



# Aktiv og passiv tynn tildekning av forurenset sediment: fem år med overvåking av verdens største pilottest i Grenlandsfjordene

Gerard Cornelissen

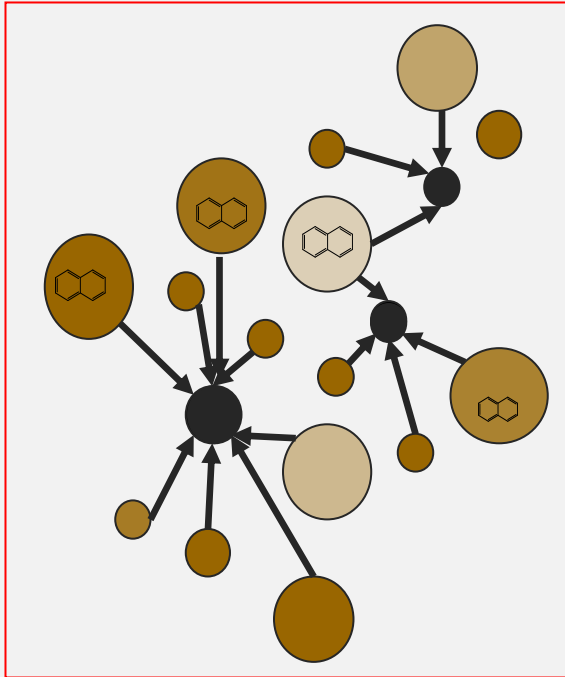
Espen Eek, Morten Schaanning, Jonas Gunnarsson

Norwegian Geotechnical Institute (NGI), Oslo, Norway

Norwegian Institute for Water Research (NIVA), Oslo, Norway

Stockholm University, Sweden

## Sorbent-tilsetninger i forurenset sediment



● Tilsetning (“sorbent”): aktivt karbon (AC)

