



## Udtagning af Porevandprøver i den Umættede Zone Vurdering af nedsivning til grundvandet

**Andreas Houlberg Kristensen**  
**DMR A/S**

**Per Loll**  
**DMR A/S**

**Claus Ølund**  
**Ejlskov A/S**

**Anders Riiber Høj**  
**Oliebranchens Miljøpulje**

**Flemming Hauge Andersen**  
**Region Sjælland**

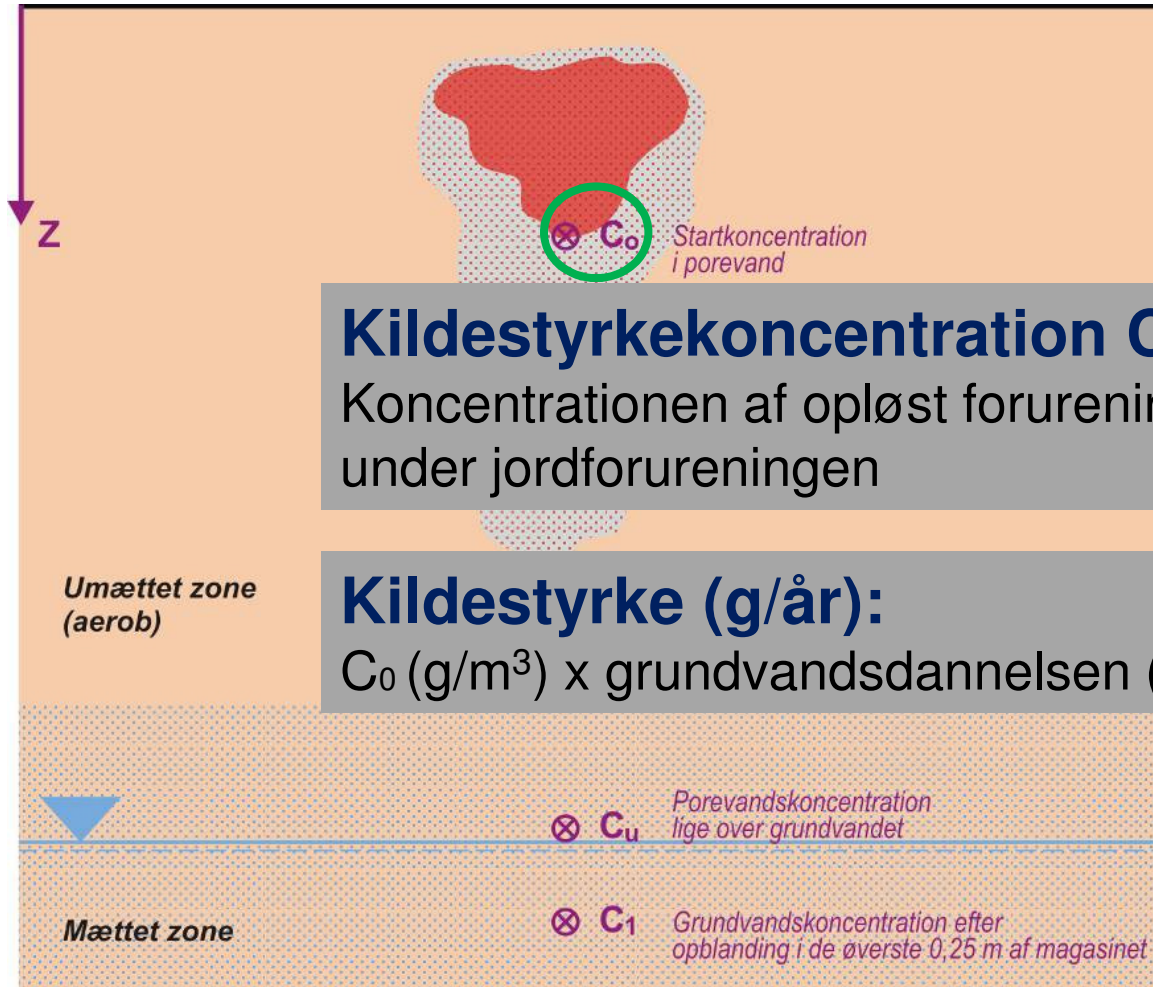
**Per Møldrup**  
**Aalborg Universitet**

**ATV Vintermøde, Vingsted 2012**

Jerslev J	Ry	Karup	Kolding	Slagelse	Hvidovre	Nyborg
70 22 06 55	86 95 06 55	97 43 06 55	76 32 65 00	58 52 24 11	48 22 24 00	40 76 06 61



Ref: Udkast til TUP-projekt (NIRAS og DMR).



## Kildestykkekoncentration $C_0$ ( $\mu\text{g/L}$ ):

Koncentrationen af opløst forurening i porevand lige under jordforureningen

## Kildestykke (g/år):

$C_0$  ( $\text{g/m}^3$ ) x grundvandsdannelsen ( $\text{m/år}$ ) x areal ( $\text{m}^2$ )

- Kilde med residual NAPL
- Opløst forurening i porevand og poreluft
- Sand, umættet
- Sand, vandmættet
- Vandspejl i magasin

Estimering af  $C_0$  på baggrund af:

