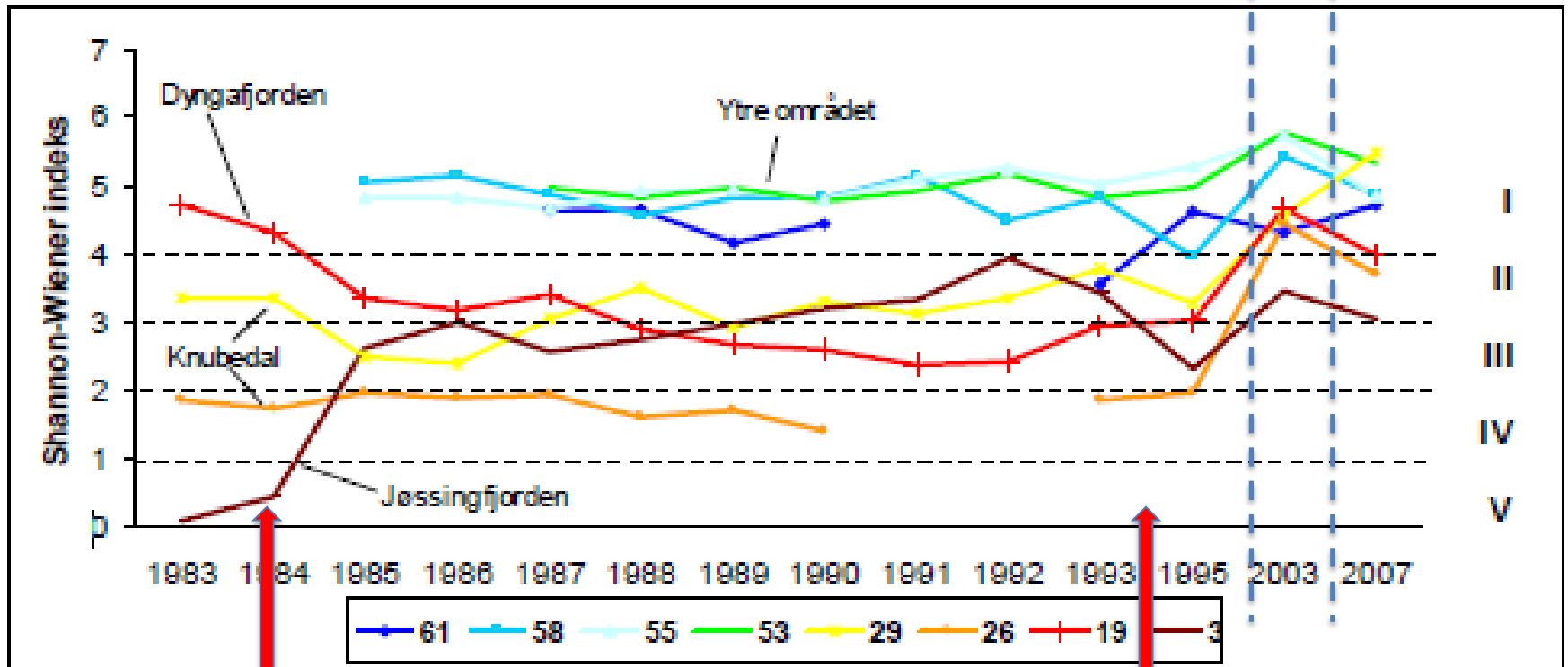


# Gjenvekst etter deponering

- Mye data om hvor raskt et sedimentsamfunn tar seg opp etter skade
- Typiske erfaringstall er 4-10 år
  - Borekaks, Jøssingfjord, Frænfjorden, ++



