

ATV møde om Megasites, 5. november 2025

# Kærgaard Klitplantage – De vigtigste læringer fra en (næsten) fuldendt oprensning af megasite.

Region Syddanmark: Jette Balslev Sørensen og  
Klaus Bundgaard Mortensen  
COWI: Torben Højbjerg Jørgensen ([tjr@cowi.com](mailto:tjr@cowi.com)),  
Bastian Germundsson, Thea Hedegaard Jensen,  
Christian Helweg, Mikkel Kristensen  
Geosyntec: Leah MacKinnon, Felipe Solano og  
Neal Durant

ENTREPRENØR  
FRISEDAHL

Geosyntec  
consultants

Region Syddanmark

COWI

# Kærgård Klitplantage – deponeringen



Deponeret 286.000 m<sup>3</sup> tykt spildevand/affald fra 1956-73

- 340 tons klorerede opløsningsmidler
- 1.500 tons sulfonamider, barbiturater, anilin, phenoler, BTEX'er m.fl.
- 15.000 tons organiske syrer
- Lithium, Kviksølv, Cyanid, og masser af andre stoffer

Skala = X1.000



Deponeret 286.000 m<sup>3</sup> tykt spildevand/affald fra 1956-73

- 340 tons klorerede opløsningsmidler
- 1.500 tons sulfonamider, barbiturater, anilin, phenoler, BTEX'er m.fl.
- 15.000 tons organiske syrer
- Lithium, Kviksølv, Cyanid, og masser af andre stoffer

- Deponeret 286.000 m<sup>3</sup> tykt spildevand/affald fra 1956-73
- 340 tons klorerede opløsningsmidler
  - 1.500 tons sulfonamider, barbiturater, anilin, phenoler, BTEX'er m.fl.
  - 15.000 tons organiske syrer
  - Lithium, Kviksølv, Cyanid, og masser af andre stoffer



# "Driver" for oprensning

## Hedegaard kræver plan mod gift



Miljøstyrelsen og Ribe Amt har fået godt fire måneders frist til at lave en plan for, hvordan udsivningen af giftigt spildevand fra det tætte giftdepot i Kærgård Plantage ved Henne Strand nord for Esbjerg kan standses - og hvad det vil koste. -ARKIVFOTO-- (se Ritzau historie 151139) (Foto: Claus Fisker/SCANPIX 2004)

## Cowi skal udarbejde afværgeforslag til Kærgård Plantage

Energi · 18. november 2004 kl. 00:00

Det bliver rådgivningsfirmaet Cowi, der skal komme med forslag til afværgeforanstaltninger til den forureningsramte Kærgård Plantage i Ribe Amt.

## Rensning af Kærgård Plantage kan koste 365 millioner kr.

Energi · 6. december 2006 kl. 00:00

Det bliver meget dyrt at rydde op efter Grindstedværket, viser ny rapport. Noget af forureningen ligger dybt og er svær at rense op.

DANMARK | 16.09.04 KL. 01:00

## Ny plan skal løse giftskandale

Der ligger ingen plan for rensning for gift fra Grindstedværket. Miljøstyrelsen og Ribe Amt skal inden 1. februar komme med bud på teknisk løsning og økonomi

## Region Syd og staten enige om giftdepot

Foreløbig afsættes 50 mio kr. til oprydning i Danmarks mest berygtede giftdepot, Kærgård Plantage, i Vestjylland.

Aa

10 mar. 2007 kl. 04:00

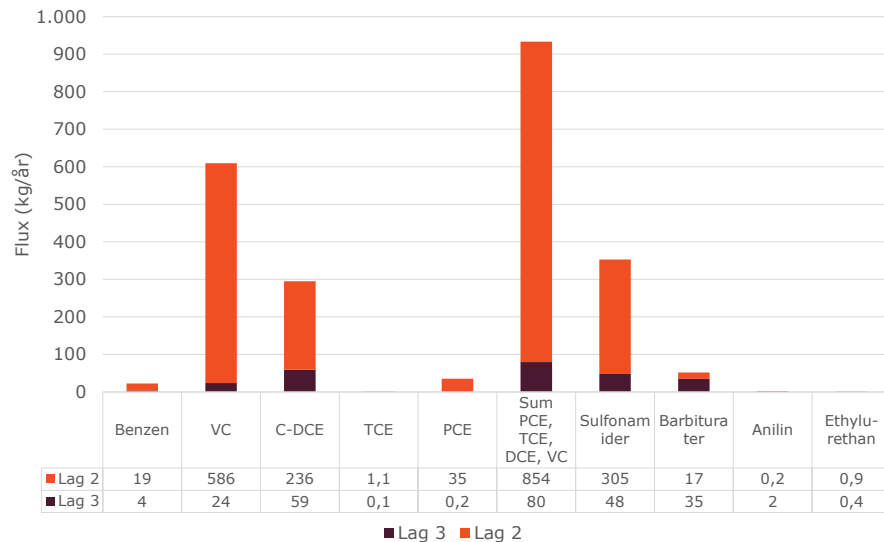
# Tidslinje

| 1956-1973        | Deponering i grube 1-6                                                      |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1963             | Bade- og opholdsforbud på stranden ud for Kærgård Klitplantage              |
| 2004/2005        | Afværgekatalog                                                              |
| 2005-2007        | Undersøgelser, indledende test af afværge, samlet plan for afværge          |
| 2008-2009        | Afgravning af slamlag i grube 1 og 2                                        |
| 2010-2011        | Teknologiudvikling – oprensning i grundvandet (laboratorie- og pilotforsøg) |
| 2014-2015        | Afgravning af slamlag i grube 3 og 4                                        |
| 2017-2020        | Demonstrationsprojekt i grube 3 med oprensning under grundvandsspejlet      |
| <b>2021-2027</b> | <b>Fuldskalaoprensning i grube 1-4</b>                                      |
| 2027 – 2042      | Overvågning af effekt af oprensning                                         |
| 2042             | Forventet ophævelse af badeforbud                                           |