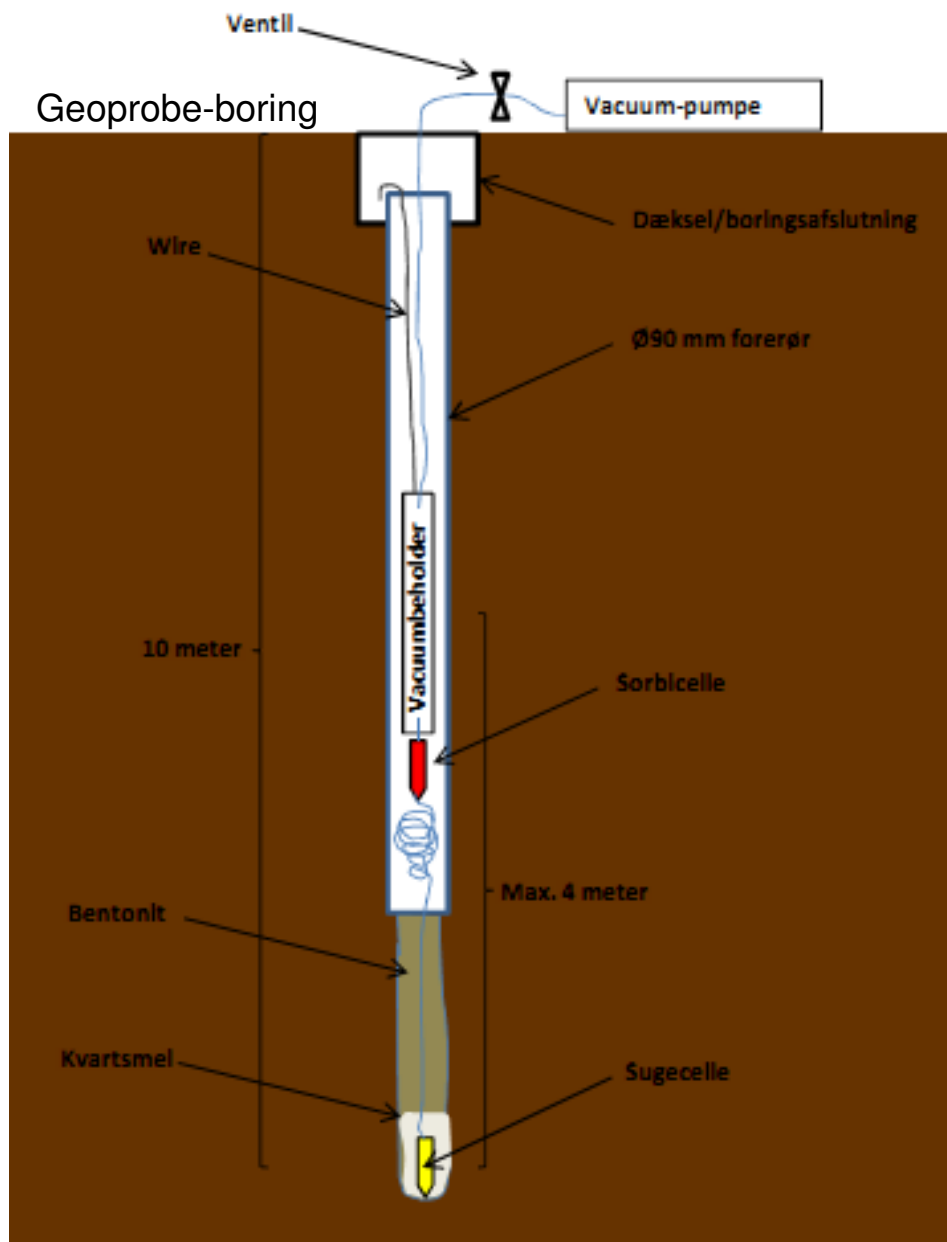
- Fugacitetsberegning ud fra jordkoncentration  
Typisk i JAGG med antagelse af 25 °C
- Maksimal opløselighed af forureningsstof  
F.eks. 6 mg/L for fyringsolie og 1.100 mg/L for TCE
- Vandprøve udtaget eksempelvis fra bunden af en  
udgravning eller fra sekundært grundvand  
Som regel indenfor jordforureningen

Ofte  
meget  
konservativt

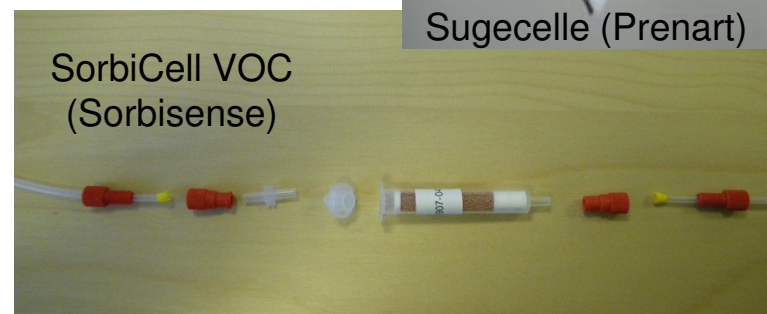


# Ny metode til prøvatagning af porevand

DMR®



- Udtagning af porevand fra sugeceller påført et vakuum
- Adsorptionsbaseret opsamling af opløst forurening på SorbiCeller (Sorbisense)