● Sedimentpartikkel med forurensning

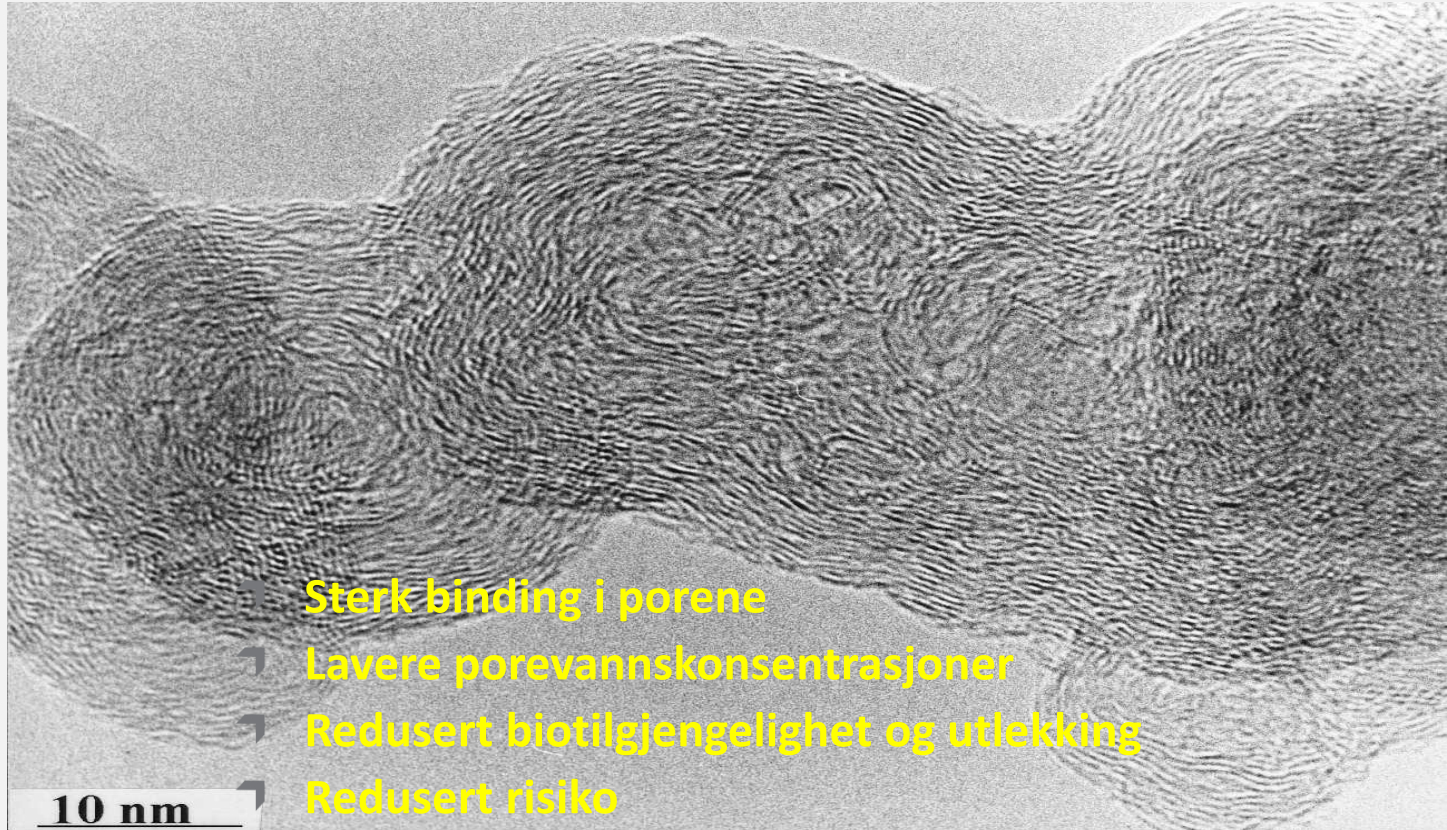
➔ Transport til sorbenten

**Forurensning bindes sterkt av sorbenten**

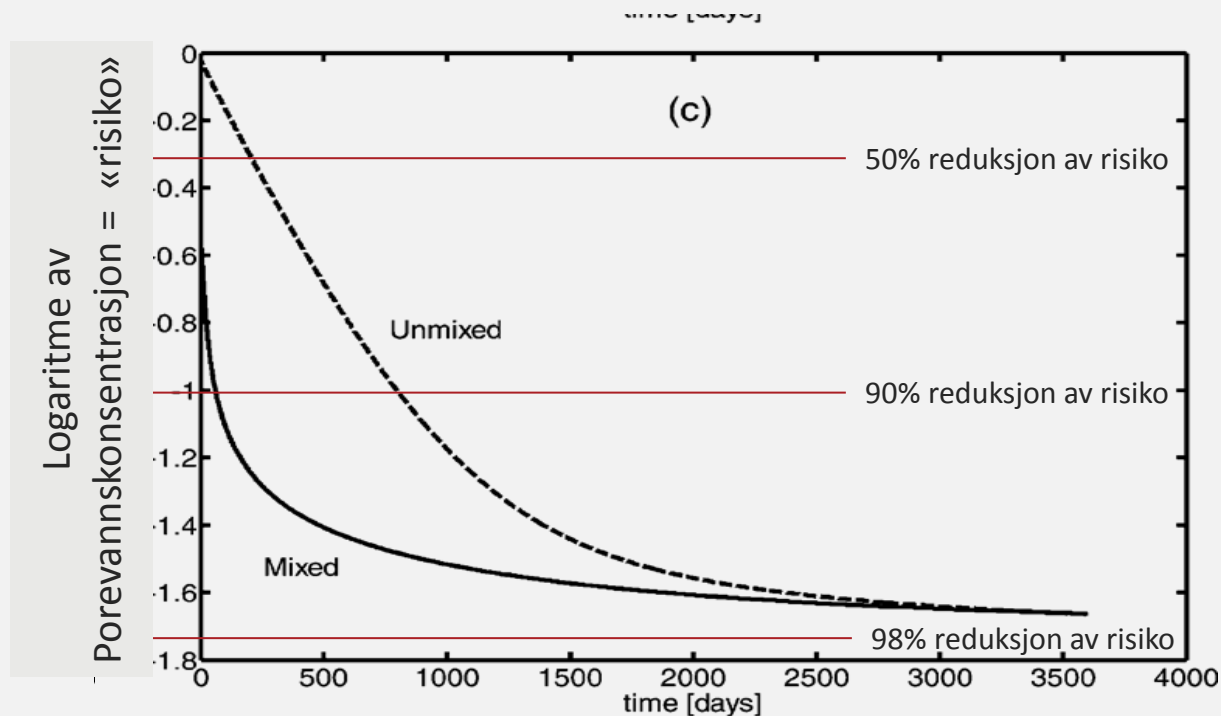


**Redusert risiko for opptak i organismer og utlekking til vann!**

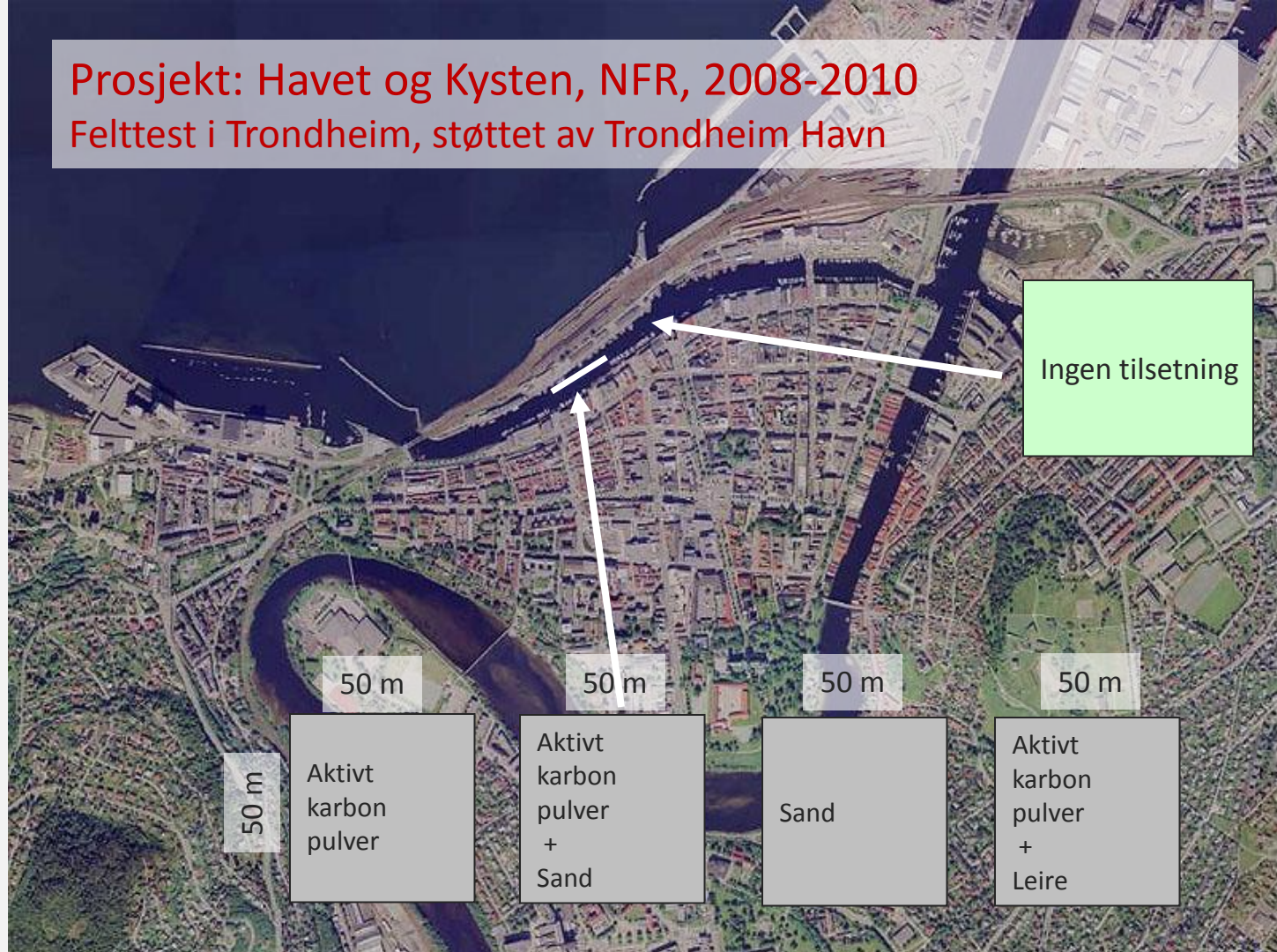
Aktivt karbon (AC) på mikronivå: 5 g AC har samme overflate som en fotballbane!



# Men for dioksiner går overgangen fra sedimentpartikler til AC-partikler sakte uten omrøring....



Prosjekt: Havet og Kysten, NFR, 2008-2010  
Felttest i Trondheim, støttet av Trondheim Havn



Ingen tilsetning

50 m

50 m

50 m

50 m

50 m

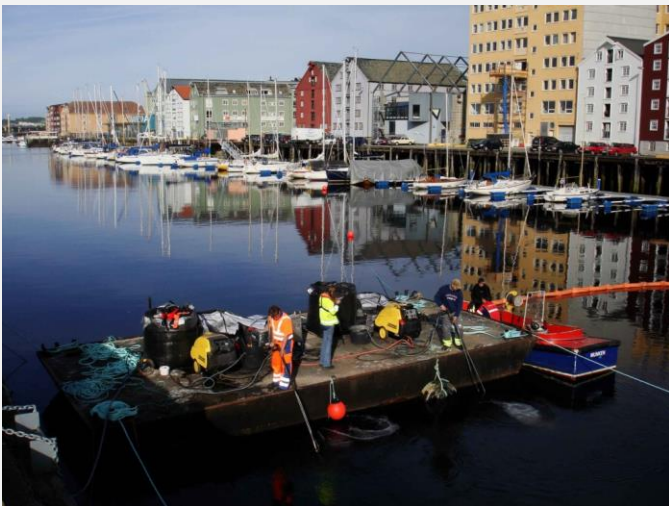
Aktivt karbon pulver

Aktivt karbon pulver + Sand

Sand

Aktivt karbon pulver + Leire

# Feltutlegging



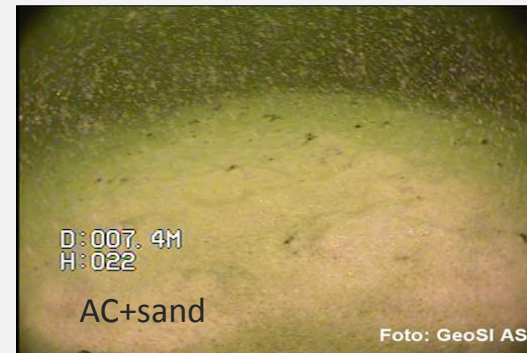
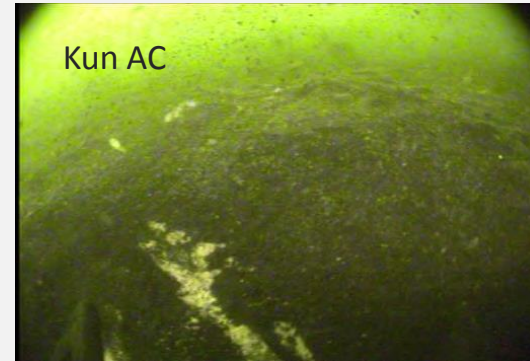
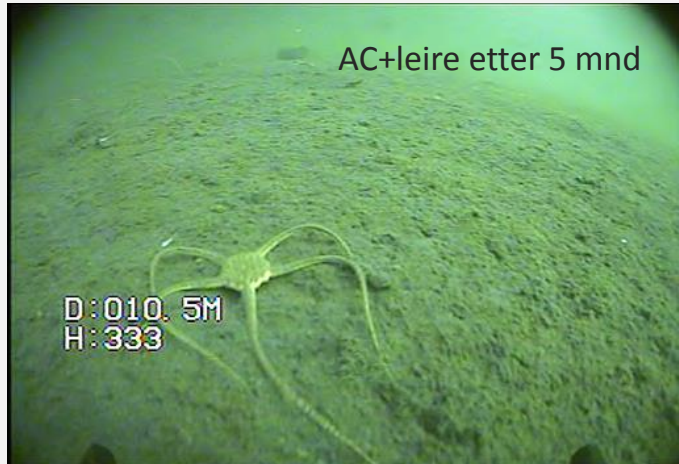
**Karbon  
+ leire (+ salt)**



