

# Repræsentativ prøvetagning til bestemmelse af PFAS-indhold i jord og vand

**Gro Lilbæk**, Søren Dyreborg og Therese L. Petersen, NIRAS A/S  
Louise Rosenberg og Nina Tuxen, Region Hovedstaden

*ATV vintermøde 2026, Temadag 2. marts*

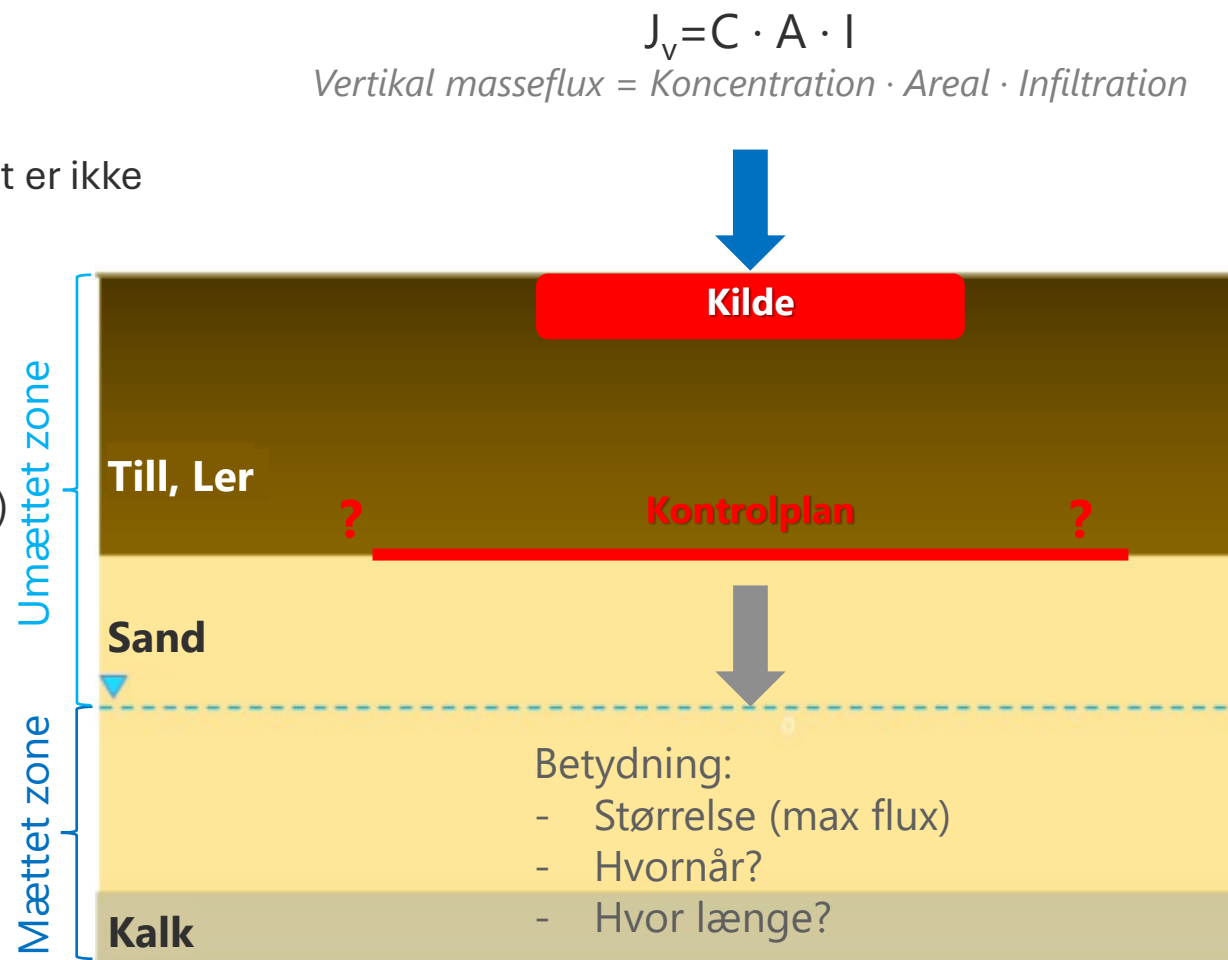


**NIRAS**

# Påvirker PFAS forureningen grundvandets kvalitet og dermed ressourcen?

## Risikovurdering → Forureningens masseflux

- For PFAS-forurenede lokaliteter gælder:
  - Relativt **ny gruppe af forureningskomponenter**
  - Fuldstændigt gennembrud af forureningen til grundvandet er ikke nødvendigvis sket
  - Precursors kan stadig være til stede i kildeområdet → omdannes langsomt over tid til målsatte PFAS
- **Risikovurdering** ved estimering af **vertikal masseflux** ofte mest relevant
  - Hvor meget PFAS nedsiver til grundvandet over tid (fx g/år)
- Hvorledes bestemmes den **vertikale flux** bedst på en PFAS forurenede lokalitet?
  - Hvad skal måles / bestemmes?
  - Hvordan?
  - Hvornår?
  - Hvor præcist / med hvilken kvalitet?

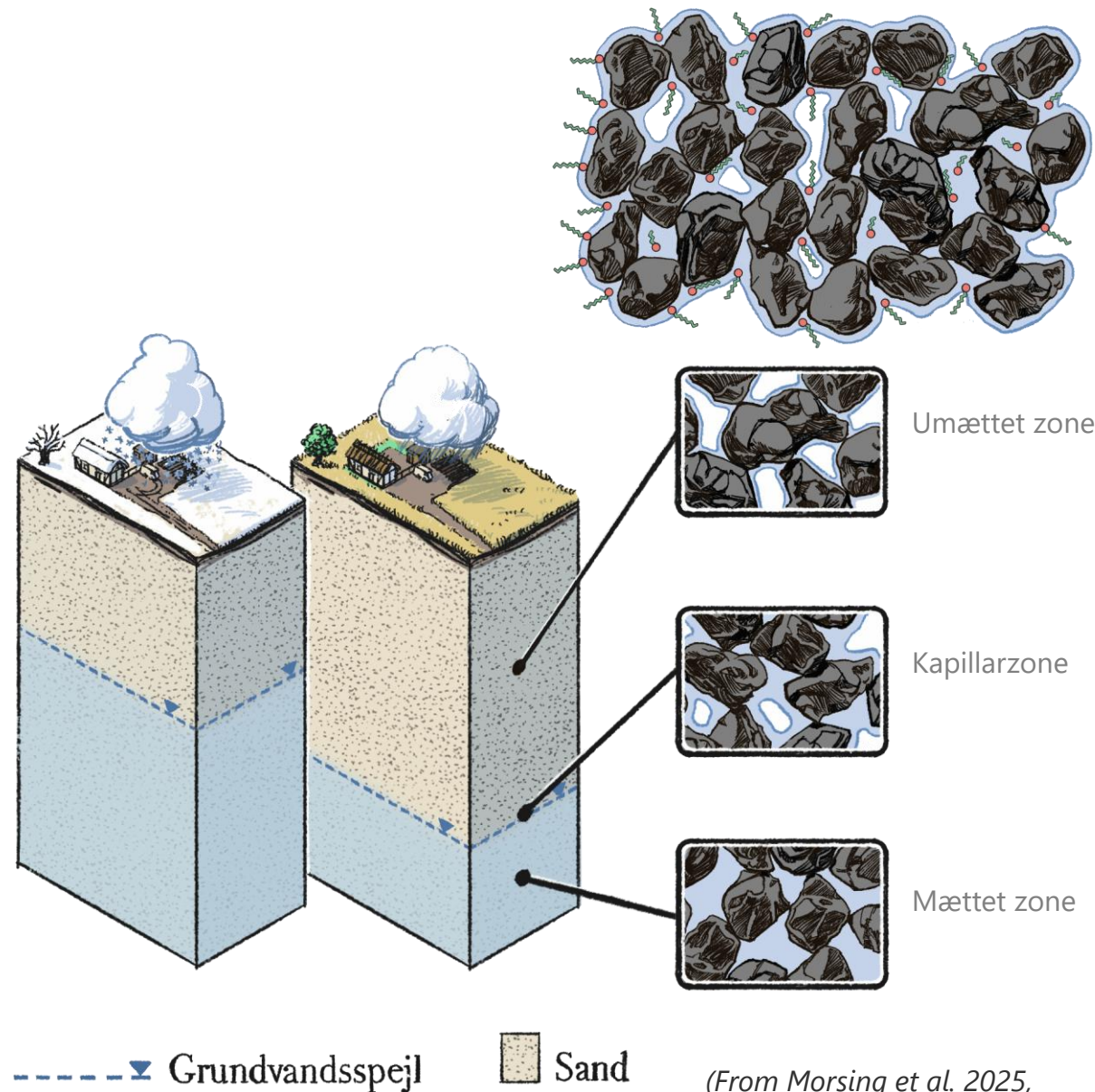


# Koncentration er en nøgleparameter

Hvilken dybde skal man prøvetage i? Og hvilken type af prøve?