# Spredningsveje mod havet.

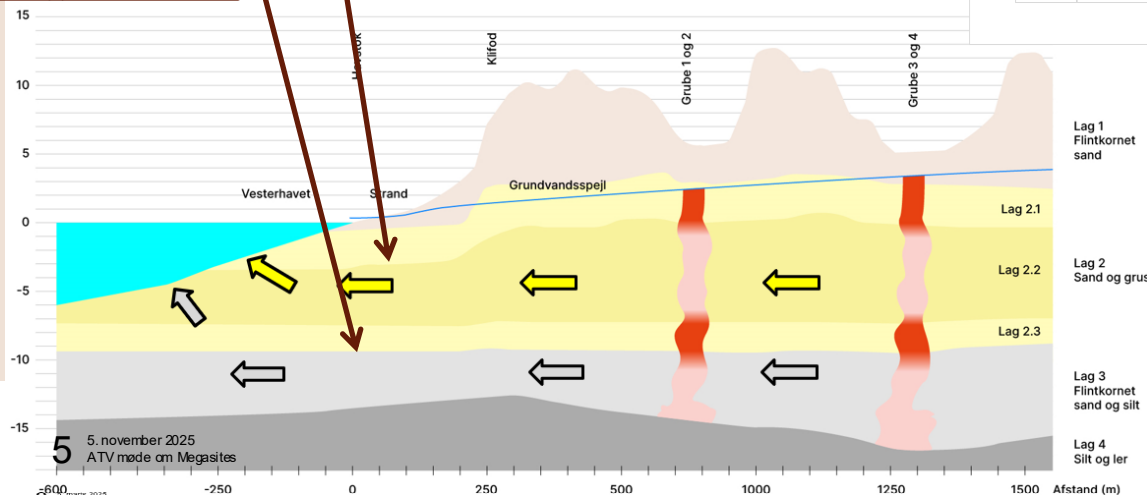
## Indledende fluxberegninger ved klitfod