**Kun karbon (+ salt)**

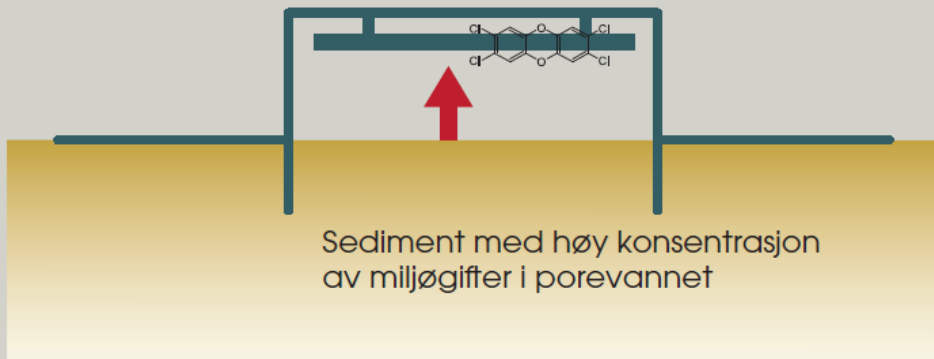
## Aktivt karbon (AC) plassering

AC + leire best: minst tap under utlegging,  
best kjemisk og biologisk effekt



# Fluksmålinger med in situ diffusjonskammer

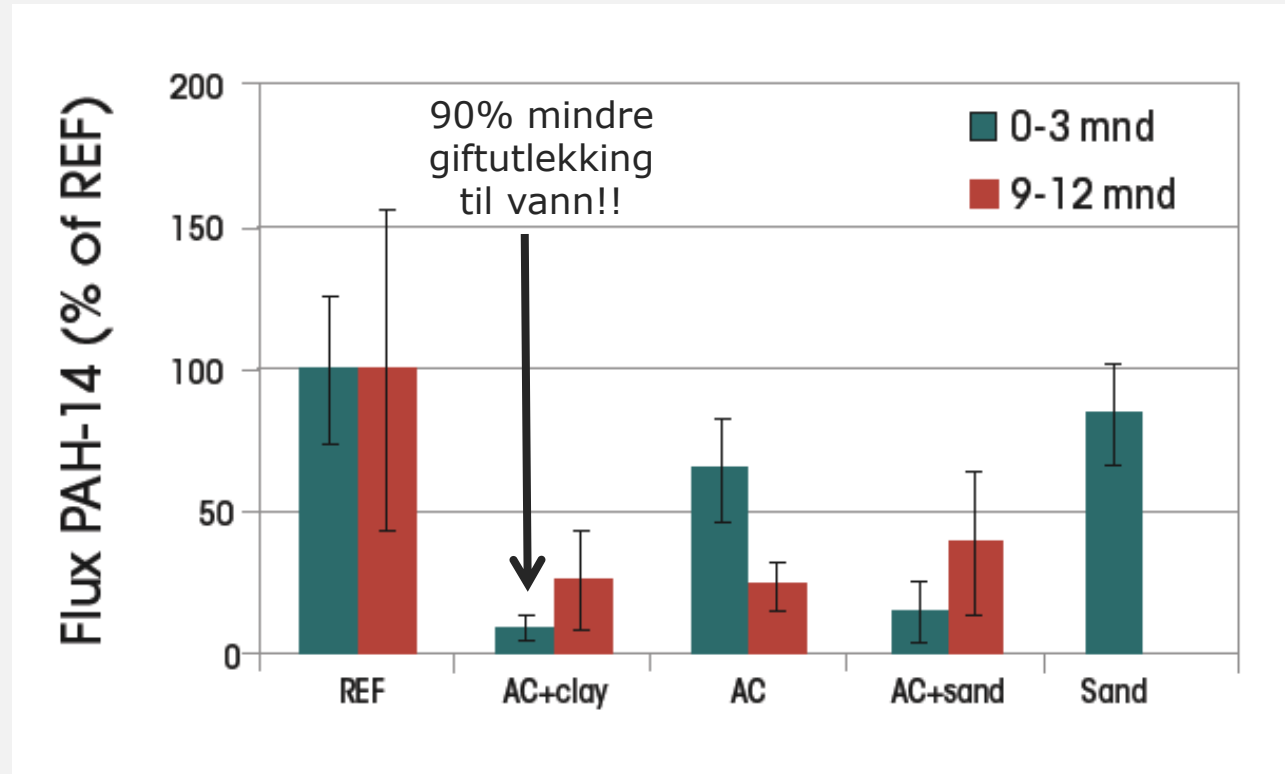
Organiske miljøgifter diffunderer gjennom vannet inni i kamret og samles opp i en passiv prøvetaker med ekstra sterk bindingsevne



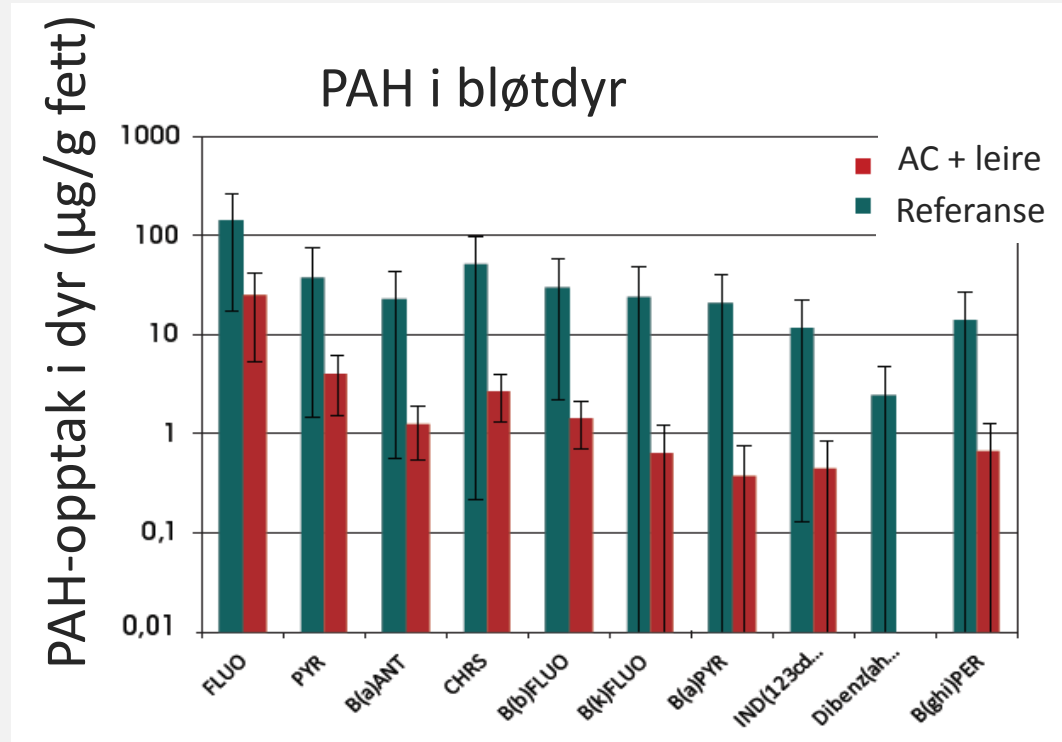


## Kjemisk effekt:

### Utlekking av forurensning fra sediment til vann




Biologisk effekt:  
Opptak av gift i sedimentlevende organismer: 90% lavere!



## Felttest i Grenlandsfjordene: Fungerer teknikken på dypt vann?

Prosjektene:

- Opticap (NFR, Miljødirektoratet, Hydro, NOAH, 2008-2014, 17 mill NOK)
- THINC (Hydro, 5 mill NOK)
- Carbocap (Formas, Sverige, 4 mill NOK)

An aerial photograph of a fjord system, likely in Greenland. The water is dark, and the surrounding land is covered in dense green vegetation with some brown patches. A yellow arrow points to a narrow strait between two landmasses.