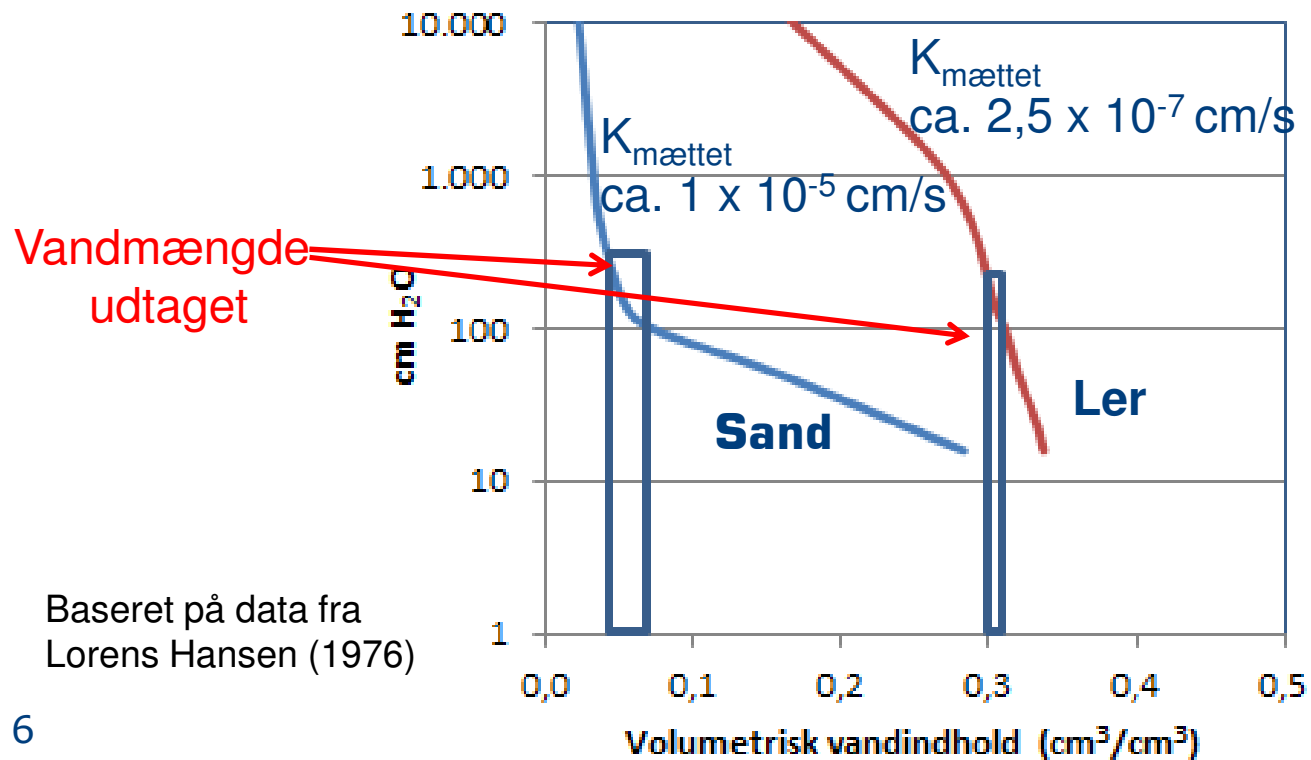


# Ny metode til prøvatagning af porevand

DMR®



- Vandretention og hydraulisk ledningsevne
- Der kan typisk påføres et vakuum omkring sugecellen på 200-300 cm H<sub>2</sub>O. Det vil potentielt medføre udtagning af:
  - ca. 40-50 % af vandindholdet i sand
  - ca. 5-10 % af vandindholdet i ler



# Nødvendigt prøvevolumen og analytisk detektionsgrænse



- Prøvevolumen på 100-600 mL porevand afhængigt af forureningsniveau og type af forurening

Forureningsstof	Analysemetode	Analytisk detektionsgrænse (µg/celle)	Anbefaling ved forureningsgraden:	
			Prøvevolumen (mL)	svag/kraftig Detektionsgrænse (µg/L)
Chlorerede kulbrinter	GC/MS	0,2	150/100	1 / 2
Oliekulbrintefraktioner	GC/FID	10	600/150	20 / 70
BTEX	GC/MS	0,2	150/100	1 / 2

