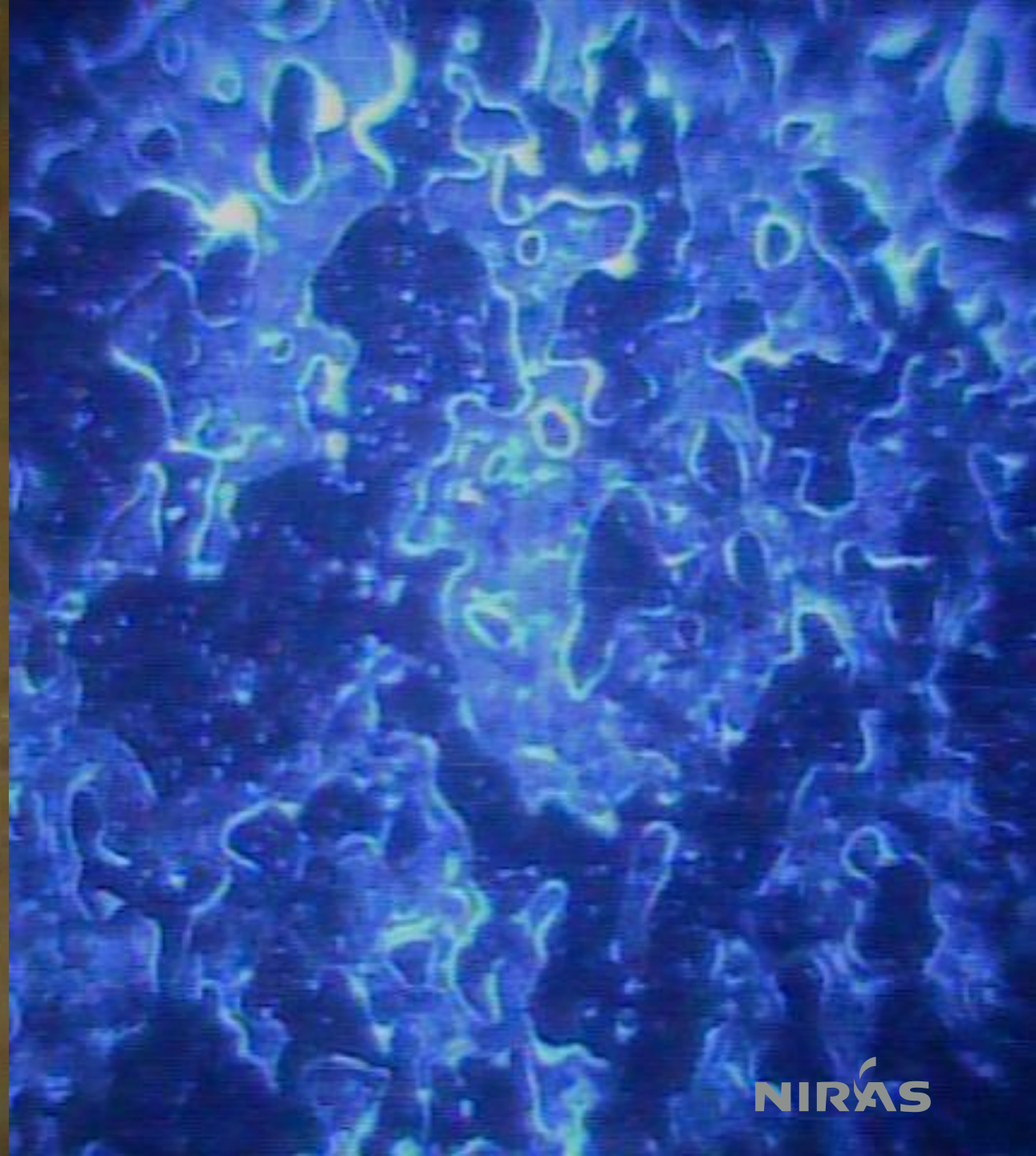
Geoprobe OIP-System

Muligheder og eksempler

Anders G. Christensen, Ekspertise Chef, NIRAS
ATV Vintermøde, 2021.

Tak til

Gro Lilbæk (DK)
Markus Reicher, NIRAS (DK)
Wesley McCall, Geoprobe (US)
Laura Stocco, NIRAS Intern (CH)



Disposition

- Introduktion – hvad er et OIP system og hvordan virker det
- Tolkning og fejlkilder
- Eksempler på brug af den optiske log med hvidt lys
  - Billede analyse af farver i jorden
  - Billede analyse af kornstruktur og afledte parametre
- Eksempler på brug af induceret fluorescens
  - Detektion af fluorescerende tracere til injektionsforsøg
  - Kvantificering af fluorescerende tracere i vandprøver
- Konklusion

OIP

Optical Image Profiler

- Udnytter at PAH molekyler fluorescerer ved lys påvirkning
  - UV (275 nm)/VIS
    → fx benzin og de lette aromater
  - Green (520 nm)/IR
    → fx kreosot/tjære og tunge PAH'er
- Kamera: 30 billeder pr sekund!
  - Logger billeder pr 1,5 cm
  - Ved rør-forlængelse optages billeder med begge typer lys (dette kan også gøres manuelt i løbet af sonderingen)
- Både med og uden HPT-del og hedder så OIP eller OiHPT

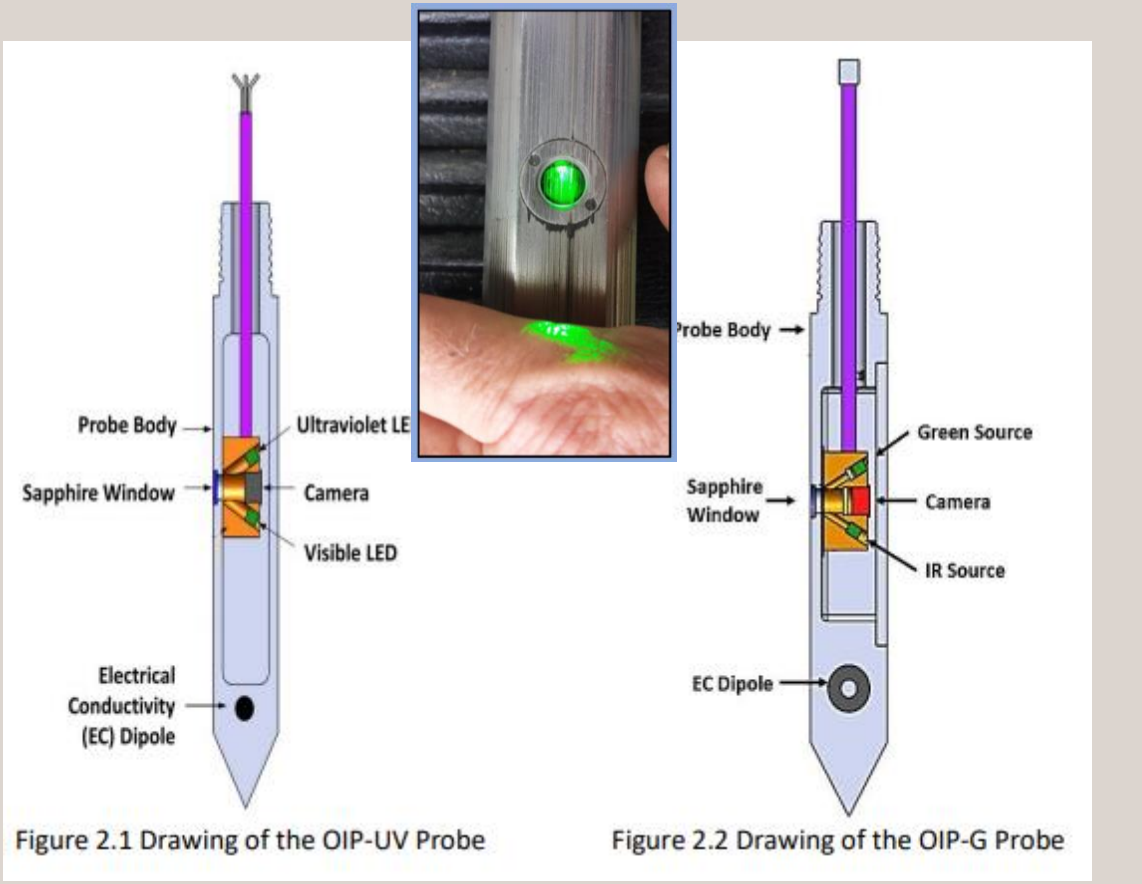
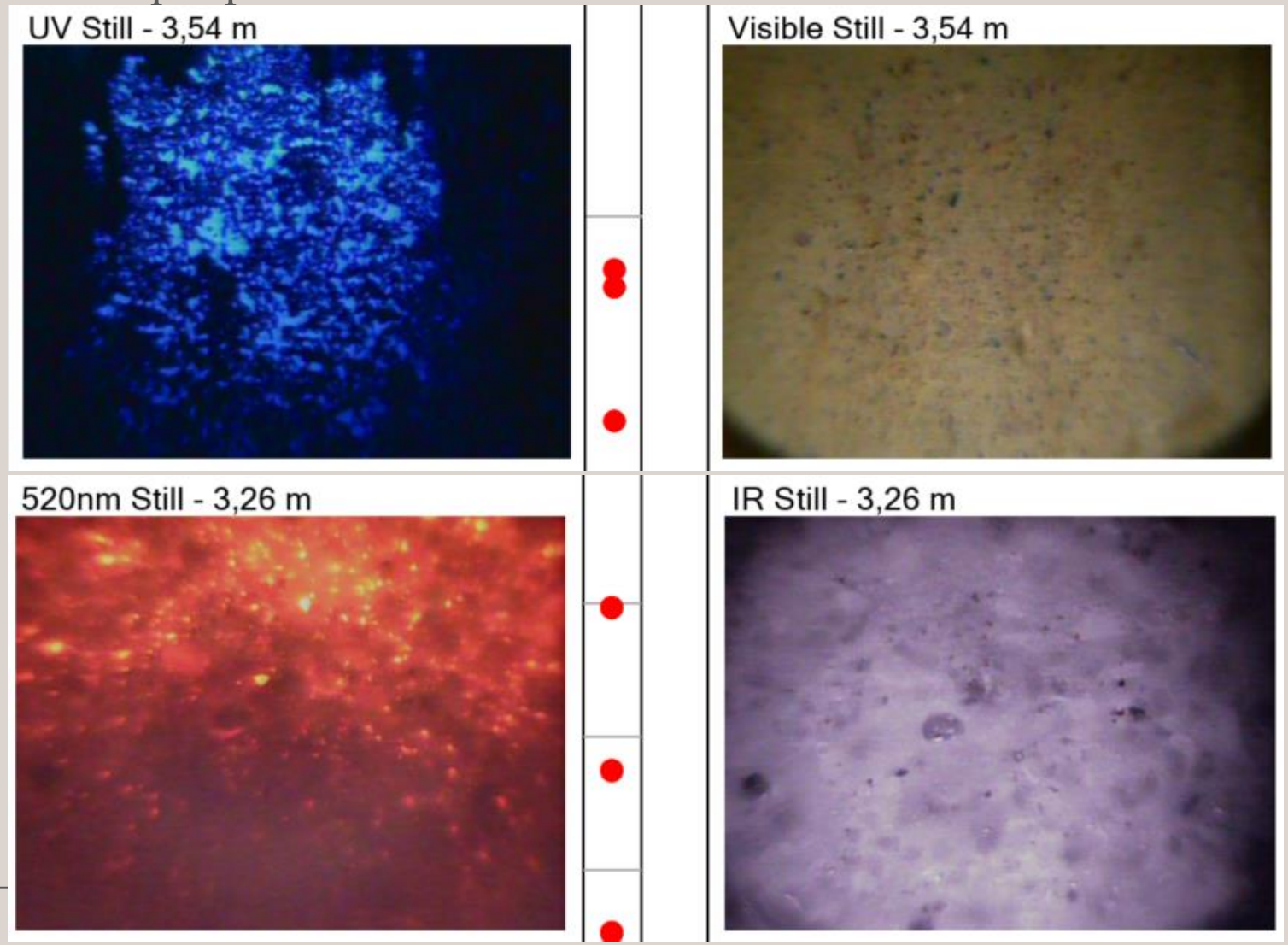


Figure 2.1 Drawing of the OIP-UV Probe

Figure 2.2 Drawing of the OIP-G Probe

OIHPT

Eksempel på billeder med UV/VIS hhv. Green/IR



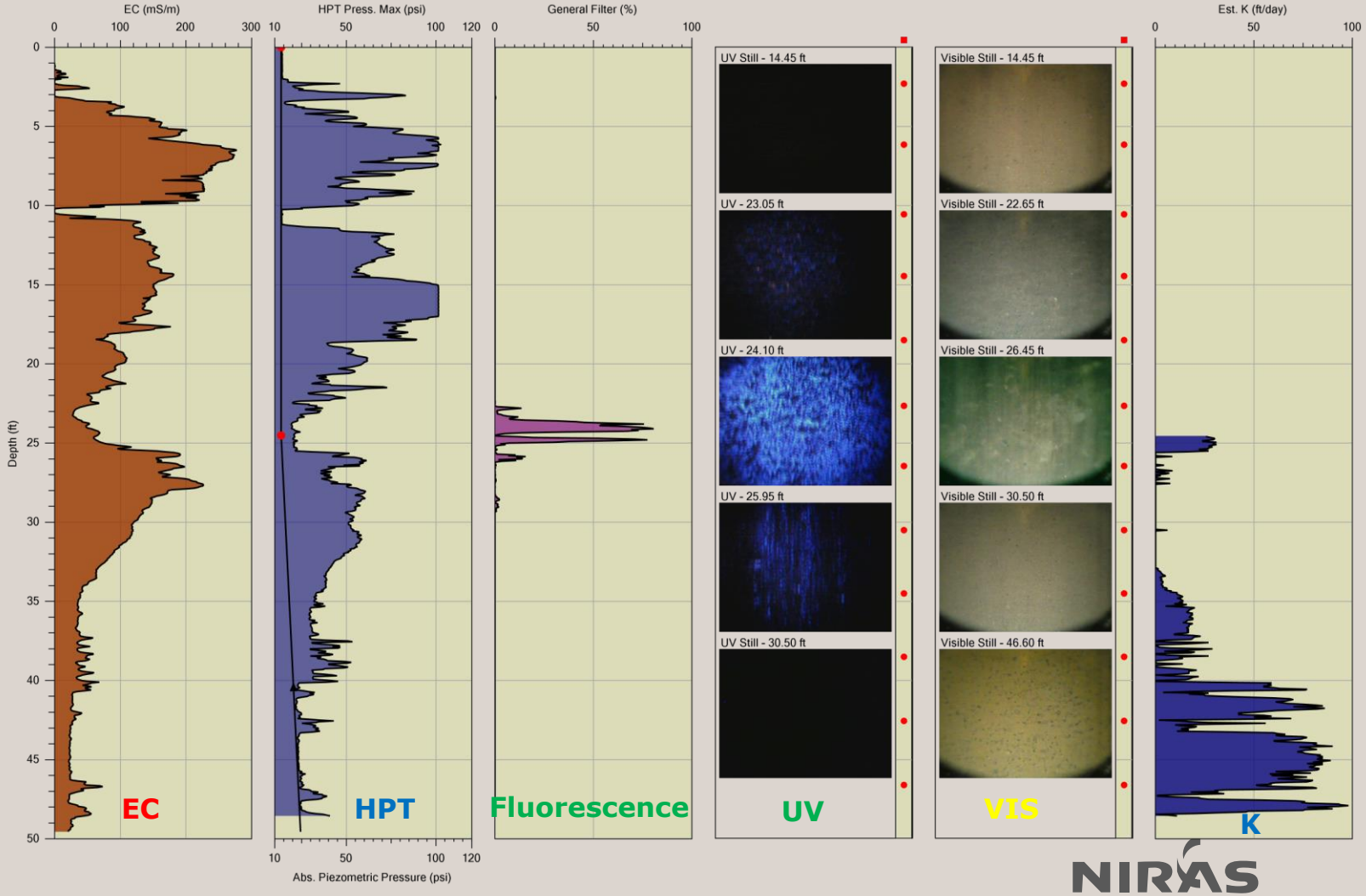
- UV (275 nm)/VIS
  → benzin, tracer
  → geologi
  → redox
  → vandmætning

- Green (520 nm)/IR
  → kreosot, tracer
  → geologi
  → vandmætning

Geoprobe OIP – Typisk profil (olie)

Parametre der måles med OIHPT systemet (kombination af både OIP UV/VIS og HPT)

- Effektivt værktøj til kortlægning af olie og tjære forureninger på baggrund af deres fluorescens respons
- HPT delen giver et klart billede af de hydrauliske egenskaber der reelt styrer spredningen af olie og vand
- Kombinationen af OIP og HPT giver samlet en væsentligt forbedret forståelse af processerne i jorden – og dermed en væsentlig bedre konceptuel model
- Se NIRAS andet foredrag i morgen om OIP kortlægning af en olieforurening der giver stof til eftertanke (Gry Janniche/NIRAS, Spor 4. kl 12)



Geoprobe OIP – Data evaluering

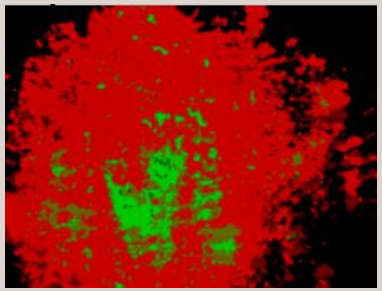
Respons ved fluorescens kan skyldes naturligt forekommende mineraler/materialer !

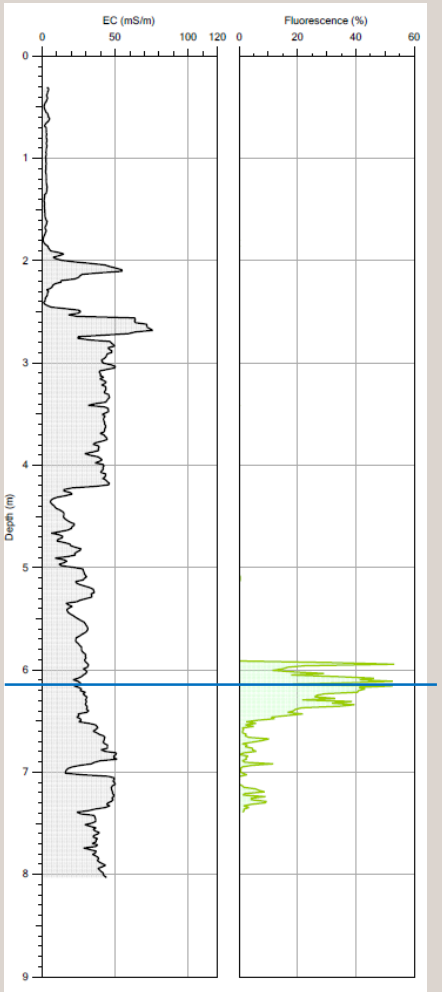
Positiv(olie)

Visible light

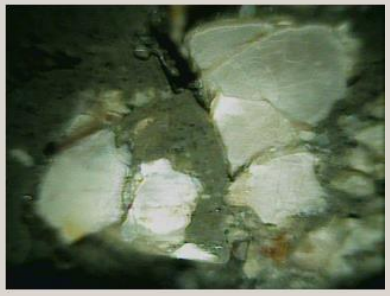
UV light

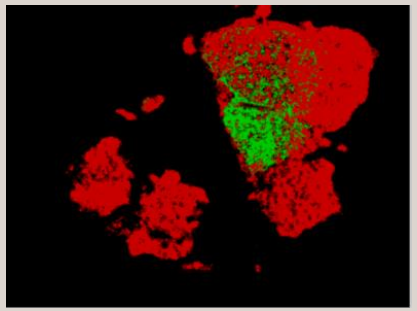
Analysed





Falsk positiv





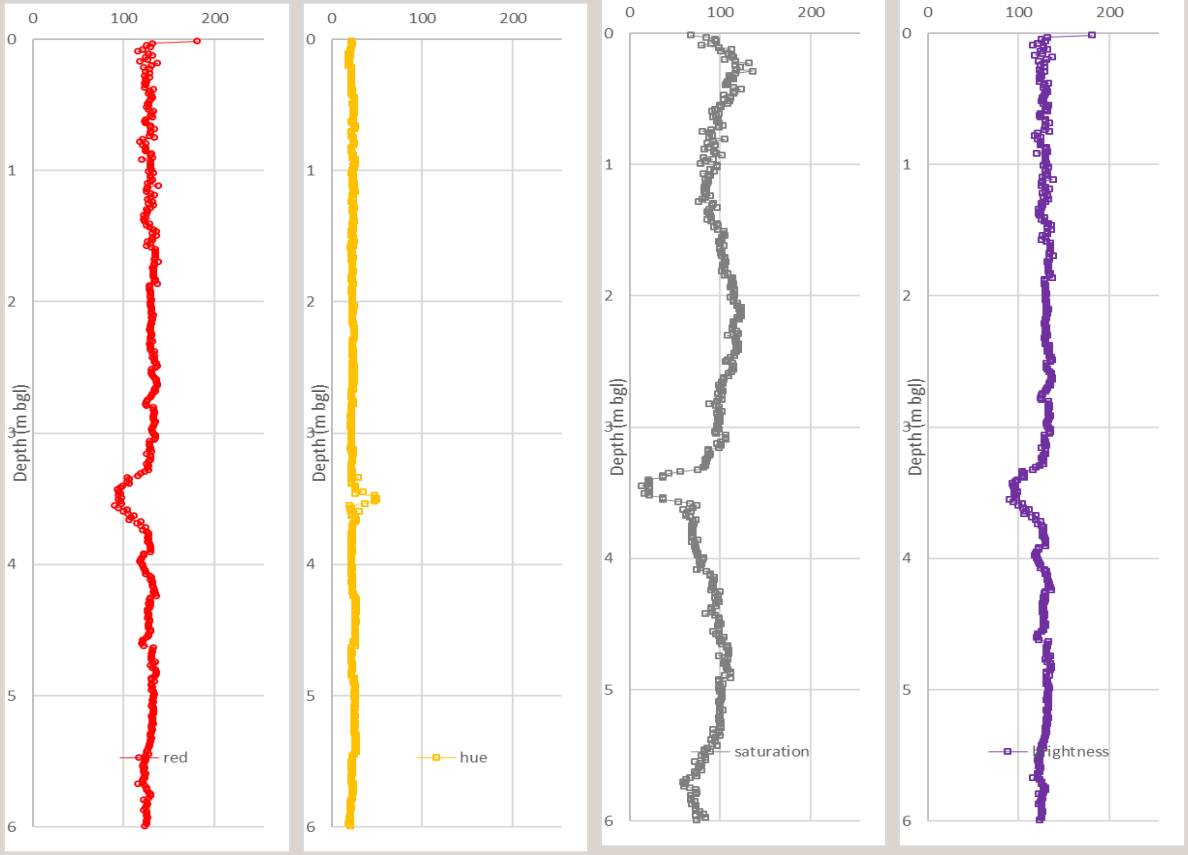
Astarte Elliptica

Skaller af calcit/kalk, reflektioner fra metaller

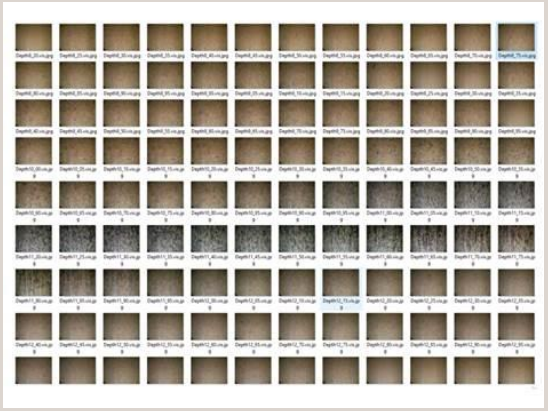
NIRAS

OIP–Analyse af billeder med hvidt lys

Farve analyse baseret på jpeg-billeder optaget pr. 1,5 cm

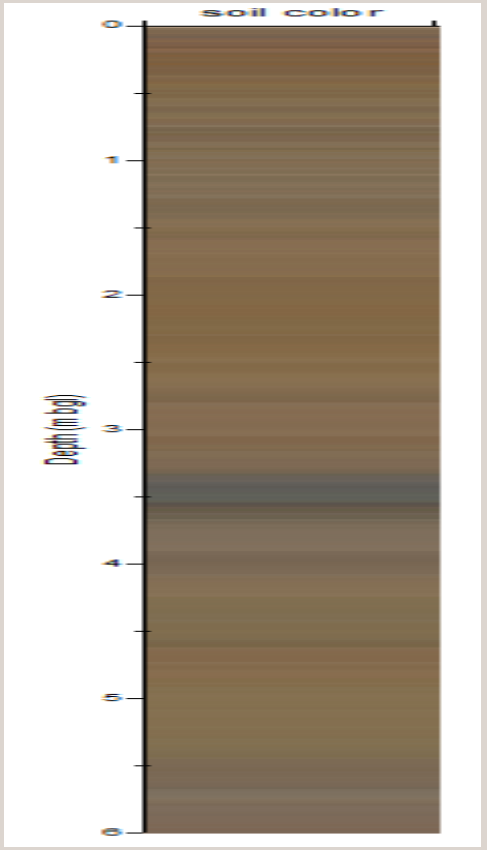


(Red/Hue-Saturation-Brightness)



Mosaic af .jpeg billeder

- Tolkning af lag
- Arkæologi (fx kulstof)
- Redox zoner
- Sporstoffer

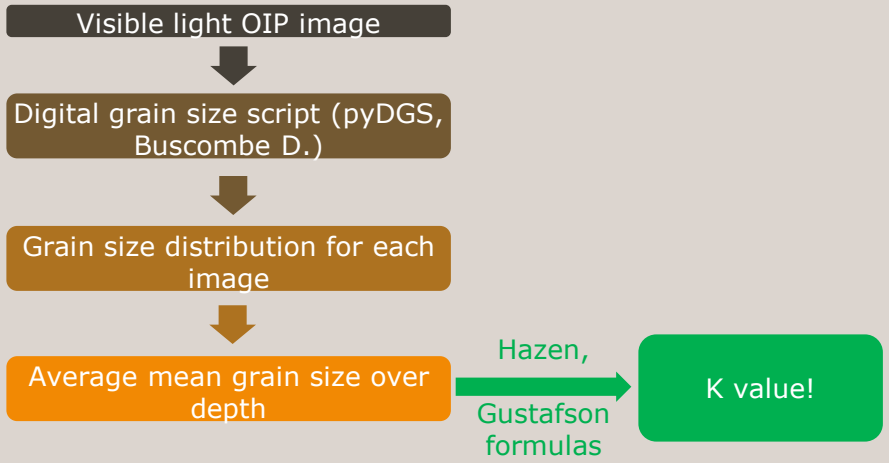


Farve log

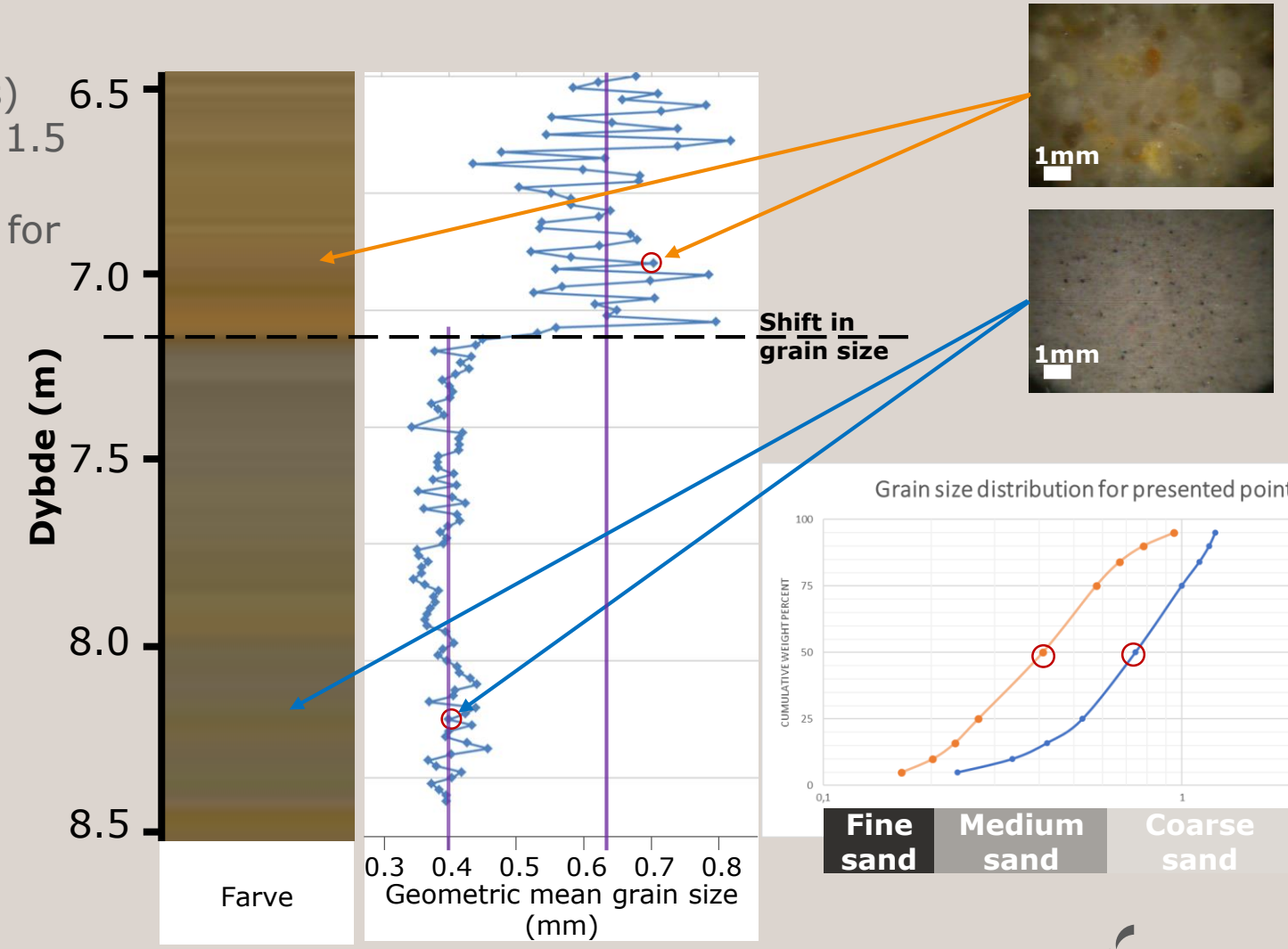
OIP-Estimation af hydrauliske parametre

Automatiseret billedanalyse

- OIP-systemet køres i VIS-mode (hvidt lys) og optager RGB jpeg billeder for hver ca. 1.5 cm
- Ved python script beregnes en kornkurve for hvert billede og herefter er dette input til beregning af en hydraulisk konduktivitet