Transport over Breviksterskelen: 1 g dioksin/år

# 53 km<sup>2</sup> fjordbunn forurenset av magnesiumsmelteverk: Europas verste dioksinforurensning!

**Verdensrekord!**

**Tidligere: 5 m vanddyp**

**Opticap: 30 and 100 m vanddyp**

**Verdensrekord!**

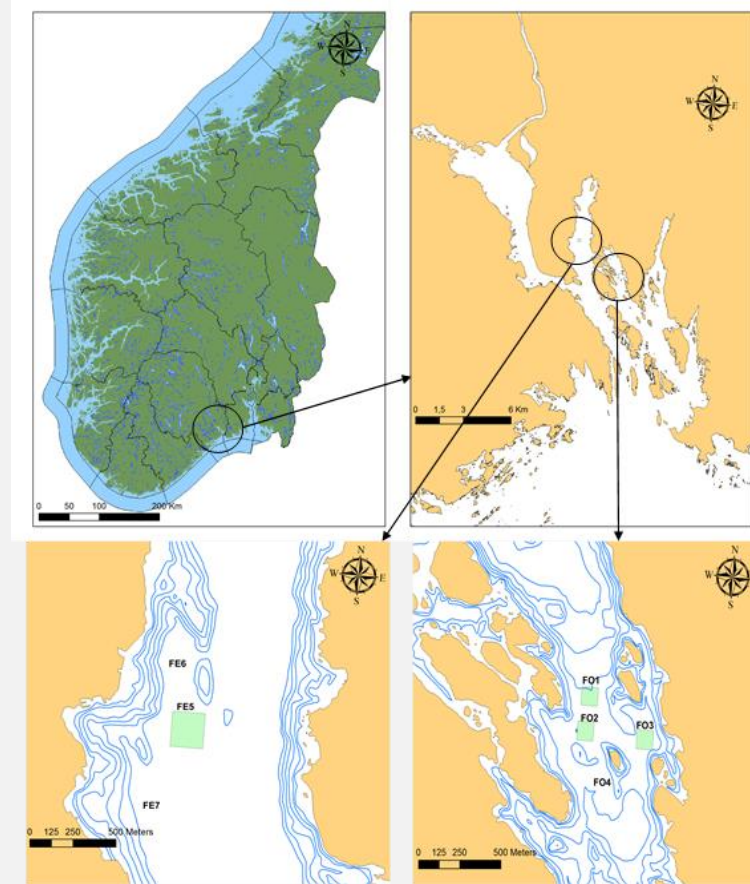
**Tidligere: areal 2,000 m<sup>2</sup>**

**Opticap: areal 40,000 m<sup>2</sup> per felt**

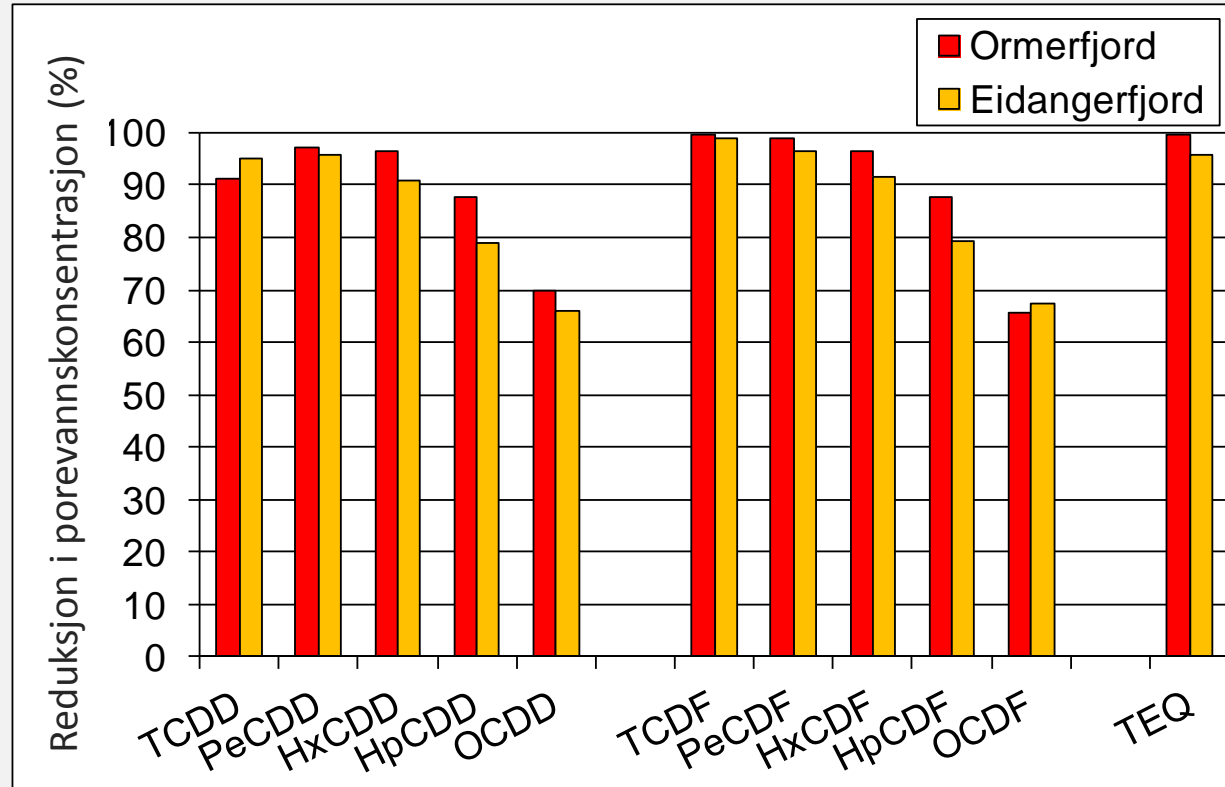
«In the USA and Norway»

Testfelt	Område	Dioksinkonsentrasjon (ng/kg)	Tildekking
FO 1	Ormerfjorden	352	Mudret leire
FO 2	Ormerfjorden	344	Mudret leire
FO 3	Ormerfjorden	182	Mudret leire og Aktivt kull (AC)
FO 4	Ormerfjorden	346	Referansefelt
FE 5	Eidangerfjorden	1019	Mudret leire og AC
FE 6	Eidangerfjorden	1278	Referansefelt

It's HUGE!