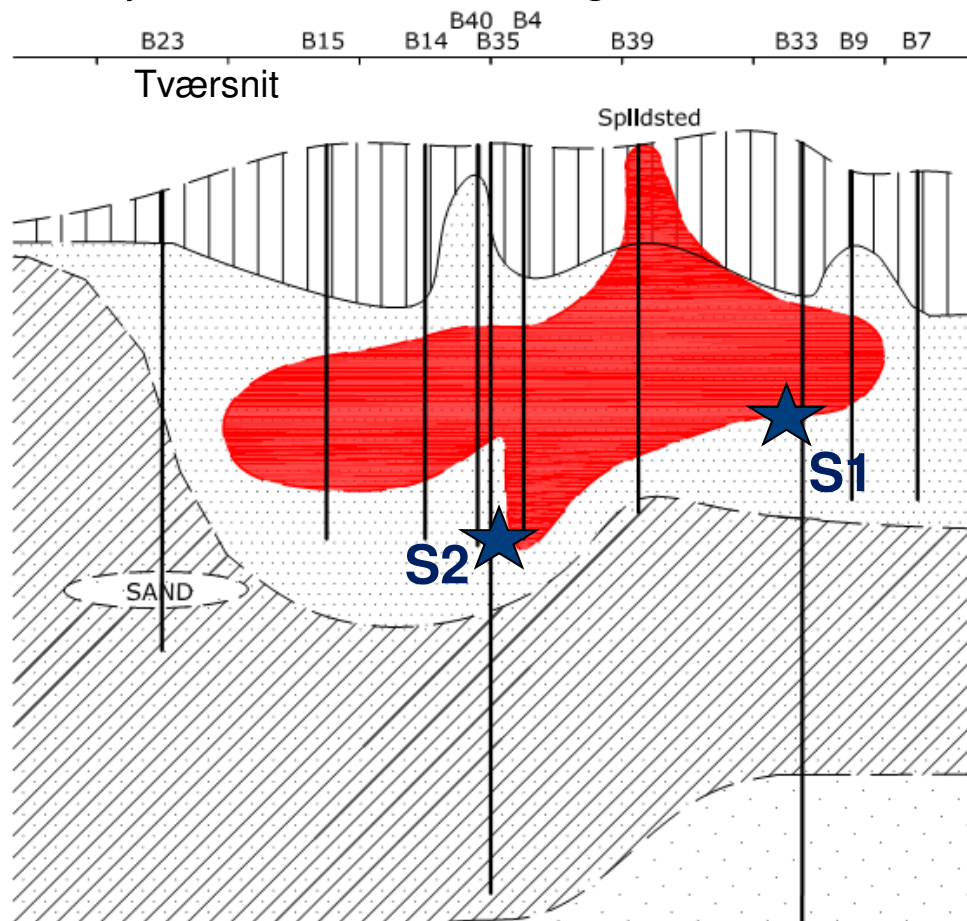


# Afprøvning på tre lokaliteter...



# Lokalitet 1 – Større fyringsoliespild

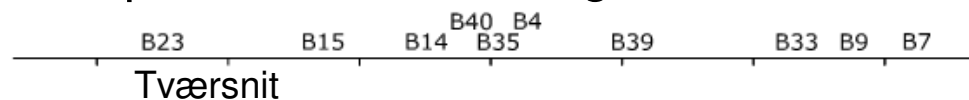
Topdanmark Forsikring/Oliebrancens Miljøpulje



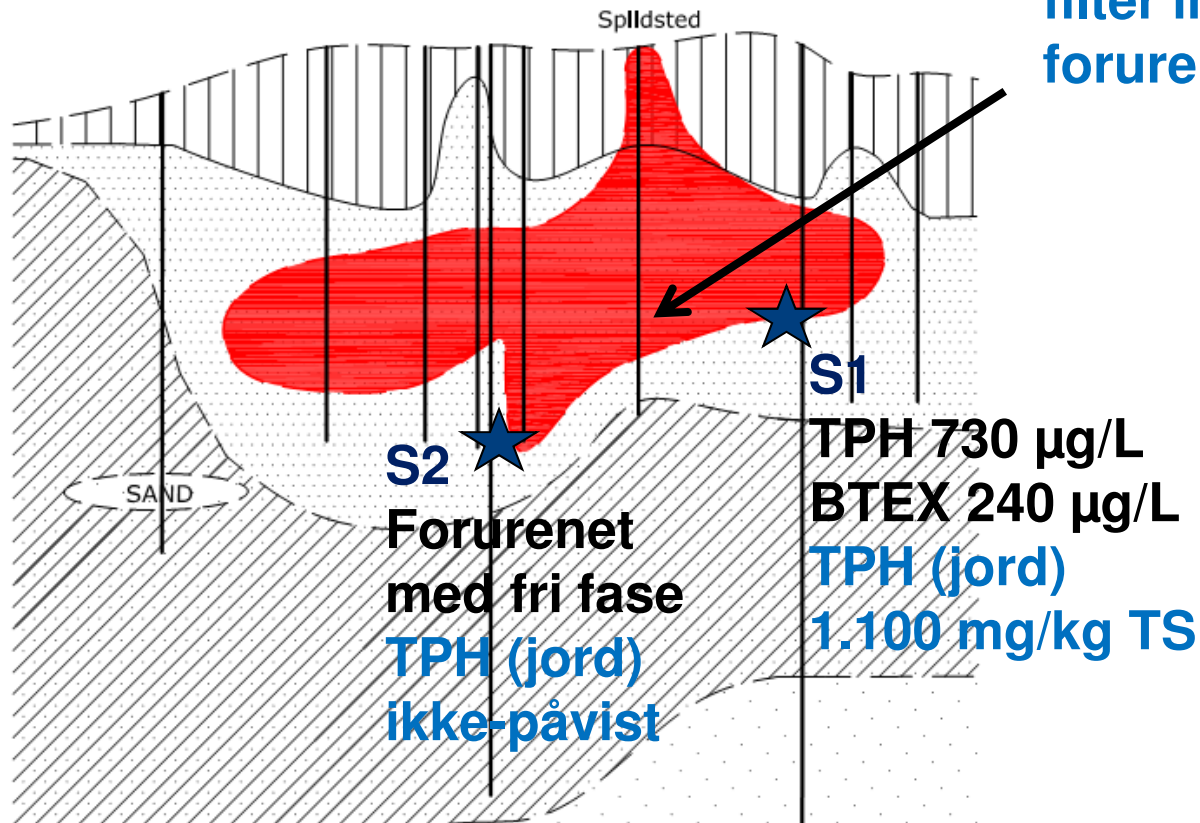
- 2 sugeceller installeret i bund af jordforurening
- 2 kontrolboringer med Geoprobe
- Område med spildsted og fri fase
- Fugtige aflejringer af silt/sand