- PFAS koncentration er en essentiel del af masseflux bestemmelsen
- Infiltration af PFAS gennem den umættede zone påvirkes i høj grad af sorption og fordeling ved jordens luft-vand grænseflade
- Forskellige PFAS har forskellige transporthastigheder og dermed forskellige flux
  - Langkædede PFAS tilbageholdes lettere i den øvre del af jordprofilet end kortkædede - men ikke udelukkende

**PFAS ≠ PFAS**

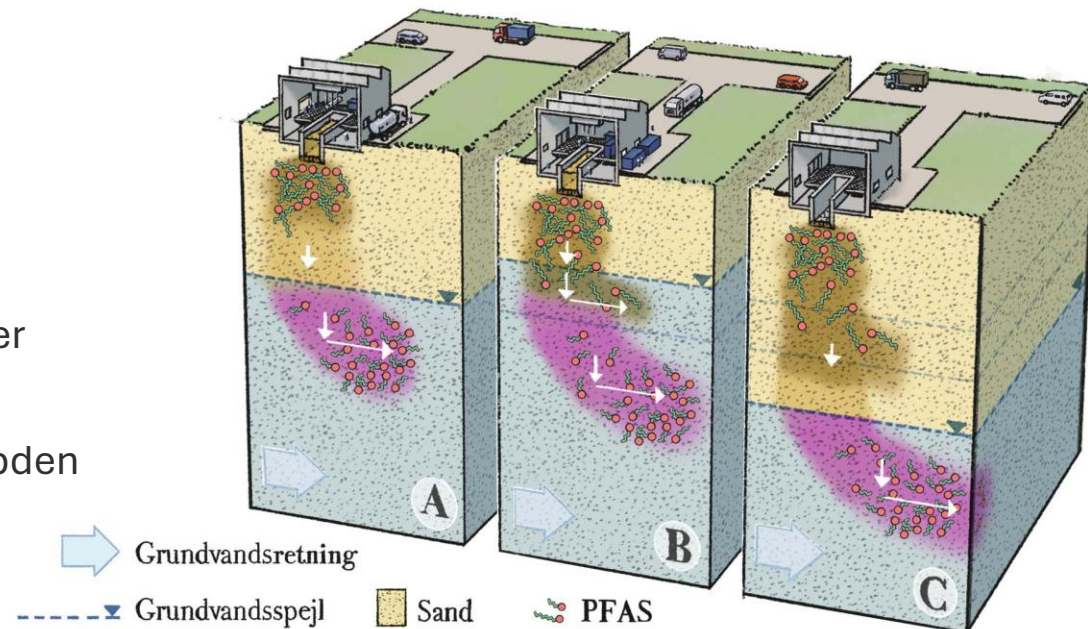


(From Morsing et al. 2025, Miljøprojekt nr. 2286)

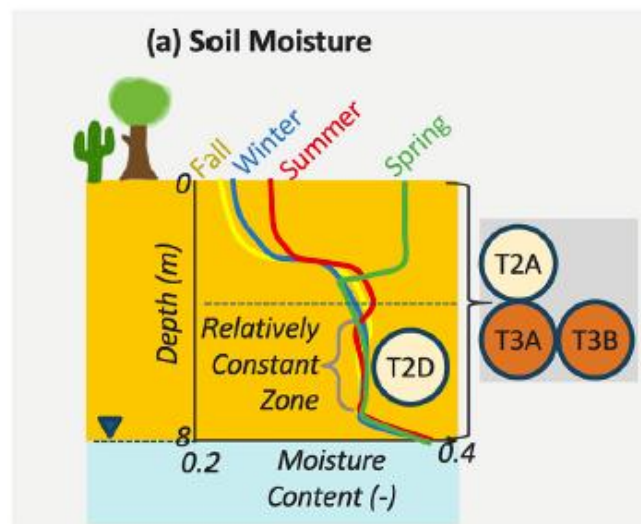
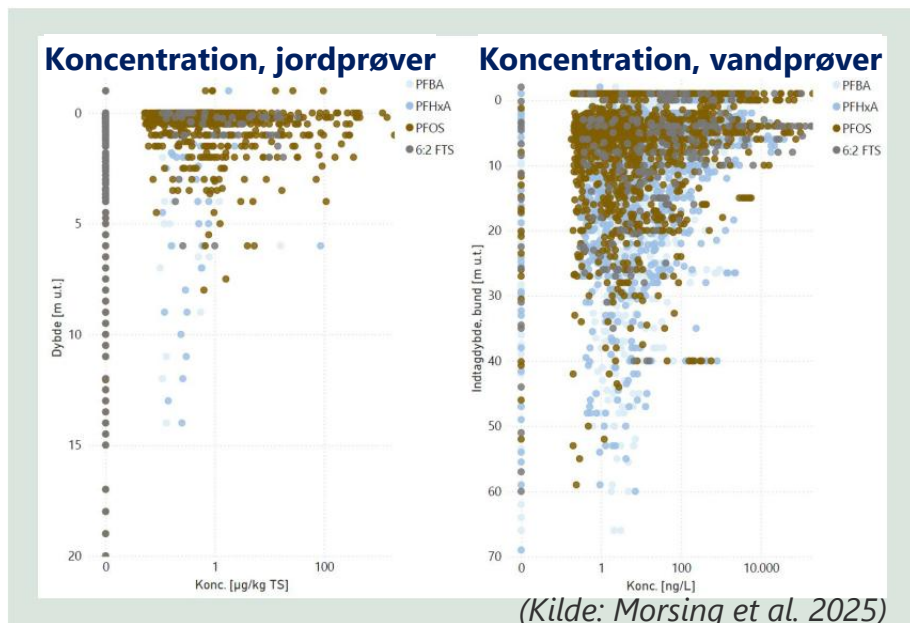
# Koncentration er en nøgleparameter

Hvilken dybde skal man prøvetage i? Og hvilken type af prøve?

- Information om anbefalet analysemetode og dybde for prøvetagning er begrænset
- Koncentrationsprofiler indikerer generelt aftagende indhold over dybden
- Lille variation i jordens vandmætning og matrix potentiale dybere end 1 m (fx Newell et al., 2023)
- Litteraturen anbefaler generelt *høj-opløst prøvetagning* ☺



(Kilde: Morsing et al. 2025)

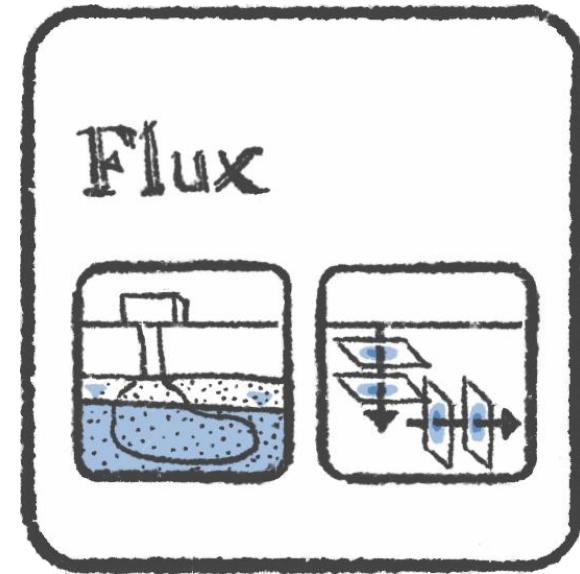


Kilde: Newell et al., 2023

# RH → Strategi for risikovurdering af PFAS forurening ...

**Formål: Anvisning af metoder til bestemmelse af PFAS koncentrationer, disses robusthed og anbefaling til prøvetagningsniveauer til bestemmelse af vertikal flux**

- Kan tykkelsen af den umættede zone påvirke valg af metoder?
- Hvordan kan geologi påvirke prøvetagningsmetoden?
  - Fungerer alle metoder i alle geologiske miljøer?
  - Hvad er begrænsningerne ved de enkelte metoder?
- Hvilken prøvetagningsdybde anbefales, da PFAS-koncentrationer varierer med dybden? (Kromatografering)
  - Er det muligt at fastlægge “én dybde der passer alle geologiske typologier”?
    - >2 m dybde pga rodzonen?
    - >1 m over grundvandsspejlet pga fluktuation?
    - Ved grænsen til/fra en lavpermeable horisont?
  - Bør vi fokusere på flere dybder for at opnå den bedste/mest konservative/mest plausible risikovurdering?
    - Fx én dybde for kortkædede og én anden dybde for langkædede PFAS-stoffer?