- Kornstørrelsen der kan identificeres er afhængig af billede chippens opløsning og billedets generelle skarphed



Buscombe, D. (2013) Transferable Wavelet Method for Grain-Size Distribution from Images of Sediment Surfaces and Thin Sections, and Other Natural Granular Patterns. Sedimentology 60, 1709-1732

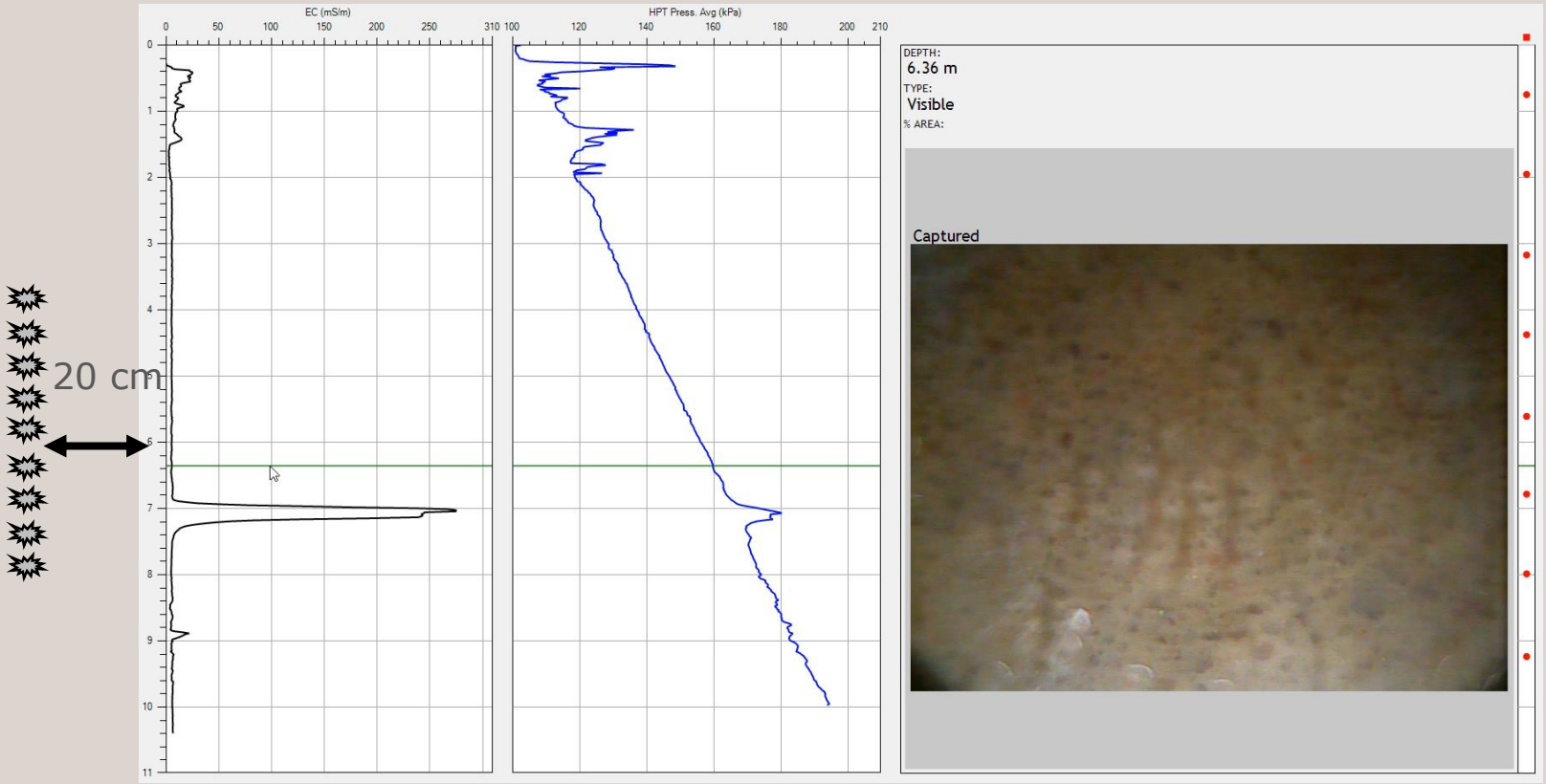
Geoprobe injektion af reaktivt jern (mZVI)

Pilot forsøg med injektion af 50-µm ZVI /guar og dokumentation af spredning med OiHPT

Kontrol boks for OiHPT systemet

OIP-HPT-EC efter injection af mZVI

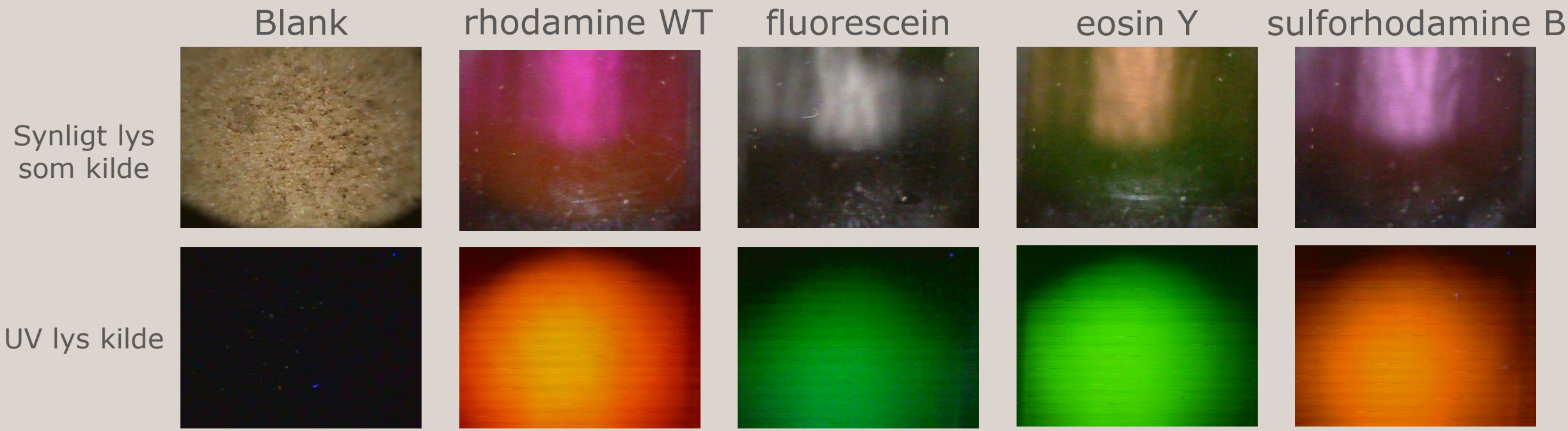
OIHPT – UV/VIS kørt med hvidt lys til detektion af injiceret jern/guar blanding



- Injektion fra 5 to 9 m u.t. "Bottom-up" metode med ½ m intervaller
- Co-injektion af mono-& di-kaliumfosfat for at øge den electrisk ledningsevne (EC)
- Indikation på det injicerede materiale ses ved:
  - ændring i jordens farve
  - stigning i EC
  - reduction af den hydrauliske ledningsevne (stigende HPT tryk)

OIP respons på fluorescerende tracere

Image raw data, UV/VIS system



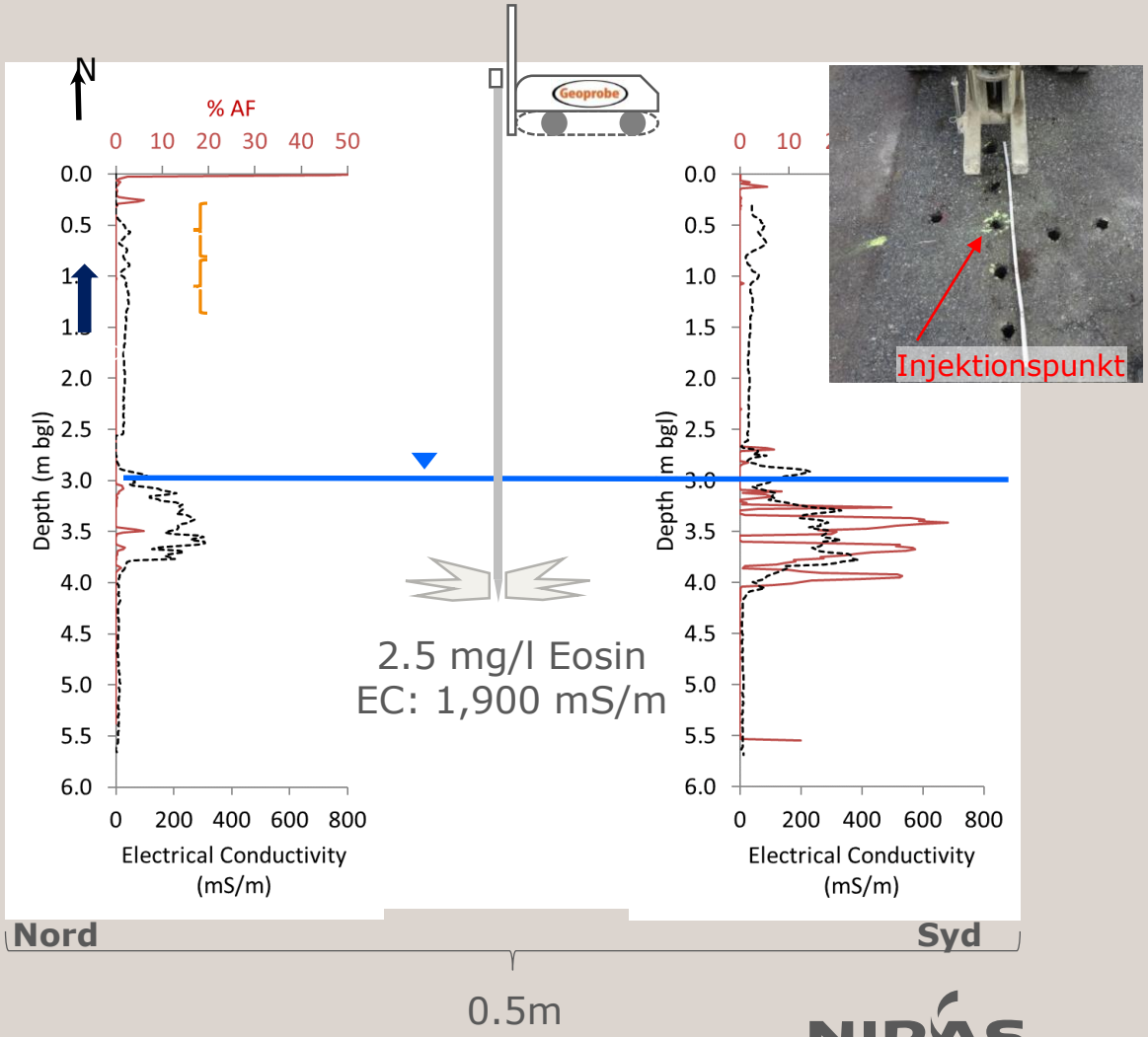
- Alle tracere er synlige under både UV og almindeligt hvidt lys og deres farve UV-respons falder i to grupper orange/grøn *)

**Picture courtesy of Markus Reicher, PhD student at NIRAS/ University of Copenhagen. Under publication*

Geoprobe injektion af tracer opløsning

OIP system med EC/Green/IR anvendt for detektion af fordeling omkring injektionspunkt

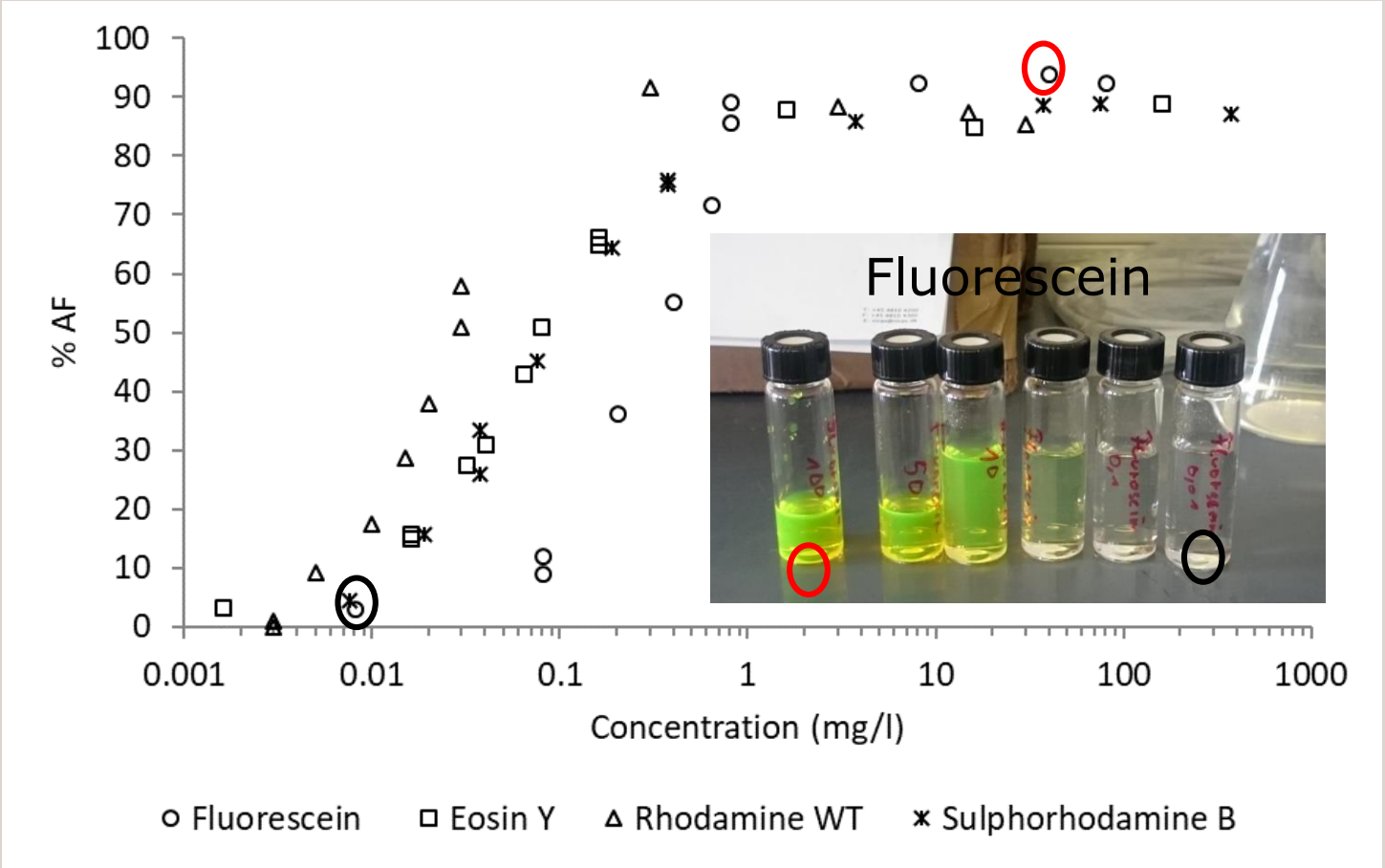
- ”Dual tracer” test ved brug af EC og OIP til detektion af dikaliumfosfat (K_2HPO_4) og Eosine
- Injektion af 1m^3 vandig opløsning i dybden 4 m u.t. Blandingen har en høj elektrisk ledningsevne (1900 mS/m) og Eosine (2,5 mg/l)
- OIP sonderinger udført i forskellige retninger og afstande fra injektionspunktet (0,5 m vist)
- Begge systemer indikere spredning af tracerne – men OIP viser en finere vertikal opløsning. Afspejler forskelle i sensor design (effektivt målevolumen)
- Denne brug af tracere muliggør en meget hurtig afklaring af om den ønskede influens zone er opnået forud for evt. fuldskala injektion
- Tracerne kan senere detekteres nedstrøms og bidrage med at beskrive den advektive transport med grundvandet (hastighed/retning)



OIP-Green (525 nm) på opløste tracere

Måling på vandige opløsninger af standard "Fluorescent Dyes"

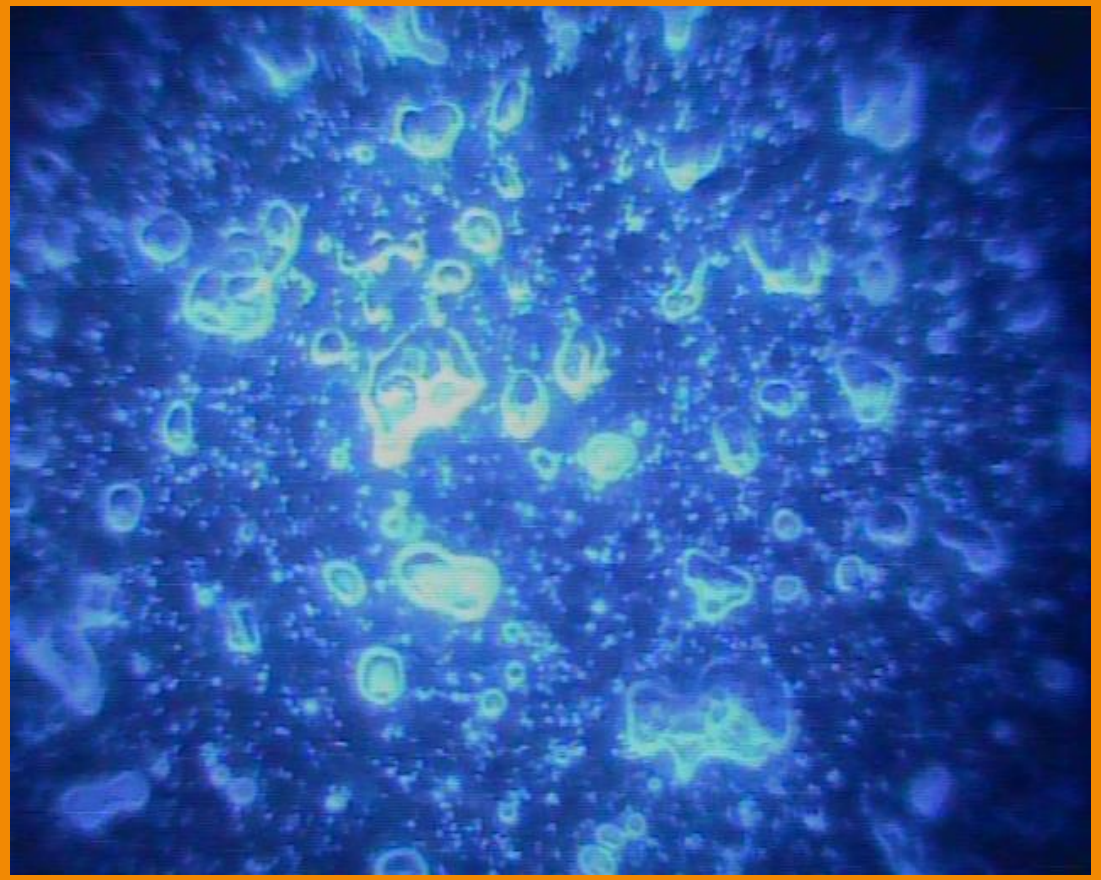
- Eosin og Rh-WT kan detekteres ned til 1-10 ppb
- Over ca. 1000-5000 ppb bliver detektoren mættet
- Det dynamiske måleområde er ca. 2-3 decader
- Kvantificering in-situ mulig



Konklusion

- Relativt simpelt og robust system. Produktion op ren OIP på op til 100 m/dag – lidt mindre for OiHPT systemet
- OIP er et hurtigt og kost-effektivt system til at afgrænse en bred vifte af forureninger som benzin, diesel og nogle DNAPLs som kreosot og tjære
- Ved brug af OIHPT systemet kan de jordegenskaber der kontrollere spredningen og fordelingen af NAPL bestemmes med en meget høj vertikal opløsning (1-2cm)
- Real-time resultater muliggør et meget dynamisk undersøgelses forløb, hvor behovet for og planlægningen af nye punkter kan identificeres på stedet.
- Stærkt værktøj til detektion af de fluorescerende tracere der typisk anvendes i hydrogeologiske studier og har vist sig effektive ved udførelse af in-situ injektionsforsøg
- Muligheden for at analysere billederne optaget med almindeligt lys åbner for en række muligheder for tolkning (geologi, redox, vandmætning) og beregning af parametre som kornkurver og hydraulisk ledningsevne – nu med en opløsning på 1-2 cm !

Spørgsmål ?



Anders G. Christensen
Specialist Manager
M.Sc., Environmental engineer

.....

NIRAS
Sortemosevej 19, DK-3450 Allerød, Denmark
www.niras.dk
Phone +45 4810 4200, Fax +45 4810 4300
Direct +45 4810 4405, Mobile +45 2141 8330
agc@niras.dk

9. Marts 2021

TUP-projekt

Udvikling og sammenligning af simple og billige metoder til niveauspecifik vandprøvetagning i boringer

Vintermøde ATV

Mads Møller, Katerina Tsitonaki Simon Hansen, Kim Larsen, Henrik Olsen og Anne Sonne, WSP

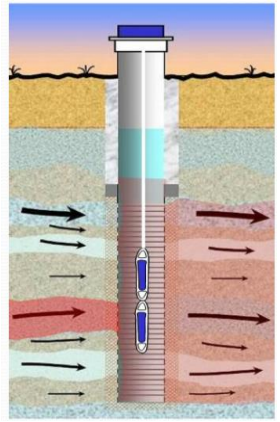
Frede Busk Sørensen og Morten Bondgaard, Region Midtjylland

Maiken Lundstad Nielsen, Miljøstyrelsen

Dagsorden

1. Baggrund og formål
2. Testede undersøgelsesmetoder
3. Resultater fra test i boringer
4. Vurdering af de testede metoder

Baggrund og formål

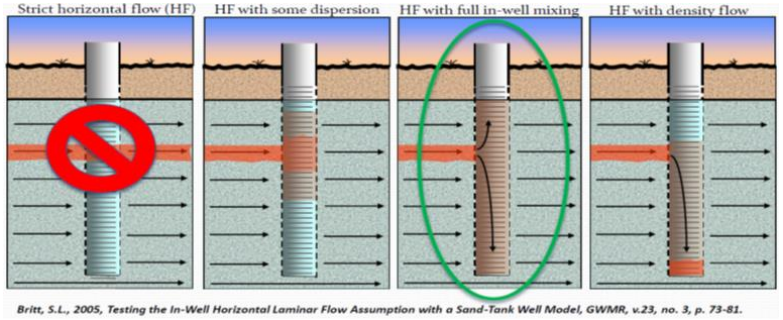


Baggrund:

- Behov for kortlægning af dykkende forureningsfaner ”homogene” sandmagasiner
- Eksisterende metoder er dyre og omstændelige

Formål:

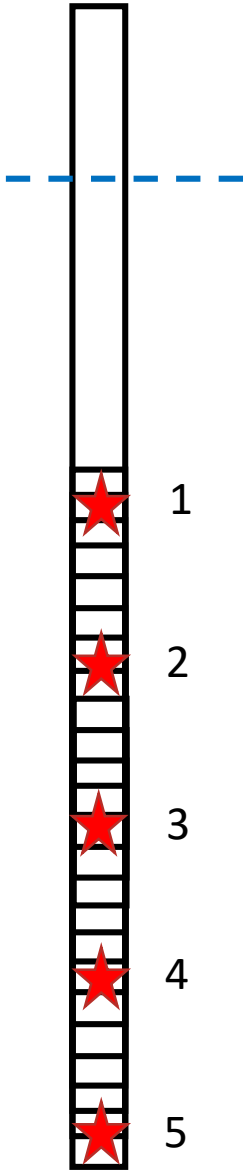
- Teste og sammenligne forskellige simple og billige metoder til niveauspecifik *vandprøvetagning* - forsimple prøvetagningsproceduren
- Reducere de økonomiske omkostninger – ønske om større anvendelse af niveauspecifik vandprøvetagning
- Teste hvorledes niveauspecifik prøvetagning kan kobles med detaljerede feltmålinger i boringerne – måle eventuelle ændringer i vandkemien ned gennem boringen og dermed kortlægge forhold omkring ind- og udstrømning samt effekt af opblanding/forureningsspredning i en filtersætning



Testede metoder - Niveauspecifik vandprøvetagning

Metode 1: Niveauspecifik vandprøvetagning med pumpe (MP1) alene

Metode 2: Niveauspecifik vandprøvetagning med pumpe (MP1) kombineret med et packersystem (twin-Ballon)



Metode 3: Niveauspecifik vandprøvetagning med præinstallerede engangspumper (pumper i forskellige dybder adskilt med plastskiver)

Metoder – måling af feltparametre og videologning

Metoder – Test af kombineret målinger med in-situ probe og vandprøvetagning med MP1 pumpe

Grundtanken var at ændringer i vandkemien/redox skulle bestemme dybderne for vandprøvetagningen ved at en MP1 pumpe og en In situ probe skulle sænkes ned i boringen samtidig.

Denne installation virkede desværre ikke, da MP1 pumpen forstyrrede signalet fra in-situ proben, så den ikke kunne måle ordentligt.