Fluxe ved klitfod i 2023



Primært klorerede

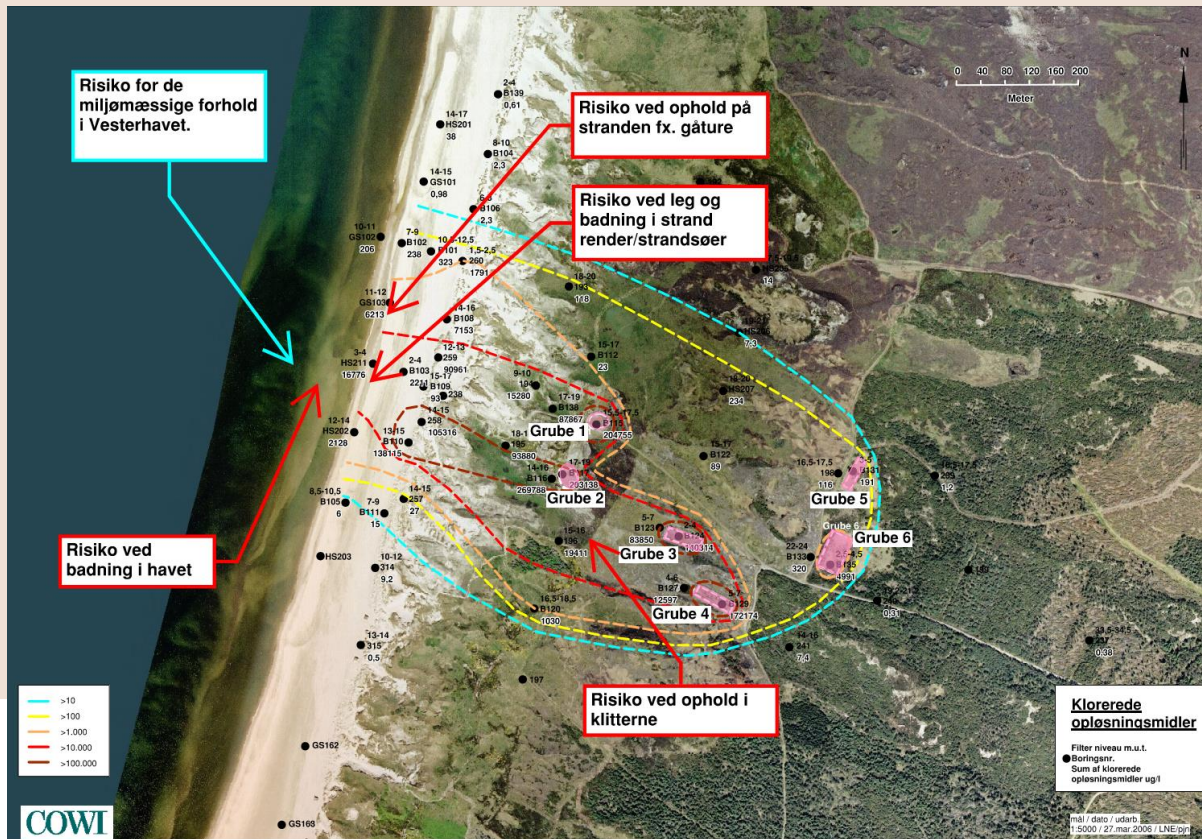
Primært farma



Lag 2

Lag 3

# Risikoforhold



# Foreløbige kvalitetskriterier (stadig under vurdering af regionen)

| STOF/STOFGRUPPE         | SUNDHEDSKVALITETSKRITERIER, µg/L                       |                                                                    |                                          | RESISTENS-<br>KRITERIE, µg/L <sup>1)</sup> | MILJØKVALITETSKRITERIER FOR<br>VESTERHAVET, µg/L |
|-------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                         | Risiko ved ophold på stranden fx. gåture <sup>*)</sup> | Risiko ved leg og badning i strand render/strandsøer <sup>*)</sup> | Risiko ved badning i havet <sup>*)</sup> |                                            |                                                  |
| Barbiturater (sum)      | 18.000                                                 | 9.000                                                              | 2.250                                    | -                                          | 0,7 <sup>1)</sup>                                |
| Sulfonamider (sum)      | 20.970.000                                             | 11.655.000                                                         | 342.000                                  | 16 <sup>1)</sup>                           | 3,9 <sup>1)</sup>                                |
| Meprobumat              | 26.460.000                                             | 13.950.000                                                         | 396.000                                  | -                                          | 15 <sup>1)</sup>                                 |
| Anilin                  | 4.500                                                  | 1.350                                                              | 225                                      | -                                          | 0,04 <sup>1)</sup>                               |
| Ethylurethan            | 18                                                     | 4,5                                                                | 0,225                                    | -                                          | 50 <sup>1)</sup>                                 |
| Benzen                  | 900                                                    | 315                                                                | 90                                       | -                                          | 8 <sup>4)</sup>                                  |
| Tetrachlorethylen (PCE) | -                                                      | -                                                                  | -                                        | -                                          | 10 <sup>4)</sup>                                 |
| Trichlorethylen TCE     | -                                                      | -                                                                  | 3,5 #                                    | -                                          | 10 <sup>4)</sup>                                 |
| Dichlorethylen DCE      | 90.000                                                 | 31.500                                                             | 540 #                                    | -                                          | 0,68 <sup>4)</sup>                               |
| Vinylklorid (VC)        | 2,61                                                   | 1,125                                                              | 0,3 #                                    | -                                          | 0,05 <sup>4)</sup>                               |

\*: Forslag baseret på DHI's rapporter <sup>1, 2</sup> og Region Syddanmarks vurdering af eksponeringsscenarie (eksponeringsfaktor) <sup>3)</sup>

#: Administrativt KK fra Himmark Strand

1): DHI: *Forslag til sundheds- og miljøkvalitetskriterier. For stoffer med relation til forurening fra Grindstedværket.* 29. juni 2023

2) DHI: *Forslag til kvalitetskriterier i badevand. For vinylklorid, cis-dichlorethylen og benzen.* Rev. 30. juli 2024

3) Region Syddanmark: *Vurdering af fremtidig offentlig benyttelse af Kærgård Strand.* 28. februar 2025

4) Miljøstyrelsen. Bekendtgørelse nr. 1625 af 19/12/2017

# Formål med oprensning

## Primære formål:

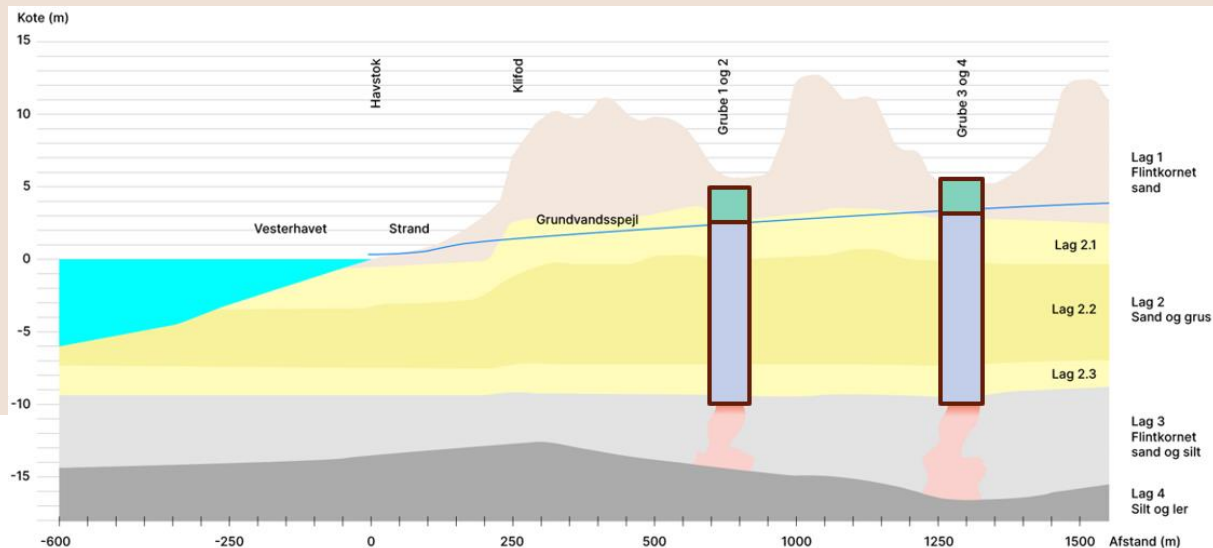
- Ophæve forbud for ophold i klitterne og på stranden og ligeledes ophæve badevandsforbuddet i Vesterhavet