Projekt for  **Region Hovedstaden**

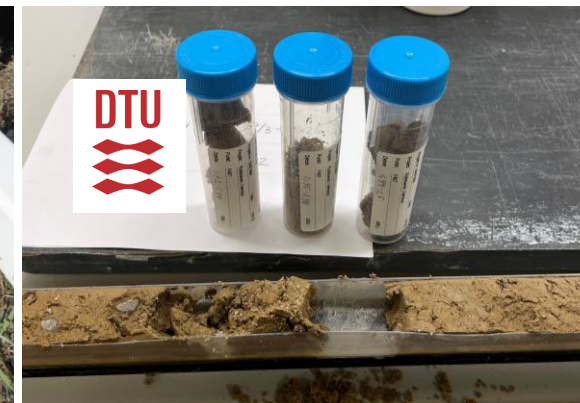
Samarbejde mellem



# Udførte undersøgelser

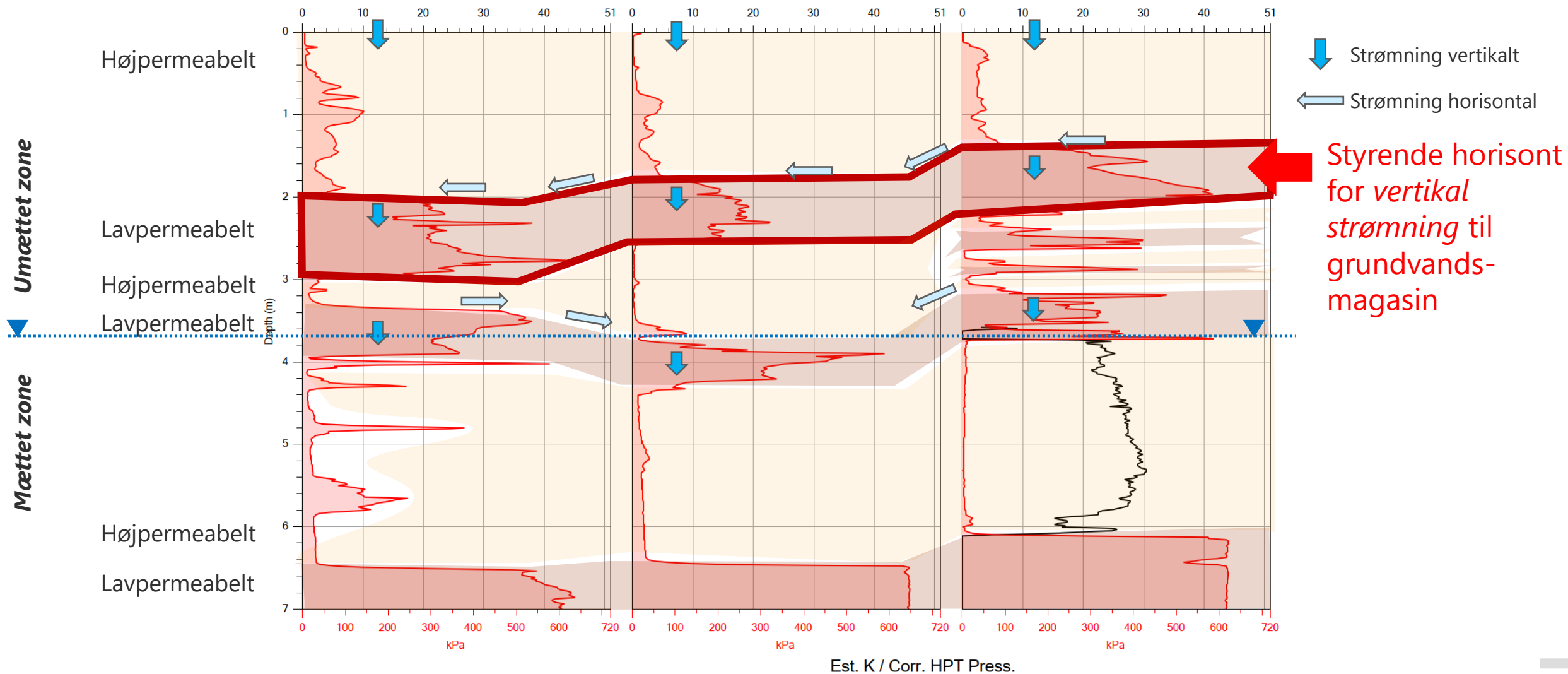
## Feltlokaliteter med forskel i tykkelse af umættet zone

- **HPT** (Hydraulic Profiling Tool)
  - jordens hydrauliske egenskaber
  - Lok 1: 4 eksisterende / Lok 2: 2 nye
- **Jordprøver** (intakte kerner med Geoprobe)
  - Standard analyse metode (PFAS 22)
    - Lok 1: 55 stk / Lok 2: 63 stk
  - Udvaskningsforsøg (eluat koncentration)
    - Lok 1: 21 JP / Lok 2: 16 JP
  - DTU (ikke akkrediteret)
    - Lok 1: 24 JP / Lok 2: 18 JP
- **Porevand** fra sugeceller
  - Lok 1: 4 Runder → 103 VP
  - Lok 2: 3 Runder → 37 VP

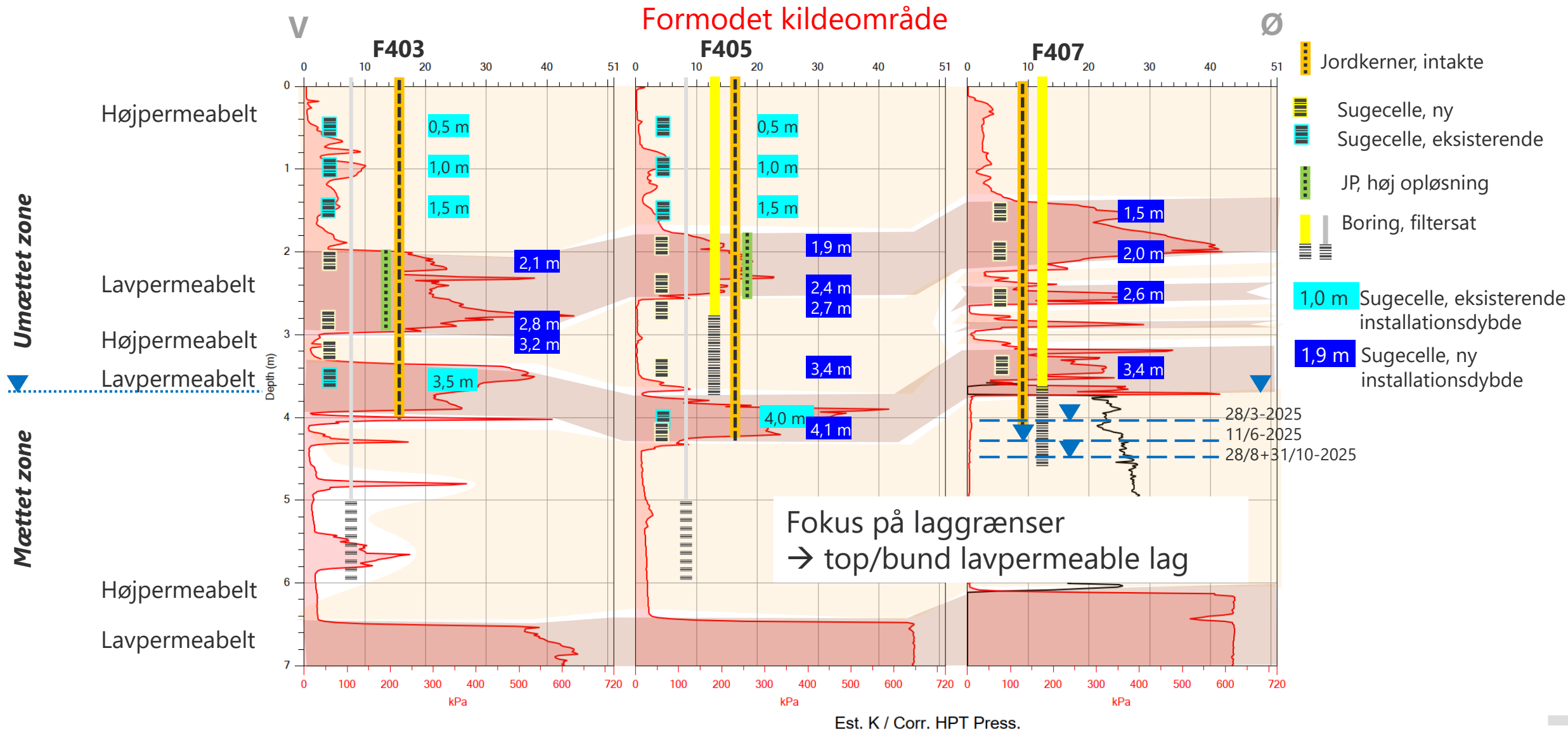


# HPT → Konceptuel forståelse, strømningsveje og placering af prøveniveau

Formodet kildeområde



# HPT → Konceptuel forståelse, strømningsveje og placering af prøveniveau



# Vandprøver → sugeceller

## Fordele >< Ulemper

- Nemme at installere (håndkraft og Geoprobe)
- Ved installation dybere end 5 m → kræves en sugecelle med "dual tube" og en *kuffert* til kontinuert opretholdelse af vakuum
- Online modul til overvågning (SoilWaterSampler) → bedst ift vurdering af status for batteri
- *OBS: Ny version af kuffert tilgængelig → ikke testet på nærværende projekt*



# Vandprøver → sugeceller

## Fordele >< Ulemper

- Udfordring med installation i "samme punkt" → specielt ved prøvetagning i mange dybder
- Porøs geologi kan besværliggøre installation (fx tørt sand)
- Variation i mængden af porevand → kan ikke være sikker på at der er nok til kemisk analyse
- Fejlfinding er tidskrævende (lækage ved samlinger var en hyppig udfordring)
- Hvordan ved man om mængden af vand stammer fra starten af en prøvetagningsperiode, midt i, eller slutningen? Er det overhovedet vigtigt?