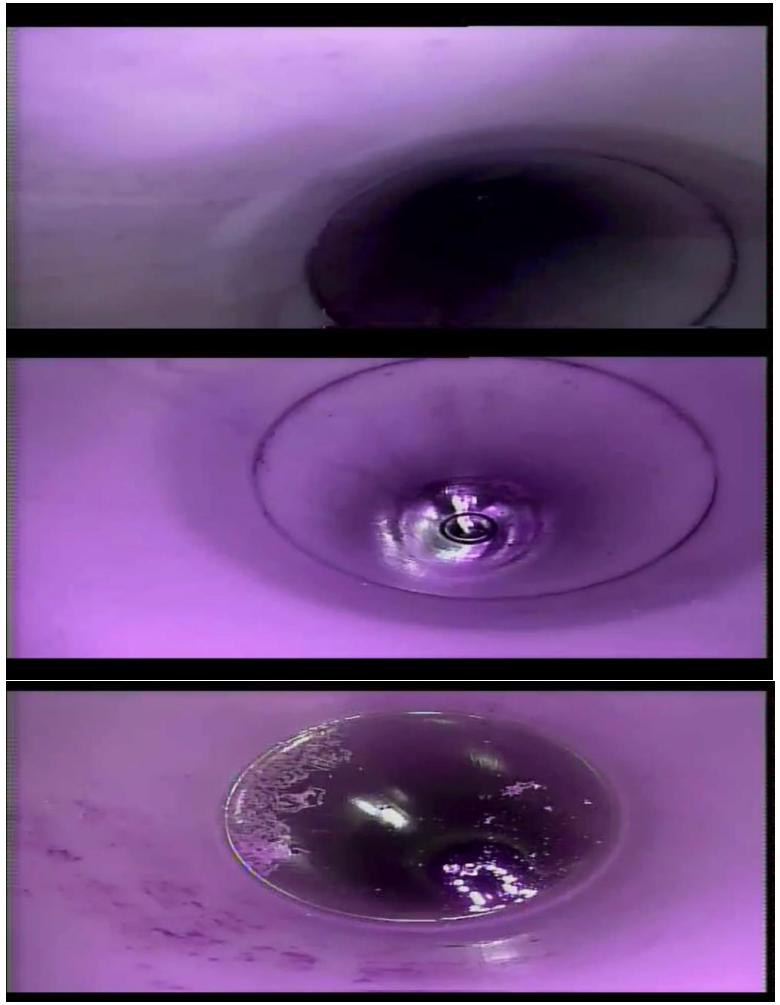
Metodikken var heller ikke praktisk anvendelig – svært at agerer på online målingerne ift. den niveauspecifikke prøvetagning.

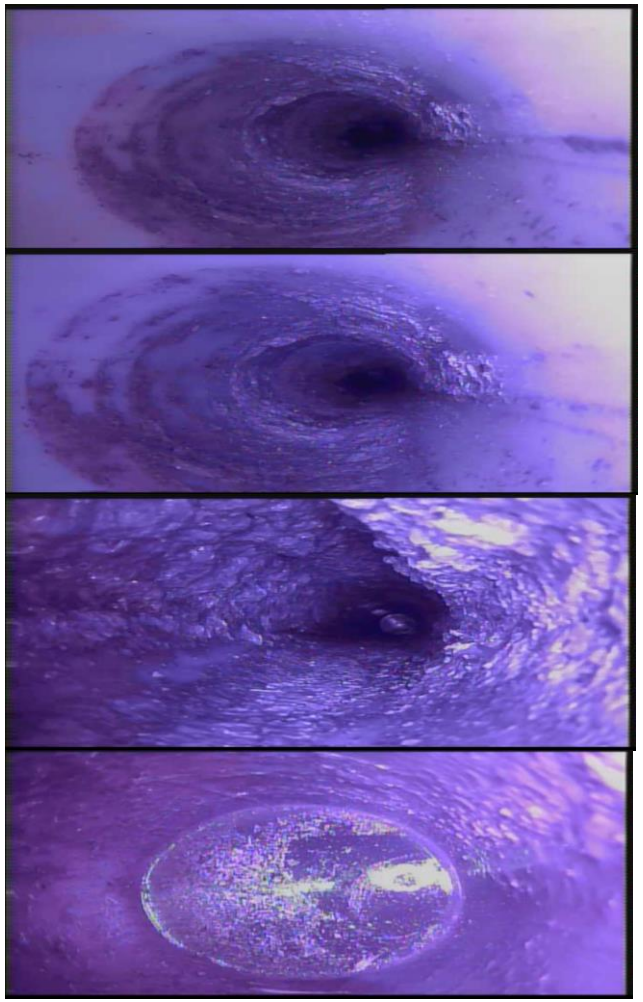
Undersøgelsesprogram - boringer

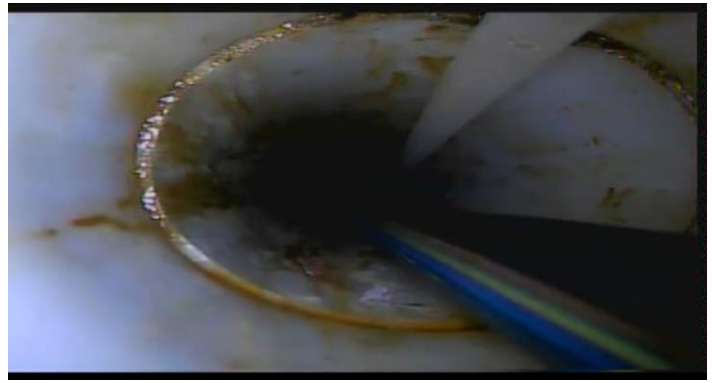
Metoder	B79	B88	B89	B193	B6 og B7
Metode 1: MP1 pumpe alene	+	+	+	+	(+)
Metode 2: MP1 pumpe med packere			+	+ (2x)	+
Metode 3 :Præinstallerede pumper	+			+	
Flowcelle (redox) ved prøvetagning	+	+	+ (2x)	+	
Probe (redox) før prøvetagning				+	
Probe (redox) etter prøvetagning	+ (2x)	+	+ (2x)	+ (3x)	
Videologning af boring	+	+	+	+	

Testboringerne har filtre på mellem 6 til 12 meter, og en filterdimension fra Ø90 mm til Ø315 mm.

Resultater B79 & 89 – Indledende videologning i boringer





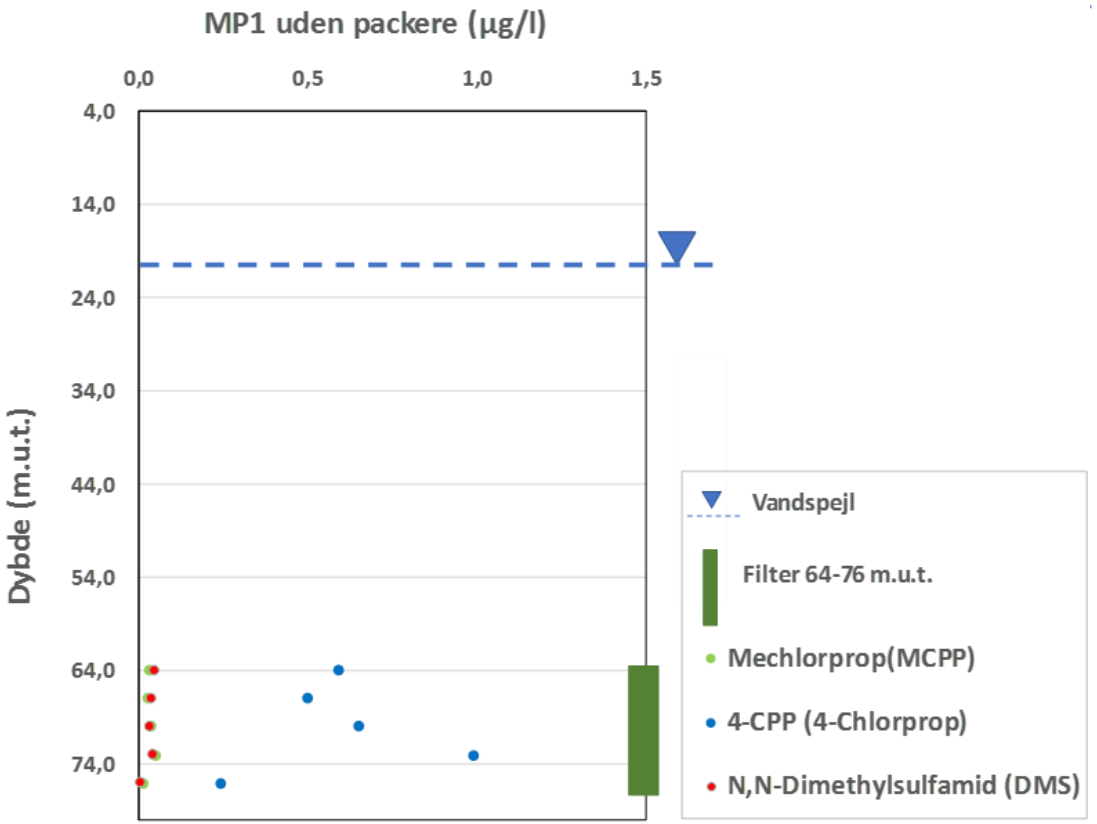


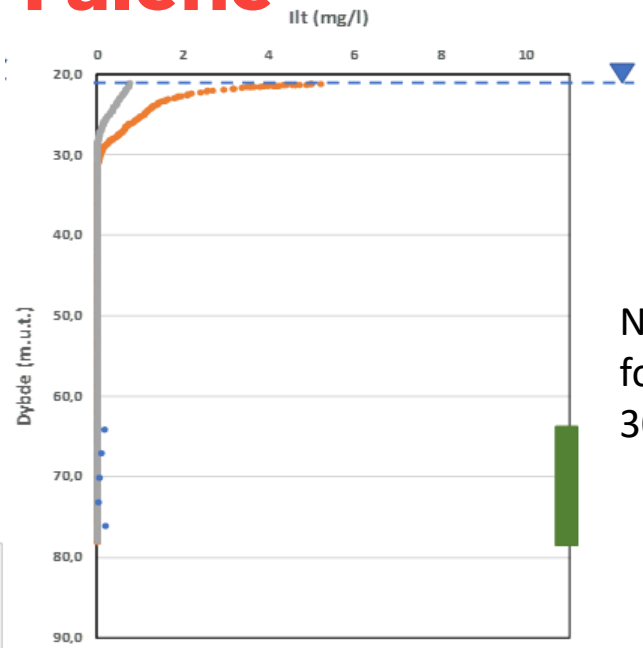
Eksempel på utæt samling

Tjek for indtrængning af vand i boringen – Kan have indflydelse på vandkemi og forurening i boring

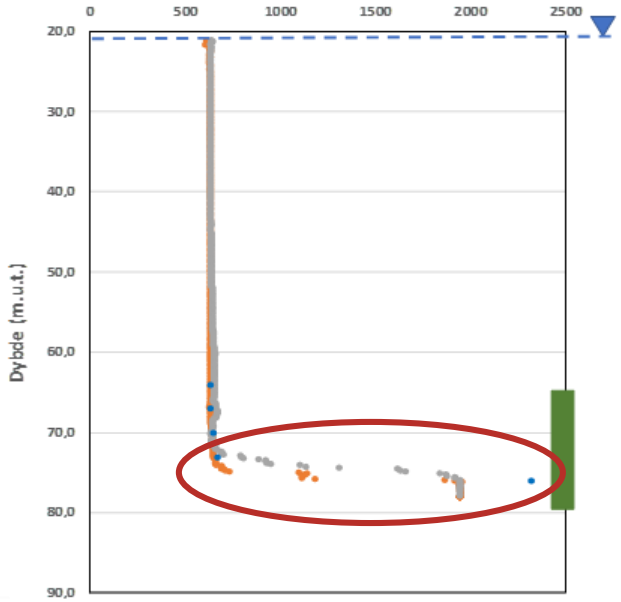
Fokus på samlinger og vandspejl i boringen. Tjek for udfældninger og uroligt vandspejl!

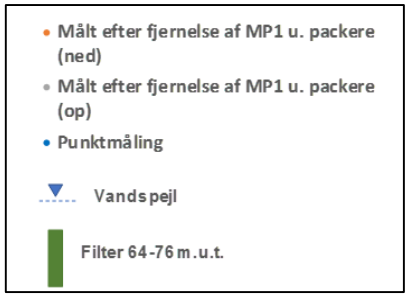
Resultater B88 – Metode 1 MP1 alene



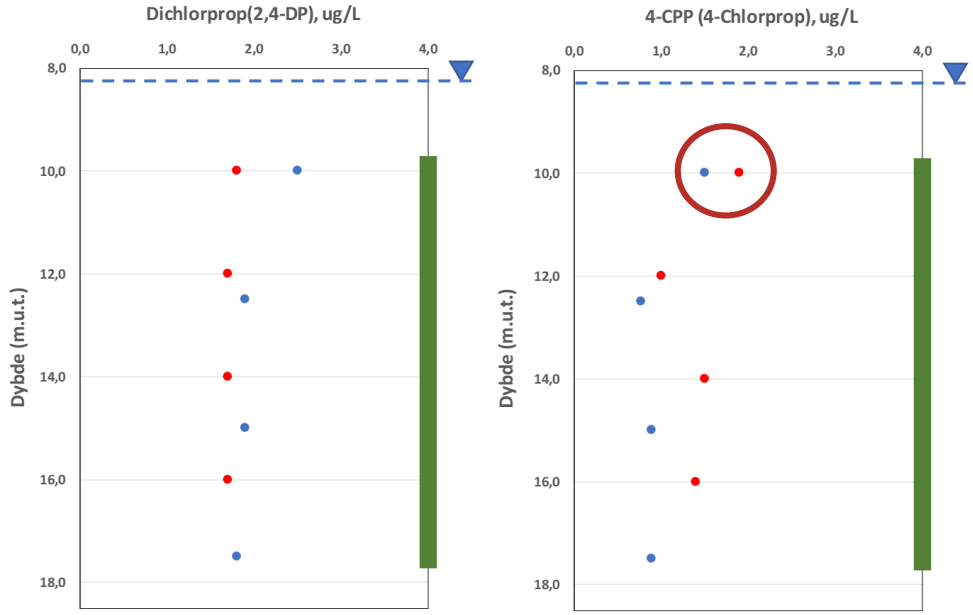


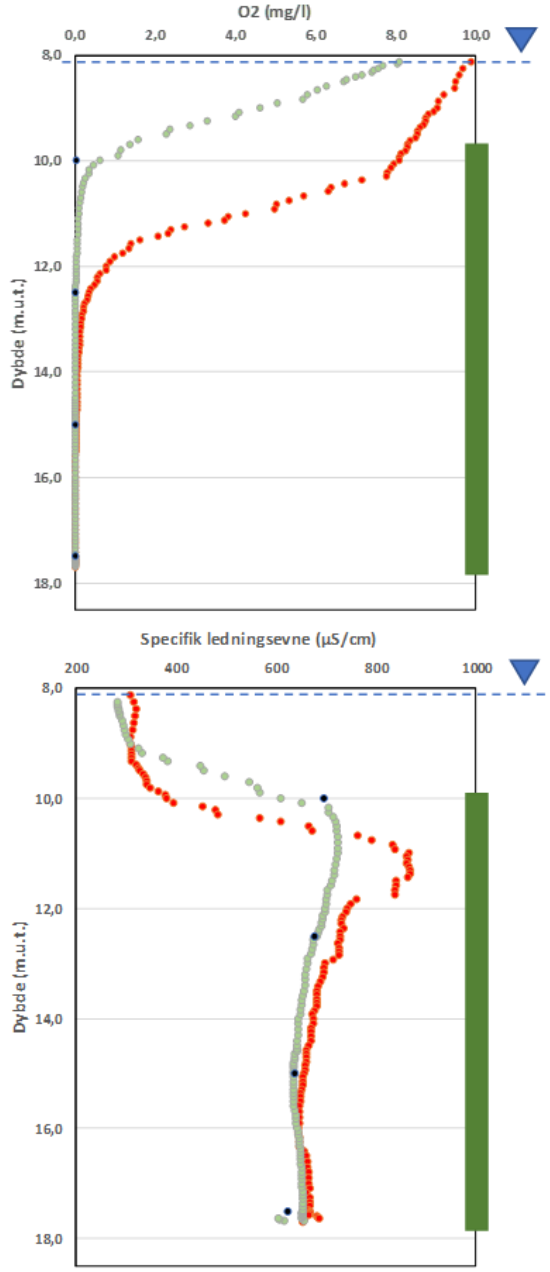
Nedsænkningshastighed for proben:
30-35 sekunder pr. m



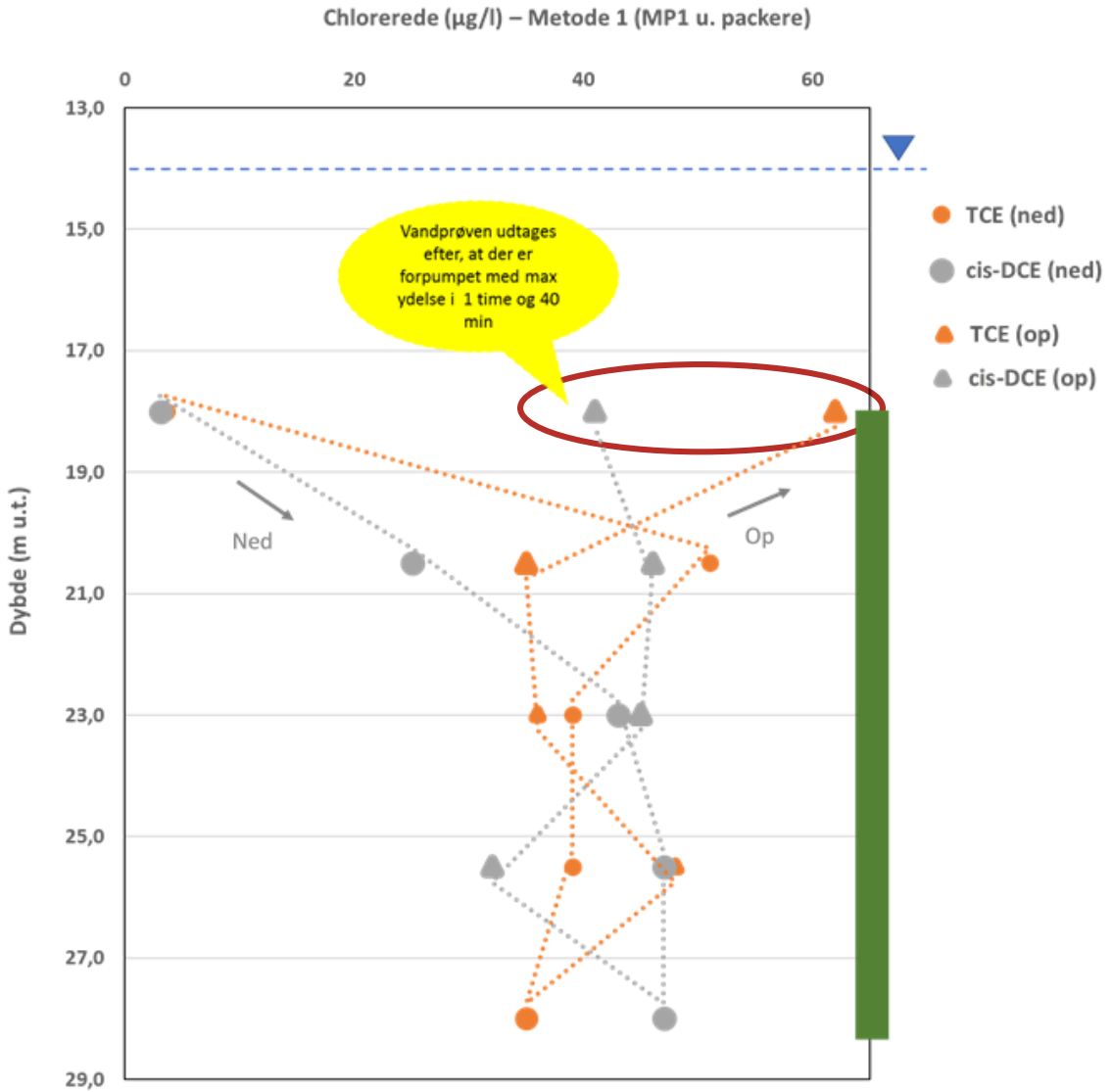


Resultater B79 – Metode 1 (MP1) og 3 (præinstal. pumper)

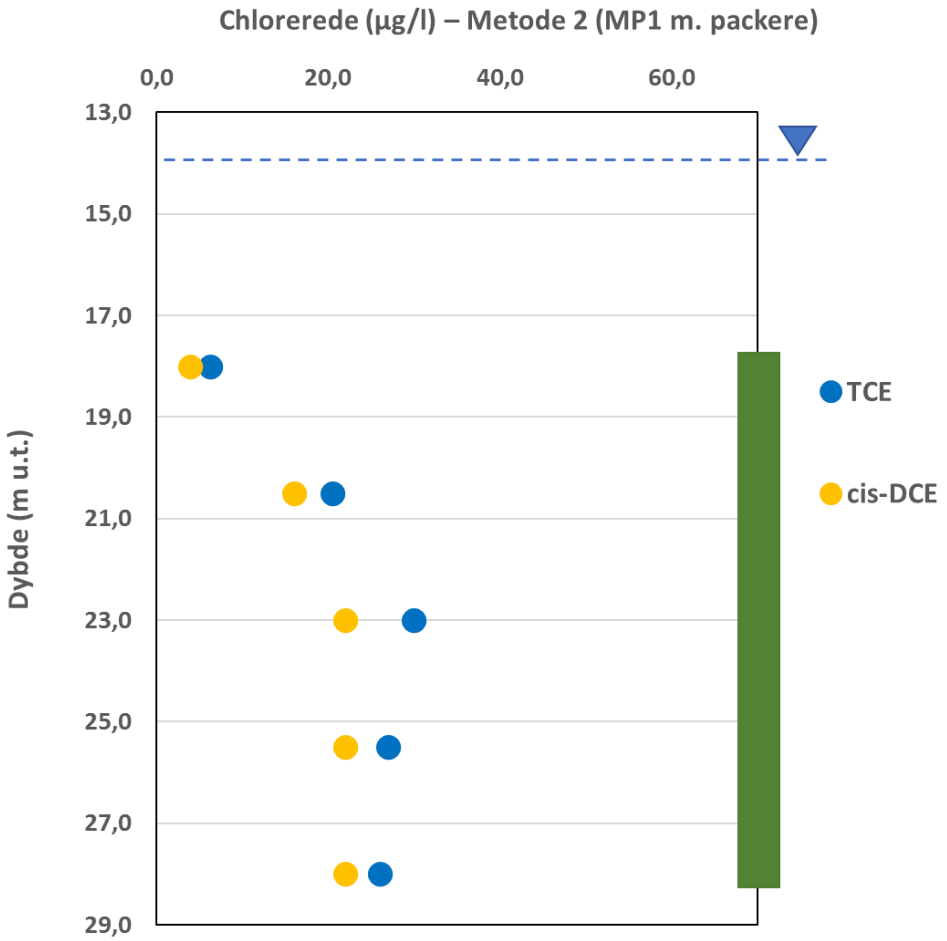


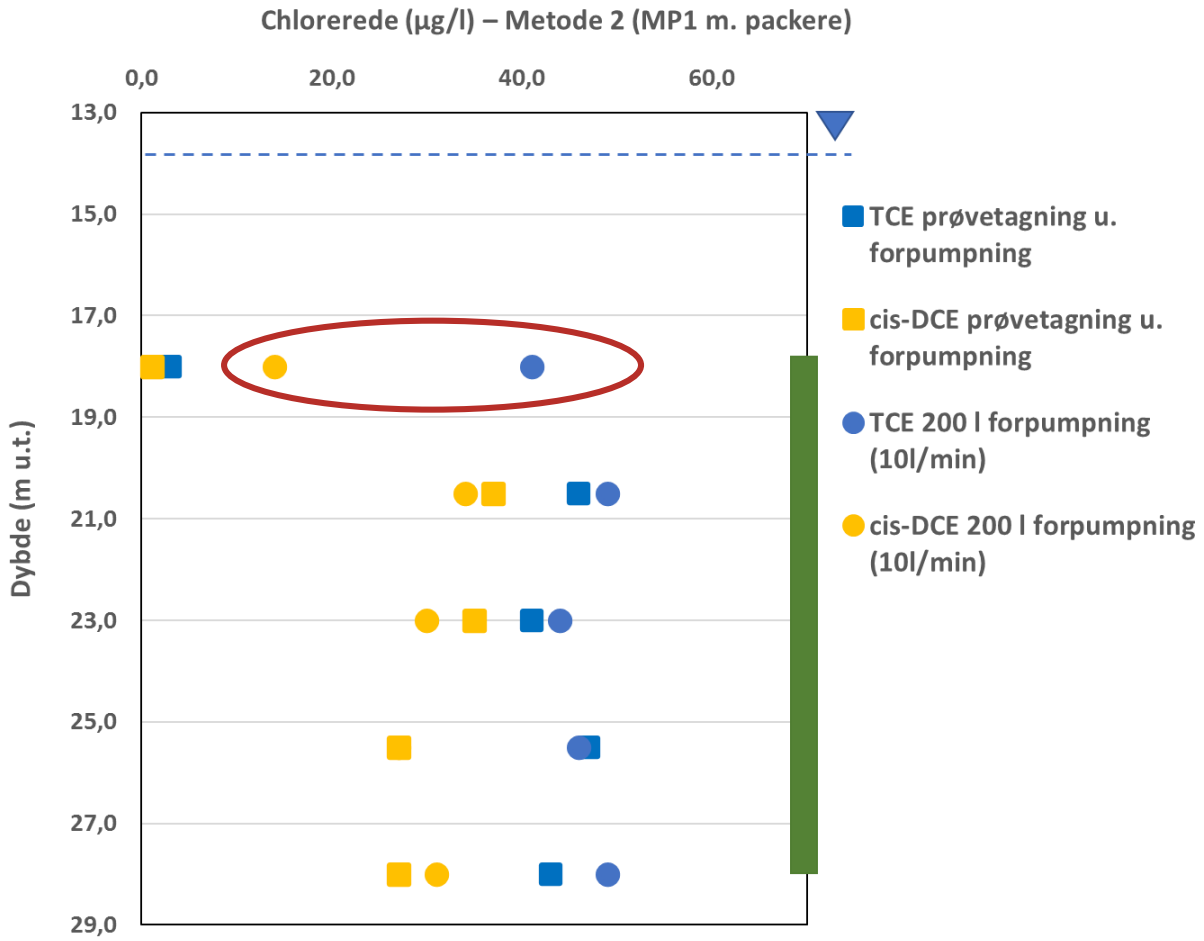


Resultater B193 – Metode 1 (MP1) – prøver på vej ned og op!



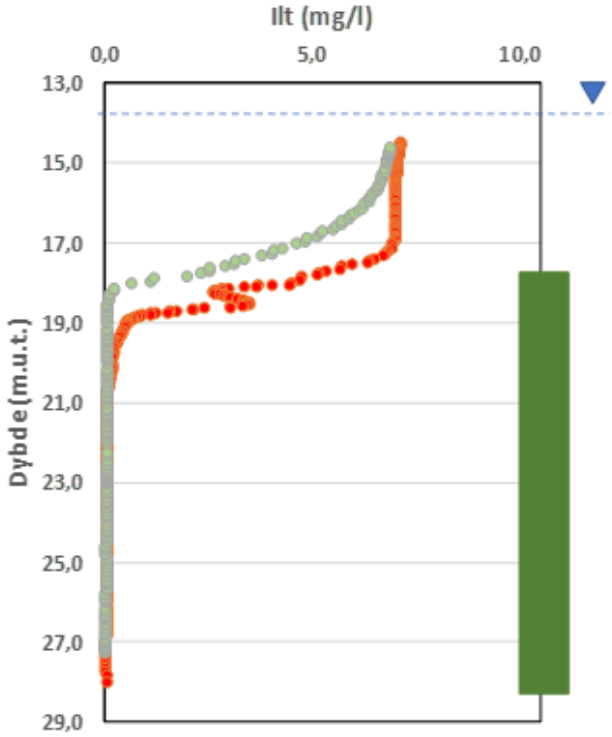
Resultater B193 – Metode 2 (MP1 med packere)

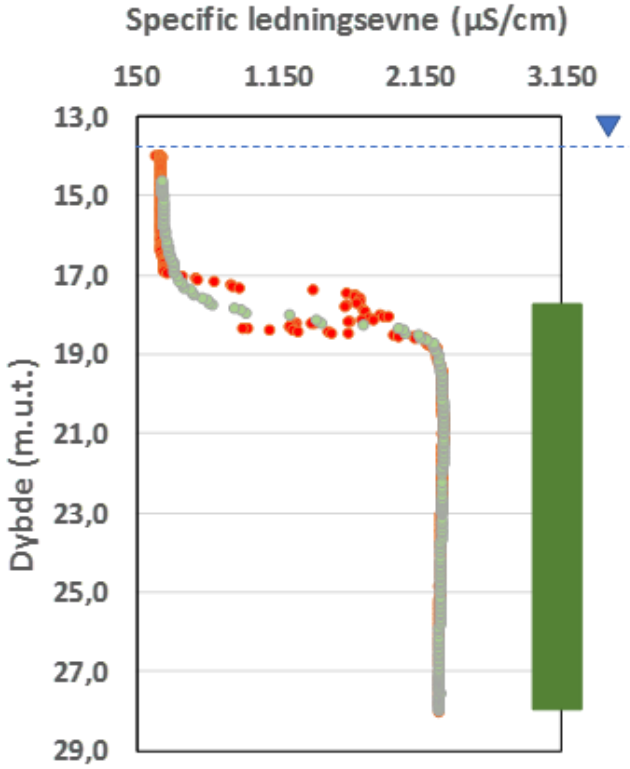


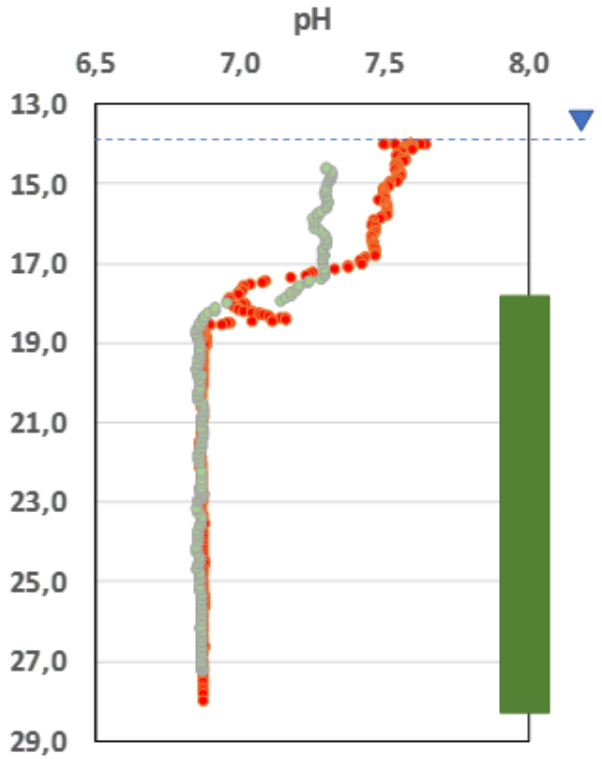


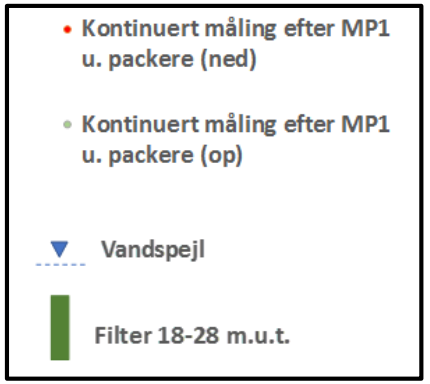
Forsøget viser, at filteret er gennemstrømmet med vand fra formationen, hvilket er en forudsætning for, at der kan udtages repræsentative vandprøver uden en foregående forpumpning.