## Sekundære formål:

- Reducere risiko mod havmiljøet

# Afværge i Kærgård Klitplantage – grube 1-4

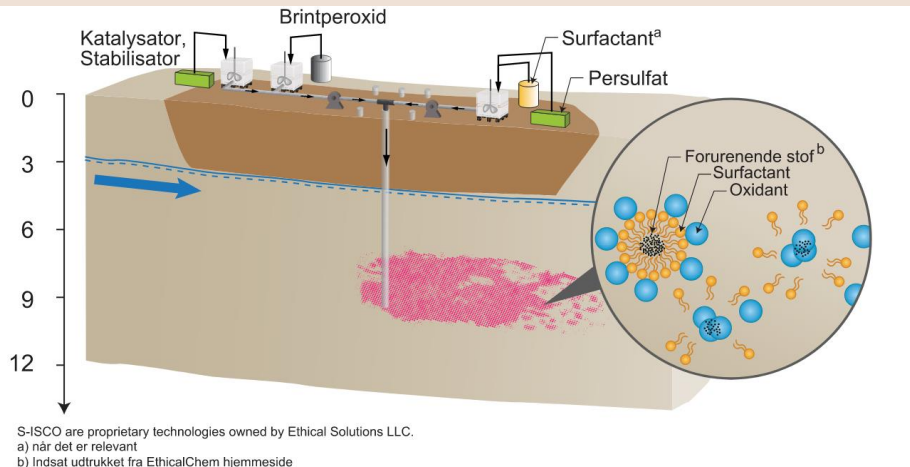
| Trin | Afværgemetode (kilde)                             | Status for grube 1-4                                                                   |
|------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Trin 1: Afgravning af jordforurening (umættet)    | Udført i perioden 2008-2015                                                            |
| 2    | Trin 2: In situ Kemisk oxidation i lag 2 (mættet) | Grube 3: afsluttet i 2017-2020<br>Grube 1: 2019 - 2025<br>Grube 2 og 4: 2021 – 2024    |
| 3    | Trin 3: In situ Biologisk i lag 2 (mættet)        | Grube 3: opstart i 2019.<br>Grube 2 og 4: opstart i 2024<br>Grube 1: opstart 2025/2026 |



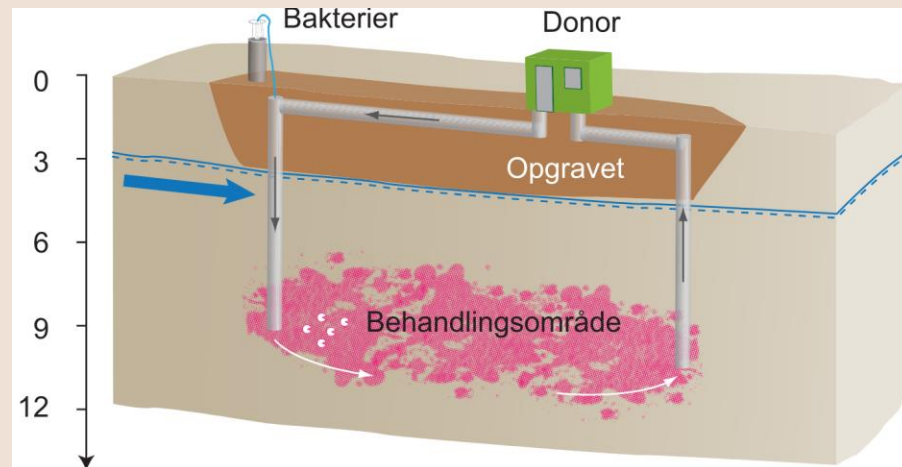
# Trin 1: Opgravning af forurening over grundvandsspejlet i grube 1-4