# Lokalitet 1 – Resultater

Topdanmark Forsikring/Oliebrancens Miljøpulje



**TPH (vand) i dykket filter indenfor forurening 1.900 µg/L**



## Det skal bemærkes at...

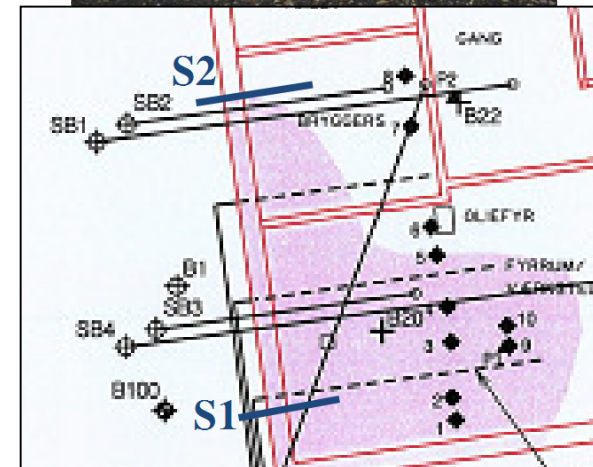
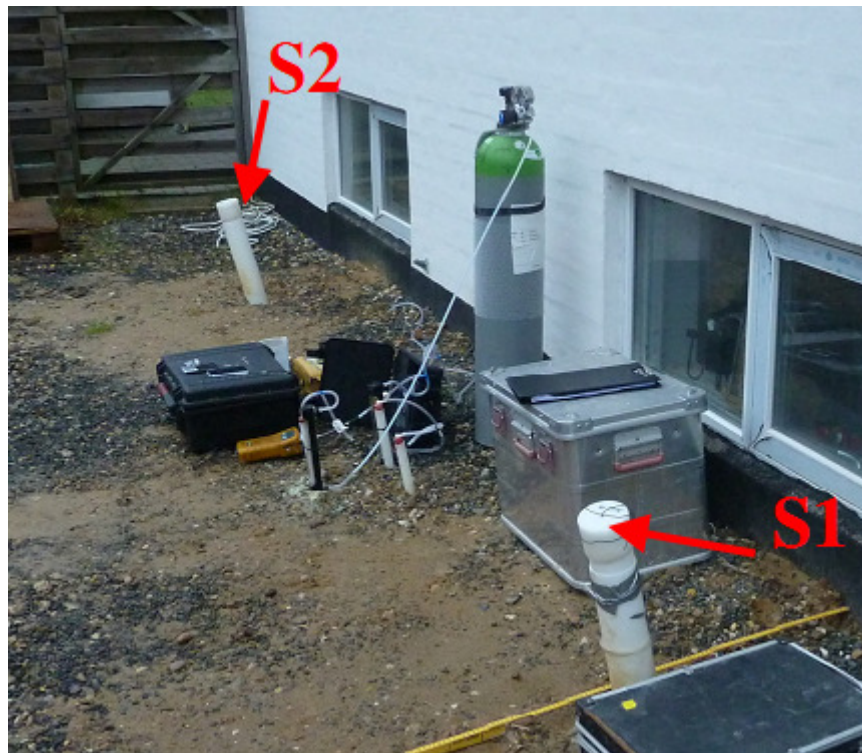
uden direkte udtagning og analyse af porevandprøver ville man typisk basere en risikovurdering med nedsivningsbetragtninger på fyringsolies maksimale opløselighed (ca. 6.000 µg/L)

# Lokalitet 2 – Restforurening med olie

Topdanmark Forsikring/Oliebrancens Miljøpulje



- 2 sugeceller installeret skråt ind under restforurening under bygning
- Mellemkornet sand



# Lokalitet 2 – Resultater

Topdanmark Forsikring/Oliebrancens Miljøpulje



- 2 sugeceller (5,3-6,3 m.u.t.) viste:  
Oliekulbrinter: ca. 40-300  $\mu\text{g/L}$   
BTEX: ikke-påvist (nedbrydning?)



**Det skal bemærkes at...**

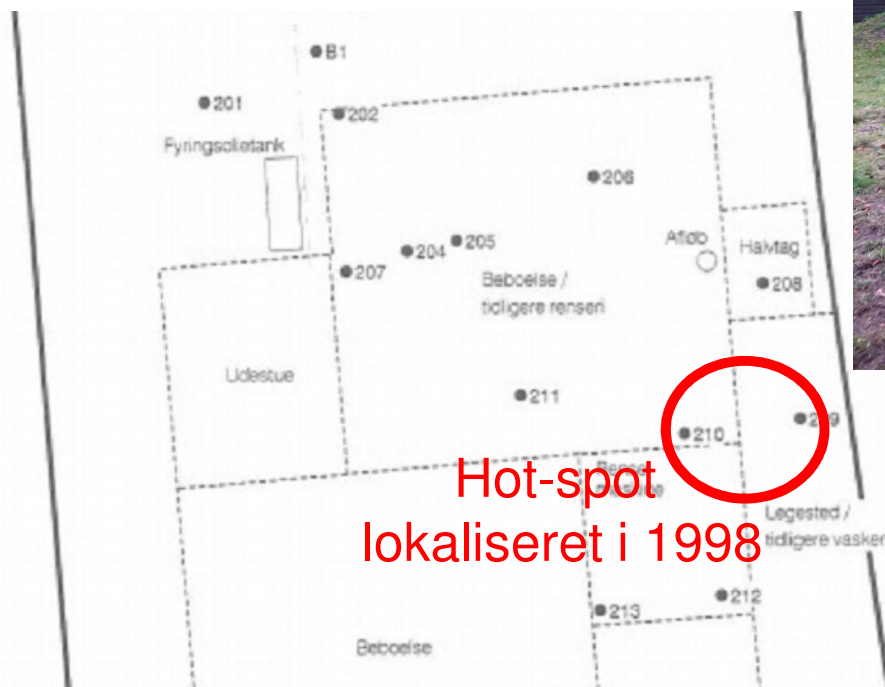
uden direkte udtagning og analyse af porevandprøver ville man typisk basere en risikovurdering med nedsivningsbetragtninger på fyringsolies maksimale opløselighed (ca. 6.000  $\mu\text{g/L}$ )