Resultater B193 - Feltparametre

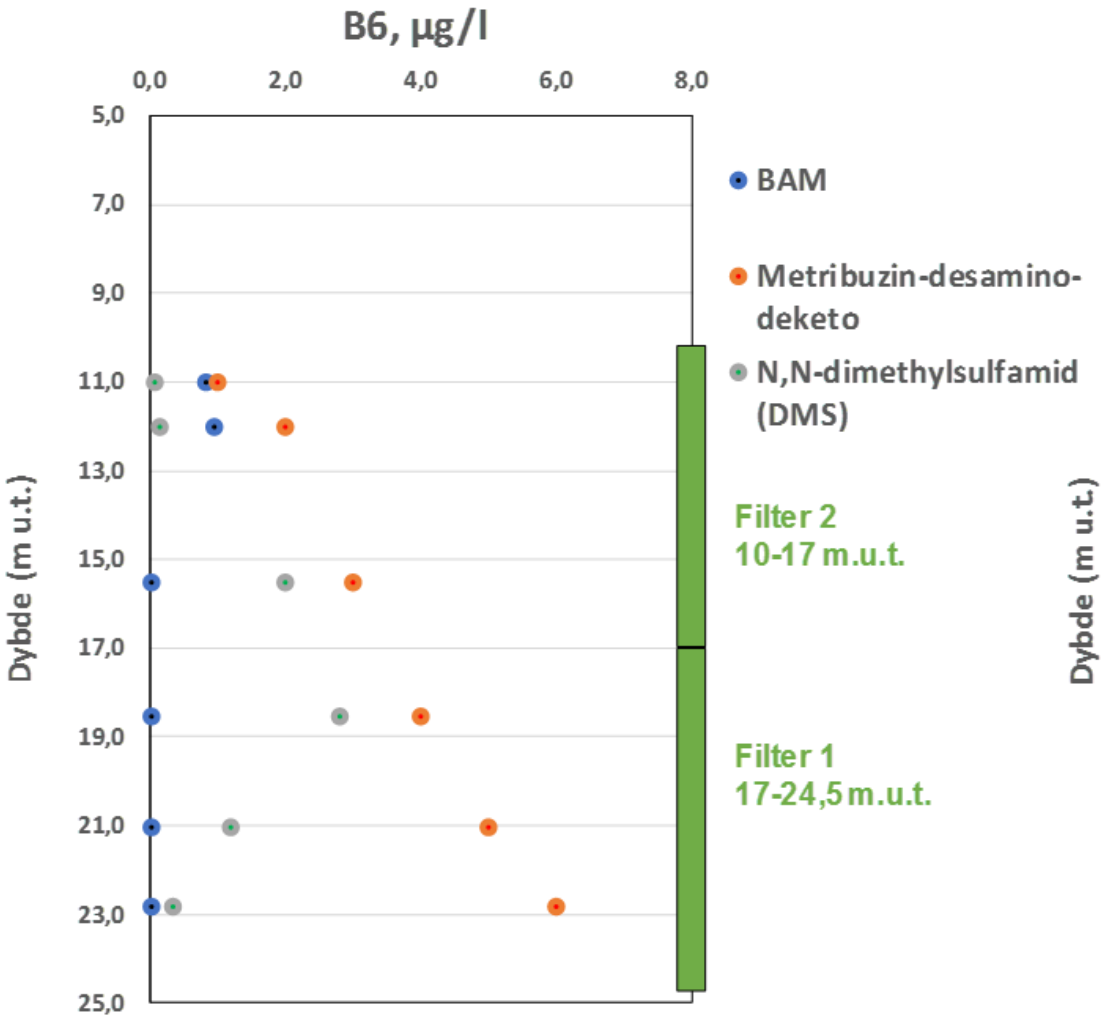


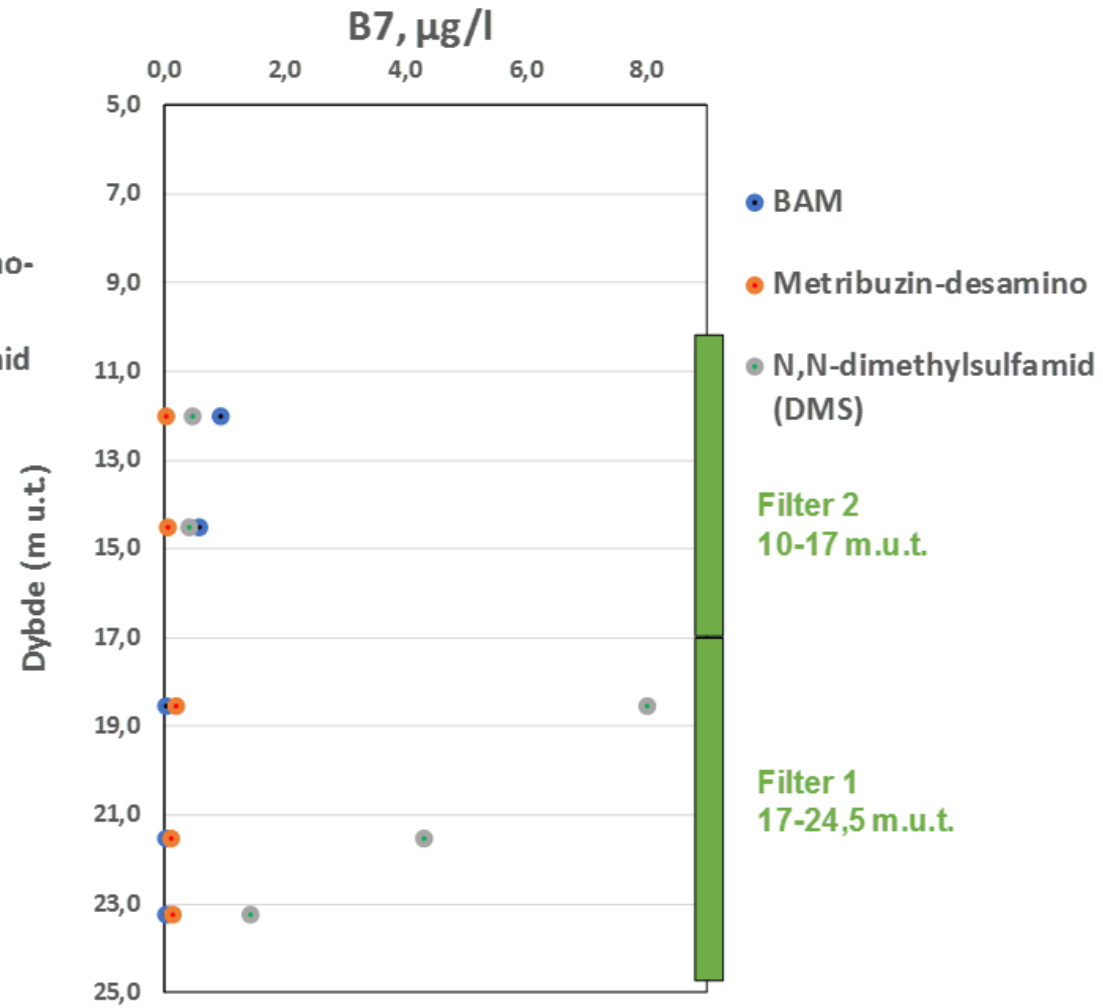






Resultater B6 & B7 – Metode 2 (MP1 med packere)





Fordele og ulemper ved de 3 metoder

Metoder	Håndtering af udstyr i felten	Tidsforbrug	Størrelse af udstyr	Opblanding i boring ved prøvetagning	Opblanding i boring efter fjernelse af Udstyr	Undgå vertikal vandtransport i filter	Økonomi
Metode 1 MP1 alene	En person	1	1	2	1	5	1
Metode 2 MP1 med packere	To personer	3	2	3	2	1	2-3
Metode 3 Præinstallerede pumper	En person	2-4*	4	1	4	2	2-4*

Skala fra 1-5 hvor 1 er det laveste/bedste og 5 er det højeste/værste.

* Er meget afhængig af om metoden skal anvendes i en eller flere boringer samt om boringen skal genprøvetages

Konklusion og anbefalinger

- Resultaterne fra forsøgene viser, at filtrene i de undersøgte boringer er gennemstrømmet horisontalt med vand fra formationen, hvilket er en forudsætning for, at der kan udtages repræsentative niveauspecifikke vandprøver uden en foregående forpumpning
- Der er påvist niveauspecifikke forureningsprofiler ved alle de tre testede metoder
- Der er registreret en god sammenhæng mellem resultaterne fra metode 1 (MP1 alene) og metode 2 (MP1 med packer) samt til dels metode 3 (præinstallerede pumper)
- **Alle tre metoder vurderes at være anvendelige til niveauspecifik prøvetagning**
  - Metode 1 (MP1 alene) anbefales som udgangspunkt anvendt, da den er simpel og billig.
  - Metode 2 (MP1 med packer) anbefales anvendt vis der er mistanke om vertikal vandtransport i filteret.
  - Metode 3 (præinstallerede pumper) anbefales anvendt, hvis det er vigtigt, at der ved prøvetagningen ikke må være en effekt af installationen af udstyret, samt hvis der er ønsker om flere gentagende niveauspecifik prøvetagninger. Genprøvetagning er meget nemt, da pumperne kan blive i boringen. (godt alternativ til snapsampler, da prøvetagningen er nemmere og mere sikker).

Konklusion og anbefalinger

- Feltparametre: Metodikken med at kombinere den niveauspecifikke vandprøvetagning med måling af feltparametre i flowcelle og måling ned gennem selve boringen giver nyttige oplysninger om vandkemien i boringen og kan med fordel udføres som en del af den niveauspecifikke vandprøvetagning. (flowcelle mål feltparametre i blindrør)
- Videolog: Der kan med fordel gennemføres en videolog af boringen for at tjekke for indtrængning af vand i boringen, da det kan have stor indflydelse på vandkemien og forureningen i boringen.

Tak!

wsp.com

Forbedret Vakuum Slug Test

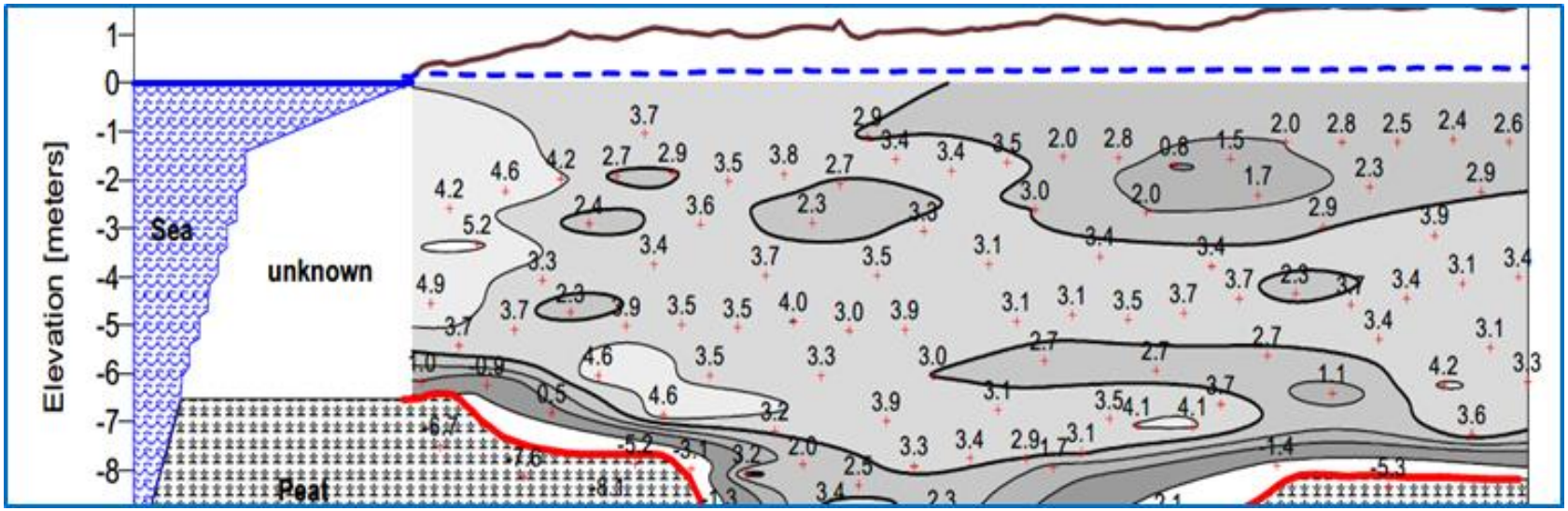
Flemming Damgaard Christensen, Geo

Christian Harries Hansen, Geo

Kristian Färkkilä Knudsen. Geo

Formål med (vakuum) slug test

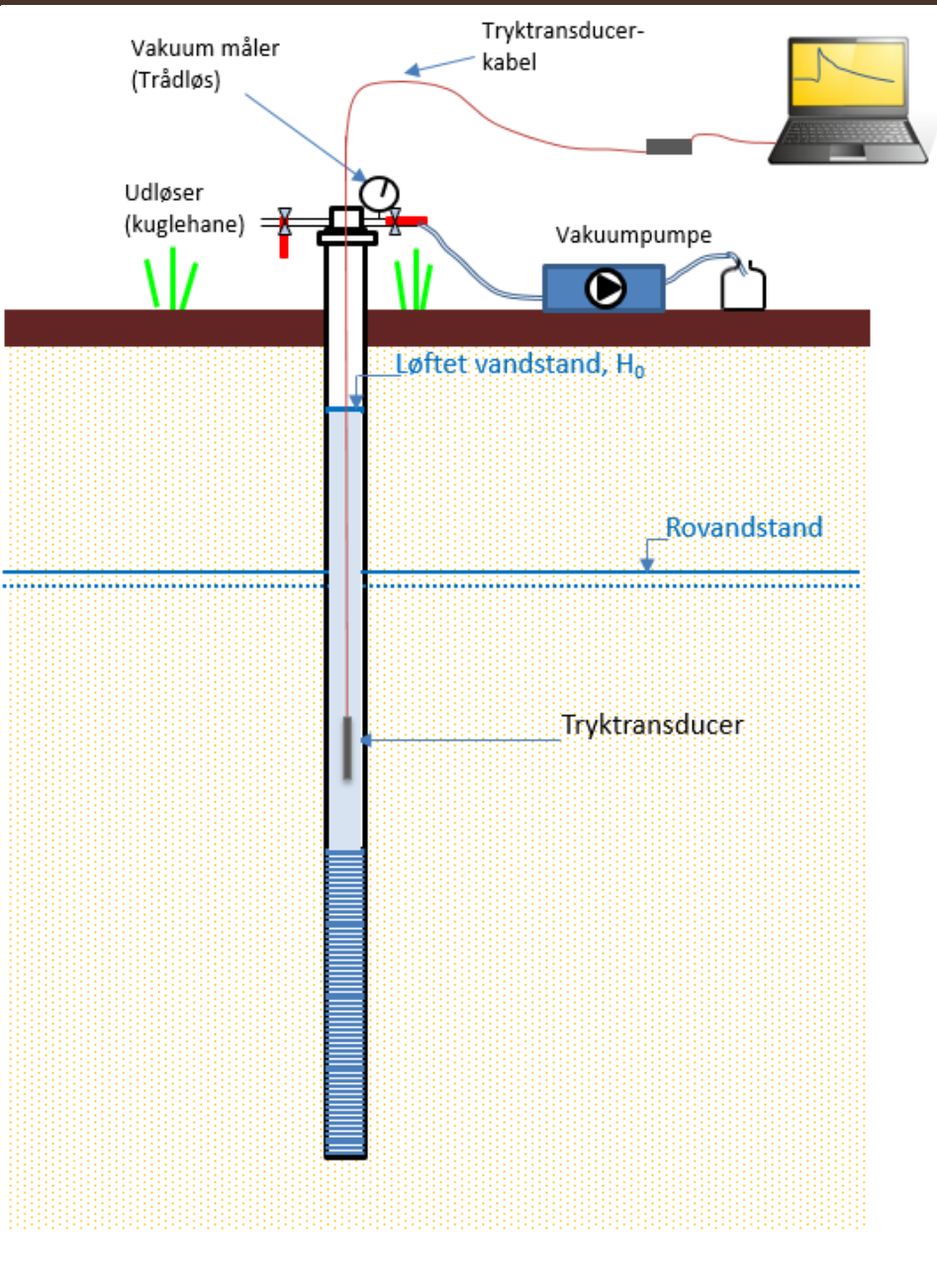
- Bestemmelse af den lokale hydrauliske ledningsevne (K)
- Metode, som kan anvendes på boringer med lille dimension (≤ Ø125)
- Bestemmelse af variabiliteten af hydraulisk ledningsevne – et K- felt

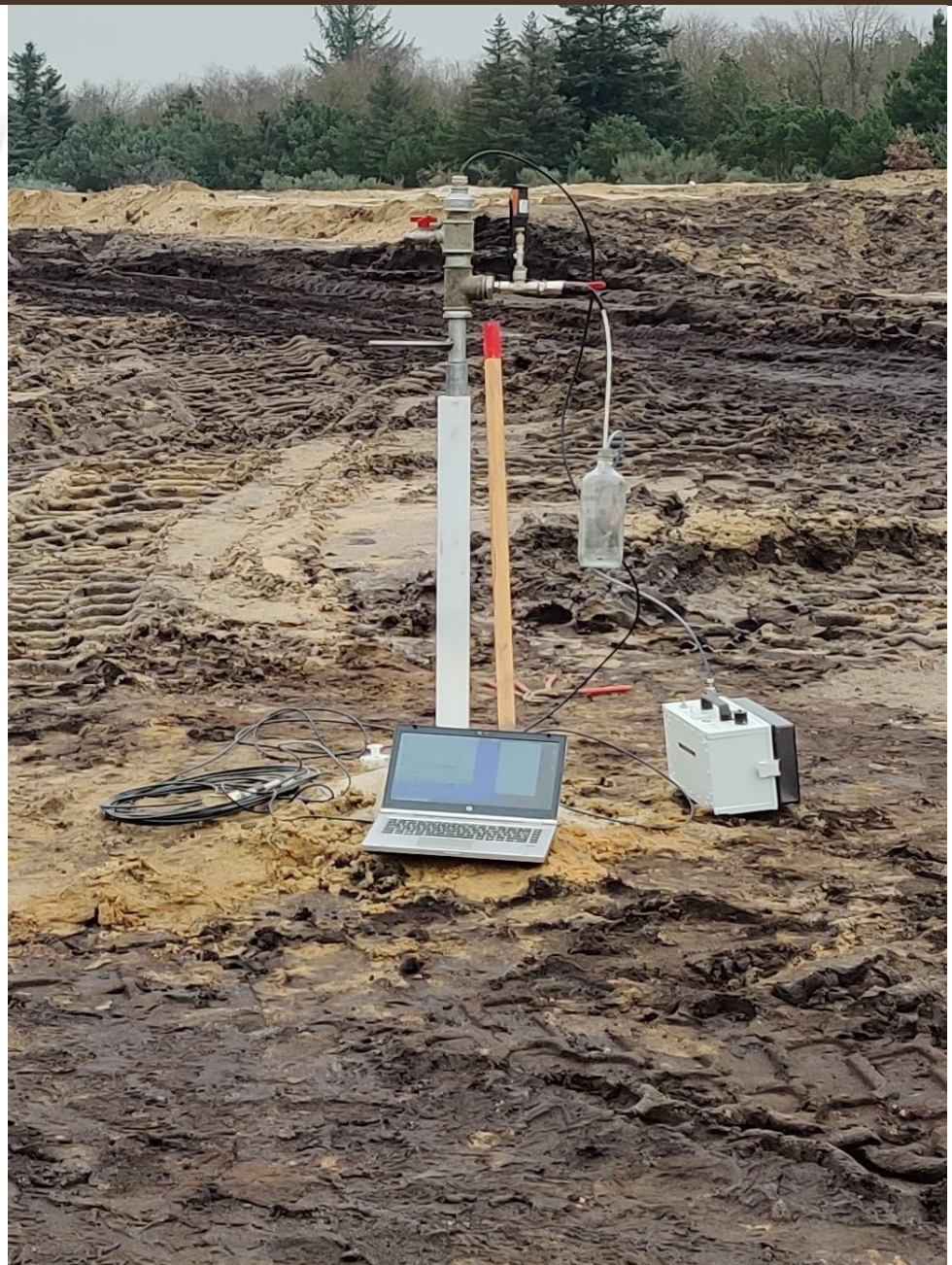


Andersen, Martin Søgaard. 2001. *Geochemical processes at a seawater-freshwater interface.* Ph.D. dissertation, Environment & Resources DTU. Technical University of Denmark.

Christensen, Flemming Damgaard. 2002. *Numerical Analysis of Physical and Geochemical Processes for Seawater Intrusion in Coastal aquifers*. Ph.D. dissertation, ISVA, Environment & Resources DTU. Technical University of Denmark.