## 2% AC bindet dioksin veldig effektivt i ristetester i lab: 70-99% mindre dioksin i porevann

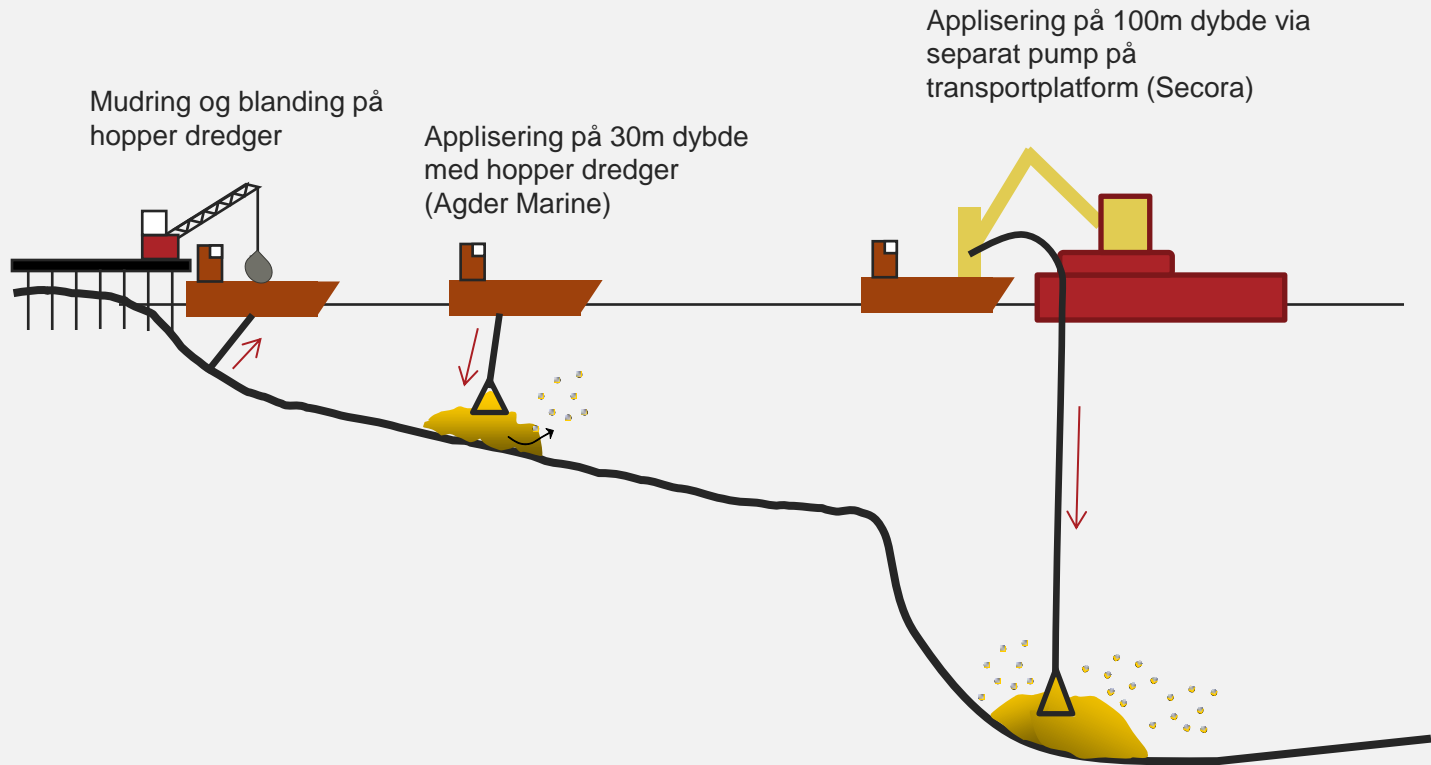


0.1 g AC i 5 g sediment



**Hvordan plasserer man 80 tonn karbon på sjøbunn??**

# Tynn tildekking pilot i Grenlandsfjorden



## Mudring og blanding

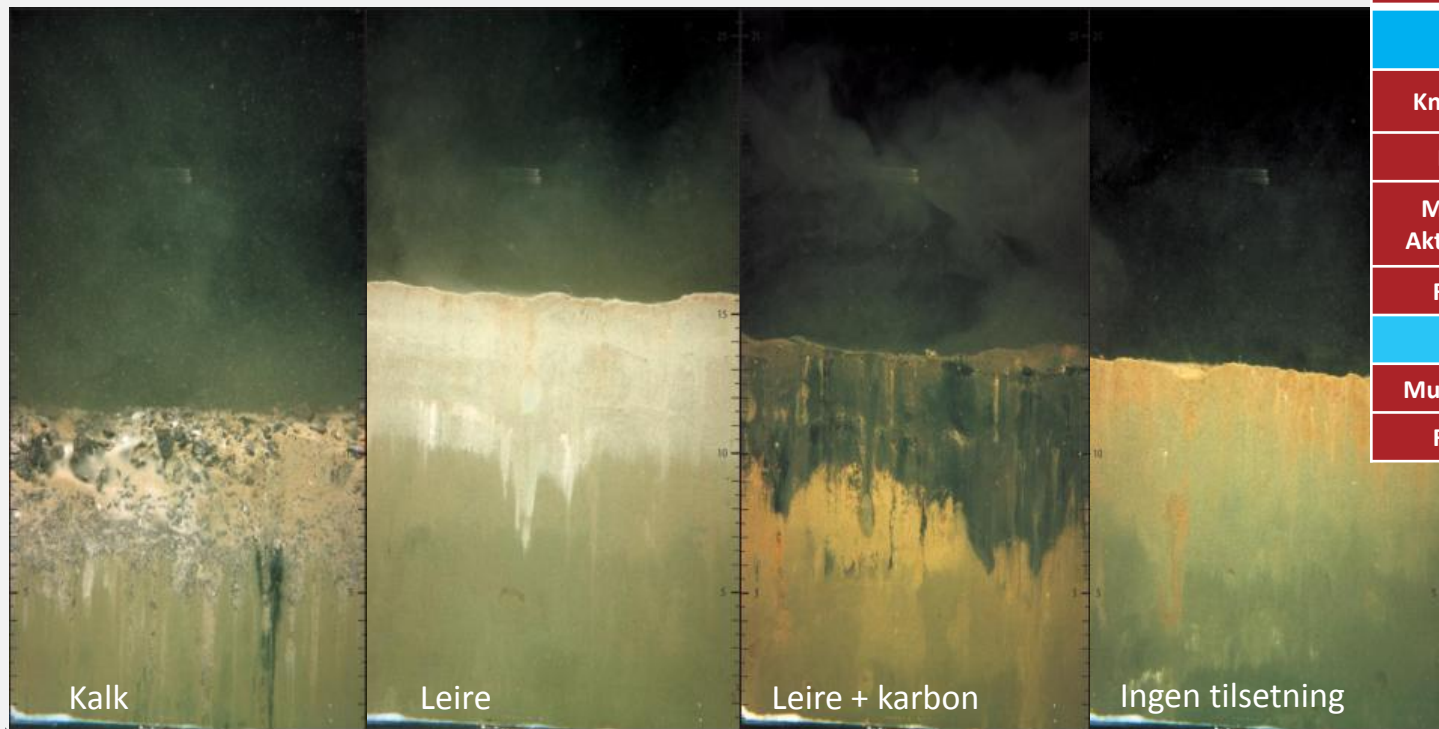


Blanding aktivt karbon og leire





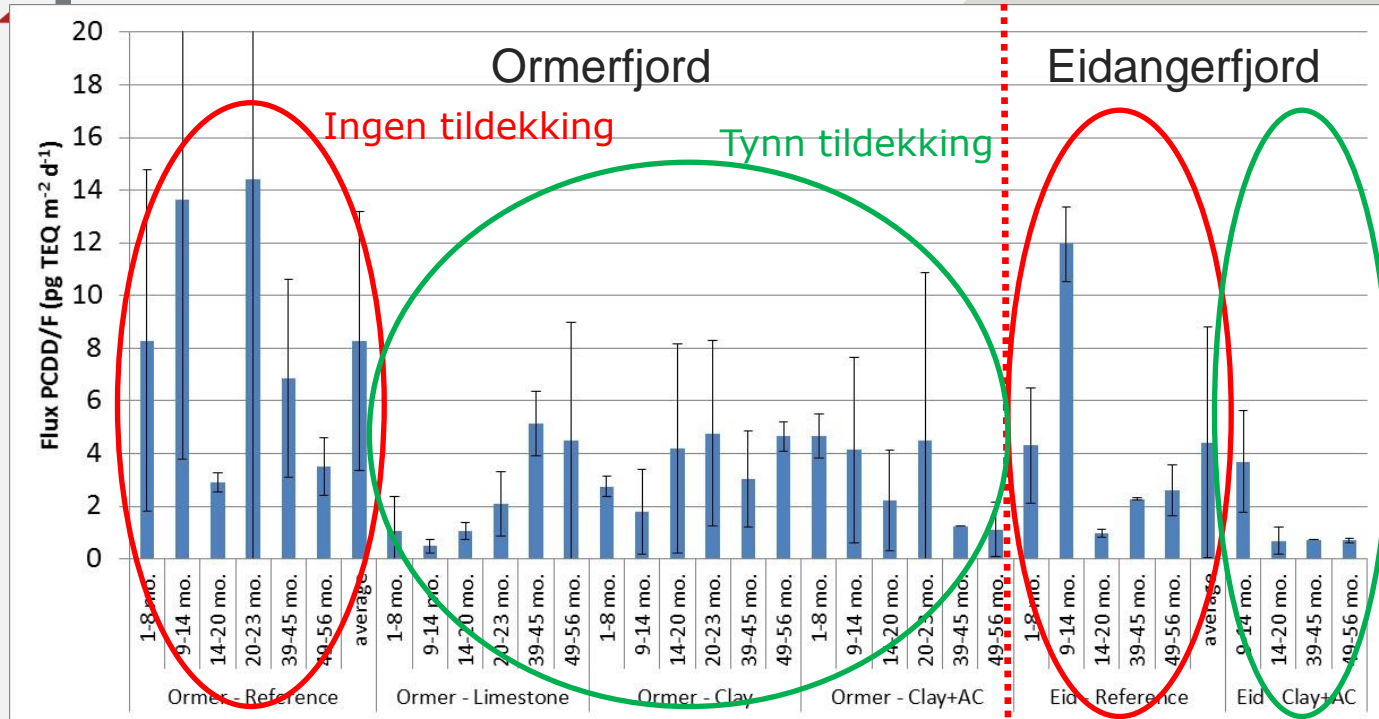
## Bestemmelse av lagtykkelse: finner 25-40% av AC igjen