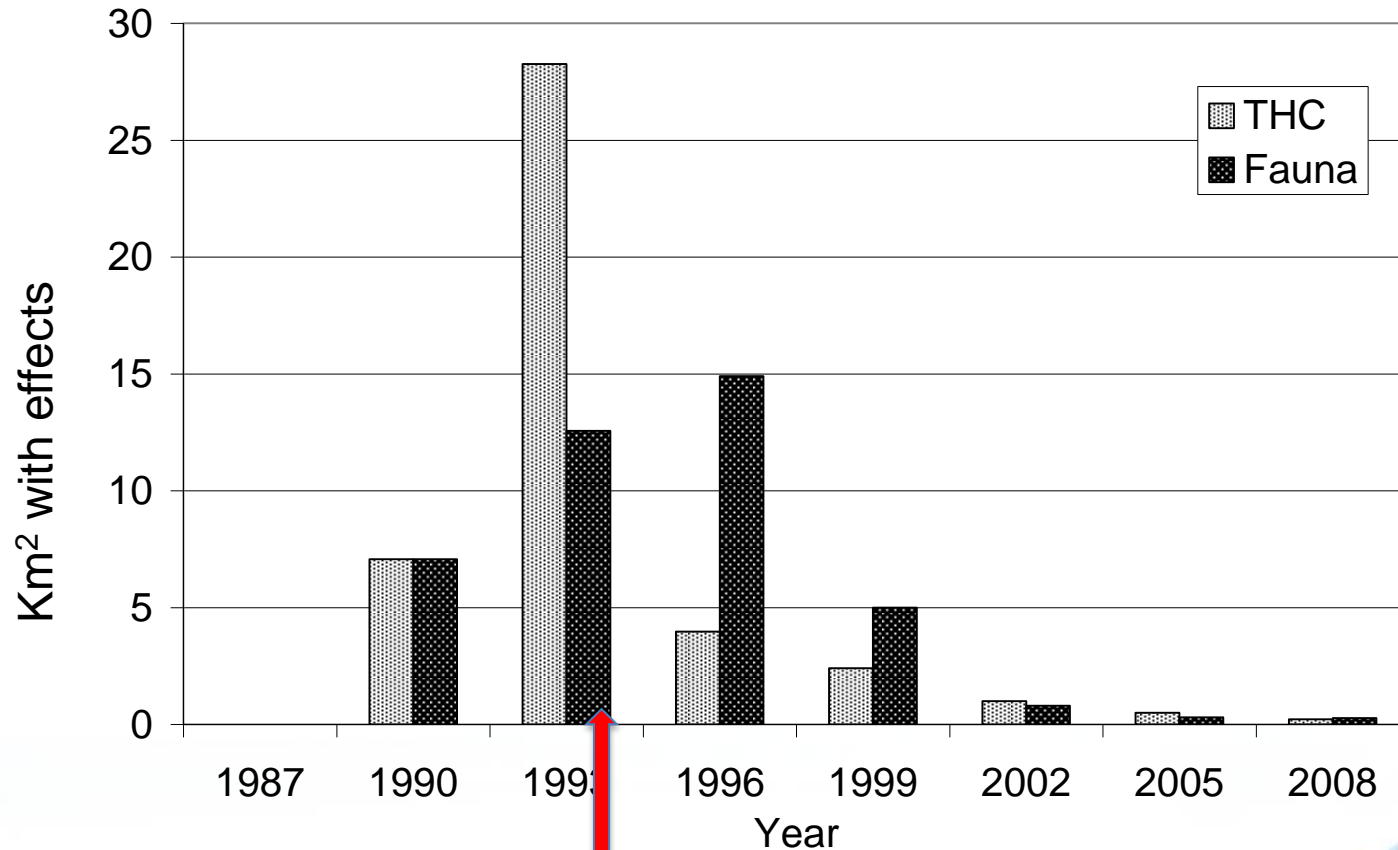
# Jøssingfjord



Flytting av deponi til Dyngadjupe

Landdeponi

# Gjenvekst på Gydafeltet



Avsluttet deponering av oljeholdig kaks



# Forutsetning for gjenvekst 1

- Det må finnes rekrutter og immigranter

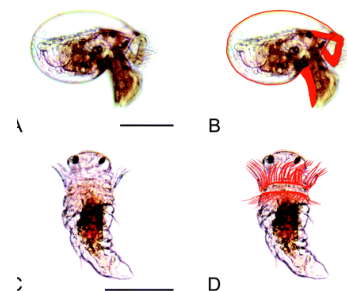
- Voksne immigranter må vandre inn

- De må finnes i randsonen
- De må kunne vandre langt
- De må ha levetilstand undervegs
- Mest sannsynlig epifauna