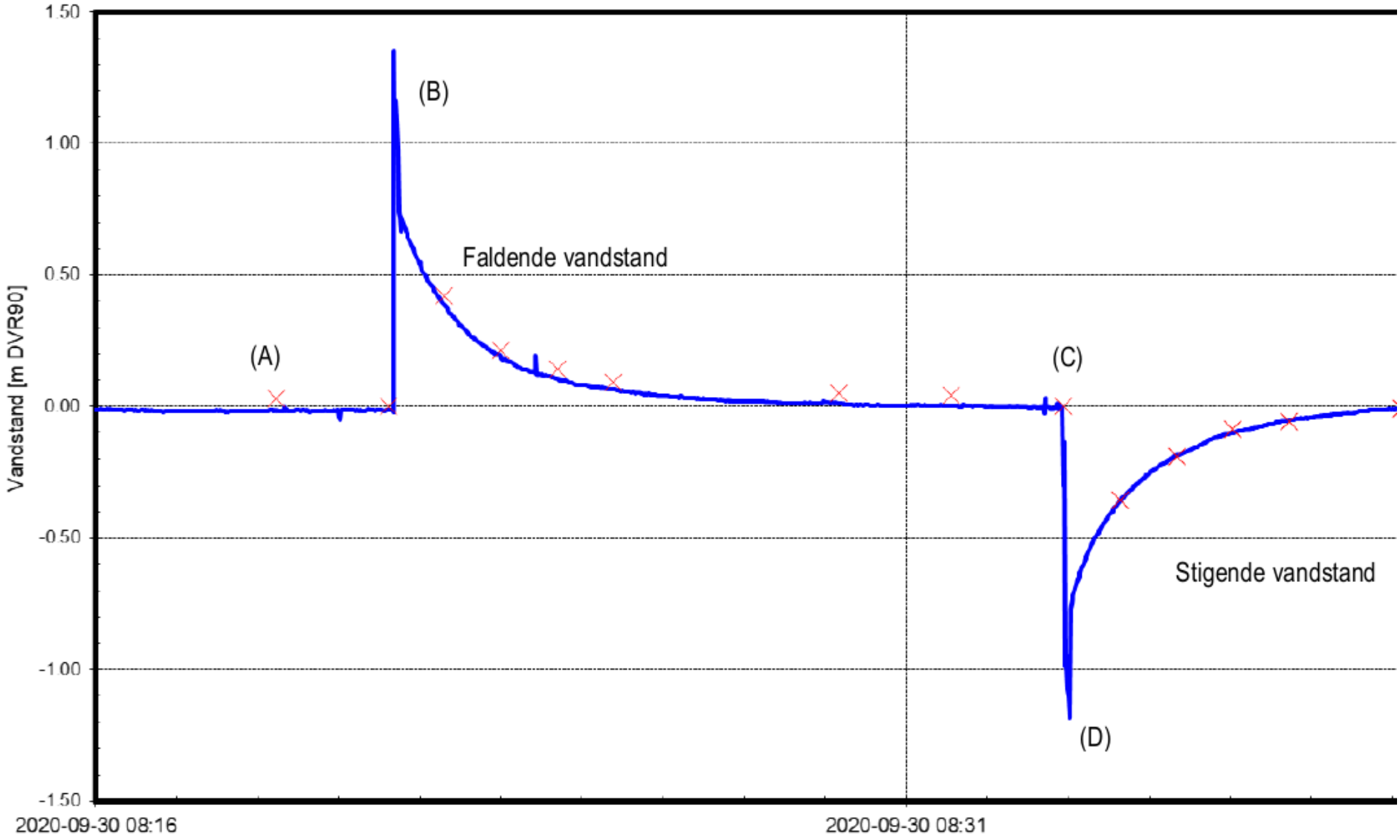
Vakuum Slug Test





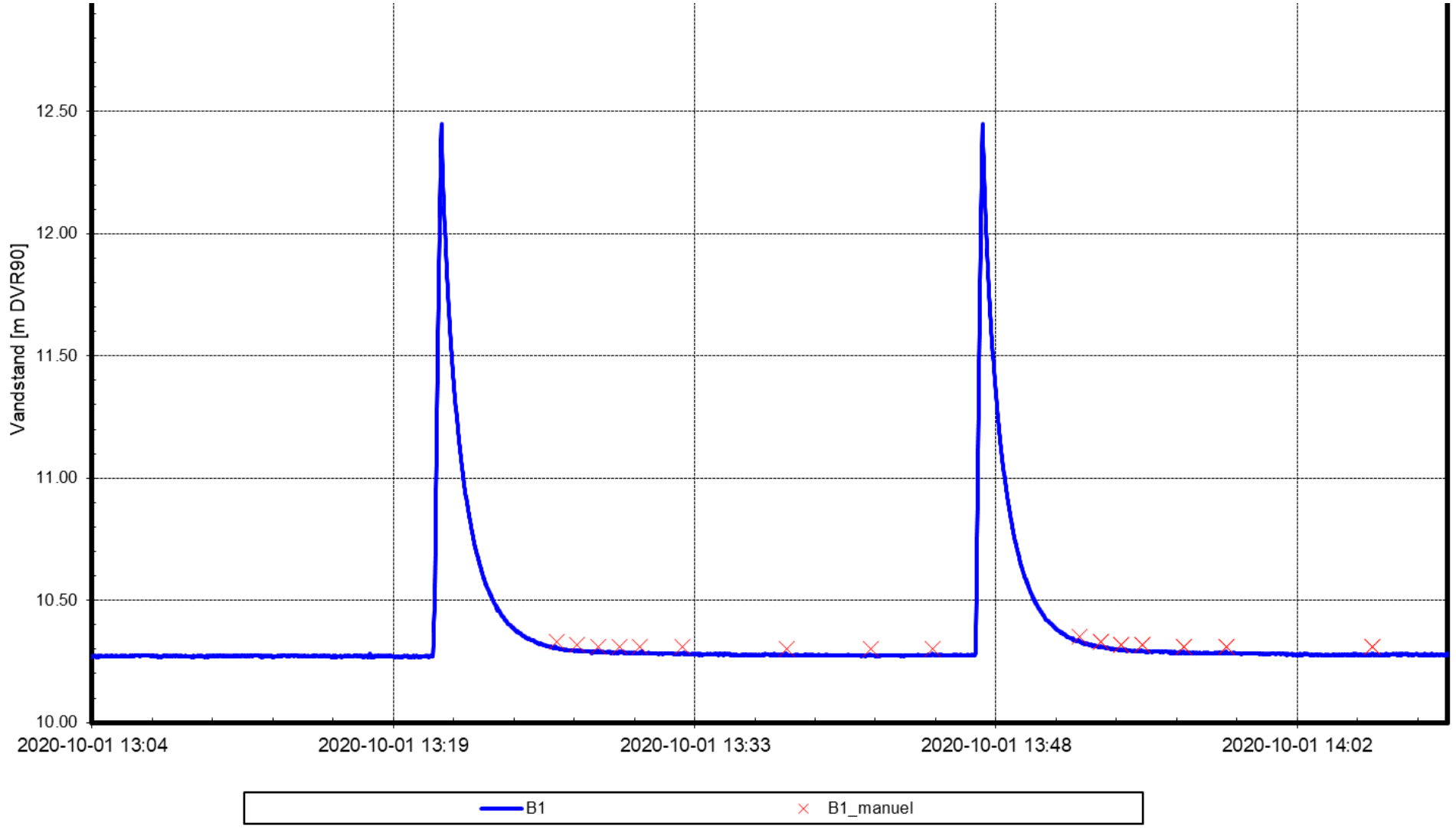
Traditionel Slug Test

- **Traditionel Slug Test – med en stang**



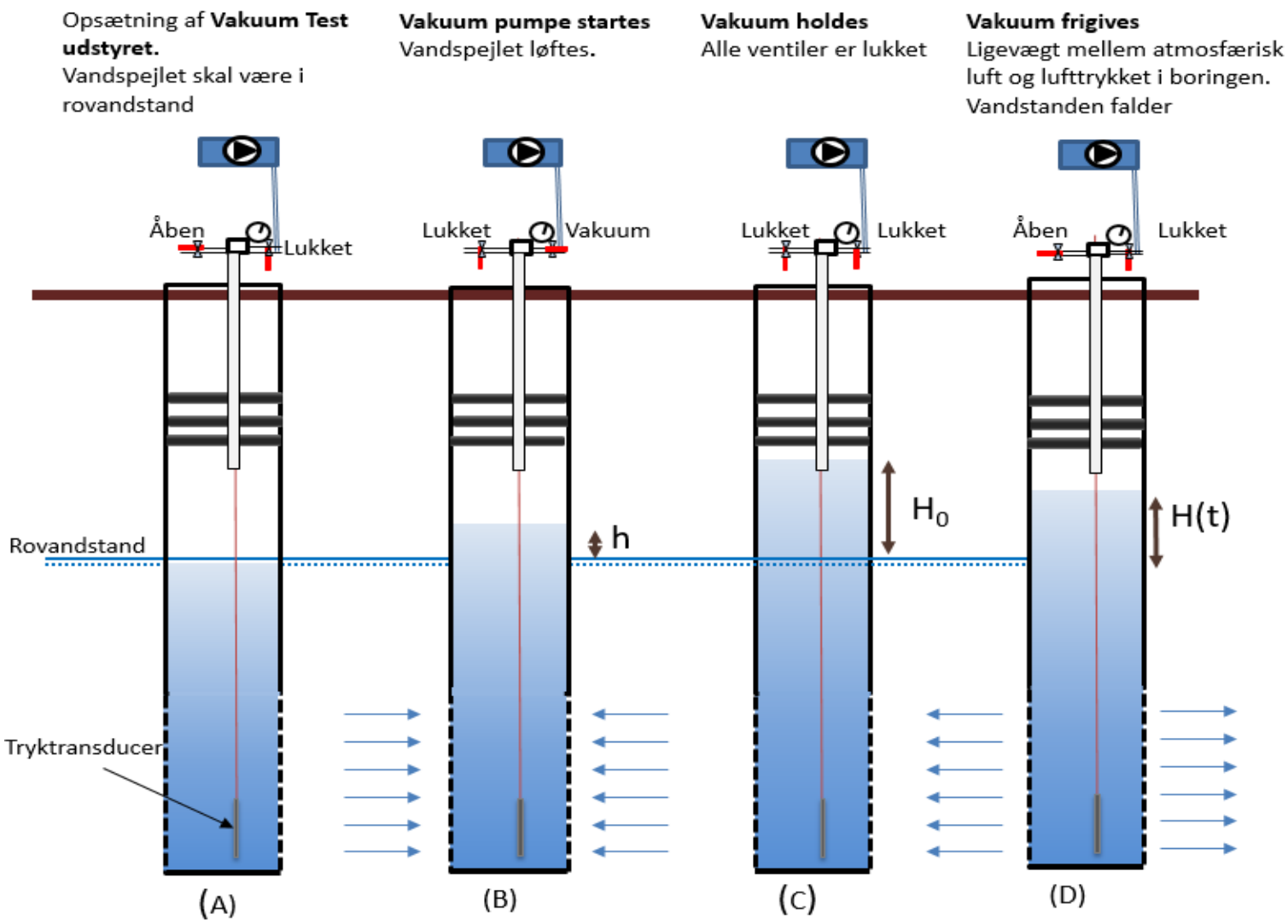
Slug Test med Vandtank

- **Slug Test med Vandtank**



Vakuum Slug Test – illustration af udførelsen

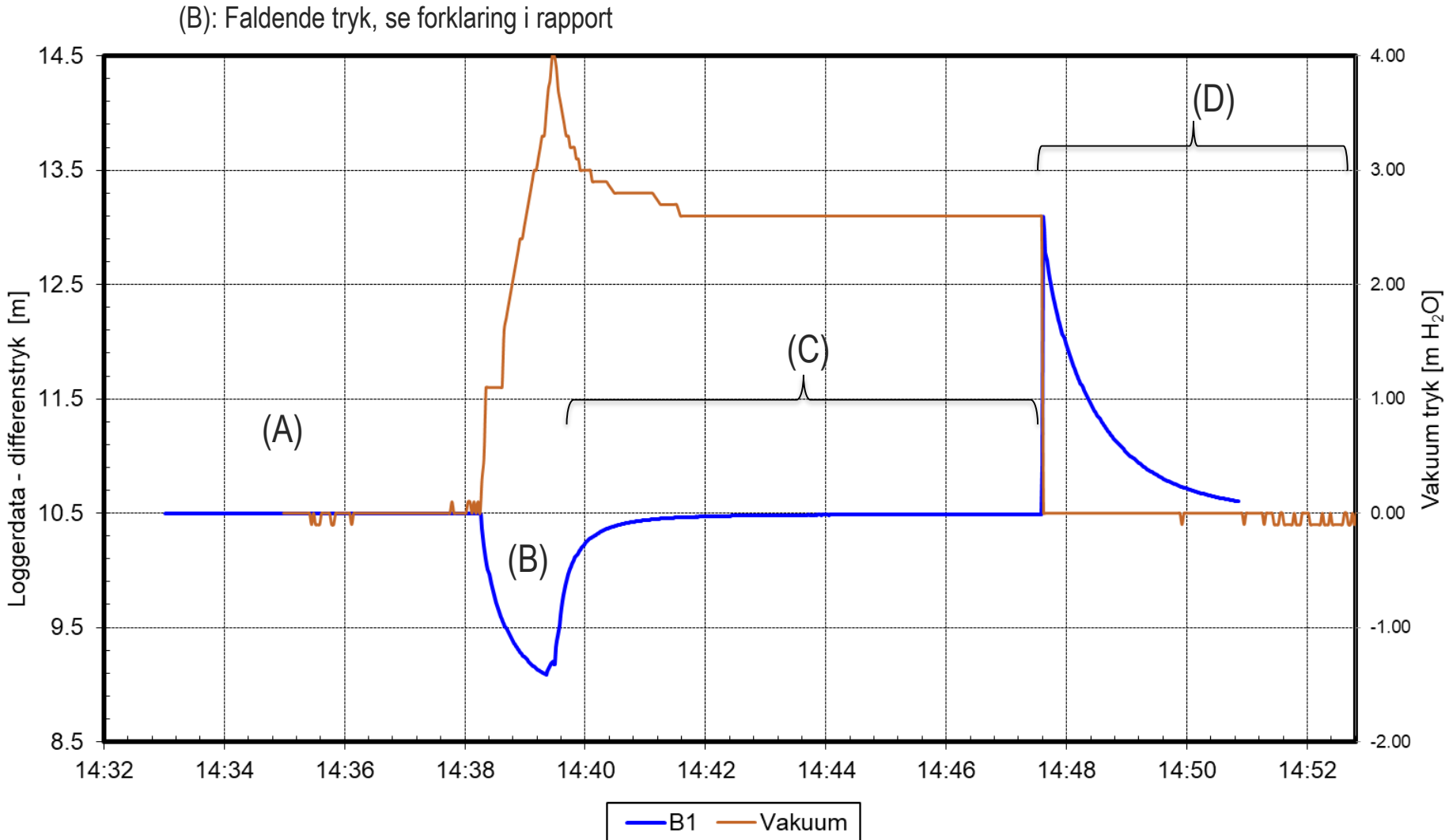
Illustration af udførelsen:



Vakuum Slug Test – illustration af udførelsen

Resultat af en Vakuum Slug Test:

Bogstaver henviser til forrige slide



Leverancer i projektet

Leverancer

I. Udvikle et **Vakuum Slug Test** som kan benyttes til boringer af **forskellige dimensioner** og **tilstande af boringsafslutninger**

II. Vakuum Slug Test metoden skal **verificeres** mod de traditionelle typer af slug test for boringer.

III. Data håndtering optimeres. Tolkninger og kvalitetssikring udføres i et tilhørende program.

IV. Dataene (hydrauliske ledningsevner mv.) gemmes og udstilles i GeoAtlasLive

I: Udvikle et Vakuum Slug Test udstyr – Forsegling til brøndhoved

- **Gummipakkersystem**, hvor pak-ringe presses ud mod forerøret og derved forsegles boringen.

- For mindre dimensioner (1" og 2" forerør) forsættes med en isiflo **messingkobling** til forerøret **Anvendes alene til Mini Vakuum Slug Test**

- Andre metoder blev også overvejeret – herunder **pakkesystem med luft.**

Type	Størrelse	Ydre D	t_{Gods}	Indre D	Vakuum Slug Test
PE	Ø63	63	5.8	51.4	Ja
PE	Ø75	70	6.8	56.4	Ja
PE	Ø90	90	7	76	Ja
PE	Ø110	110	9	92	ja
PE	Ø125	125	10	105	Ja
PEH	Ø50	50	4.6	40.8	Ja - isiflo kobling
PEH	Ø60	60	4	52	Ja
PEH	Ø63	63	5.8	51.4	Ja
PEH	Ø75	75	6.8	61.4	Ja
PEH	Ø90	90	7	76	Ja
PEH	Ø110	110	9	92	? Måske
PEH	Ø125	125	10	105	Ja
Rotek Standard PVC	Ø63	63	5	53	Ja
Rotek Standard PVC	Ø90	90	4.3	81.4	Ja
Rotek Standard PVC	Ø110	110	5.3	99.4	Ja
Rotek Standard PVC	Ø125	125	6.0	113	Ja
PVC DIN4925	Ø88	88	4	80	Ja
PVC DIN4925	Ø113	113	5	103	Ja
PVC DIN4925	Ø125	125	7.5	110	Ja
PVC DIN4925	Ø140	140	6.5	127	Nej
PVC pejleboringer	Ø25	25	1.7	21.6	Ja - isiflo kobling
PVC pejleboringer	Ø32	32	1.8	28.4	?
PVC pejleboringer	Ø40	40	2	36	?
PVC pejleboringer	Ø50	50	2.5	45	Ja - isiflo kobling
PVC pejleboringer	Ø63	63	3	57	Ja

Verifikation af metode -Metoden er sammenholdt med

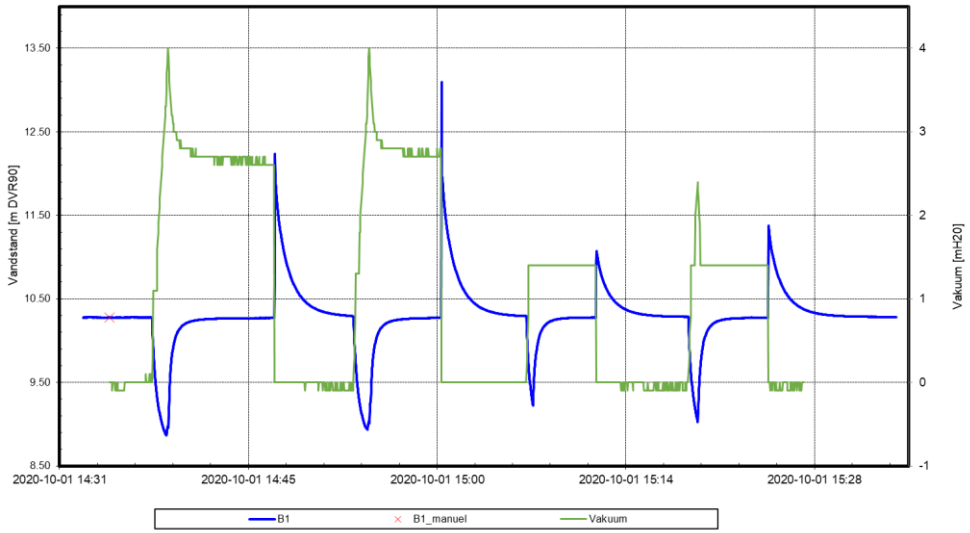
- Slug Test, hvor der tilføres ”momentant” vand til boringen.
- Slug Test med Stang
- Verifikationen mod de traditionelle slug test er udført på relativ få boringer (< 50) i dette projekt .
- Resultatet viser, at Vakuum Slug Test giver tilsvarende resultater.

Anbefalet metode

- Ved ro-vandstand under filter-top anbefales ikke ”Vakuum Slug Test”
- Ved forventet **meget lave hydrauliske ledningsevner** anbefales ikke ”Vakuum Slug Test”
- Ved meget **høje hydrauliske ledningsevner** er ”Vakuum Slug Test” bedre end alternativerne.
- Generelt er Vakuum Slug Test lettere at udføre end alternativerne og er specielt velegnet ved forurenet lokaliteter.

III: Dataflow og semi-auto tolkninger af Vakuum Slug Test

Optegning af forsøgene – Her fire test

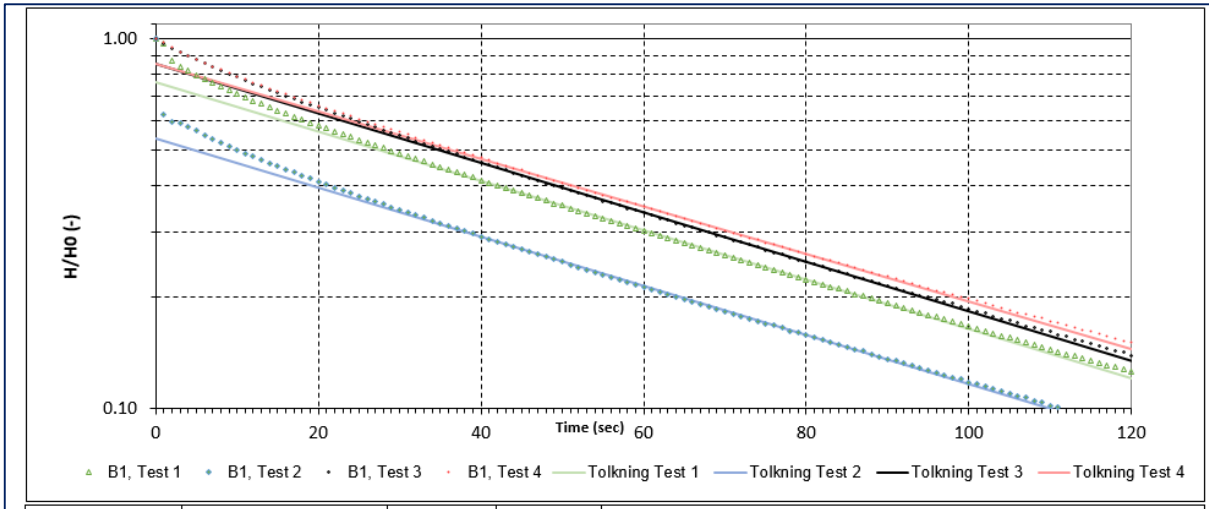


Input parametre og tolkningsområde

Input Parametre	Bruger Input	Enhed
Forerørets diametr, d	0.053	m (~5.3 cm)
Diameter af filter+gruskastning, D	0.1524	m (~15.24 cm)
Filter længde, L	3	m (~300 cm)
Anisotropi (Kh/Kv)	3	-
Hvorslev type	Case 8	

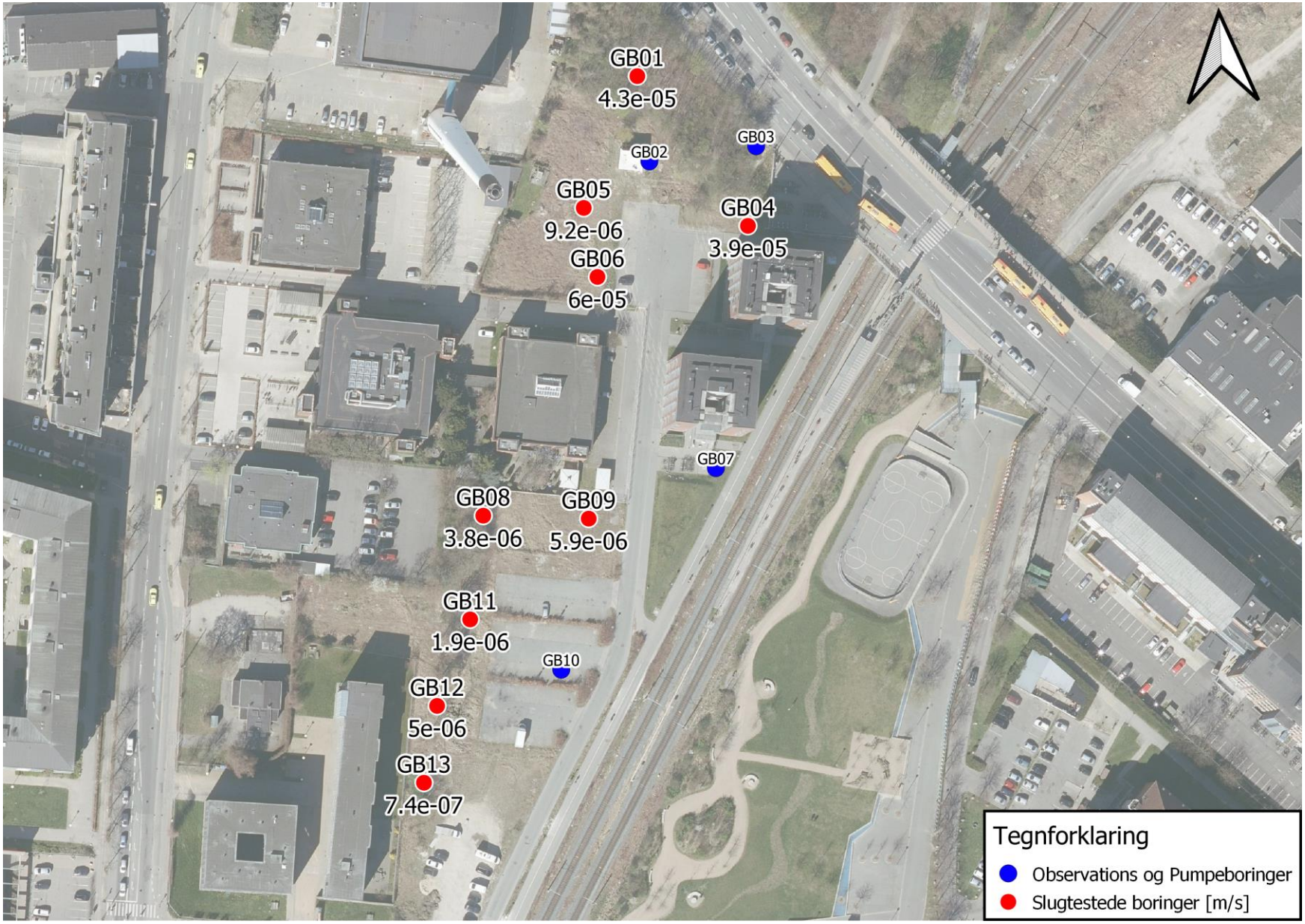
Tolkning	Tolkning				
y=A ln(x) + B	Startpunkt	Slutpunkt	K_h [m/s]	A (Gradient)	B (skæringspunkt)
Tolkning Test 1	30	100	7.60E-06	-0.015	-0.268
Tolkning Test 2	30	100	7.56E-06	-0.015	-0.622
Tolkning Test 3	30	100	7.63E-06	-0.015	-0.155
Tolkning Test 4	30	100	7.32E-06	-0.015	-0.153
Tolkning					
Tolkning					

Tolkningen. Der er anvendt en anisotropi på 3



Resultat	Tolknings model	Kh [m/sek]	Anisotropi (Kh/Kv)	Bemærkning
Test 1 vaccum slugtest	Hvorlev: Case 8	7.60E-06	3	
Test 2 vaccum slugtest	Hvorlev: Case 8	7.56E-06	3	
Test 3 vaccum slugtest	Hvorlev: Case 8	7.63E-06	3	
Test 4 vaccum slugtest	Hvorlev: Case 8	7.32E-06	3	

Et frisk eksempel - Anlægsprojekt



Status på Vakuum Slug Test

1. Der er udført 68 Vakuum Slug Test i udviklingsfasen i efteråret 2020.
2. Vakuum Slug Test er udført på ca.10 projekter hovedsageligt i december 2020/ januar 2021, men er der flere test i pipelinen for resten af 2021
3. Der er et større potentiale indenfor anlægssektoren, hvor moniterings- og pejleboringer kan testes

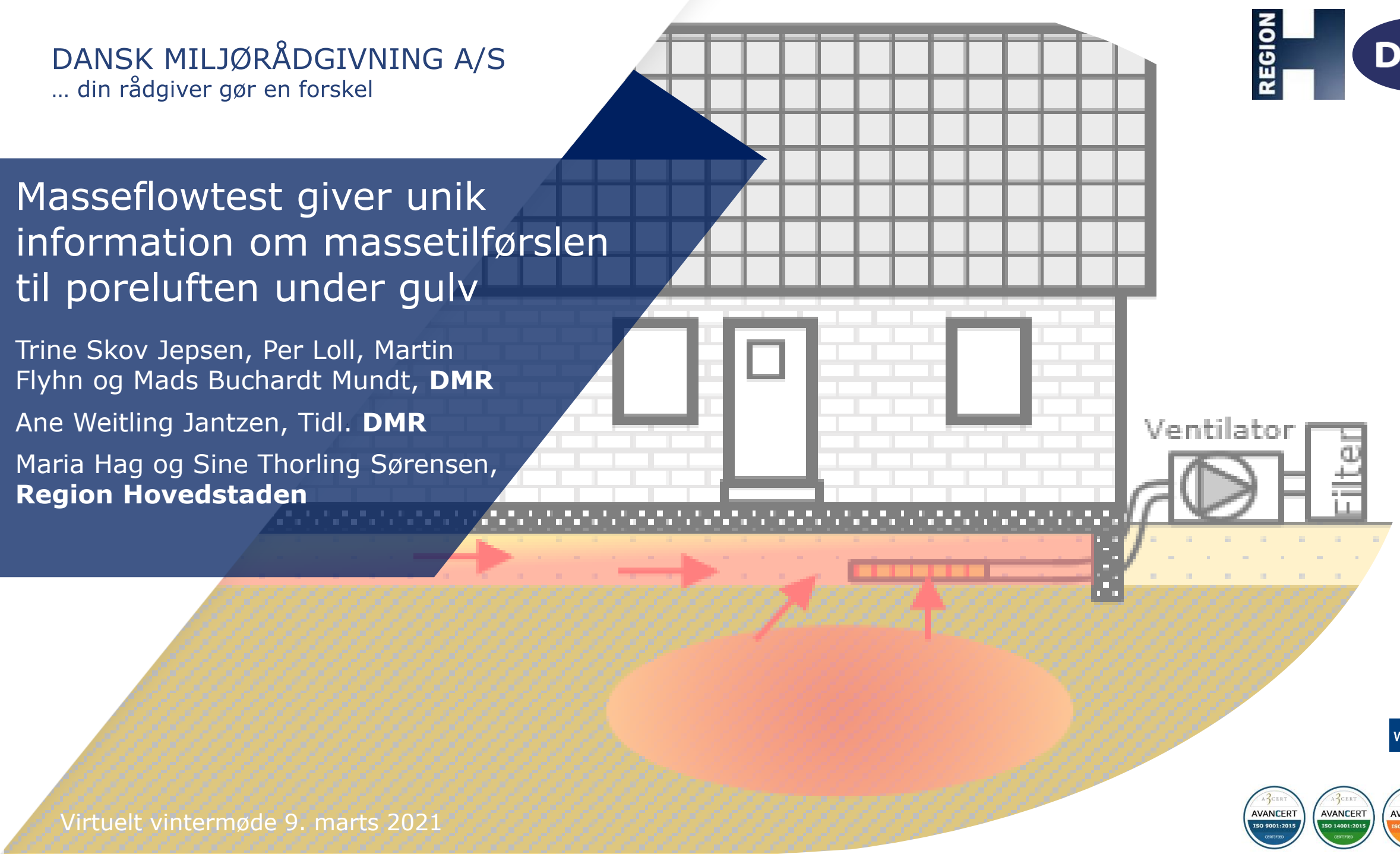
DANSK MILJØRÅDGIVNING A/S
… din rådgiver gør en forskel

Masseflowtest giver unik information om massetilførslen til poreluften under gulv

Trine Skov Jepsen, Per Loll, Martin Flyhn og Mads Buchardt Mundt, **DMR**

Ane Weitling Jantzen, Tidl. **DMR**

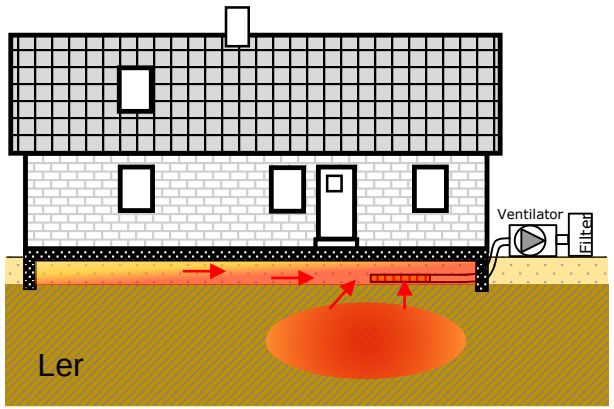
Maria Hag og Sine Thorling Sørensen, **Region Hovedstaden**



www.dmr.dk

Virtuelt vintermøde 9. marts 2021

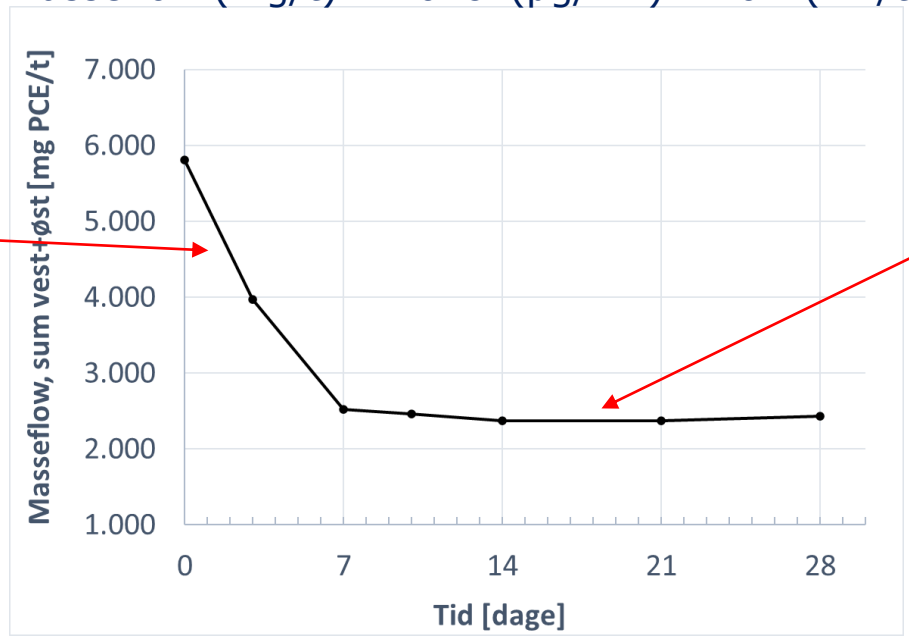
Kort om masseflowtests under gulv

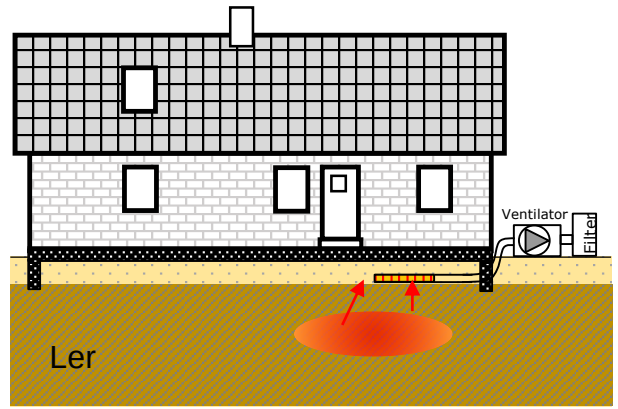


Start test

- Ophobet masse i poreluft under gulv og i formationen fjernes.