# Trin 2+3: Oprensning med kemisk oxidation og biologisk metode

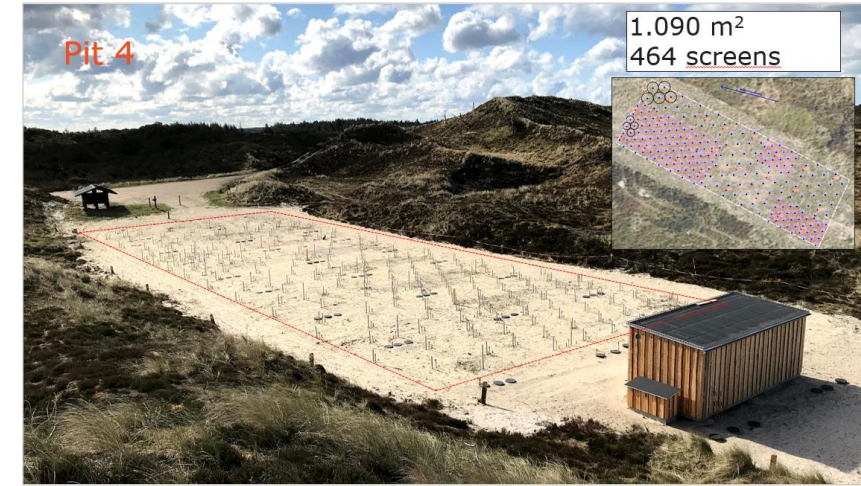


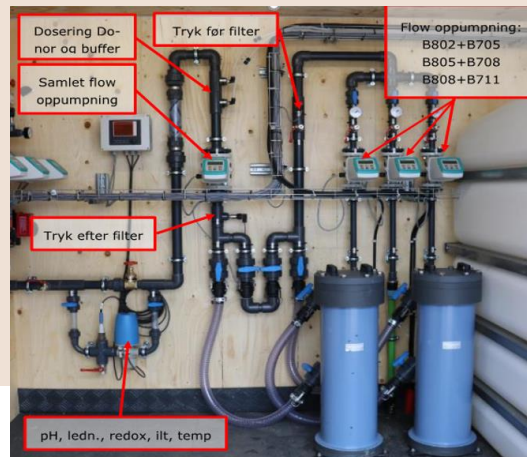
Trin 2: Kemisk oxidation



Trin 3: Biologisk metode

# Trin 2 + 3: In situ lag 2 i grube 1-4: kemisk og biologisk afværg



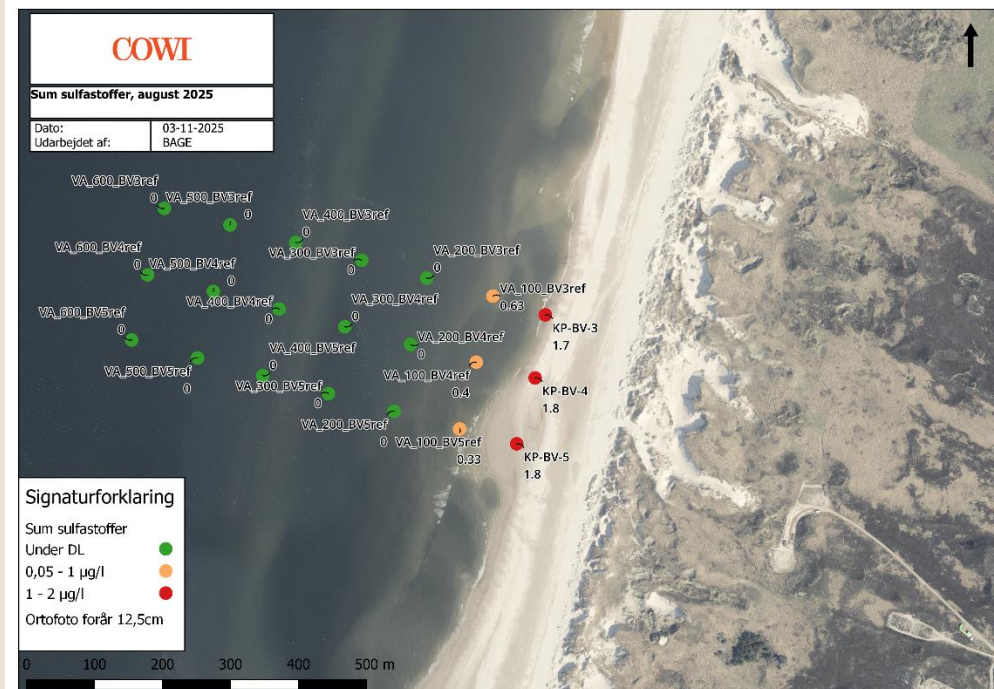


# Hvordan går det med oprensningen?

## Farmastoffer i havet:

- Oprensningen har allerede haft effekt
- Indhold i 2025 nu under kriterierne, her eksempel med sulfonamider (tidligere op til ca. 100 ug/l)

- **Kriterier for sum sulfonamider:**  
Miljø kriterie: 3,9 ug/l  
Laveste sundhedskriterier = 16 ug/l

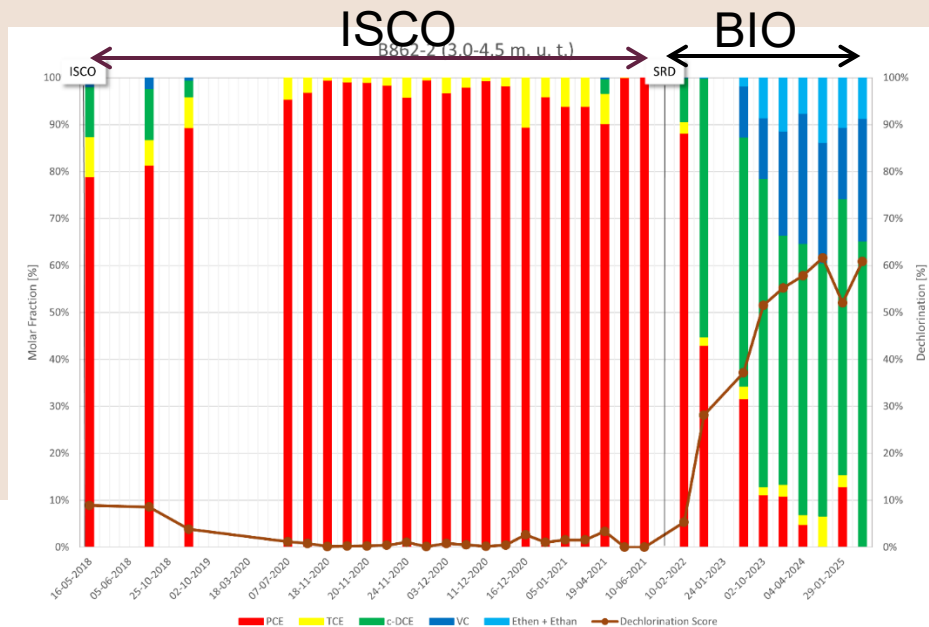
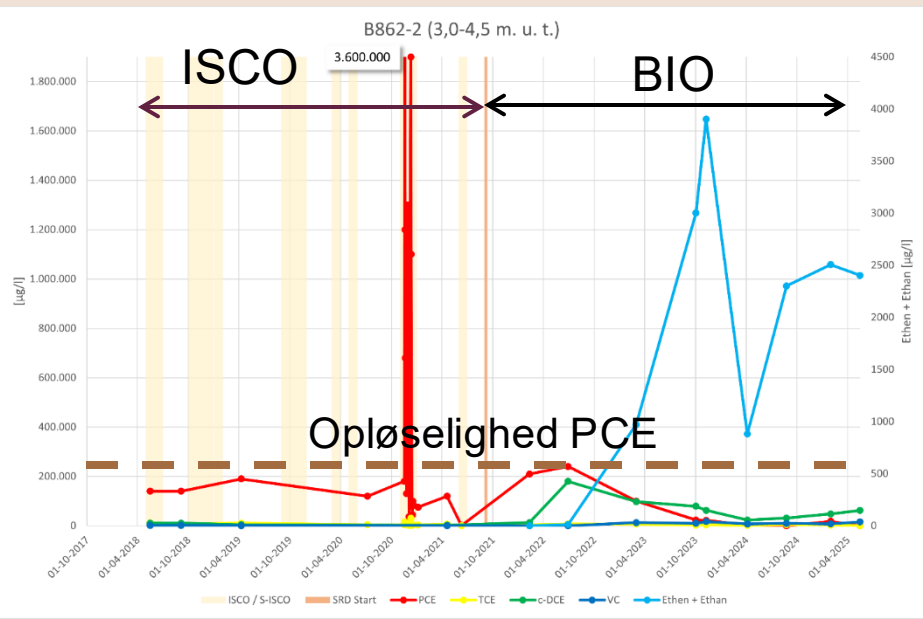