# Lokalitet 3 – PCE-spild fra dampvaskeri

Region Sjælland/OPI



- Fed, stenet moræneler fra 2-8 meter
- 3 sugeceller installeret i lokalitetens hot-spot (mellem 5 og 8 m.u.t.)
- 2 kontrolbøringer med Geoprobe
- Der er udført dobbeltbestemmelse

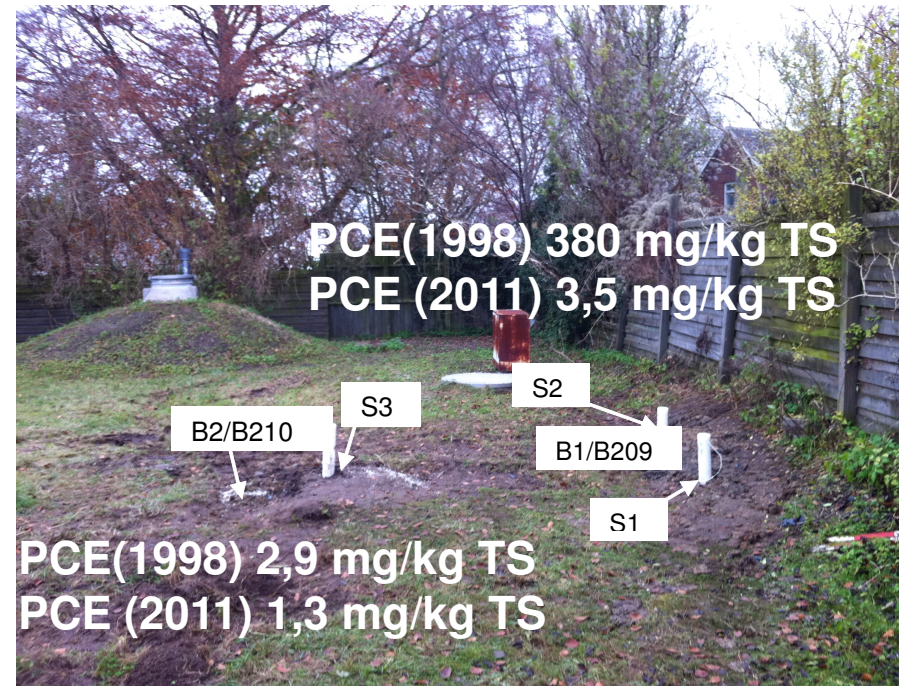
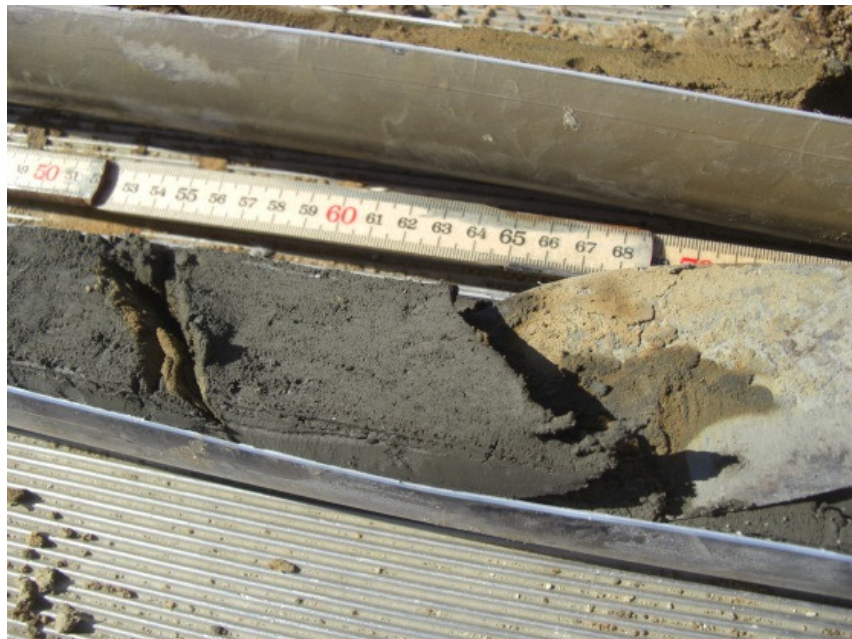


# Lokalitet 3 – Jordkoncentrationer

## Region Sjælland (OPI)



- Betydeligt lavere PCE-koncentrationer konstateret ved ny undersøgelse (2011)
- Jordkoncentrationer under jordkvalitetskriteriet