Masseflow (mg/t) = konc. (µg/m³) * flow (m³/t)





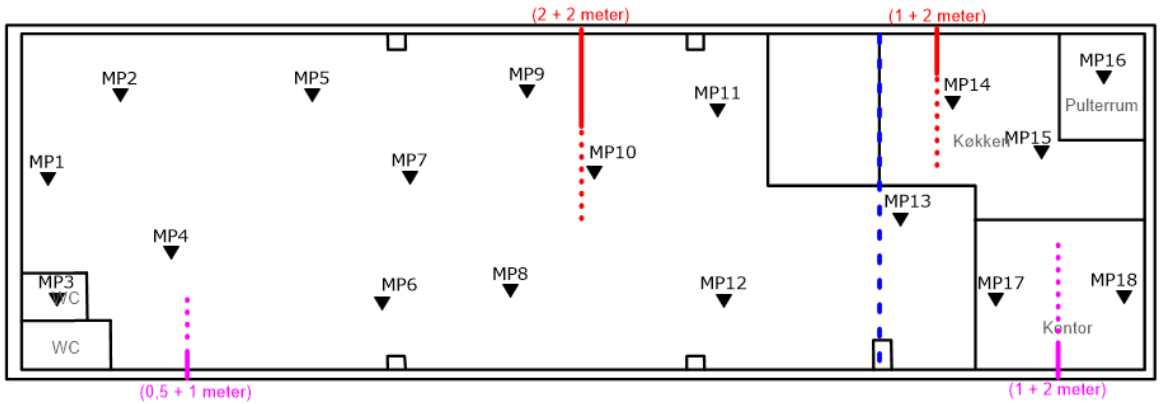
Steady state/Ligevægt

- Afgivelsen af forurening bliver diffusionsbegrænset.
- Der afgives samme mængde fra jordforureningen som der fjernes via masseflow-testen.

Trine Skov Jepsen

Opsætning masseflowtests i Innovationsgaragen

- 6 stk. masseflowtest (3 på nordside og 3 på sydside):
  - Korttidstest over to dage (4 flow).
  - Langtidstest -> Steady State.
- Poreluft (18 pkt.) og indeluftmonitering (9 pkt.) forud for hver test.
- Logning af differenstryk i 18 punkter under gulv.
- 5-6 ugers ”hviletid” imellem hver masseflowtest.



Sokkel
Blindrør - ventilationssug (nord)
Slidset rør - ventilationssug (nord)
Blindrør - ventilationssug (syd)
Slidset rør - ventilationssug (syd)

Hvad kan I forvente at få med hjem

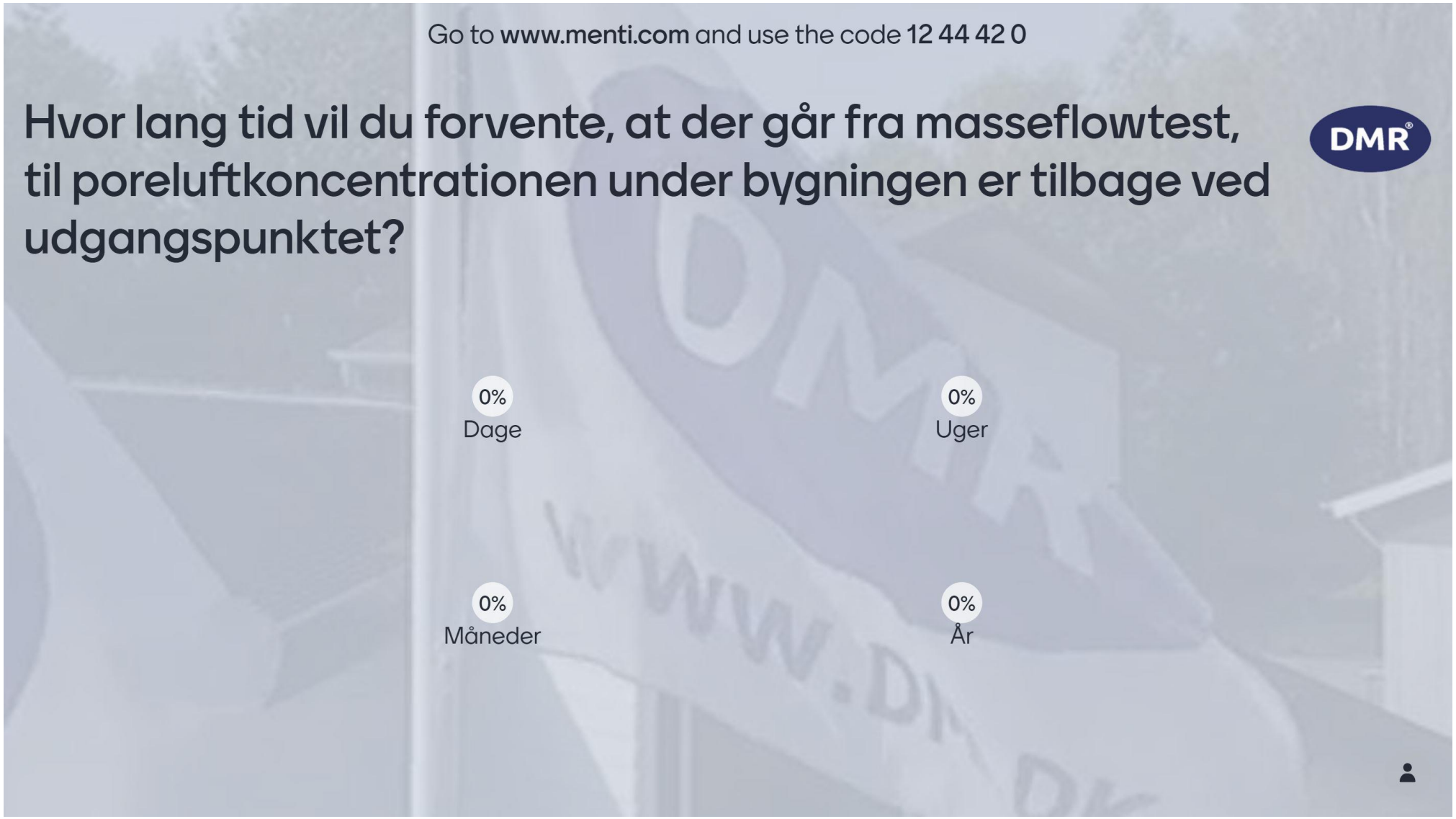
- Best practice og robusthed ved brugen af masseflowtest på indeklimasager.
  - Masseflowtests er et yderst stærkt værktøj til forståelse af samspillet mellem geologi, forureningsfrigivelse og forureningsudbredelse under bygninger.
  - Masseflowtest har således et kæmpe potentiale, når det handler om at bidrage til den konceptuelle forståelse af en given forurenet lokalitet, inkl. forståelse samspillet imellem forureningen under bygningen og forureningsindholdet i indeluften.

Dette oplæg giver jer **ikke** "State of the art for masseflowtests"

Delkonklusion:

Wake up call angående massetilførsel til poreluft under gulv

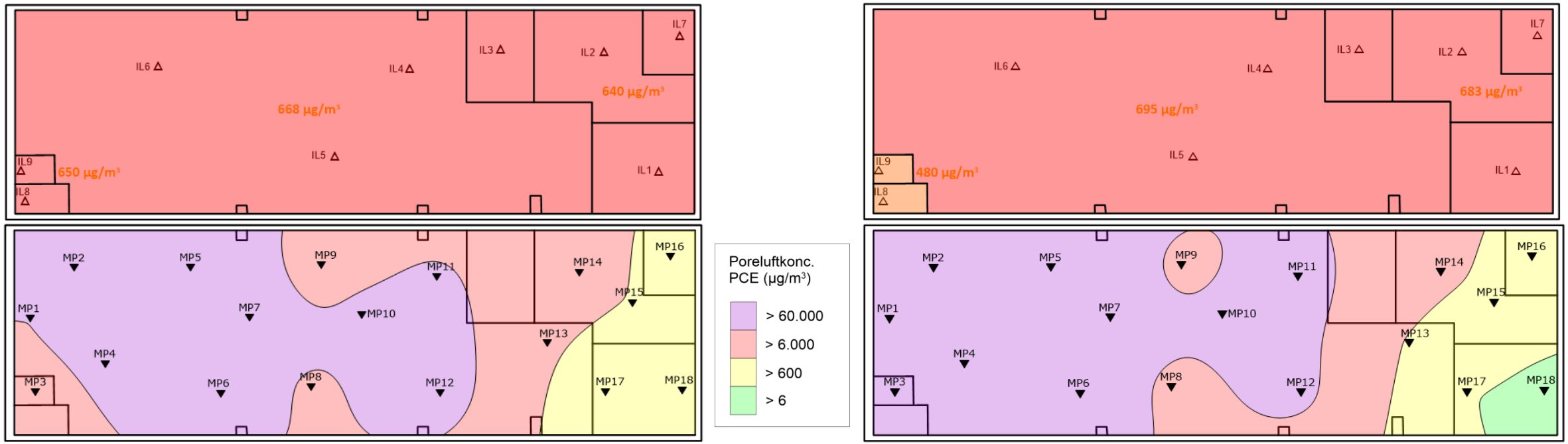
Voxpop


Go to www.menti.com and use the code 12 44 42 0
Hvor lang tid vil du forvente, at der går fra masseflowtest, til poreluftkoncentrationen under bygningen er tilbage ved udgangspunktet?
DMR
0%
Dage
0%
Uger
0%
Måneder
0%
År

Udgangspunkt for tests på Innovationsgaragen

- Poreluftaftryk og indeluftkoncentrationer viser samme udgangspunkt for masseflowtest i 2018 og 1. test i 2019 (PCE).

Under samme fysiske forhold
- Ingen åbenlyse spredningsveje
- 1 år siden sidste ventilation under gulv



Tidl. data - Sep. 2018
AV-gns.: 184.000 µg/m³
Maks: 1.500.000 µg/m³
Gns. indeluft: 650 µg/m³

Samme

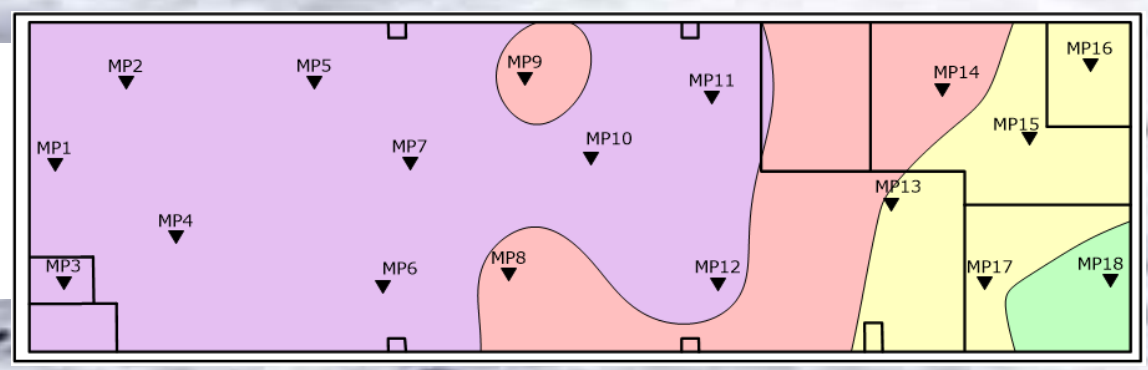
Størrelses-orden

1. Test - Okt. 2019
AV-gns.: 286.000 µg/m³
Maks: 2.200.000 µg/m³
Gns. indeluft: 640 µg/m³

Trine Skov Jepsen

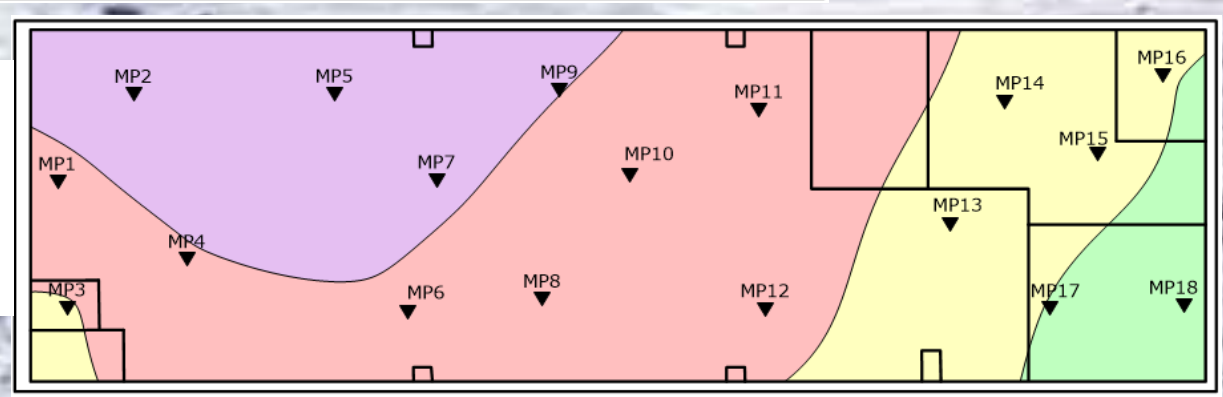
Poreluftaftryk og indeluft – 2 første runder

1. Test - Okt. 2019
AV-gns.: 286.000 µg/m³
Maks: 2.200.000 µg/m³
Gns. Indeluft: 640 µg/m³



Masseflowtest
+
ca. 5 ugers ventetid

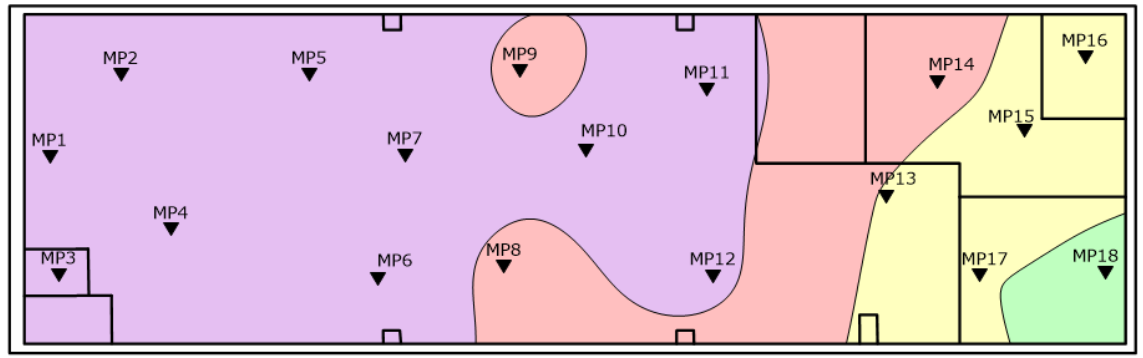
2. Test - Dec. 2019
AV-gns.: 64.000 µg/m³
Maks: 760.000 µg/m³
Gns. Indeluft: 230 µg/m³

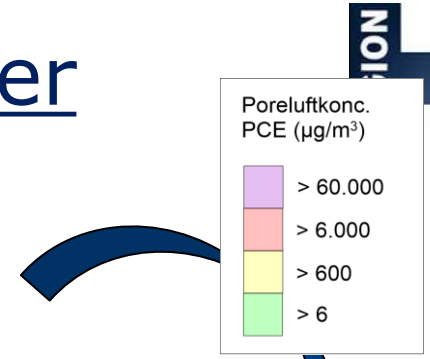


Meget regn i perioden op til og mellem de to masseflowtests (felt-observationer) ->
Resulterer i en større diffusionsbegrænsning og et mindre poreluftvolumen.

Poreluftaftryk og indeluft – 3 første runder

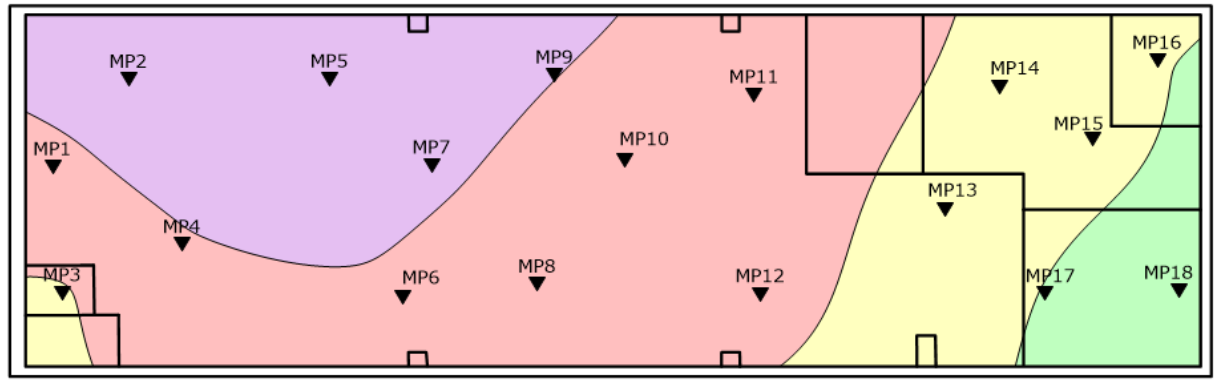
1. Test - Okt. 2019
AV-gns.: 286.000 µg/m³
Maks: 2.200.000 µg/m³
Gns. Indeluft: 640 µg/m³



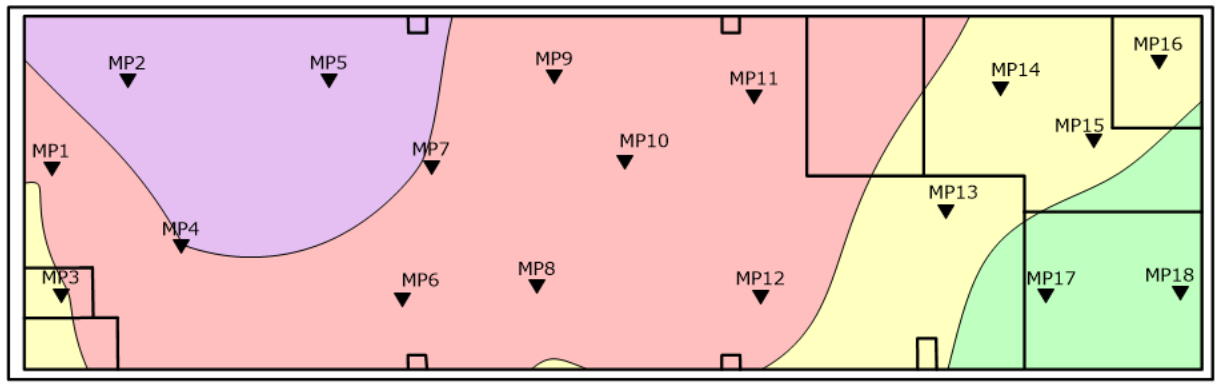


Masseflowtest
+
ca. 5 ugers
ventetid

2. Test - Dec. 2019
AV-gns.: 64.000 µg/m³
Maks: 760.000 µg/m³
Gns. Indeluft: 230 µg/m³



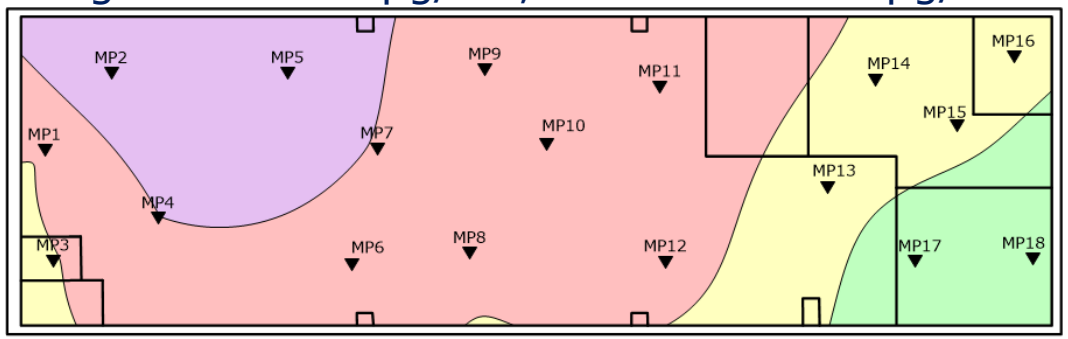
3. Test - Feb. 2020
AV-gns.: 51.500 µg/m³
Maks: 480.000 µg/m³
Gns. Indeluft: 90 µg/m³



Udviklingen i poreluftindholdet

3. Test - Feb. 2020:

AV-gns.: 52.000 µg/m³, Maks: 480.000 µg/m³

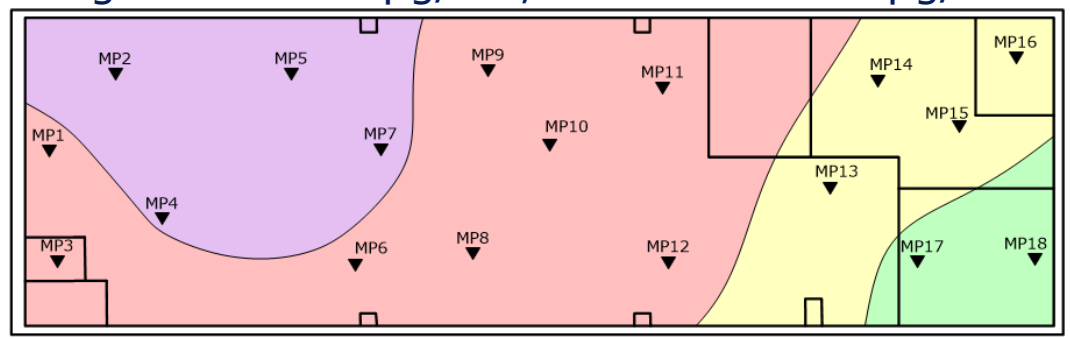


Dage siden sidste test:

89 dage

Maj 2020:

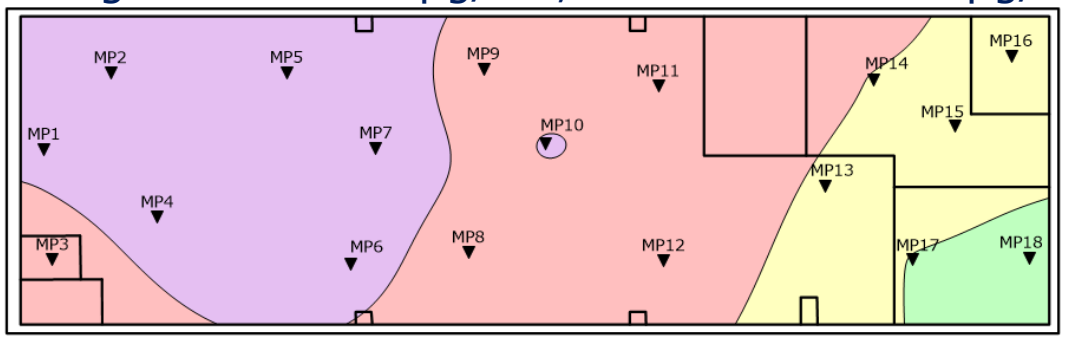
AV-gns.: 80.000 µg/m³, Maks: 760.000 µg/m³



143 dage

Jul. 2020:

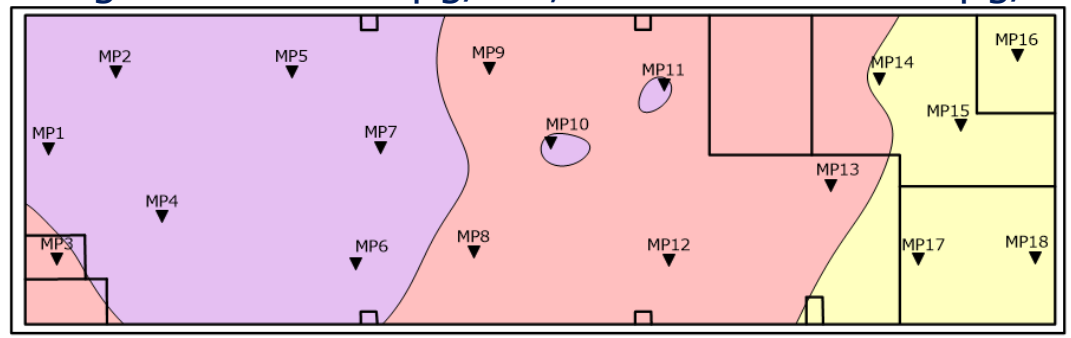
AV-gns.: 150.000 µg/m³, Maks: 1.400.000 µg/m³



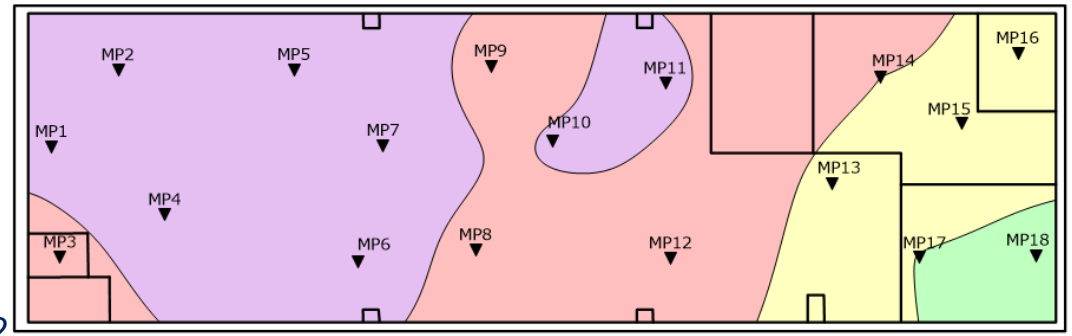
186 dage

Sep. 2020:

AV-gns.: 165.000 µg/m³, Maks: 1.600.000 µg/m³



206 dage



Poreluftkonc.
PCE (µg/m³)