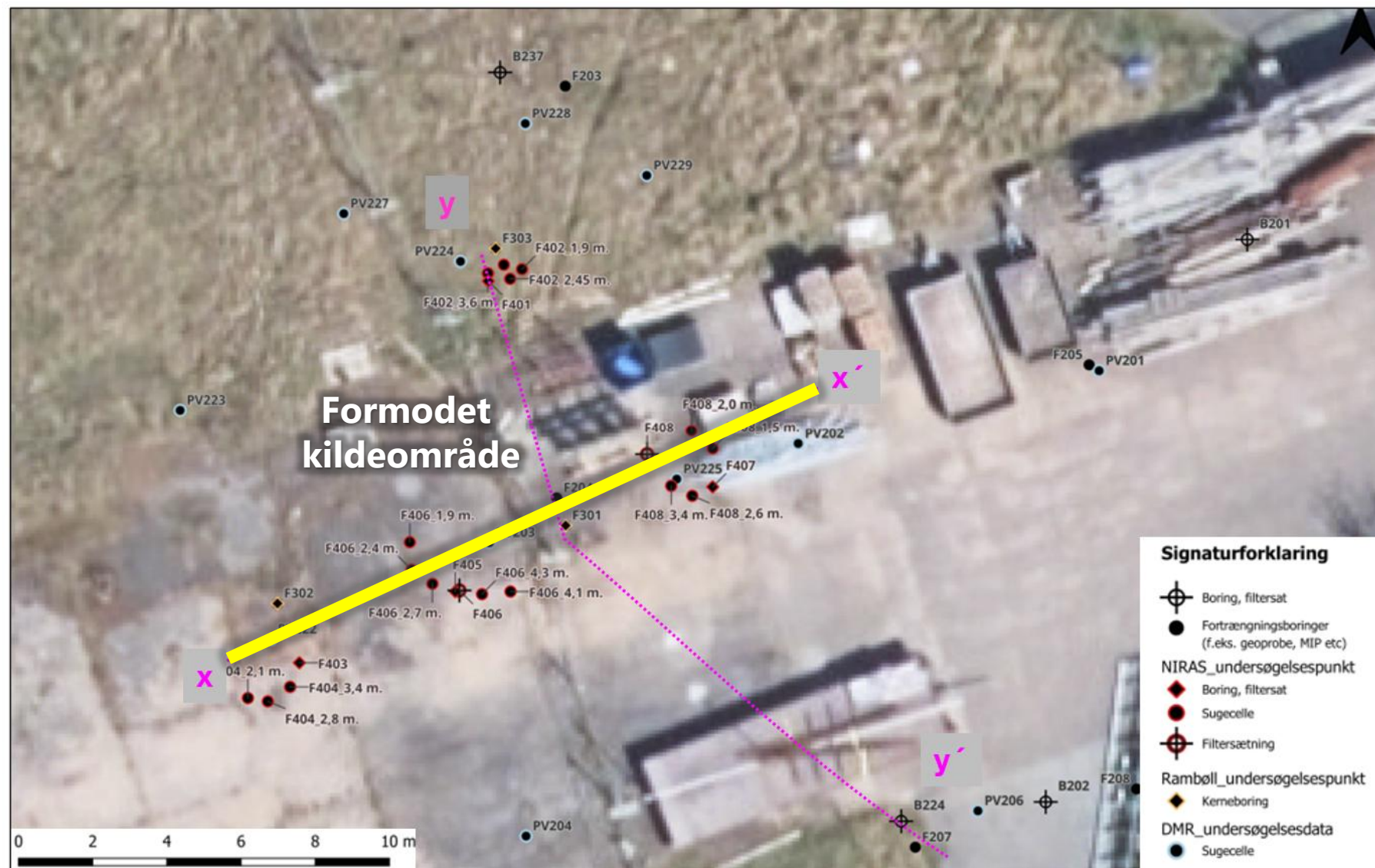
# Vandprøver → sugeceller

## Fordele >< Ulemper

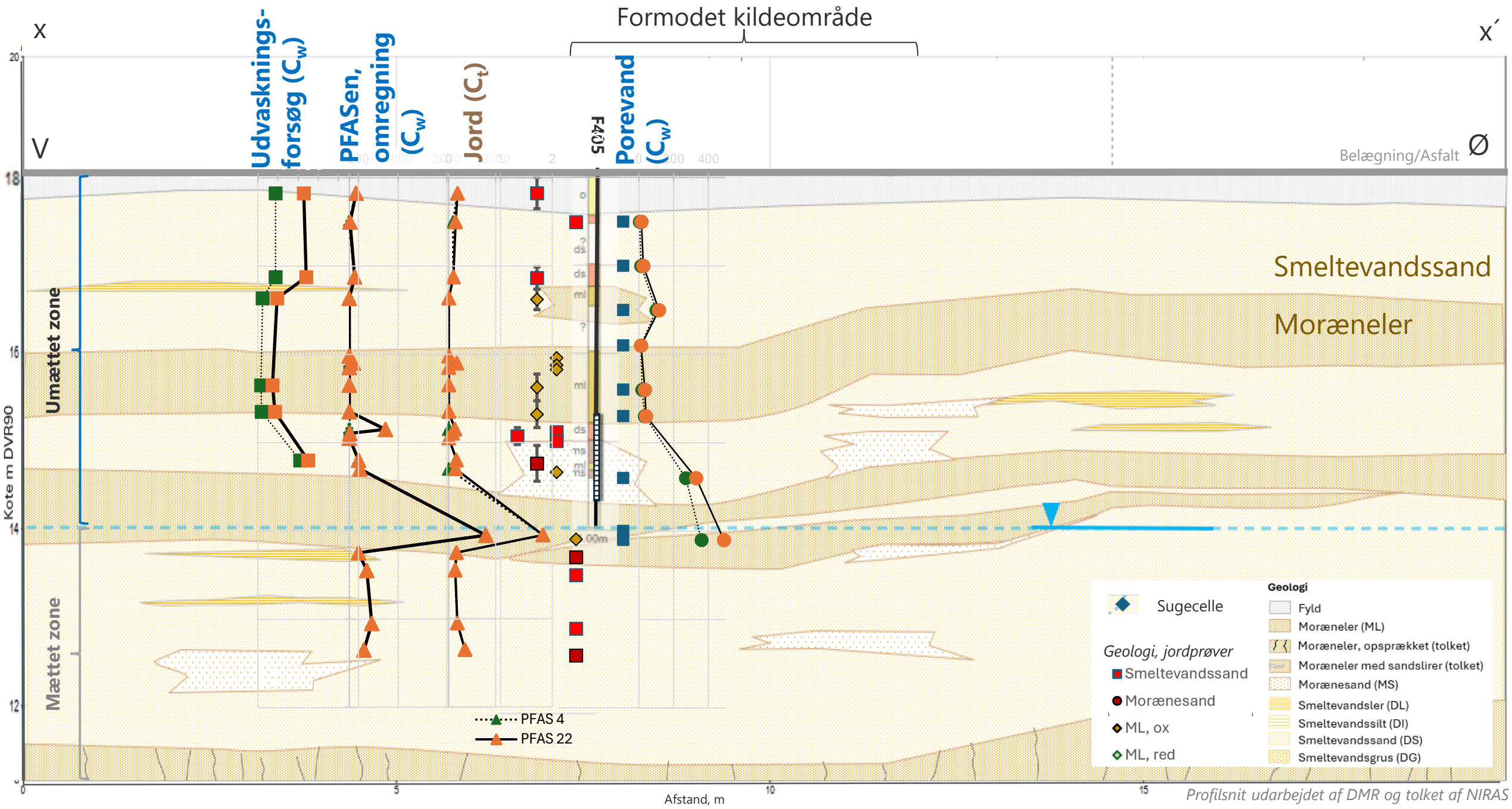
- Guf for vildt → sikring af prøvepunkt

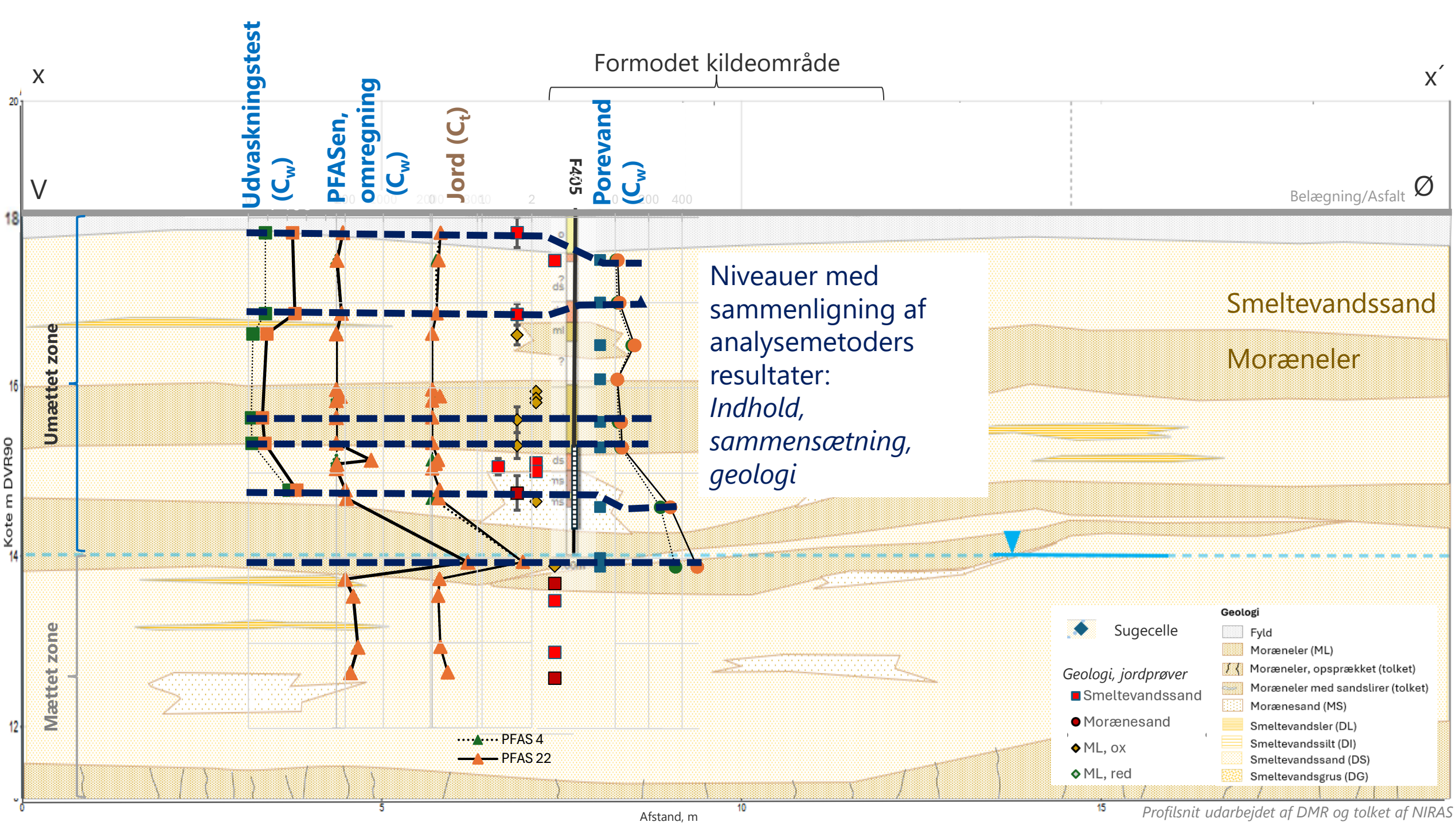