# Eksempel med ISCO/SRD oprensning af fri fase PCE

## Afværgeteknologi virker efter hensigten

- S-ISCO: Mobiliserer/nedbryder fri fase PCE (og farmastoffer, BTEX'er m.fl.)
- SRD (biologisk) nedbryder den kraftige restforurening til ethen

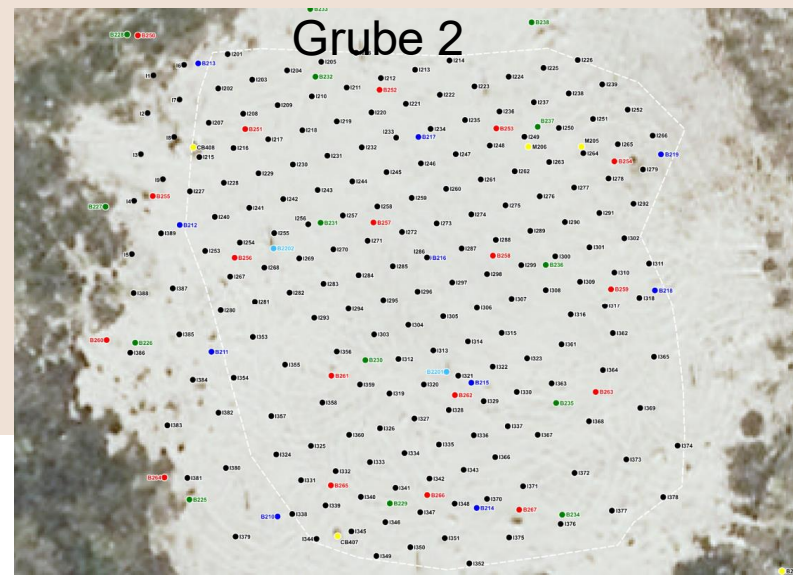
S-ISCO is a patented, proprietary technology owned by Ethical Solutions LLC (EthicalChem)



# Læring: Opskalering fra mindre til stor sag

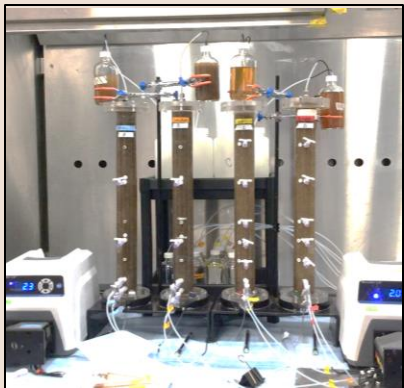
- Rent teknisk ikke den store forskel (samme teknikker, risikovurdering mm.)
- Men større skala – så vigtigt med **optimering af design** (her er mange penge at spare)
- Eksempel på boringsafstand ved in-situ:
  - 3 m → dækker 7 m<sup>2</sup>
  - 5 m → dækker 20 m<sup>2</sup>
- Eksempel kemikaliedosering
  - 1% eller 2 %?
  - Stor betydning for økonomi

| Aktivitet            | Udført/forbrugt frem til 2025 |
|----------------------|-------------------------------|
| Filtersatte boringer | Ca. 2.000                     |
| Injektioner          | Ca. 9.000 stk                 |
| ISCO kemikalier      | Ca. 1.100.000 kg              |
| Bio kemikalier       | Ca. 110.000 kg                |
| Vandprøver           | Ca. 8.000 prøver              |