- > 60.000
- > 6.000
- > 600
- > 6

4. Test - Sep. 2020

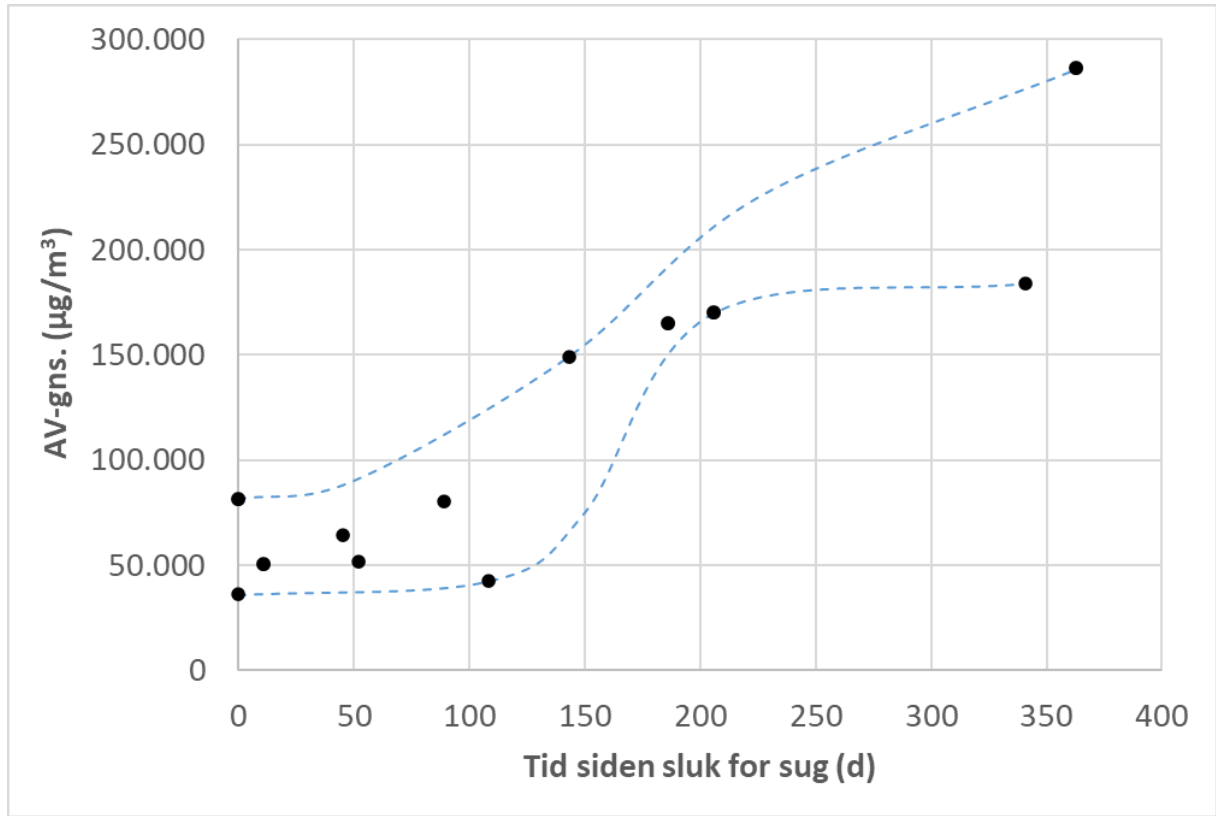
AV-gns.: 170.000 µg/m³

Maks: 1.500.000 µg/m³

Gns. Indeluft: 490 µg/m³

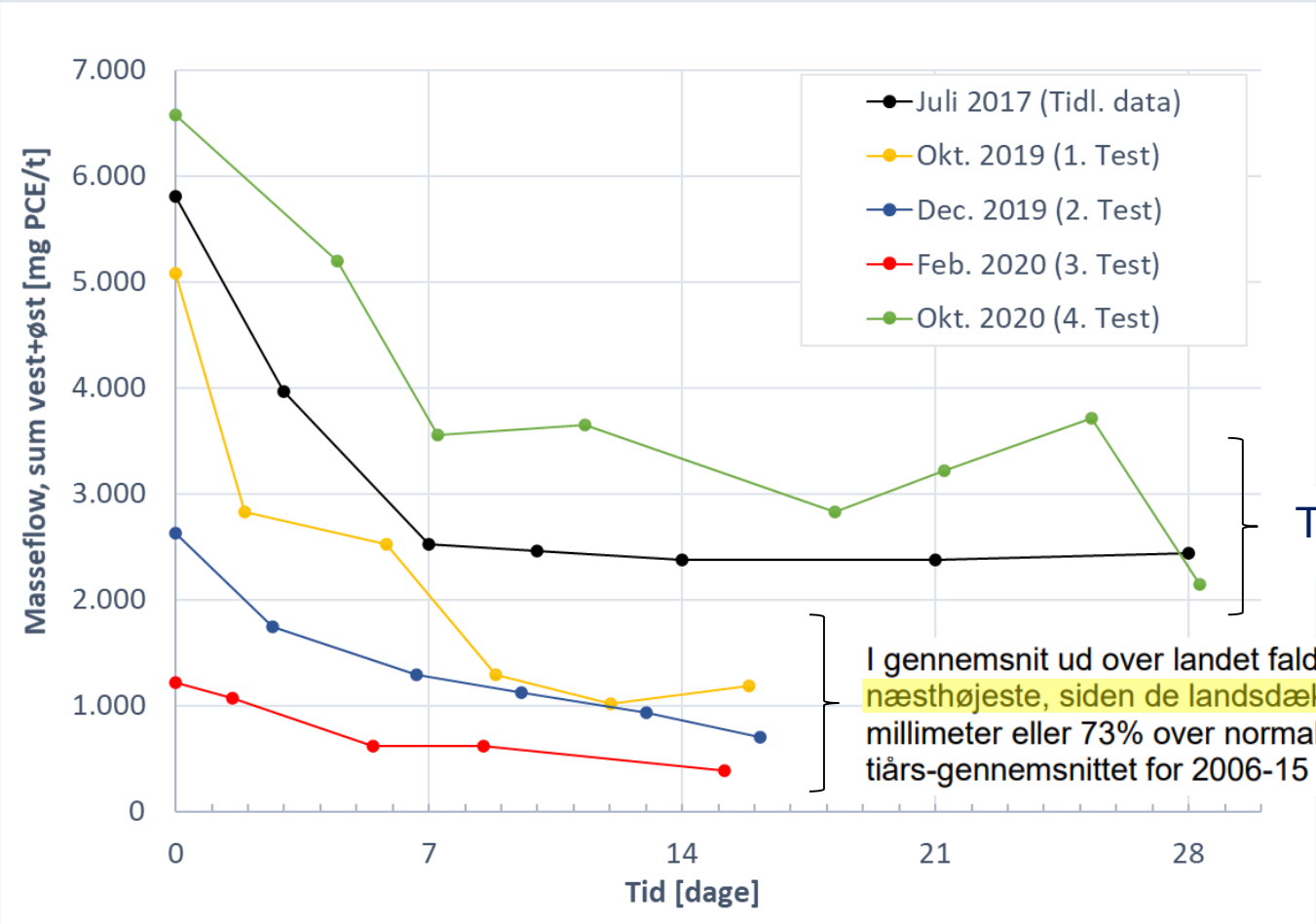
Tilbagediffusion på Innovationsgaragen

- Det arealvægtede gennemsnit (AV-gns.) er plottet imod dage siden sidste masseflowtest.
  - Der går mindst 200 dage, og måske længere, før koncentrationen under bygningen (på Innovationsgaragen) vil være i ligevægt med den tilhørende jordforurening -> der vil ikke ske yderligere diffusion.



Resultater fra langtids-masseflowtests

- Masseflow ved steady state er (på denne sag) afhængigt af nedbørsmængden:
  - Våd periode -> lavere masseflow
    Vandet vil "lukke af" for afgivelsen af forureningsmasse fra matricen til poreluften.
  - Tør periode -> højere masseflow
    Mere forureningsmasse afgives fra matricen.



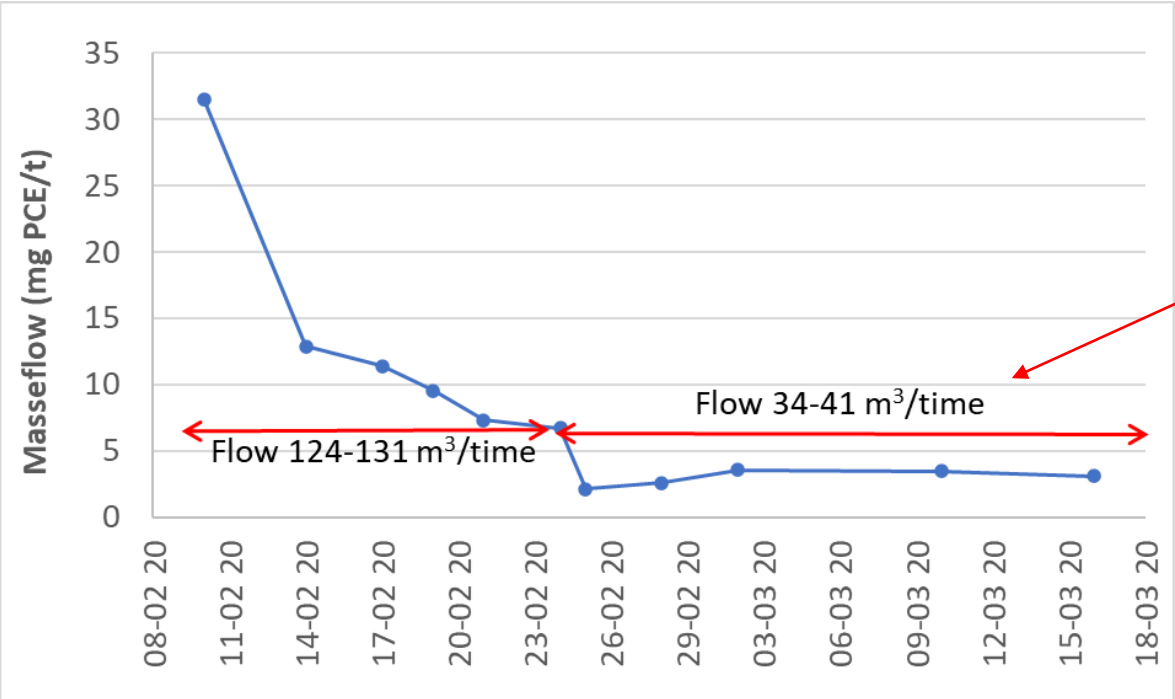
Tørre perioder

I gennemsnit ud over landet faldt der 280,5 millimeter nedbør i vinteren 2019-2020, hvilket er det næsthøjeste, siden de landsdækkende nedbørsmålinger i Danmark startede i 1874. Det er 118,5 millimeter eller 73% over normalen for 1961-90 (162 millimeter) og 94,5 millimeter eller 51% over tiårs-gennemsnittet for 2006-15 (186 millimeter).

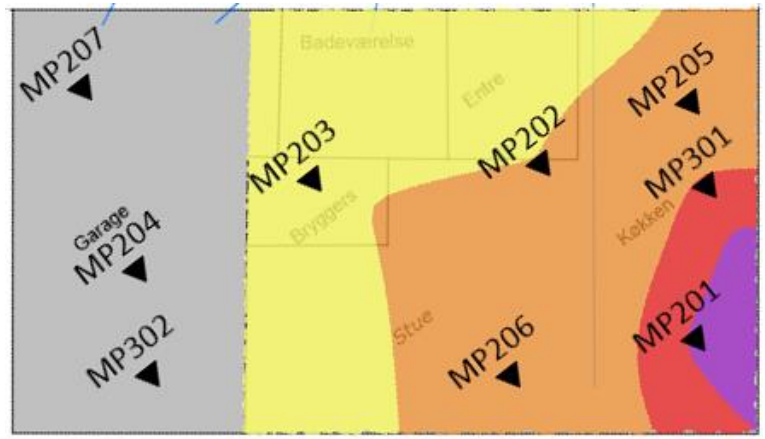
Tager det altid så lang tid ???

En anden lokalitet

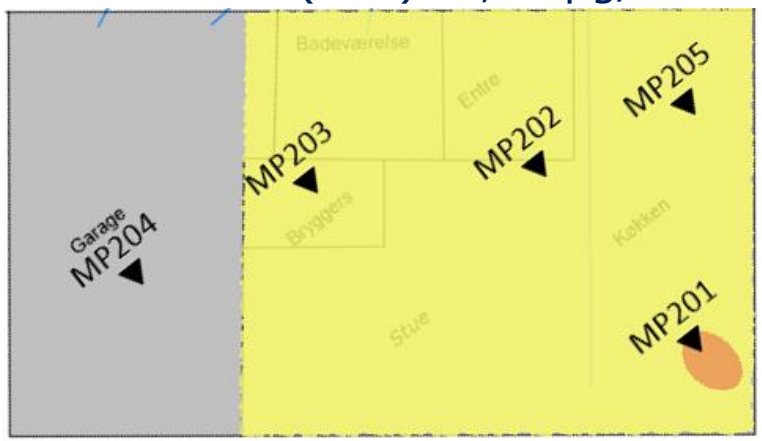
På en anden lokalitet udføres en masseflowtest som en del af en indeluftundersøgelse og som forberedelse til afværge.



Indledende
- okt. 2018 og dec. 2019
AV-gns.: 2.100 µg/m³
Gns. indeluft (PCE): 40-52 µg/m³



Masseflowtest - Mar. 2020
AV-gns.: 180 µg/m³
Gns. indeluft (PCE): 0,97 µg/m³

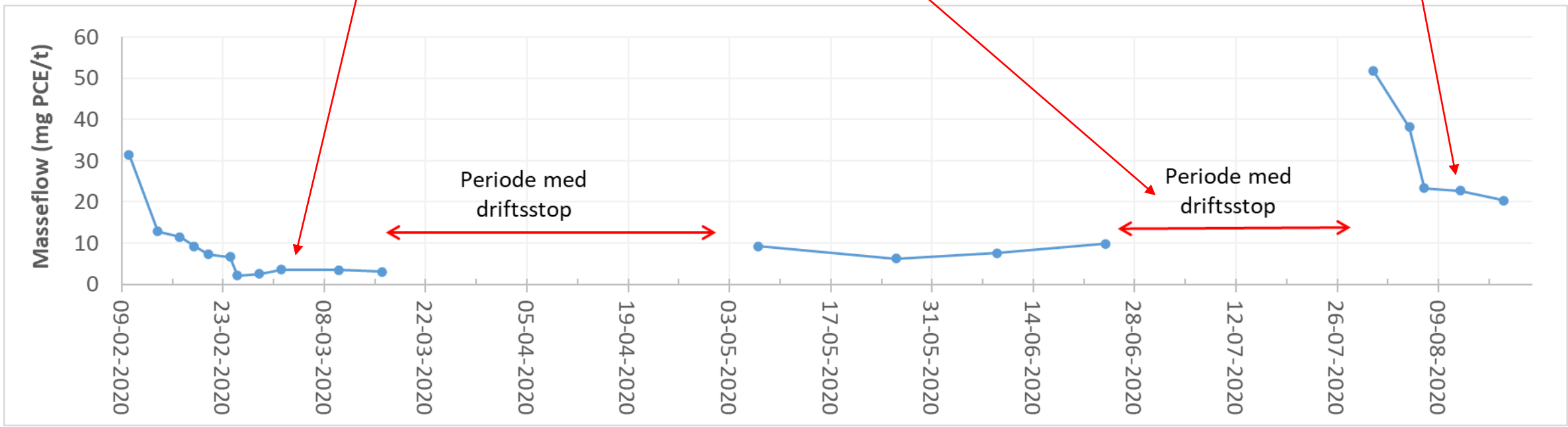


En anden lokalitet

Ventilationstest - Mar. 2020
AV-gns.: 180 µg/m³
Gns. indeluft (PCE): 0,97 µg/m³

Driftstop - jul. 2020
Gns. indeluft (PCE): 40 µg/m³

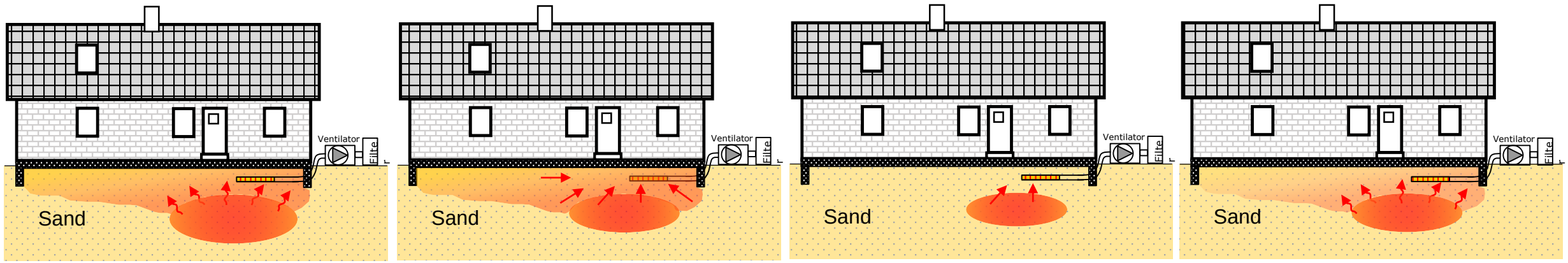
Ventilation - aug. 2020
Gns. indeluft (PCE): 0,90 µg/m³



- Få dage efter driftsstop er indeluftkoncentration tilbage ved udgangspunktet.

Konceptuel forståelse – Sand (anden lokalitet)

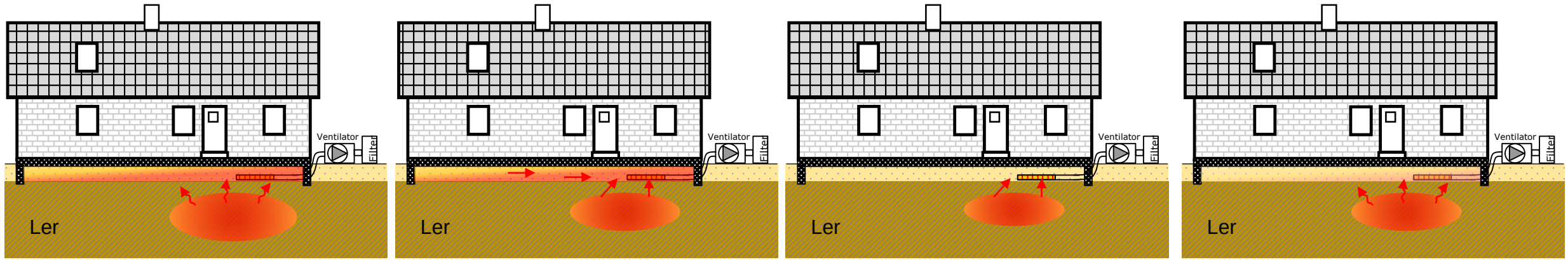
- Forskellen på de to (tre) meget forskellige fysiske systemer er simplificeret i konceptuelle modeller.
- Sand (lav diffusionsbegrænsning):
  - Stor ophobet masse (i poreluft) -> hurtig tilbagediffusion (rebound)



Før | Under | Steady state/ Ligevægt | Efter

Konceptuel forståelse – Ler (Innovationsgaragen)

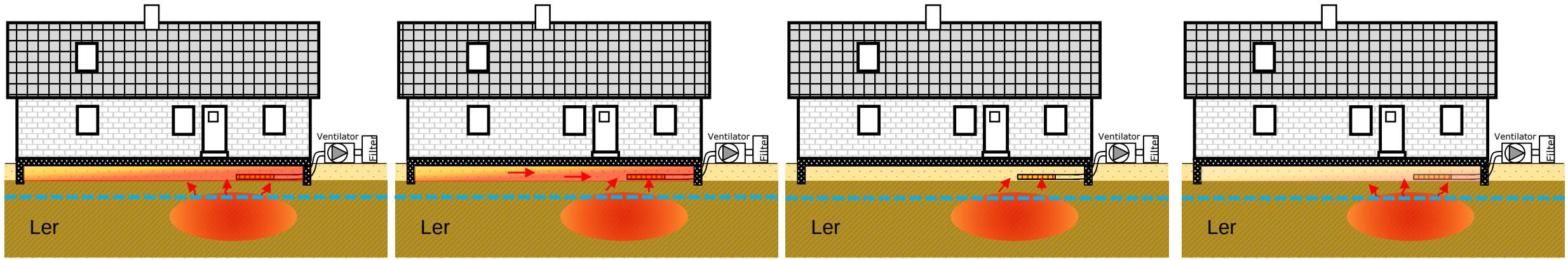
- Forskellen på de to (tre) meget forskellige fysiske systemer er simplificeret i konceptuelle modeller.
- Ler (diffusionsbegrænset):
  - Lille ophobet masse (i poreluft) -> langsom tilbagediffusion (rebound)



Før | Under | Steady state/ Ligevægt | Efter

Konceptuel forståelse – Våd ler (Innovationsgaragen)

- Forskellen på de to (tre) meget forskellige fysiske systemer er simplificeret i konceptuelle modeller.
  - De foreløbige undersøgelser tyder på, at der er en yderligere begrænsning i den diffusionsstyrede påvirkning af poreluften i våde perioder, da fugt i jorden hindrer frigivelsen af PCE til poreluften (endnu mere).
- Våd ler (ekstremt diffusionsbegrænset):
  - Lille ophobet masse (i poreluft) -> Meget langsom tilbagediffusion (rebound)



Før | Under | Steady state/ Ligevægt | Efter

Iboende dilemma

- Den konceptuelle forståelse af om forureningstilførsel til poreluften under en bygning er diffusionsbegrænset eller ej, lader sig bedst/kun undersøge vha. en masseflowtest.
- MEN gennemføres undersøgelsesaktiviteterne ikke i den rigtige rækkefølge på en lokalitet med diffusionsbegrænset forureningsfrigivelse vil man i værste fald komme til at lave forfejlede vurderinger.

Take home messages

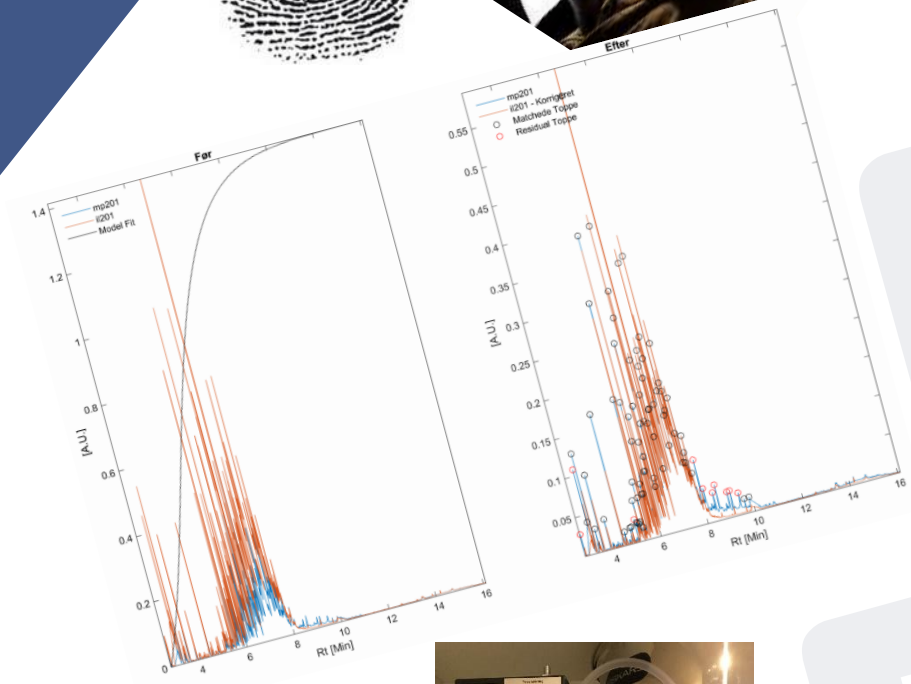
- Masseflowtesten er en meget aggressiv testmetode som i høj grad ændrer forureningsforholdende under en bygning hvilket afspejles i indeluftkoncentrationerne.
- Tilbagediffusionen for ophobet poreluft er afhængig af geologi.
  - Lav diffusionsbegrænsning (sand) – hurtig rebound -> dage/uger
  - Høj diffusionsbegrænsning (ler) – langsom rebound -> måneder/år
- Vand/fugt i formationen kan ændre poreluftaftrykket og tilbagediffusionen væsentligt.
- Forvent ikke at du kan lave en retvisende poreluft- eller indeluftundersøgelse i en periode efter en masseflowtest.

DANSK MILJØRÅDGIVNING A/S
… din rådgiver gør en forskel

www.dmr.dk

Poreluftbidrag til indeluften

Avanceret kemisk fingerprinting anvendt på virkelige sager (kildedifferentiering)



Per Loll

Peter B. Mortensen
og Signe Vork

Henriette Kerrn-Jespersen
og Sine T. Sørensen

Kristoffer G. Poulsen, Giorgio Tomasi
og Jan H. Christensen

Eline B. Weeth

ATV Vintermøde, 9. marts 2021

Hvad har vi i værktøjskassen?

- Vi har 4 principielle måder til bestemmelse af bidrag til indeluften:

1. Måling u/ gulv og beregning vha. model (f.eks. JAGG) + vurdering af bidrag via direkte spredningsveje.
2. Måling u/ gulv og beregning vha. reduktionsfaktorer (erfaringstal).
3. Måling på kildeside + tracerstudium.
4. Direkte måling i indeluft (hvis der ikke er interne bidrag).

Måling i indeluften

4a. For chlorerede opløsningsmidler kan man ofte slippe afsted med at måle i indeluften – da der sjældent er væsentlige interne bidrag.

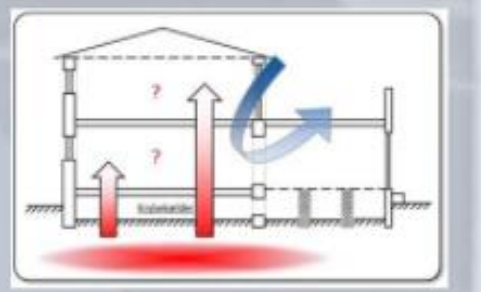
Her er mit fokus i dag

4b. For oliekulbrinter derimod, er der ofte så store interne bidrag, at størstedelen af indholdet i indeluften skal bortforklares.

Indlæg af Flemming H. Andersen i morgen eftermiddag (13.40-15.00)

Go to www.menti.com and use the code 13 06 50 9

Bidrag af oliekulbrinter fra poreluften:



helt uenig

Helt enig

En faktor 100 er alt jeg har behov for

JAGG-modellen kan alt det jeg vil

Jeg ville gerne måle direkte i indeluften

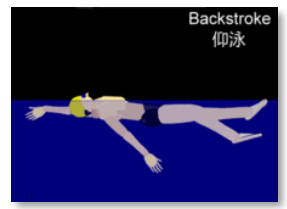
Jeg måler direkte i indeluften. Interne bidrag volder ikke probelemer

Hvordan skiller vi de interne bidrag fra?

- Problemet i en nøddeskal:

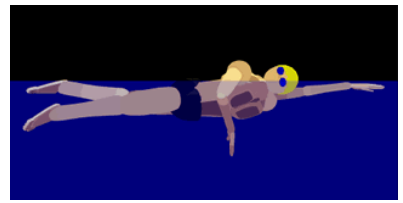
  - Afdampningskriterierne (ADK) er bidragskriterier, så vi skal kun forholde os til bidraget fra poreluften (jord/grundvand).
  - Baggrundsniveauerne kan "overdøve" bidraget fra poreluften.
  - Hvis vi måler >ADK i indeluften, skal vi ofte bruge mange kræfter på at "vaske tavlen ren".
  - Dette afholder os fra at vade ind i den situation, hvis vi på forhånd tænker er risikoen er "høj" (renserier og olie).
  - Vi har kun relativt usikre indirekte metoder til vores rådighed, jf. slide 2:
    1. Måling u/ gulv og beregning vha. model …
    2. Måling u/ gulv og beregning vha. reduktionsfaktorer …
    3. Måling på kildeside + tracerstudium.

- *Jeg* ville virkelig gerne kunne måle direkte i indeluften, uden en alt for stor risiko for at skulle svømme baglæns …



Men hvor er vi dog bare fantastisk heldige …

- … for det er jo præcis det resten af mit indlæg handler om.
  4. Direkte måling i indeluft (selvom der er interne bidrag).



Måling i indeluften

2

4a. For chlorerede opløsningsmidler kan man ofte slippe afsted med at måle i indeluften – da der sjældent er væsentlige interne bidrag.

1

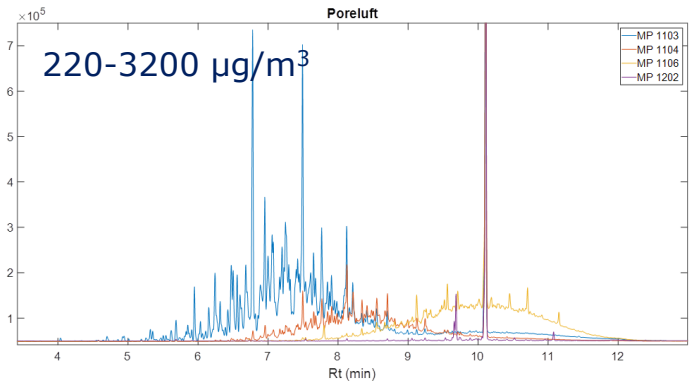
4b. For oliekulbrinter derimod, er der ofte så store interne bidrag, specielt for TVOC og benzen, at poreluftbidraget drukner.