# Undersøgelsesområde

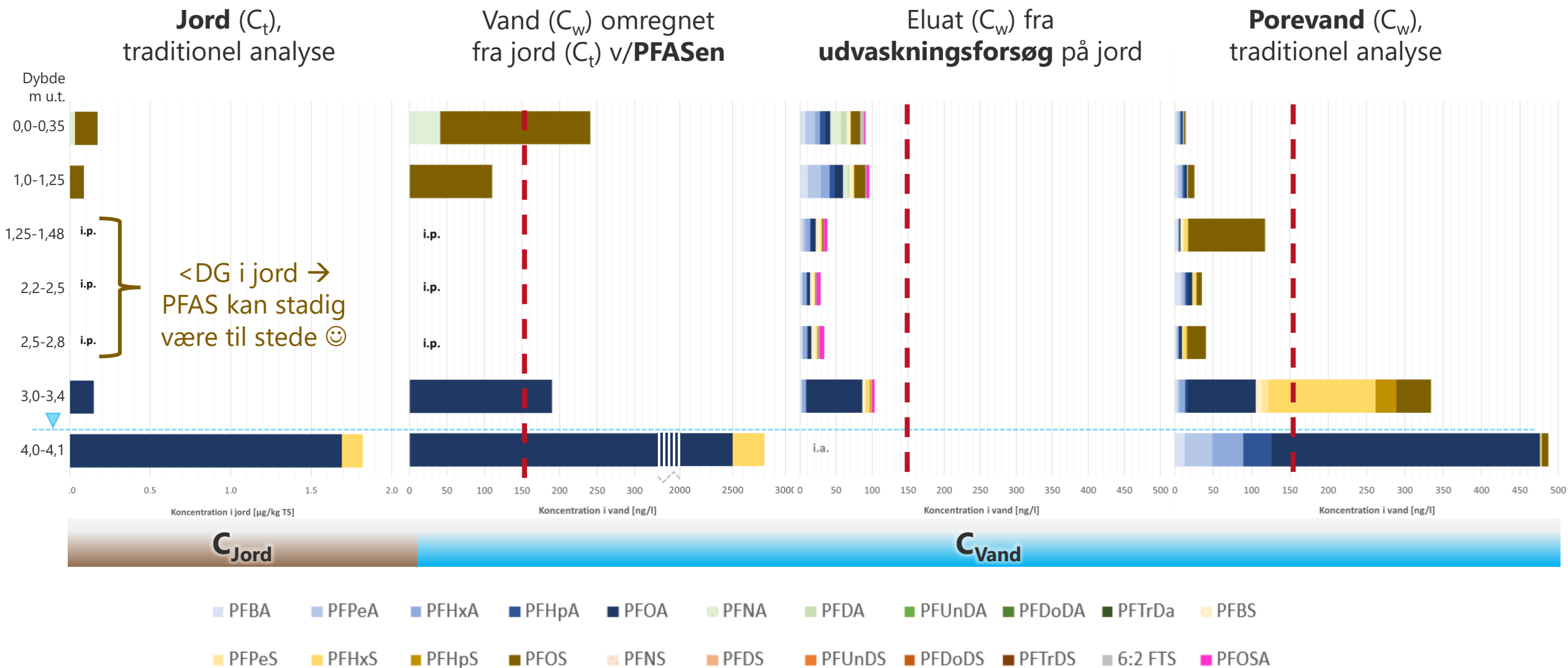








# Variation i koncentration over dybden



# Variation i koncentration over dybden

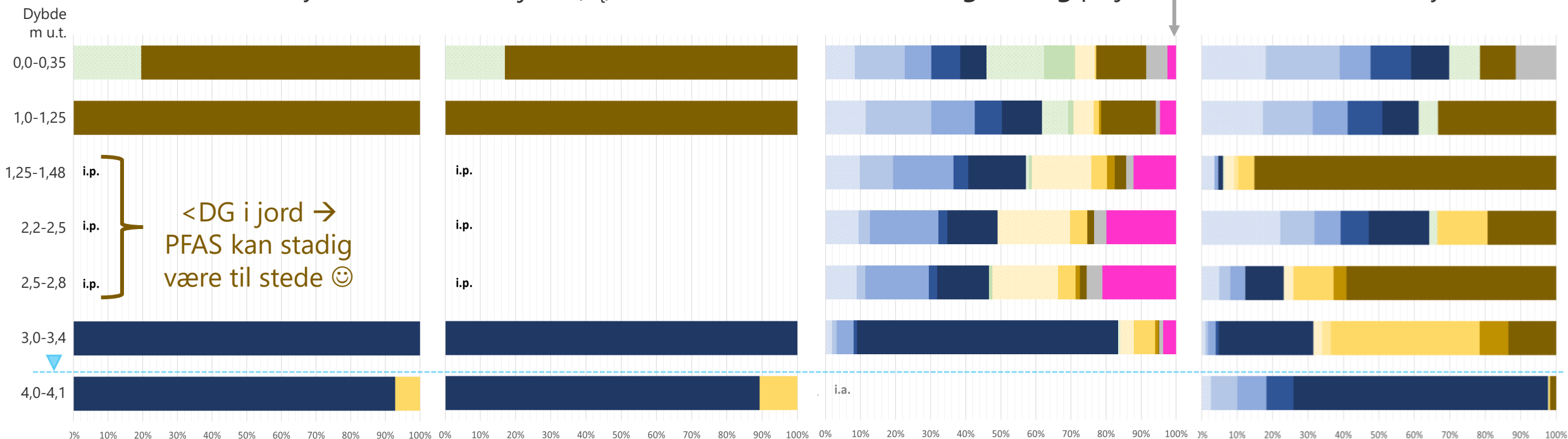
**PFOSA** detekteret i alle prøver?!  
→ I dialog med Eurofins