# Læring: Opskalering fra mindre til stor sag (optimering af design)

**Laboratorieforsøg:**  
(ISCO, ISCR,  
Termisk,  
Biologiske)



**Pilotforsøg:**  
(ISCO, Bio,  
Kombination  
ISCO/BIO,  
Injektionstest)



**Demonstrations-  
anlæg:**  
ISCO, Bio, S-ISCO)  
+ Injektionstest +  
dokumentation med  
geofysik



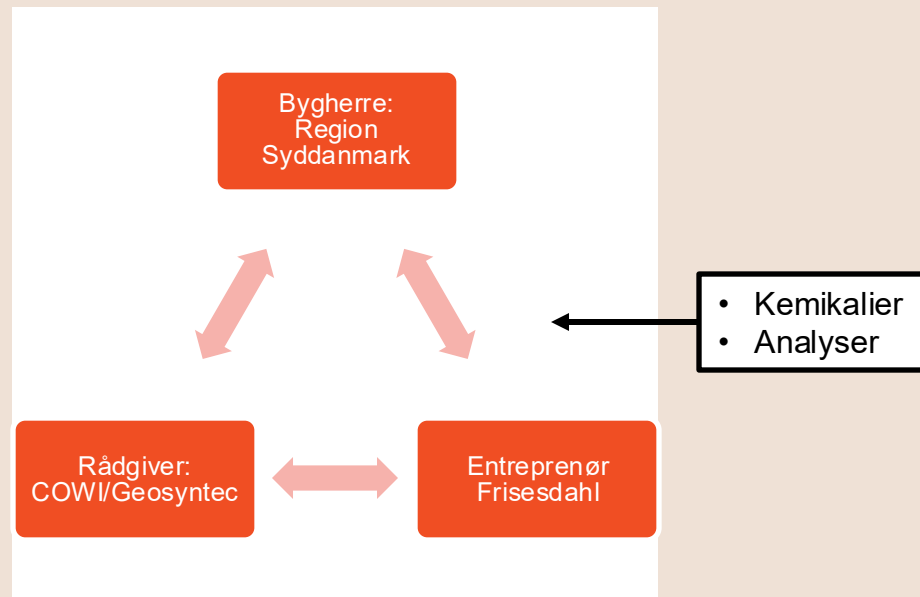
**Fuldskala:**  
(ISCI, S-ISCO, Bio,  
NN)



**Demonstrationsanlæg:** Optimere fuldskala-designet til at være mere cost-effektivt - f.eks. ROI, filterdybder, filterlængder, kemikaliedoseringer, håndtere DNAPL-udfordringer med S-ISCO

# Læring: Organisation: Det gode samarbejde

- Alle firmaer har ejerskab af projektet og bidrager til opgaveløsningen
- Kort beslutningsproces – der sker løbende ændringer, men projektet må ikke gå i stå.
- Åbenhed for flexibilitet i løsningen: vi kan ikke nødvendigvis tænke hele projektet igennem fra A-Z
- Den gode stemning (langvarigt projekt)



# Læring: Det gode samarbejde – hvordan faciliteres

- Vælg **udbudsform** der sikrer, at der kontraheres med de firmaer, som har de bedste kompetencer
- I Kærgård fuldskala er der lavet 3 EU udbud for henholdsvis rådgivning, entreprenør og kemikalieleverance.
- Evaluering af EU udbud:
  - Rådgivning: Pris = 30 %, faglige kompetencer og organisation = 35 %, Løsning af opgaven = 35 %) -
    - Honoreres efter medgået tid med rammebeløb
  - Entreprenør: Pris = 50 % , bemanding og organisering = 50 %
    - Enheds- og timepriser
  - Kemikalier (> 50% af de samlede udgifter): Pris = 100 %