Tildekking	Lagtykkelse (cm)
<b>Ormerfjord</b>	
Knust kalk NOAH	2,1 ± 1,2
Mudret leire	3,7 ± 1,1
Mudret leire og Aktivt karbon (AC)	1,1 ± 0,6
Referansefelt	0
<b>Eidangerfjord</b>	
Mudret leire og AC	1,2 ± 0,3
Referansefelt	0

# Dioksinfluks fra sediment fra 0 til 5 år etter tildekking

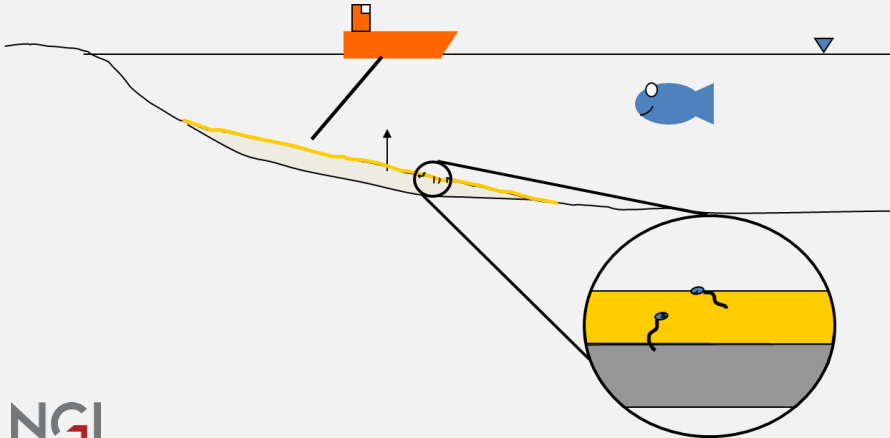
NCI



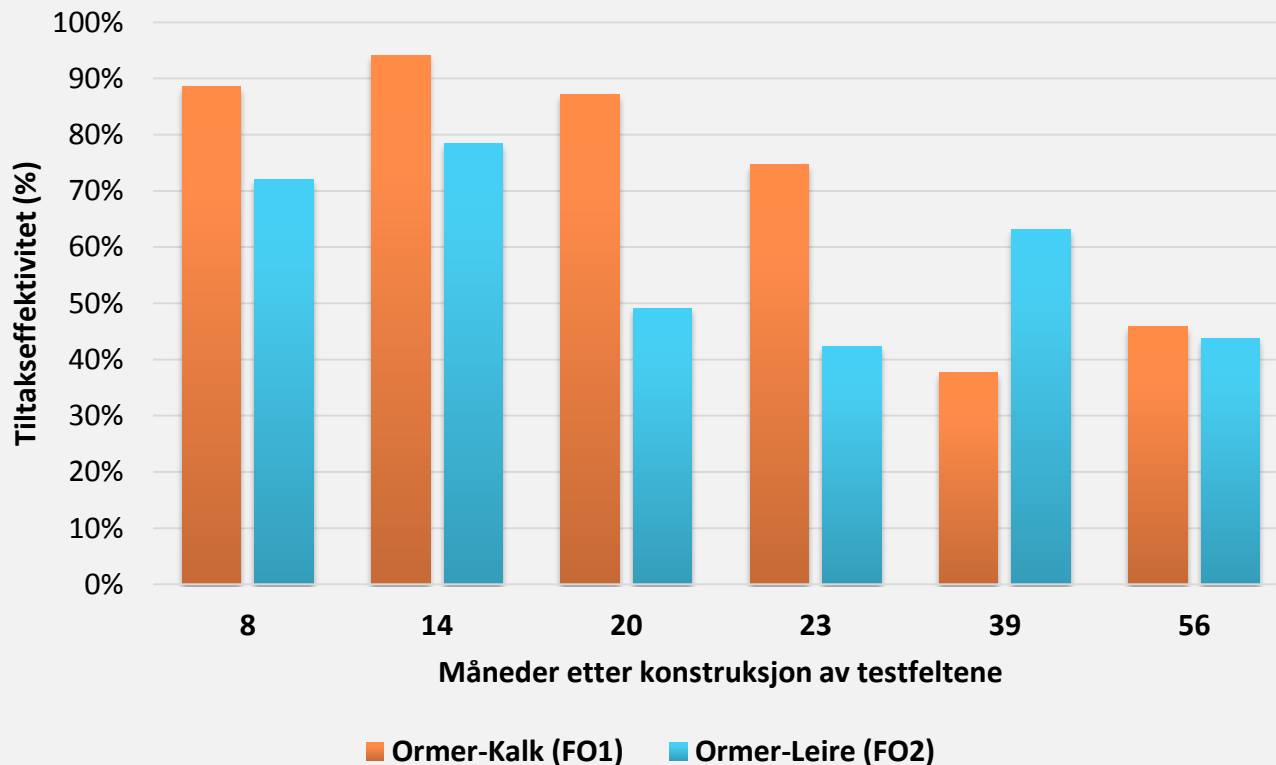
# Bunndyr er viktige hjelpere ved tynn tildekking med sorbenter!

Bioturbasjon (3 cm dyp i Grenland):

- Øker effektiviteten av en aktiv cap: øker kontakten mellom forurensning og sorbenten
- Minsker effektiviteten av en aktiv eller passiv cap gjennom å grave gjennom cap'en

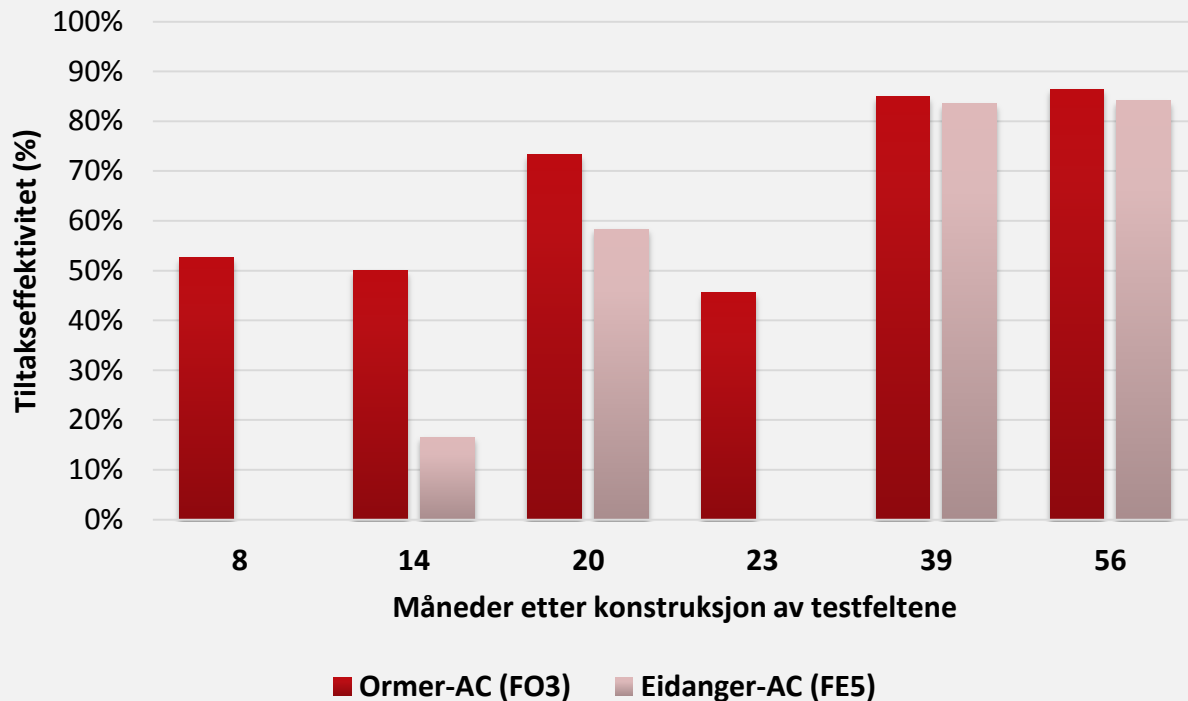


# Ikke-aktiv tildekking med kalk og leire: mindre effektiv over tid



- Tilførsel av nye lett forurensede partikler
- Bunndyr blander disse partiklene med tildekkingsmassene
- «Hull» i tynne lag?