**Jord ( $C_t$ ),  
traditionel analyse**

**Vand ( $C_w$ ) omregnet  
fra jord ( $C_t$ ) v/PFASen**

**Eluat ( $C_w$ ) fra  
udvaskningsforsøg på jord**

**Porevand ( $C_w$ ),  
traditionel analyse**



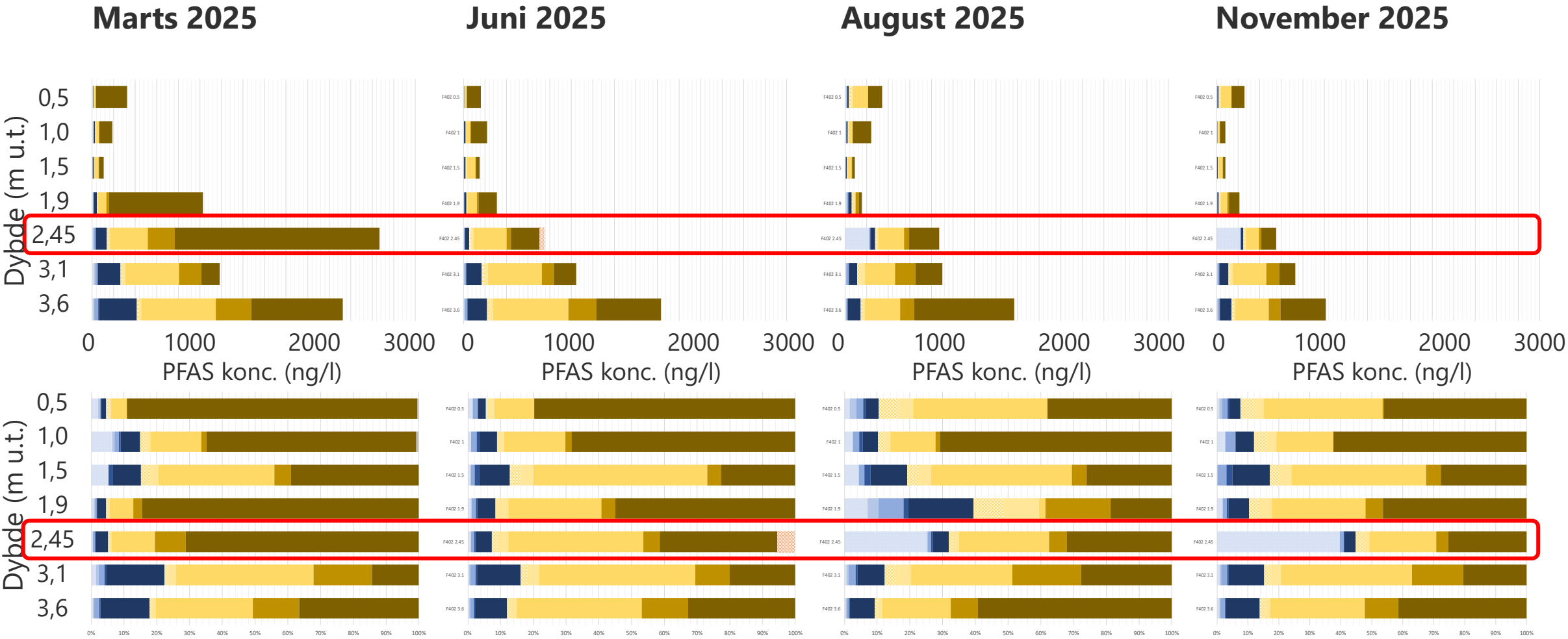
$C_{Jord}$

$C_{Vand}$

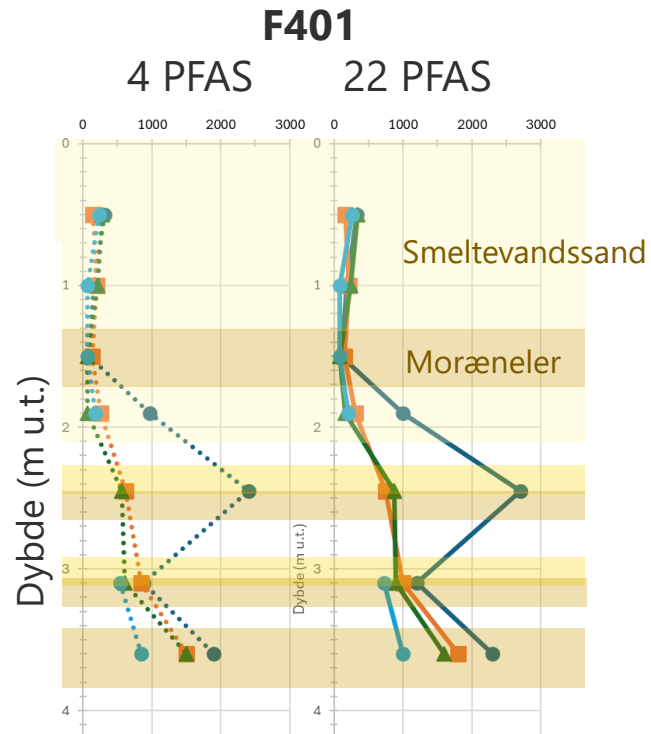


# Variation i koncentration tidsligt

## Porevandskoncentrationer



# Variation i koncentration over dybden – porevand



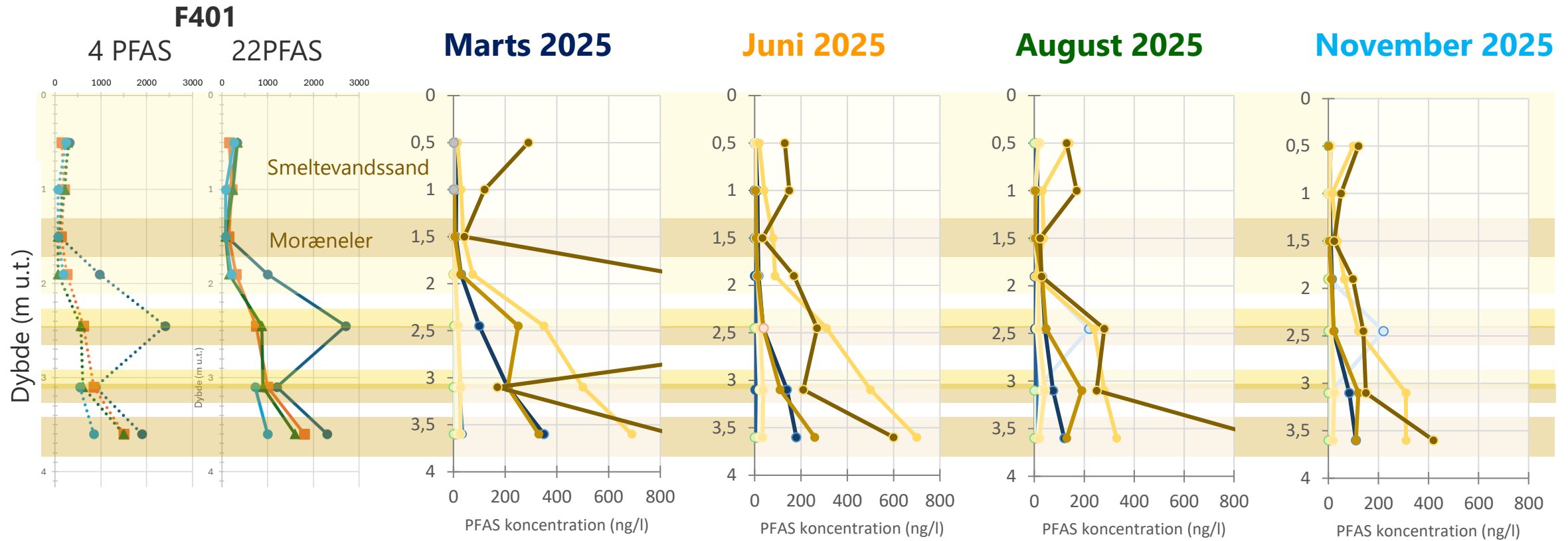