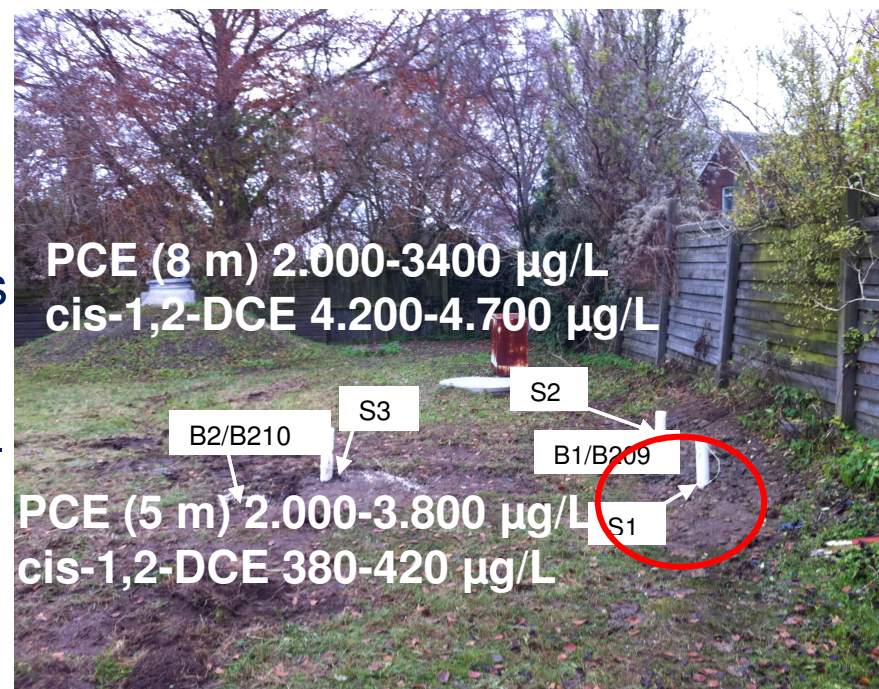


# Lokalitet 3 – Porevandkoncentrationer

## Region Sjælland (OPI)



- Fra sugecelle S1 kunne der ikke udtages et tilstrækkeligt prøvolumen pga. hård, fed moræneler
- I sugecellerne S2 og S3 blev der målt høje porevandkonc. på trods af lave jordkonc.
- Tilstedeværelse af nedbrydningsprodukter (især cis-1,2-DCE)

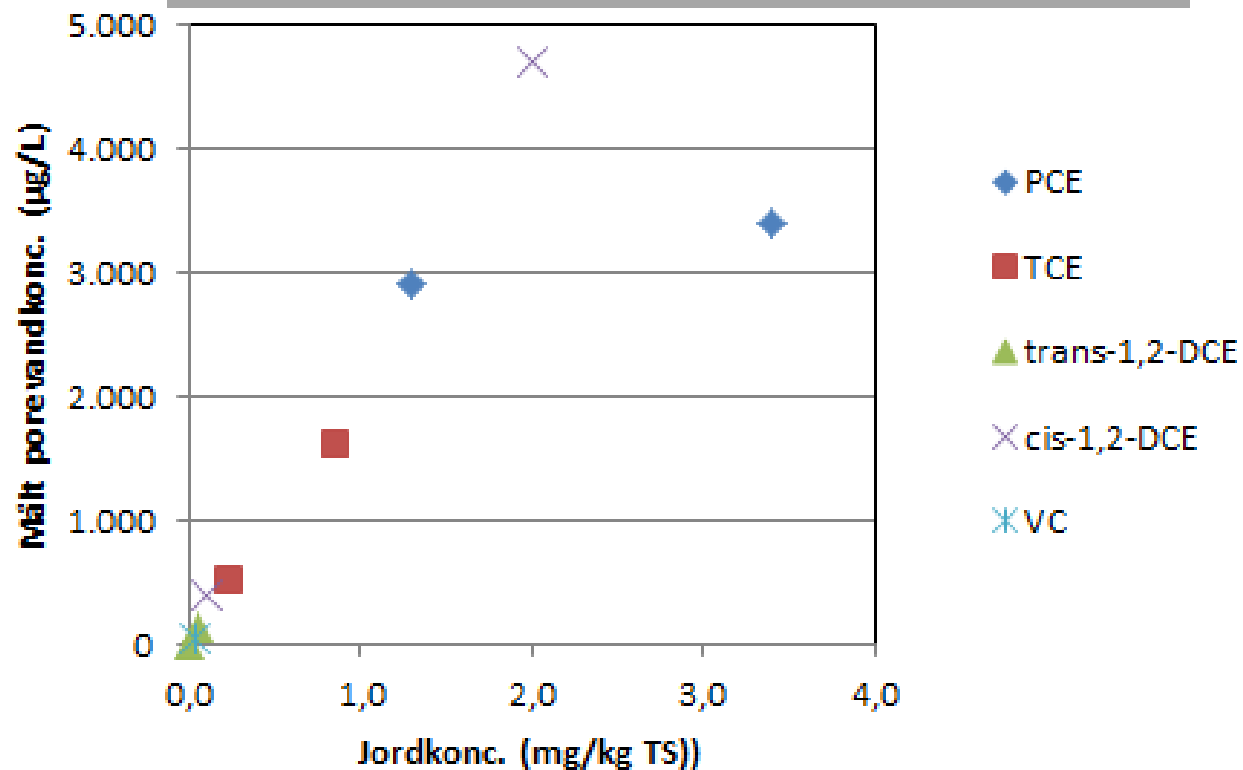


# Lokalitet 3 – Porevand vs. jord

Region Sjælland/OPI



Tilsyneladende sammenhæng mellem forurening konstateret i forskellige faser



- Lineær sammenhæng mellem koncentrationer i jord og porevand (på trods af forskellige chlorerede kulbrinter)