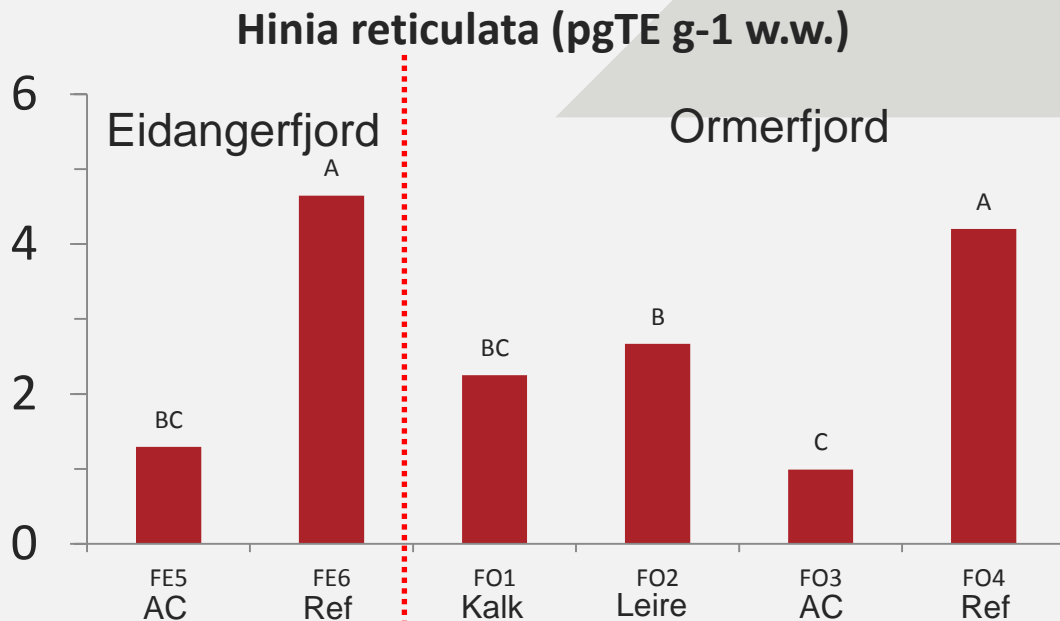
# Aktivt karbon tildekking blir mer effektiv over tid



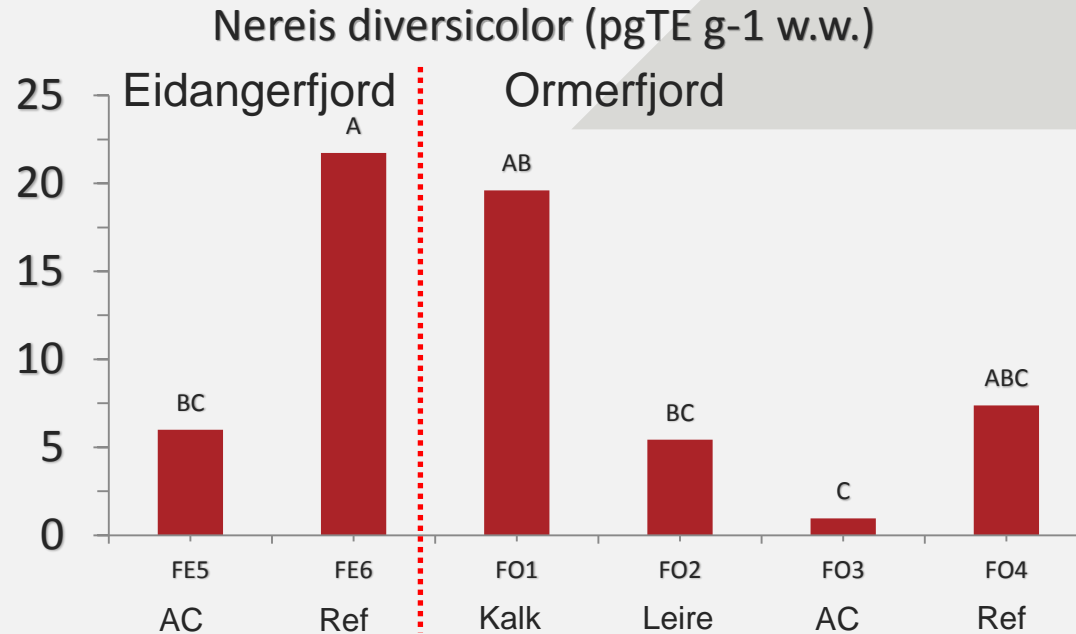
Bekreftelse i felt:

- Langsom transport fra sedimentpartikler til aktivt karbon
- Men bunndyr gjør jobben!

## Mindre dioksinopptak i snegl 5 år etterpå, særlig med AC



# Mindre dioksinopptak i børstemark 5 år etterpå, særlig med AC



Espen Eek, Morten Schaanning, Jonas S. Gunnarsson, Gerard Cornelissen. Tynntildekning av forurensete sedimenter: Overvåkning av fire testfelt i Grenlandsfjordene. *Miljødirektoratet, Rapport 2014 / 219.*



# Analyse av det bentiske samfunnet: 215 arter fra 88 prøver

## Artsnivåer:

- **Antall organismer**
- **Biomasse**
- **Biodiversitet**
- **Samfunnsstruktur**



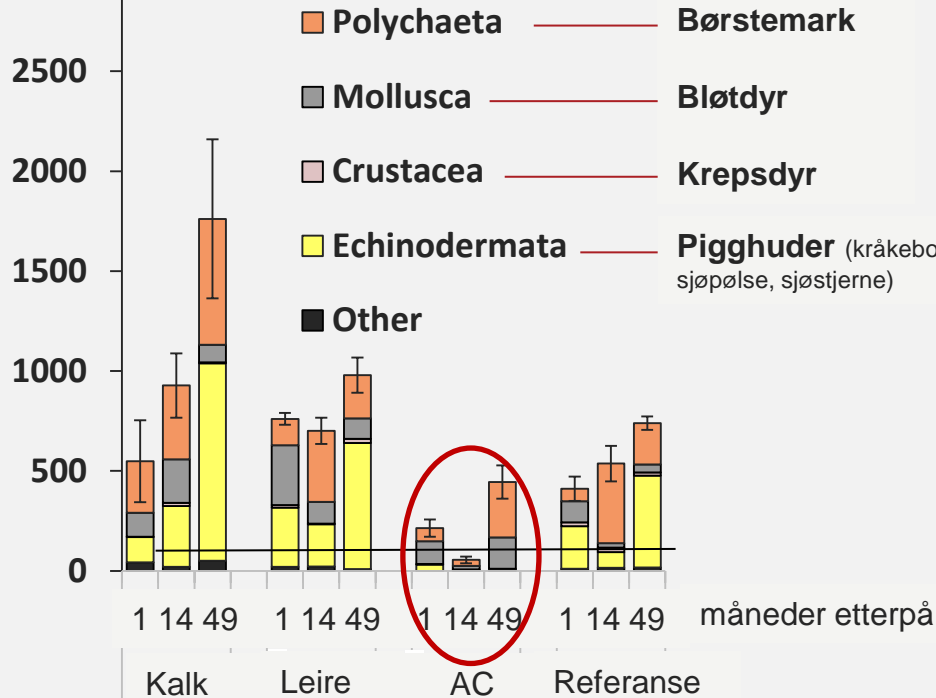




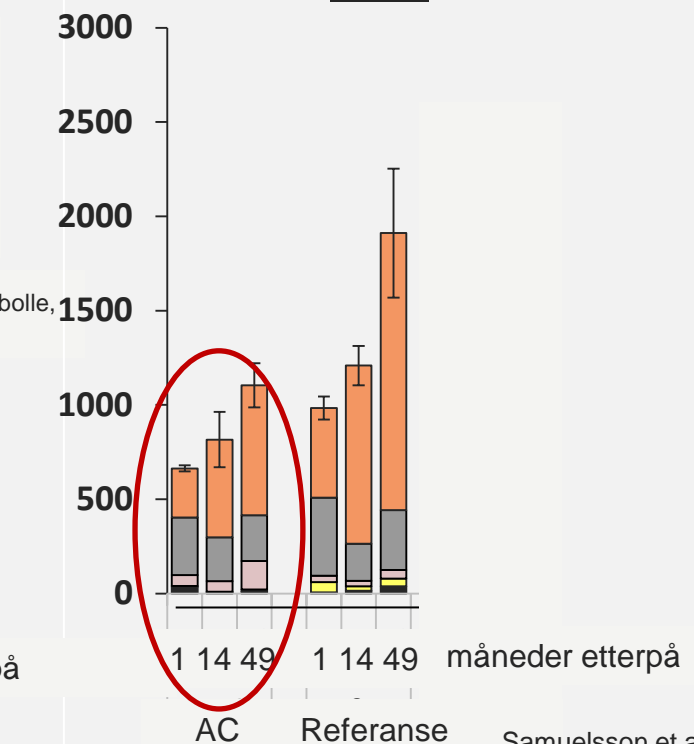
# Antall organismer: Taksonomisk fordeling