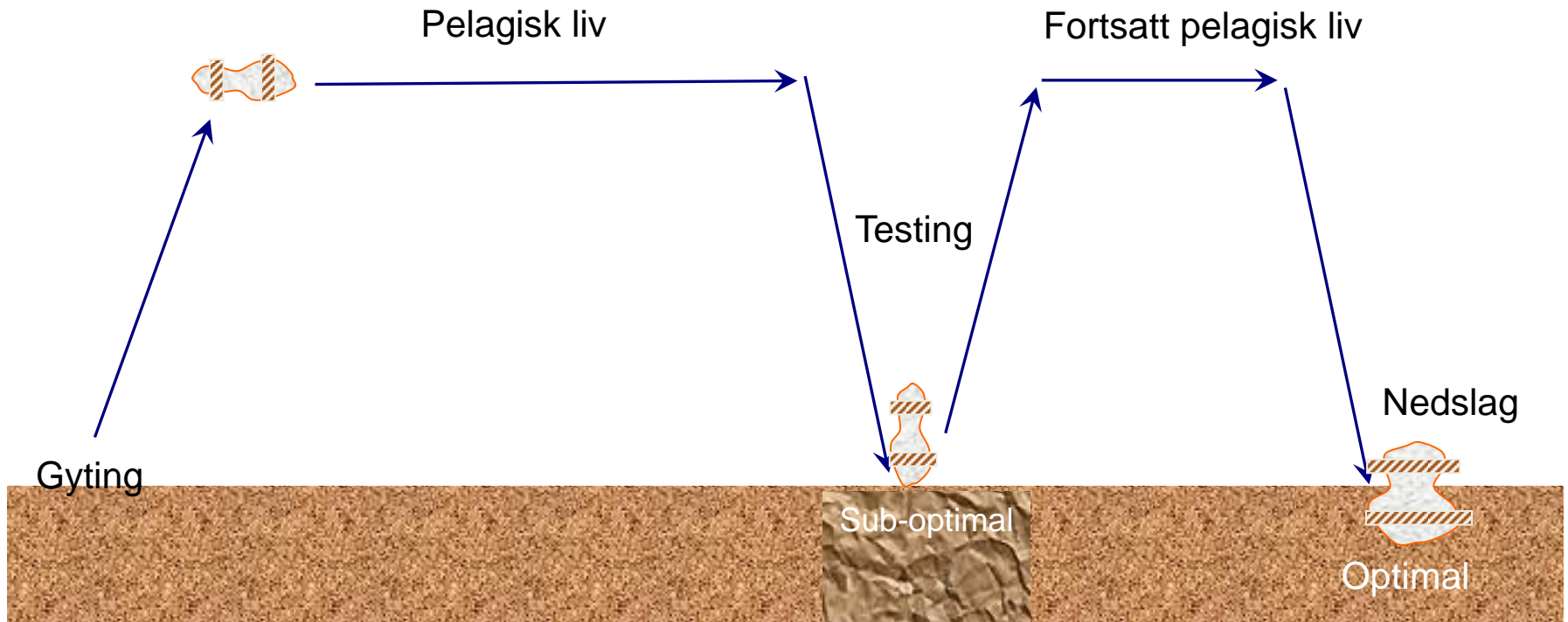
- Rekruttering ved larvespredning

- De fleste bunndyr har pelagiske larver
- Tid i vannmassene fra timer til uker
- Evne til å teste substratets egnethet
- Forutsetter egnede moderbestander
- Gunstige strømforhold