# Organisation og udbud – andre læringer

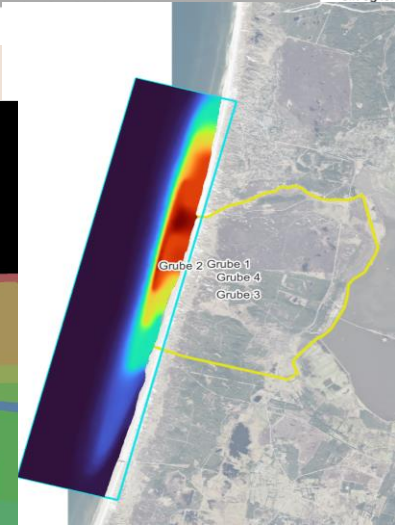
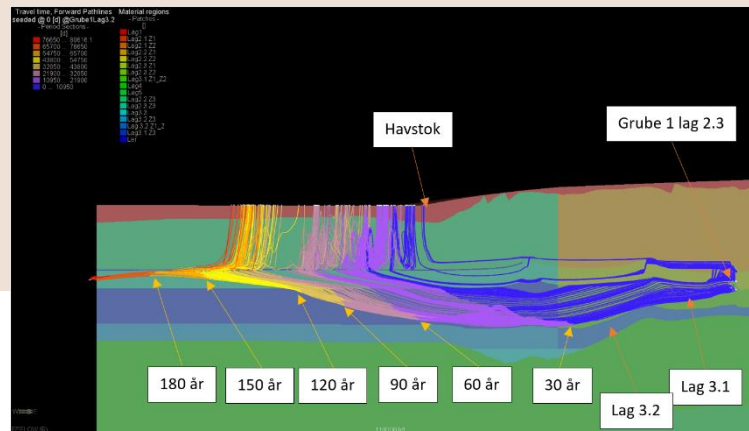
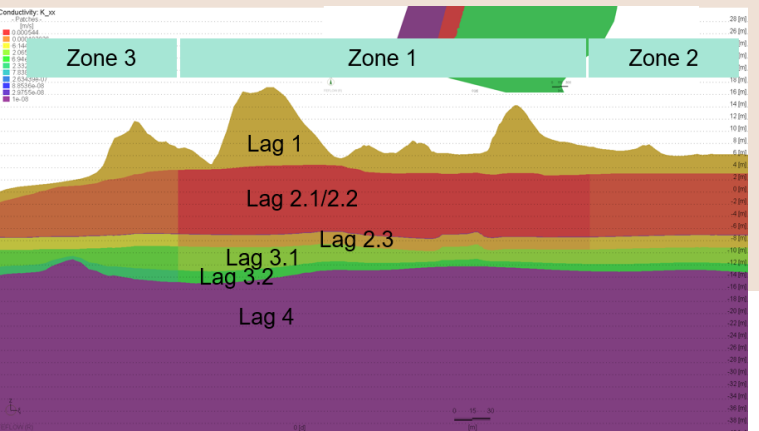
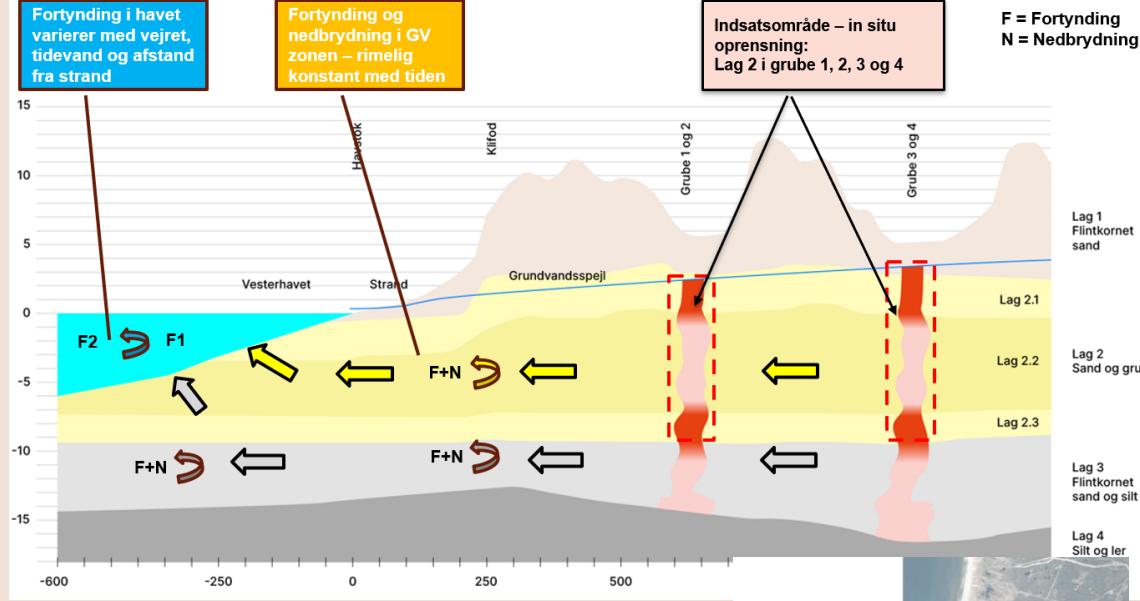
- Undgå samlet udbud for entreprenør, kemikalier, udbud
- Undgå tillægsaftaler for hver mindre ændring
- Tilskynd til at der hele tiden optimeres
- I RS udbud særskilt post for internationale eksperter.
  - Positivt da lille erfaringsgrundlag i DK ved in-situ oprensning for komplekse forureninger.
    - Giver værdifuld viden – med relativt få timer
    - Timepriser for udenlandske eksperter er typisk noget højere end i DK – derfor vigtigt med særskilt post i TBL

# Læring: Tilladelser

- Start i god tid
  - Regionen har været tidligt ude med at få tilladelser – og har inddraget relevante myndigheder i god tid. Regionen har derfor ikke haft de store udfordringer med forsinkelser i projektfremdrift pga. indhentning af tilladelser – som er erfaret på nogle af de andre Megasites.
- Flexible tilladelse – så ændringer ikke stopper projektet

# Beregningsværktøj til opstilling af stopkriterie og vurdering af oprensningseffekt

- Komplekse spredningsforhold i grundvand og ved udsivning til havet (nedbrydning, sorption, dispersion, fortynding)



# Take home messages: *Udfordringer og anbefalinger*

| Udfordringer                             | Anbefaling                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Opskalering til megasite                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• Vigtig med robuste test af metoder for at udvælge de mest kost effektive metoder</li><li>• Demonstrationsanlæg før fuldskala – optimering af design</li><li>• Start gerne med delområde ved fuldskala – for læring (faseinddeling)</li></ul>                                              |
| Udbud, samarbejde og organisation        | <ul style="list-style-type: none"><li>• Vigtig med udbudsform der sikrer, at der vælges firmaer med den største kompetencer</li><li>• Ejerskab af projektet og bidrage til opgaveløsningen</li><li>• Kort beslutningsproces til håndtering af ændringer</li><li>• Stor gevinst ved at inddrage internationale eksperter</li></ul> |
| Tilladelser                              | <ul style="list-style-type: none"><li>• Vær ude i god tid</li><li>• Flexible – så ændringer ikke stopper projektet</li></ul>                                                                                                                                                                                                      |
| Brug af beslutnings-værktøjer (modeller) | <ul style="list-style-type: none"><li>• God erfaring med værktøj til beregning af stopkriterier og beregne effekt af oprensning</li></ul>                                                                                                                                                                                         |

# Tak



Region Syddanmark: Jette Balslev Sørensen, Klaus Bundgaard Mortensen og Jørgen Fjeldsø Christensen

COWI: Bastian Germundsson, Thea Hegaard Jensen, Mikkel Kristensen, Christian Helweg, Thomas Ruby Bentzen

Geosyntec: Leah MacKinnon, Felipe Solano og Neal Durant for langvarigt samarbejde med projektet siden 2004.

Frisesdahl: Hans Jørgen Frisesdahl, Christian Quebec m.fl. for langvarigt samarbejde med pilotforsøg, demonstrations- og fuldskalaprojekt

Rambøll: Lars Bennedsen, Mette Christoffersen m.fl. for langvarigt samarbejde med pilotforsøg og demonstrationsprojekt