**Marts 2025**

**Juni 2025**

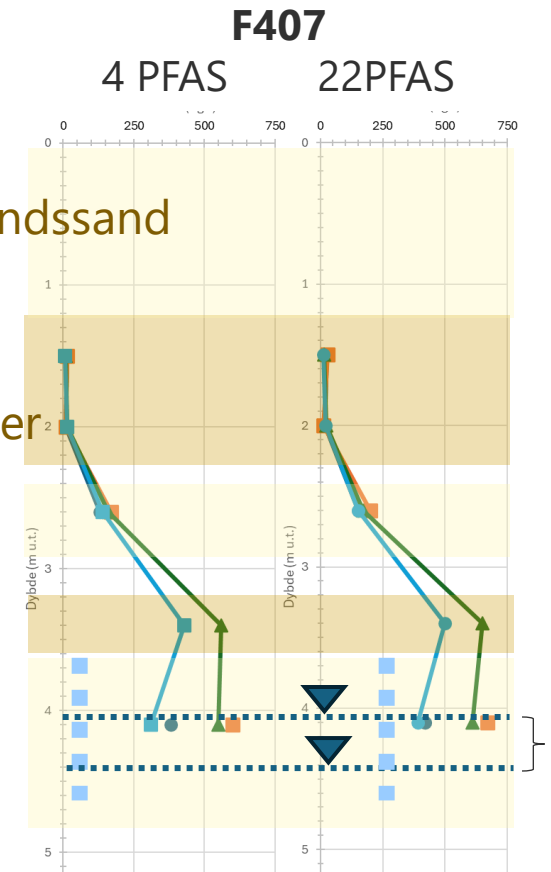
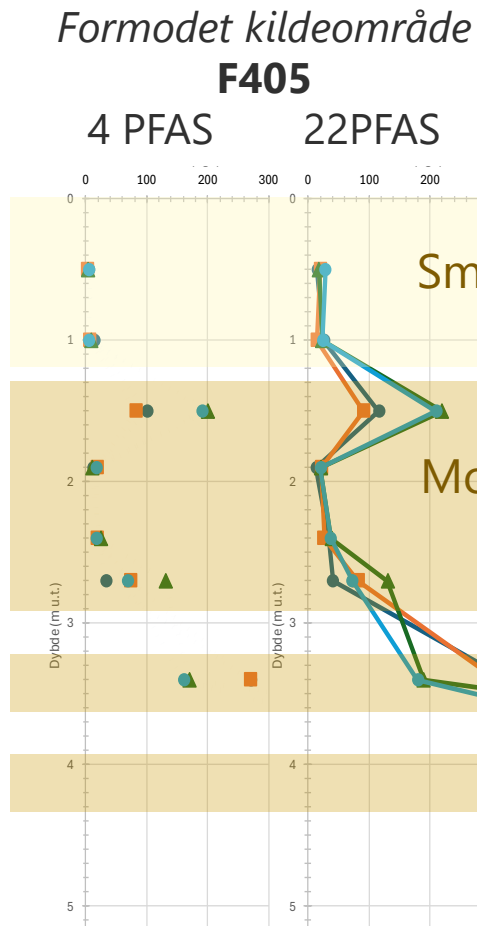
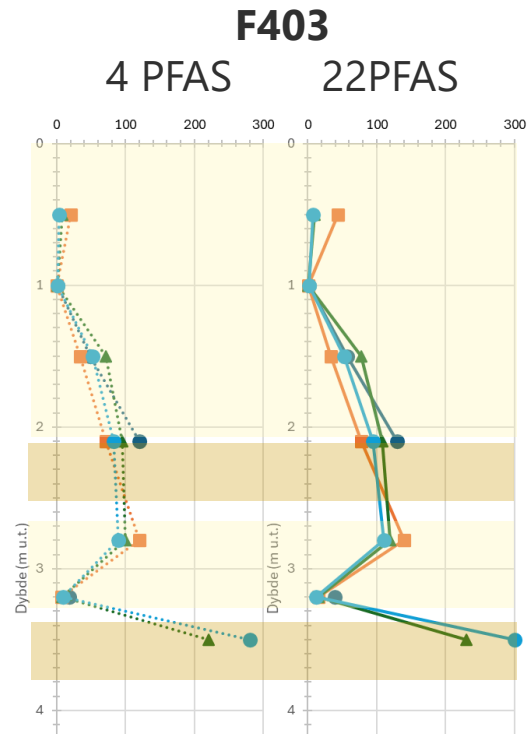
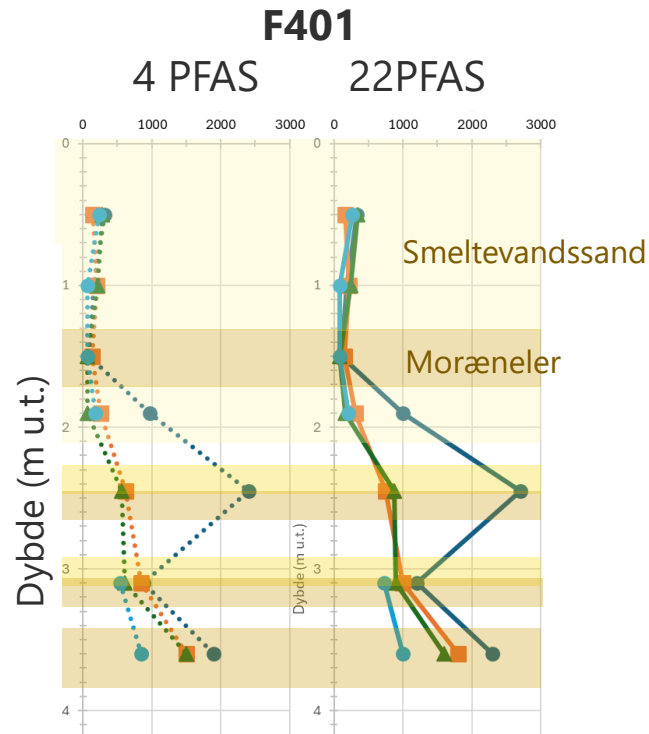
**August 2025**

**November 2025**

# Variation i koncentration over dybden – porevand



# Variation i koncentration over dybden – porevand



**Marts 2025**

**Juni 2025**

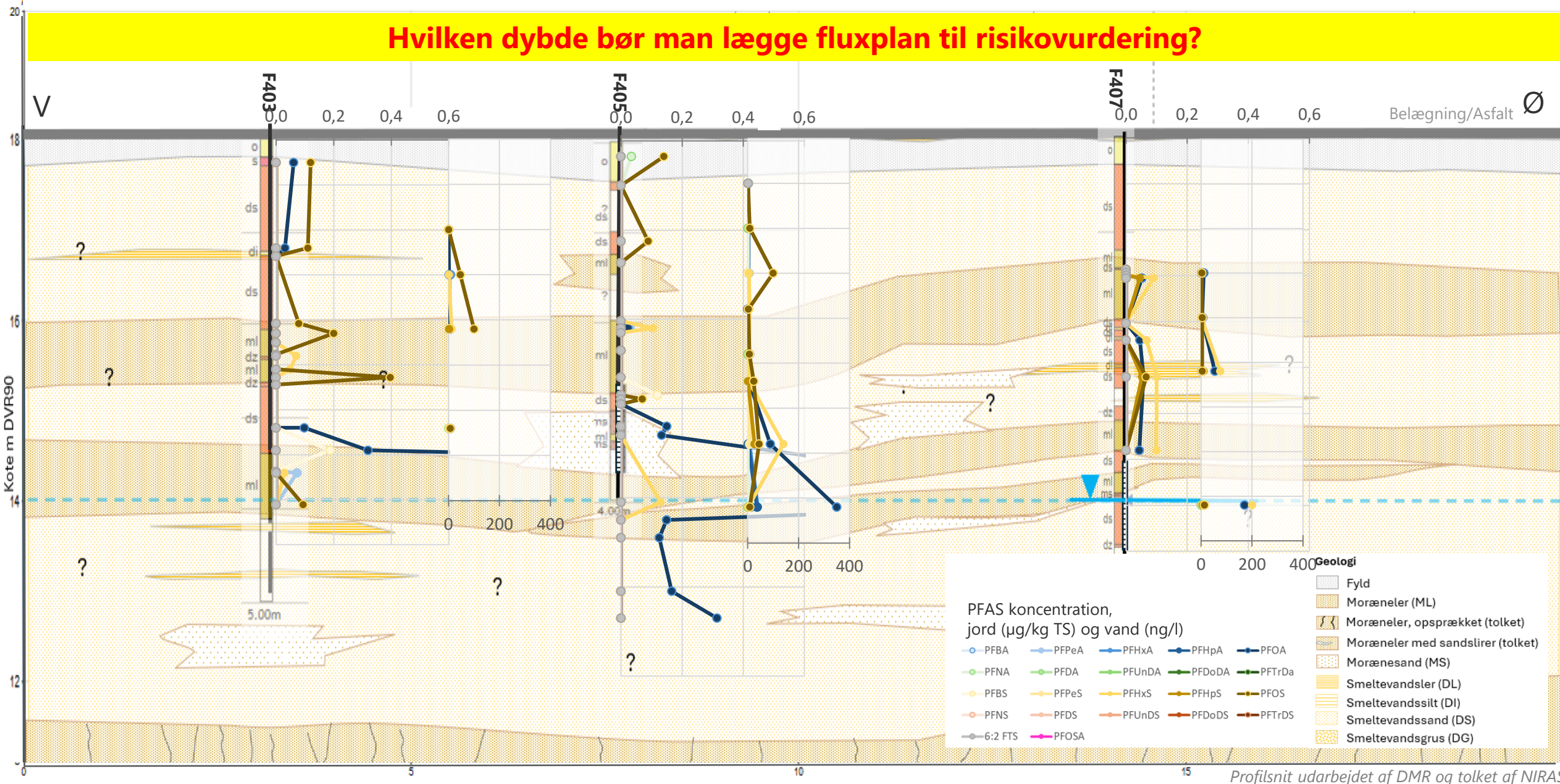
**August 2025**

**November 2025**

# x Variation i koncentration over dybden – jord og porevand

x'