- Trinnvis immigrasjon over flere år

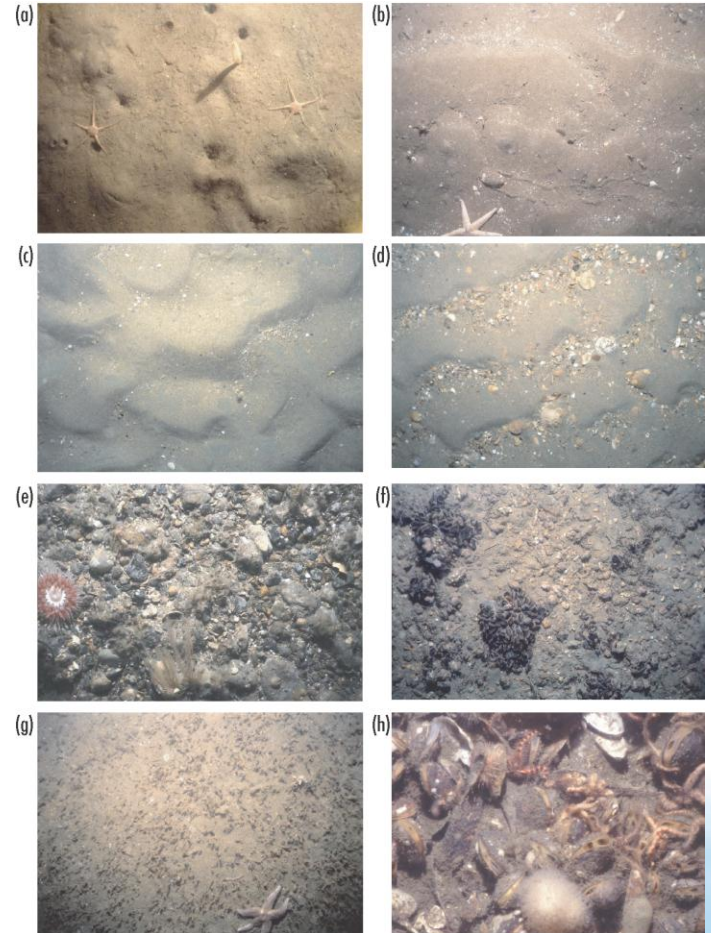
# Larvespredning



En forutsetning: gunstige strømforhold

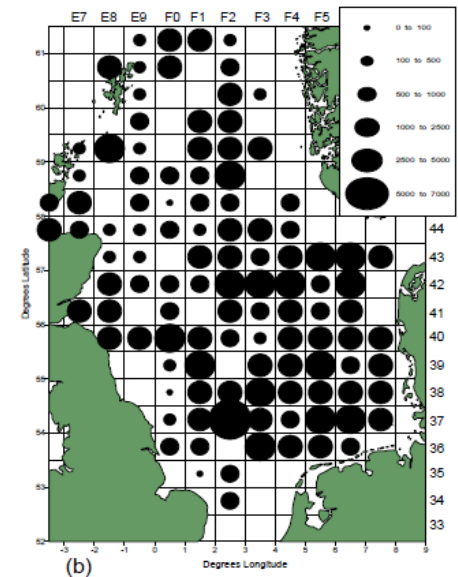
# Forutsetning for gjenvekst 2

- Det må finnes et egnet substrat
  - Kornstørrelse
  - Korntyper, -form
  - Vanninnhold
  - Porøsitet
  - Overflate-struktur
  - Positive kjemiske stimuli
  - Negative kjemiske stimuli (forurensning)



# Forutsetning for gjenvekst 3

- Det må finnes næringsgrunnlag
  - Deponimassen har meget lavt organisk innhold
  - Næringstilførsel ved utsynking ovenfra
    - 1-5 mm/år
    - 50 – 200 gram karbon pr m<sup>2</sup> og år
    - Typisk benthosbiomasse <sup>1)</sup>: 25 – 125 gram karbon pr m<sup>2</sup>
    - Typisk årlig produksjon <sup>1)</sup>: 50 – 200 gram karbon pr m<sup>2</sup> og år
  - Ny karbontilførsel er langt viktigere som næring en restkarbon i sedimentet



1) Nordsjøen, MAFCONS 2004

Tilførsel ovenfra kan være stor nok

# Konsekvens

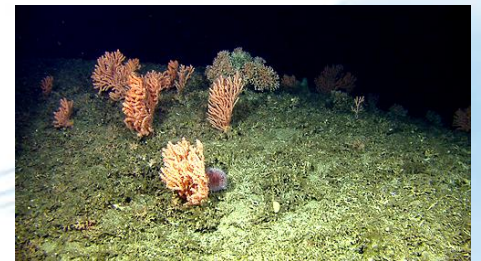
- Nytt samfunn ulikt det opprinnelige
  - Substratet har endret seg
  - Dypet har endret seg
  - Modersamfunnet har endret seg
    - Av 1600 sørlige marine benthosarter har 565 flyttet seg i snitt 750-1000 km nordover på 13 år <sup>1)</sup>

1) Brattegard 2011



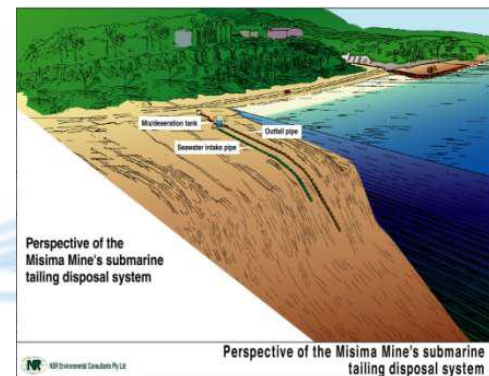
Ny bunnfauna kan være like mangfoldig og gi samme økologiske ytelse, men kan ha en annen sammensetning.

Er dette et problem?



# Konklusjon

- Sjødeponering kan være økologisk levedyktig
- Kan betraktes som en kvalifisert feiing under teppet
  - Så lenge vi vet og kan følge med på hva som skjer under teppet
- Hvert tilfelle er unikt og krever vurdering av konsekvensene
  - Kobling KU – kontrollprogram
- Almenne akseptkriterier
  - Akseptkriterier fra risikovurdering av forurenset sediment?
  - Akseptkriterier Frænfjorden
    - Grense for deponistørrelse
    - Akseptabel miljøpåvirkning i grensesonen
    - Årlige miljøundersøkelser som kontroll



# Nyttig kilde: Klif rapport TA-2715/2010