Individer / m<sup>2</sup>

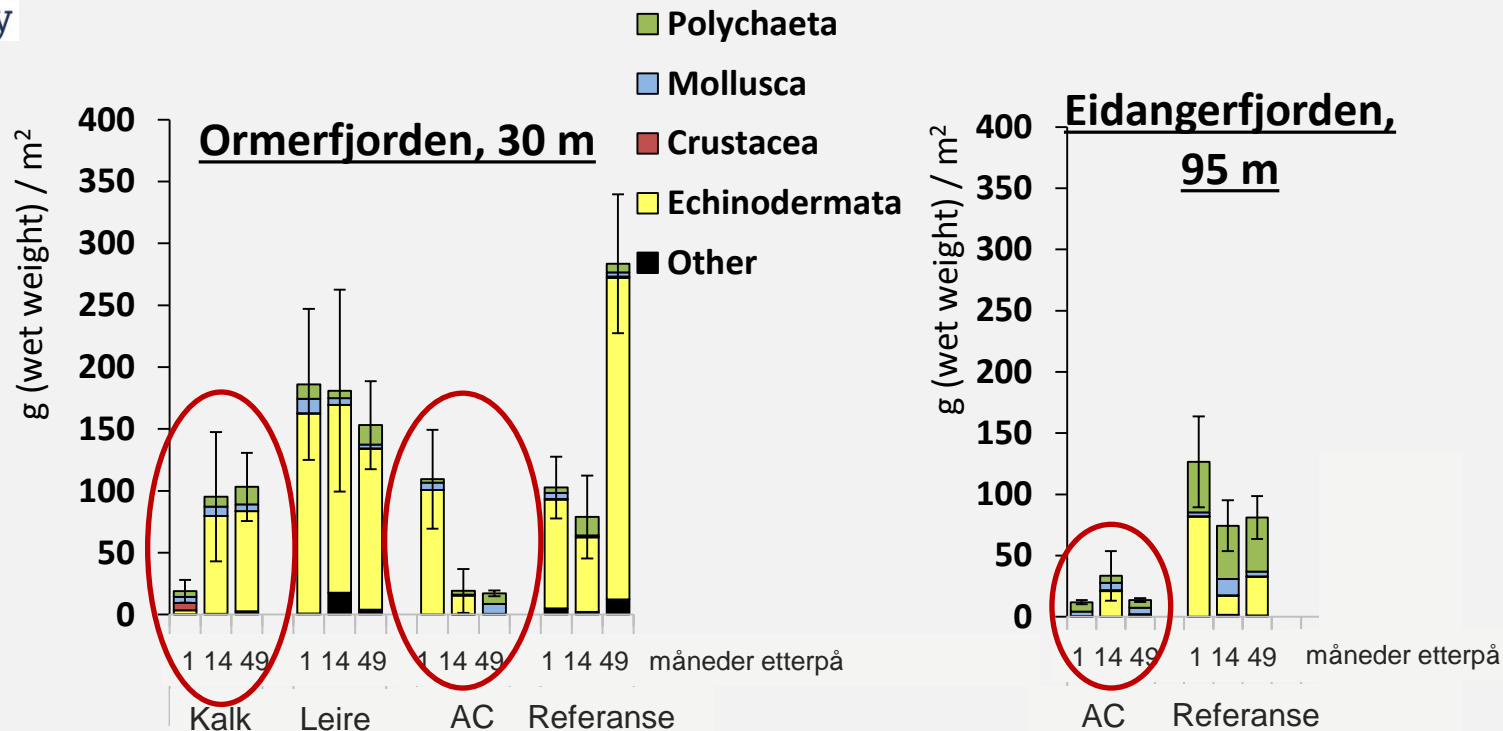
## Ormerfjorden, 30 m



## Eidangerfjorden, 95 m



# Biomasse: Taksonomisk fordeling

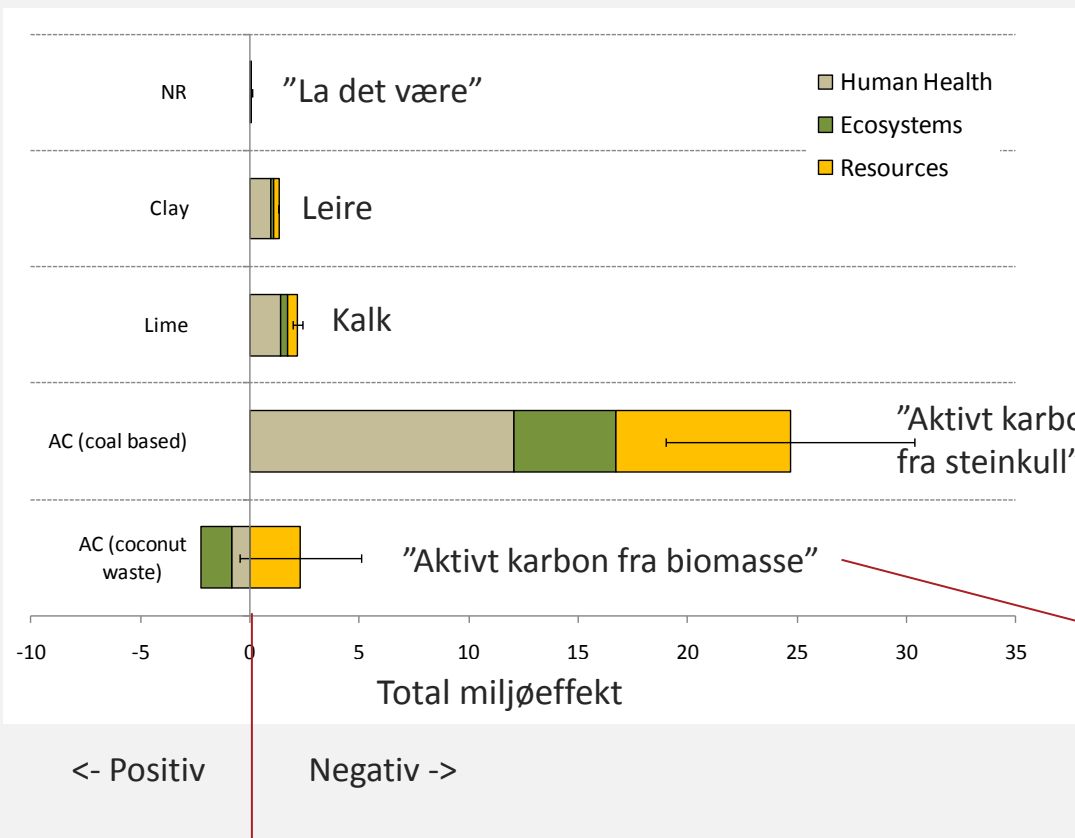




## Effekter på det bentiske samfunnet

- **Kalk**: Kortvarige negative effekter
- **Leire**: Positive effekter
- **Aktivt karbon**: Alvorlige effekter rett etter tiltak. Ytterligere forverring etter 1 år. Rekolonisering etter 4 år, men med små “opportuniste” – langvarig skift i artsfordeling

# Bærekraftige løsninger; Livsløpsanalyse: bruk aktivt karbon fra biomasse!



Ikke bruk AC fra steinkull:  
kinesiske kullgruver er  
skitten virksomhet

Å fremstille AC fra  
biomasse stabiliserer  
karbonet: karbonlagring og  
positiv klimaeffekt

# Konklusjoner

- Tynn tildekking med aktivt karbon virker, men de positive effektene på dioksintransport og opptak i organismer må veies mot de negative effektene på det bentiske samfunnet
- Bruk aktivt karbon fra biomasse pga klimaeffekten
- Min mening: bare bruk teknologien på “hotspots”



Første pilottest,  
Trondheim



Andre pilottest,  
Grenland