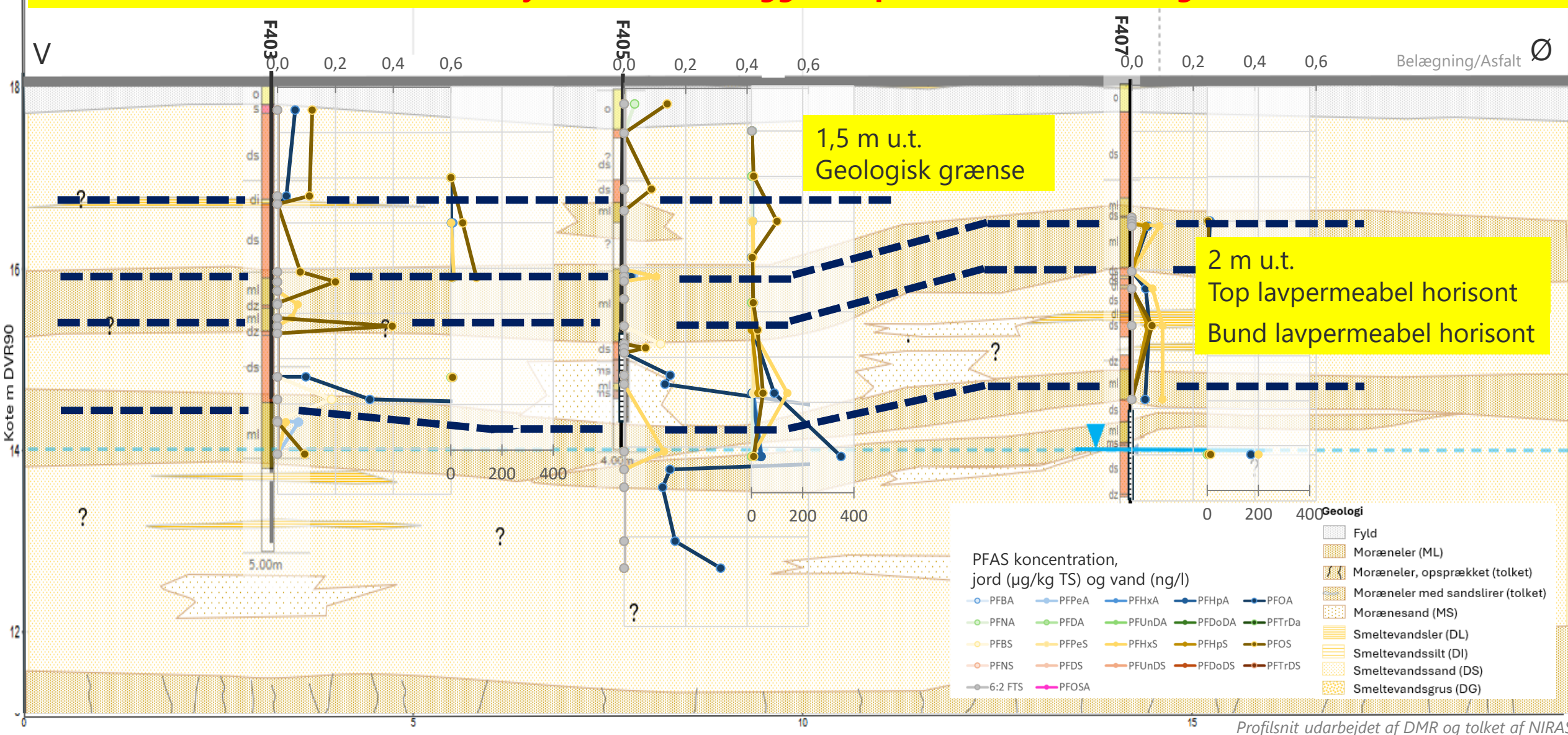
Hvilken dybde bør man lægge fluxplan til risikovurdering?



# x Variation i koncentration over dybden – jord og porevand

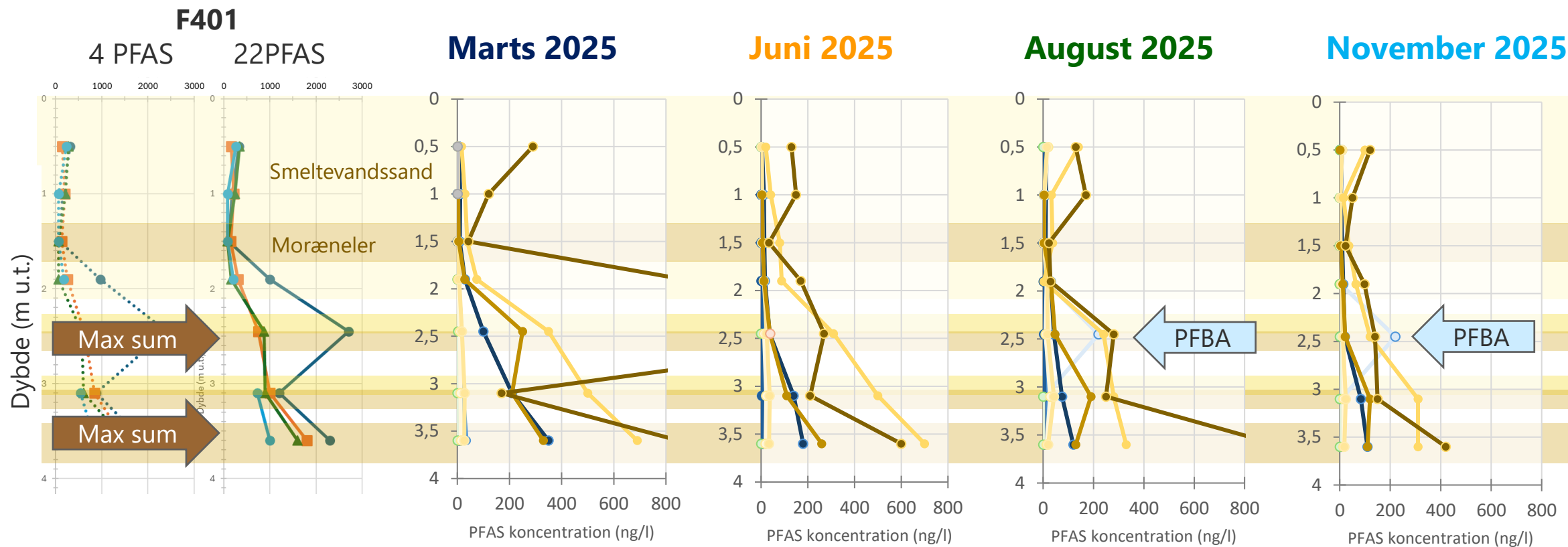
x'

Hvilken dybde bør man lægge fluxplan til risikovurdering?



# Variation i koncentration over dybden – porevand

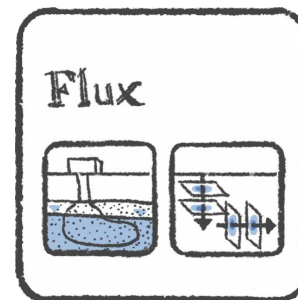
Hvilken dybde og hvornår bør man lægge fluxplan til risikovurdering?



# Foreløbige konklusioner og tanker ...

## Koncentration er en nøgleparameter ved risikovurdering

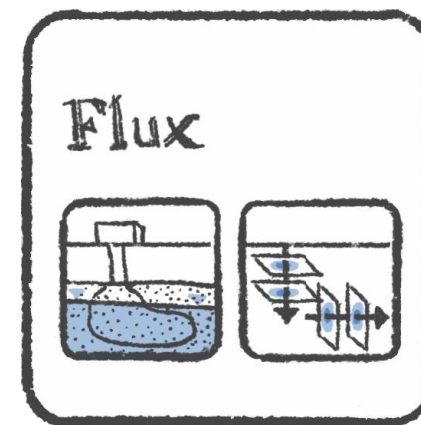
- Hvad er en repræsentativ prøve?
  - Jordprøver har ofte indhold  $< DG$  → betyder ikke nødvendigvis at der ingen PFAS er  
→ Stor variation i indhold (koncentration) → behov for høj-opløst prøvetagning
  - PFASen kan bruges til at omregne  $C_t$  til  $C_v$  → men kun for prøver, hvor der er påvist PFAS
  - Udvaskningsforsøg viser tilstedeværelse af PFAS i jorden → hvordan koncentrationer kan sammenlignes med porevandsindhold undersøges yderligere (formodes at der er en form for sammenhæng)
  - Porevandsprøver kan udtages med sugeceller → tidslig variation kan muligvis påvirke risikovurderingen
- Indledende undersøgelser: Ofte kun jordprøver → bør overveje at sende prøver til udvaskningsforsøg → potentielle risiko PFAS
- Videregående undersøgelser → etablering af sugeceller i repræsentative dybder → prøvetagning flere gange over tid for at vurdere eventuel tidslig variation



## Fortsat arbejde på projektet:

- Hvilken koncentration skal bruges i forbindelse med risikovurderingen (flux fra umættet zone)
- Definition af generelle prøvetagningsdybder, som kan benyttes i alle typer geologiske typologier og tykkelser af umættet zone
  - Under rodzonen, hvor flux er nedadrettet
  - Over grundvandsspejlet pga fluktuation og dermed påvirkning af vandindhold og derved mobilitet af PFAS
  - Ved grænsen til/fra en lavpermeable horisont
- Kan en kildekonzentration udregnet fra en jordprøve via PFASen bruges i en afgørelse om kortlægning?  
(Myndighedsspørgsmål 😊)

# TAK for opmærksomheden



Projekt for  **Region  
Hovedstaden**

*Samarbejde mellem*