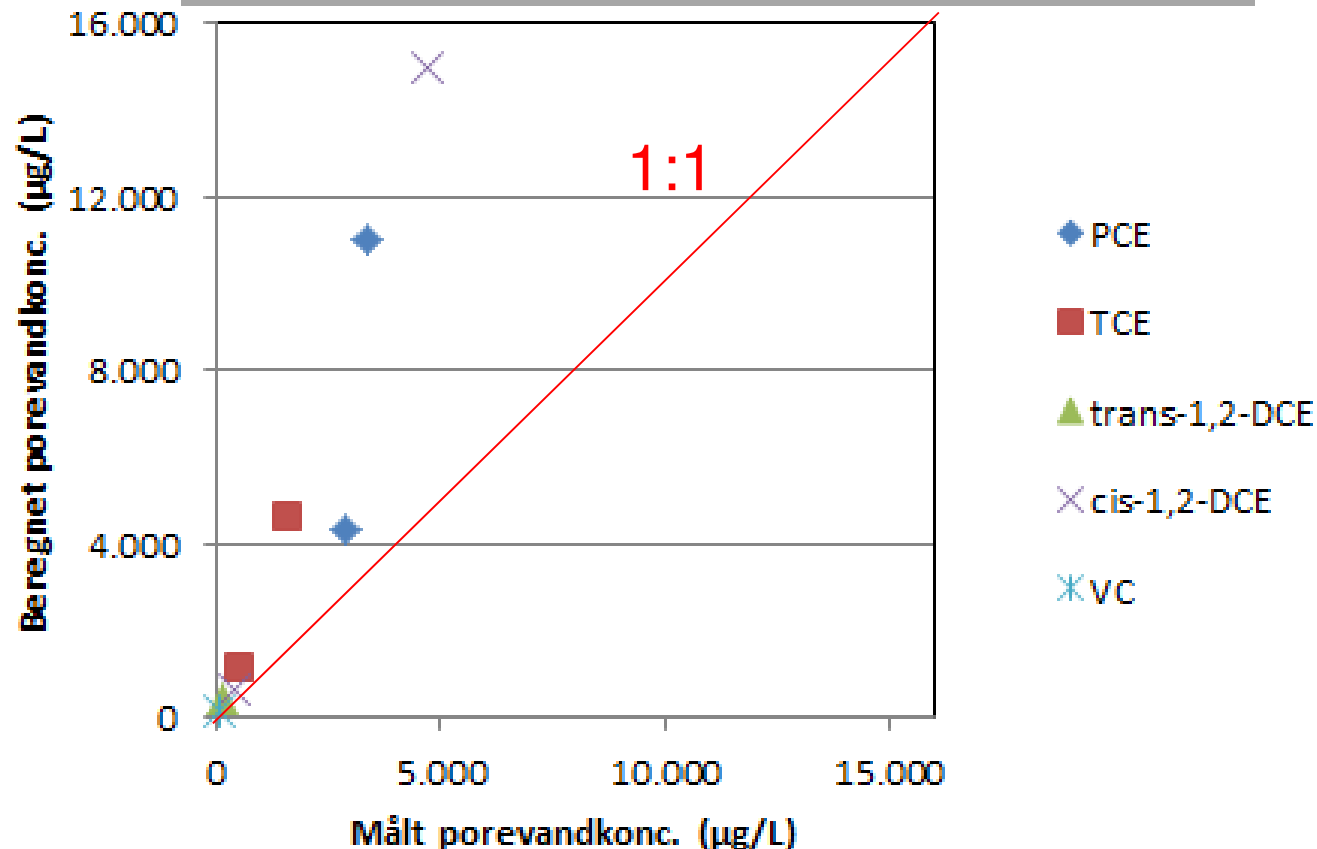


# Lokalitet 3 – Porevand og fugacitet

Region Sjælland/OPI



Fugacitetsbetragtninger er her konservative  
(men ikke alt for meget)



- Porevandskoncentrationer beregnet med fugacitetsmodul i JAGG
- Beregninger er meget følsomme overfor indhold af organisk kulstof ( $f_{oc}$ )
- Beregnede værdier er en faktor 1,5-3,2 over de målte

# Opsummering af erfaringer....

# Børnesygdomme og mulige fejlkilder

(som vi vil arbejde videre med at løse...)



- Begrænset prøvevolumen i moræneler på 40-120 mL (fordyrer prøvetagning)  
Kan evt. forbedres ved valg af andre typer sugeceller og ændret installationsprocedure
- Mulig adsorption til sugeceller mm.  
Skal dokumenteres så der ikke måles "falsk" lave porevandskoncentrationer
- Det kan umiddelbart være svært at udtage porevandprøver dybere end 10 meter  
Bør afprøves



- Sugeceller kombineret med SorbiCeller kan være et værdifuldt værktøj på alle sager, hvor det ikke kan afvises ved en JAGG-beregning, at nedsivning af opløst forurening udgør en trussel for grundvandet.
- Direkte målinger af porevandskoncentrationen giver en mere realistisk kildestyrkekoncentration og kildestyrke af nedsivningen.
- Bestemmelse af nedbrydningsprodukter kan indgå i en undersøgelse af mulig naturlig nedbrydning i det umættede zone (målinger over tid og/eller i forskellige dybder).

Tak for opmærksomheden...