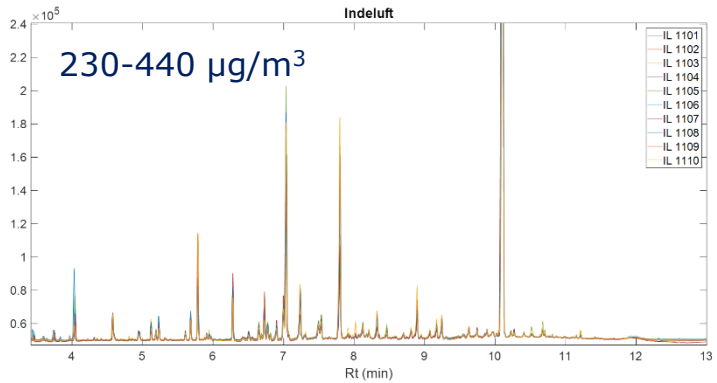
- Jeg vil præsentere et lovende nyt analyseværktøj, der ”æder interne bidrag til morgenmad” (den er OP!).
  - Værktøjet er i beta-testning (= ikke helt færdigt), så forvent ikke en ost, helt uden huller.

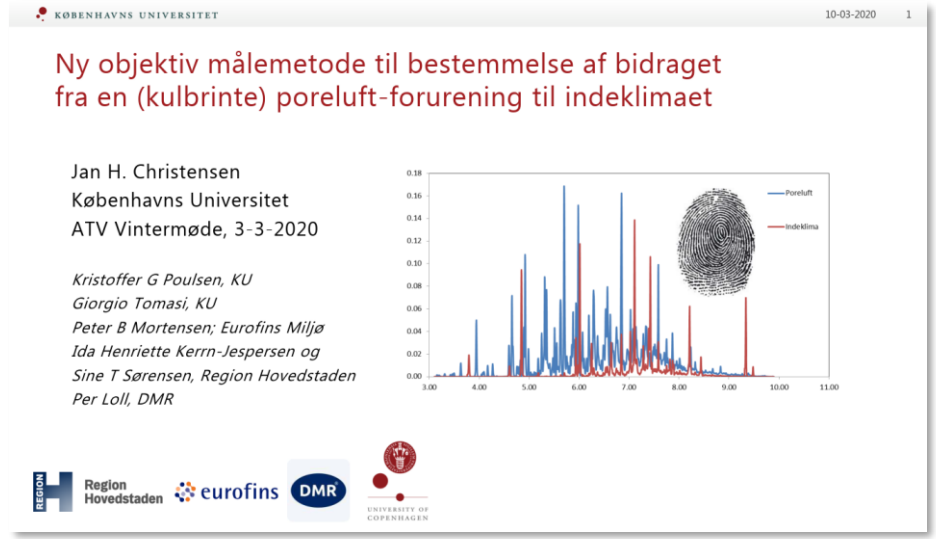
Kildedifferentiering

Metoden – helt kort (1/3)

- Metoden blev præsenteret på sidste års Vintermøde, så her får I blot den helt korte version:
  - Forestil jer en stak chromatogrammer; fire fra poreluften og 10 fra indeluften:



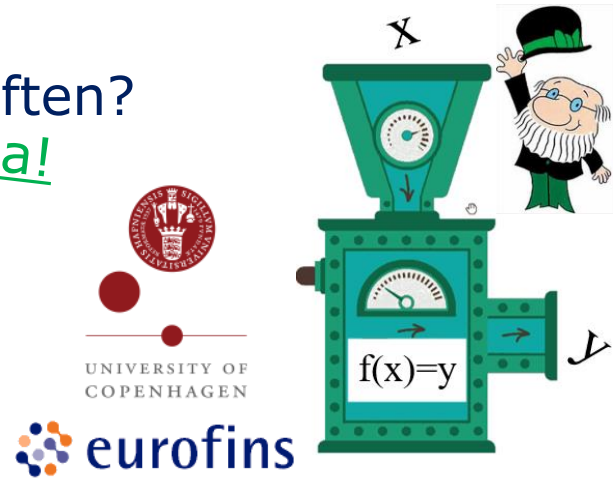




  - De ligner jo overhovedet ikke hinanden!
  - Kan det være samme kilde/produkt i poreluften?
  - Kan man virkelig sige noget om hvor meget i IL, der kommer fra PL? *Ja!*

Ja!

Vi skal lige have fat i "maskinen" fra matematik i slut-70'erne:

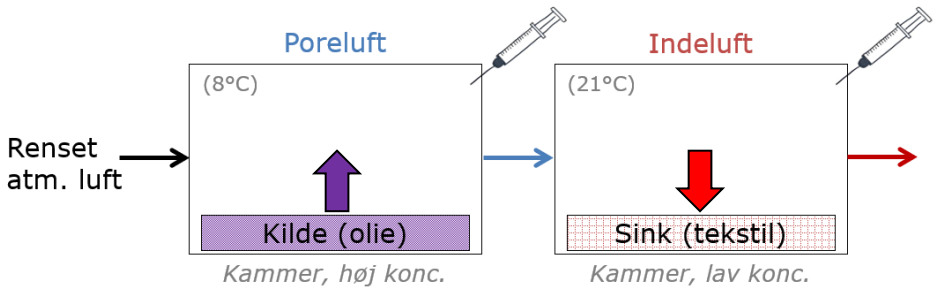


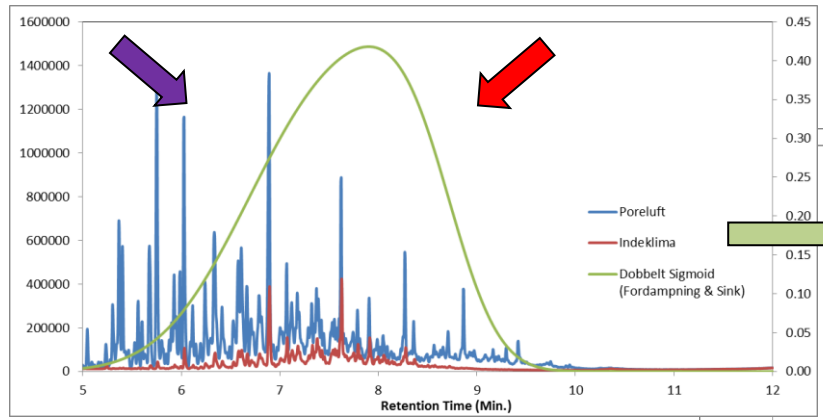
Stofkendskab
Analyseteknik
Modellering

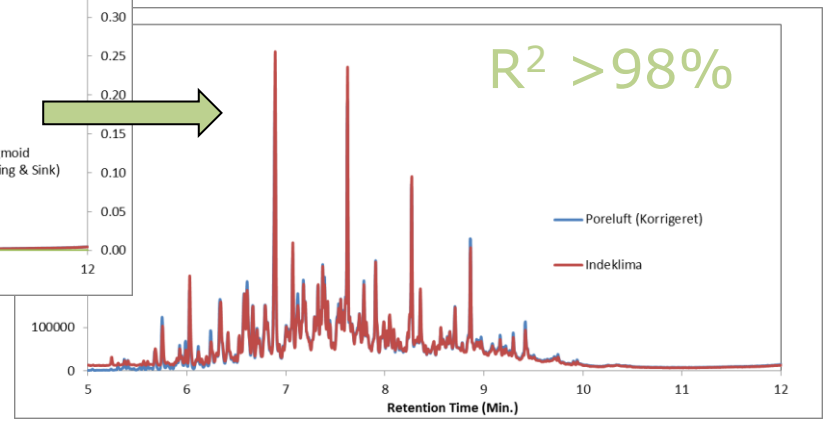
Metoden – helt kort (2/3)

- Parallel-chromatografering: GC-FID/-MS (kvantifikation og identifikation).
- Modellering af "forvitring" når en forurening afdamper og bevæger sig igennem jord, betongulv, bygninger og inventar:

Kontrolleret forvitringsforsøg i flow-kammer, hvor vi ved at PL->IL



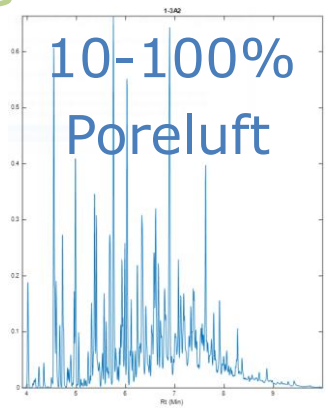




- Fordampningseffekter
- Sorptionseffekter (sink)

} Dobbelt-sigmoid model

- Validering på syntetiske sammenblandinger af PL og forskellige kildetyper.



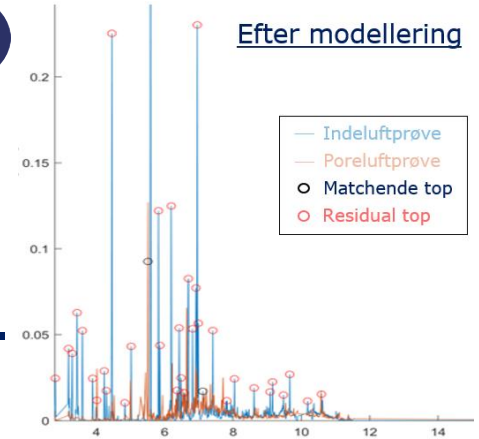
+forsk. interne bidrag (N=196)

Metoden – helt kort (3/3)

- Oliesager fra den virkelige verden:
  1. Kvantifikation (µg/m³), jf. alm. olieanalyse (FID for TVOC).

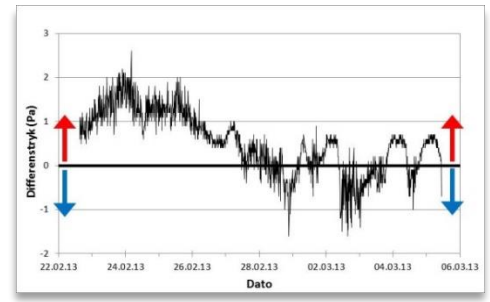
Evt.

  2. Modellering af det maksimalt poreluftindhold i indeluftprøverne.
     - Nogle toppe passer til modellen; andre er residualer.



Evt.

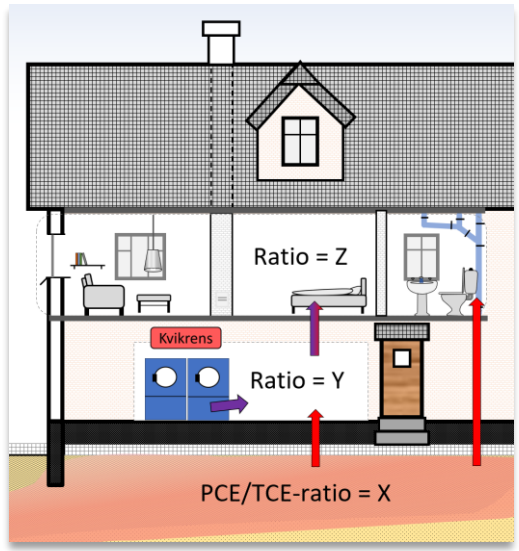
  3. Kvalificering af residualerne (MS) -> nogle stoffer/bidrag kan trækkes fra:
     - Toppe hvor IL >> PL (evt. "genforurening").
     - Nogle stoffer ikke fra en oliekilde, database med interne kilder.



Evt.

  4. Kvalificering af styrende, matchende toppe (MS):
     - Nogle toppe er ikke matchende stoffer. Kan trækkes fra.
  5. Endelig vurdering af poreluftbidrag til indeluft (µg/m³).

- For chlorerede opløsningsmidler (spin-off):
  - PCE/TCE-ratioen i poreluften kan være ens.
  - Forbedret og mere præcis analysemetode (også ved helt lave og helt høje konc.).
  - Massebalance. To ligninger med to ubekendte ->



Per Loll

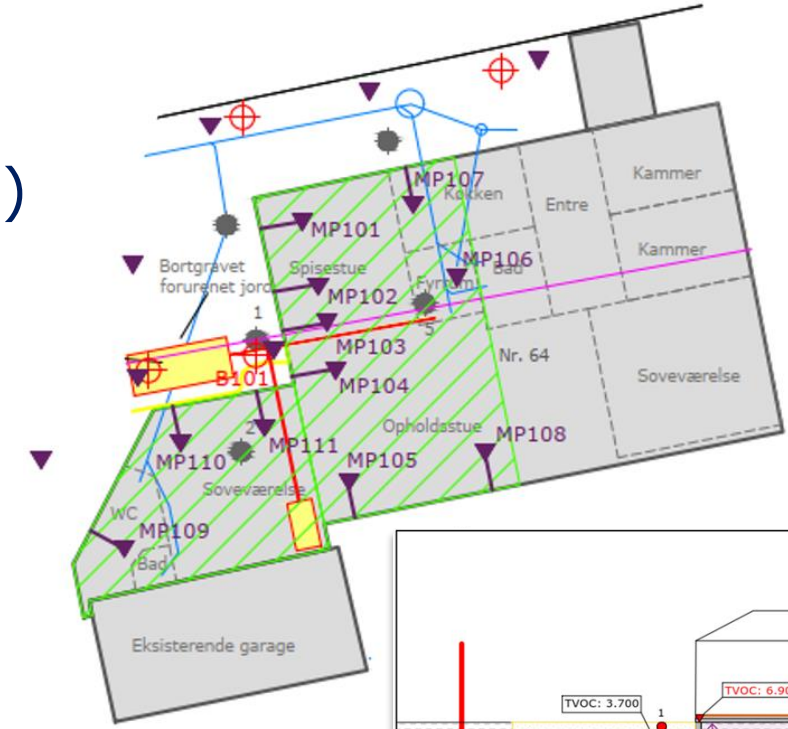
Men kan det bruges i den virkelige verden?

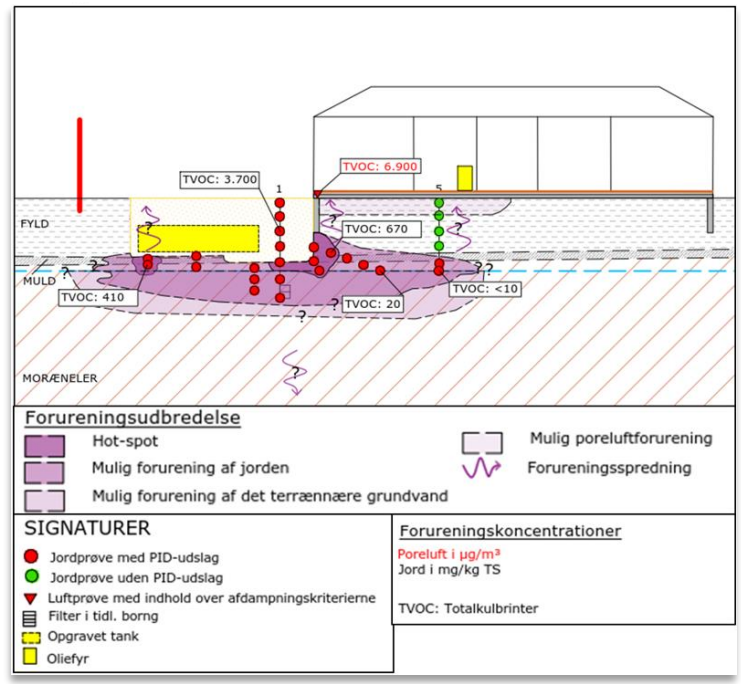
- Vi har indtil videre arbejdet med 6 oliesager:
  - På 1 sag var poreluftbidraget til kælder 96-98% (bidrag >100 µg/m^3, ikke bolig).
  - På 1 sag var IL 230-440 µg/m^3, men poreluftbidrag <100 µg/m^3.
  - På 1 sag var IL 1.400 µg/m^3, men vi kan påvise, at poreluftforureningen skyldes interne bidrag fra erhverv i stueplan. Bidraget i boligen … (ikke færdigbehandlet).
  - På 3 sager kunne vi afvise risiko på alm. vis (pga. lave poreluftkoncentrationer).
    - … og på 1, gjorde kildesammensætningen, at grunden ville kunne udtages af den offentlige indsats (ikke fyringsolie).

- Og 4 sager med chlorerede opløsningsmidler:
  - Vi har ikke haft en sag med interne bidrag endnu, men har fokuseret på at se om PCE/TCE-ratioen i poreluften var ca. konstant.
  - På 2,5 af sagerne konstant indenfor x 2; den halve sag havde en overlappende olieforurening (½ godt; ½ skidt).
  - På 1 sag var ratioen ikke konstant.

Et godt eksempel (1/4)

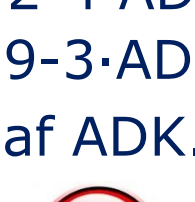
- Bolig fra 1961 på 100 + 25 m^2 (tilbygn.)
  - Membran (kvalitet og placering ukendt).
  - Nedgravet olietank fra ca. 1960.
  - Skift til overjordisk tank før 1996.
- 1997: Opgravning af nedgravet tank med hul og 9 ton jordforurening.
  - Derefter etablering af fjernvarme.
- Afgrænsende undersøgelse 2019+
  - Flere runder poreluft.
  - Flere runder luft fra spredningsveje.
  - Ikke måling i indeluft pga. risiko for interne bidrag.



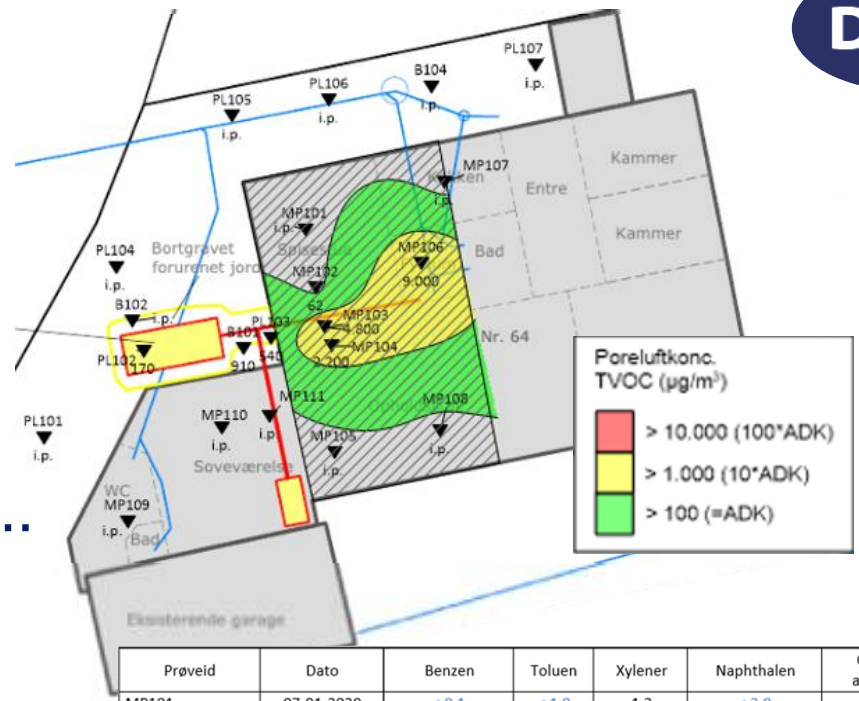


Et godt eksempel (2/4)

- Traditionelle undersøgelsesresultater:
  - i.p.-190 µg/m³ i hulmure og kloakker.
  - Poreluftkonc. op til 9000 µg/m³ (Max).
  - Arealvægtet gns. ca. 1000 µg/m³ (AVG).
- Same procedure as every year, James…
- Bidrag til indeluft:
  - JAGG +uarmeret betongulv -> 2-4·ADK.
  - Red.faktor på max. konc. -> 0,9-3·ADK.
  - Red.faktor på AVG -> 10-30% af ADK.
  - Risikovurdering ”på vippen” -> yderligere undersøgelser.



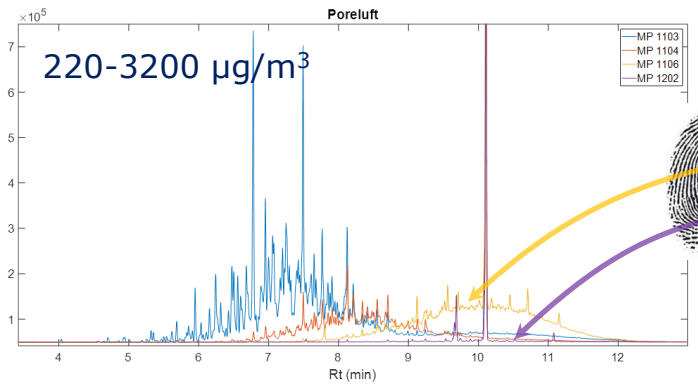
+Kildedifferentiering

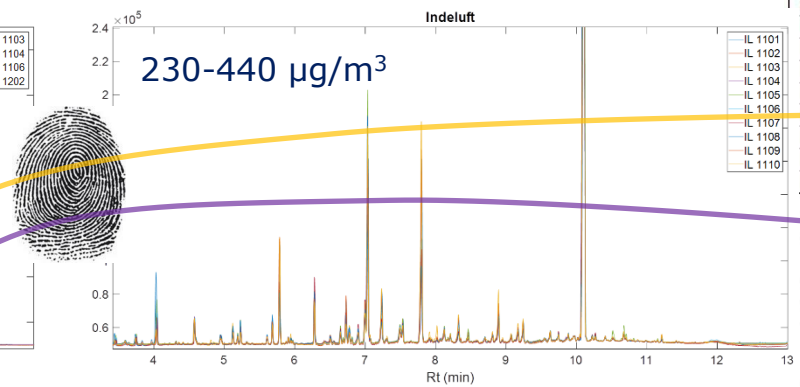


Prøveid	Dato	Benzen	Toluen	Xylener	Naphthalen	C9/C10-aromater	TVOC
MP101	07-01-2020	< 0,1	< 1,0	1,2	< 2,0	i.p.	i.p.
MP102	07-01-2020	< 0,1	< 1,0	1,6	< 2,0	i.p.	62
	10-06-2020	< 0,1	< 1,0	i.p.	< 2,0	i.p.	680
MP103	07-01-2020	0,15	< 1,0	22	< 2,0	52	4800
	10-06-2020	< 0,1	< 1,0	i.p.	< 2,0	3,2	880
MP104	07-01-2020	0,76	1,1	2,2	< 2,0	1,4	2200
MP105	07-01-2020	< 0,1	< 1,0	0,54	< 2,0	i.p.	i.p.
MP106	10-06-2020	< 0,1	< 1,0	i.p.	< 2,0	i.p.	3000
	09-01-2020	< 0,2	< 2,0	2,1	< 5,0	i.p.	9000
	10-06-2020	< 0,1	< 1,0	i.p.	< 2,0	i.p.	100
MP107	13-01-2020	< 0,1	< 1,0	0,46	< 2,0	i.p.	i.p.
	09-06-2020	< 0,1	< 1,0	i.p.	< 2,0	i.p.	i.p.
MP108	07-01-2020	0,12	< 1,0	1,4	< 2,0	i.p.	i.p.
	09-06-2020	< 0,1	< 1,0	i.p.	< 2,0	i.p.	i.p.
MP109	07-01-2020	0,15	< 1,0	0,6	< 2,0	i.p.	i.p.
MP110	07-01-2020	< 0,1	< 1,0	0,48	< 2,0	i.p.	i.p.
MP111	07-01-2020	0,13	< 1,0	0,42	< 2,0	i.p.	i.p.
	10-06-2020	< 0,1	< 1,0	i.p.	< 2,0	i.p.	i.p.
MP112	09-06-2020	< 0,1	< 1,0	i.p.	< 2,0	i.p.	i.p.
MP113	09-06-2020	< 0,1	< 1,0	i.p.	< 2,0	i.p.	i.p.
MP114	09-06-2020	< 0,1	< 1,0	i.p.	< 2,0	i.p.	i.p.
ULREF1	07-01-2020	0,46	1,2	0,76	< 2,0	i.p.	i.p.
ULREF2	07-01-2020	0,66	1,3	2,4	< 2,0	i.p.	i.p.
ULREF3	09-01-2020	3,5	13	13	< 5,0	2,1	i.p.
ULREF4	13-01-2020	0,5	< 1,0	0,44	< 2,0	i.p.	i.p.
Ulref7	09-06-2020	0,11	< 1,0	0,26	< 2,0	i.p.	i.p.
Ulref8	10-06-2020	< 0,1	< 1,0	0,22	< 2,0	i.p.	i.p.
Afdampnings-kriterier		0,13	400	100	40	30	100

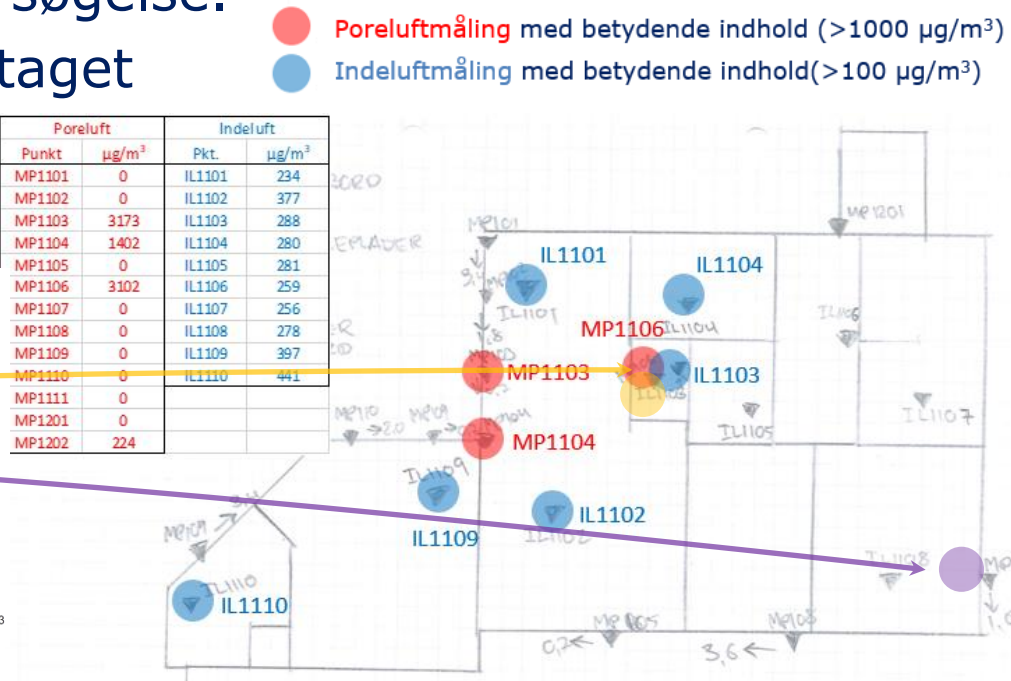
Et godt eksempel (3/4)

- Resultater (kildedifferentiering):
  - Konceptuel sammenhæng med alm. undersøgelse.
  - Poreluftkonc. op til 3.200 µg/m³ (Max) udtaget succesivt (lige efter de alm.).
  - 10 stk. IL-målinger (230-440 µg/m³).

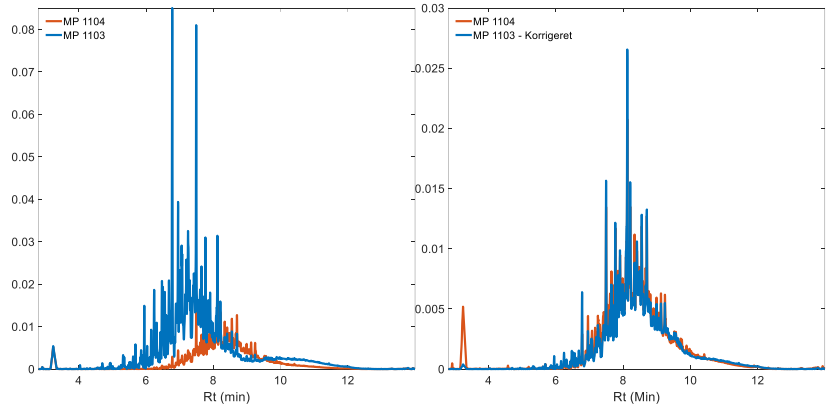




Poreluft		Indeluft	
Punkt	µg/m³	Pkt.	µg/m³
MP1101	0	IL1101	234
MP1102	0	IL1102	377
MP1103	3173	IL1103	288
MP1104	1402	IL1104	280
MP1105	0	IL1105	281
MP1106	3102	IL1106	259
MP1107	0	IL1107	256
MP1108	0	IL1108	278
MP1109	0	IL1109	397
MP1110	0	IL1110	441
MP1111	0		
MP1201	0		
MP1202	224		

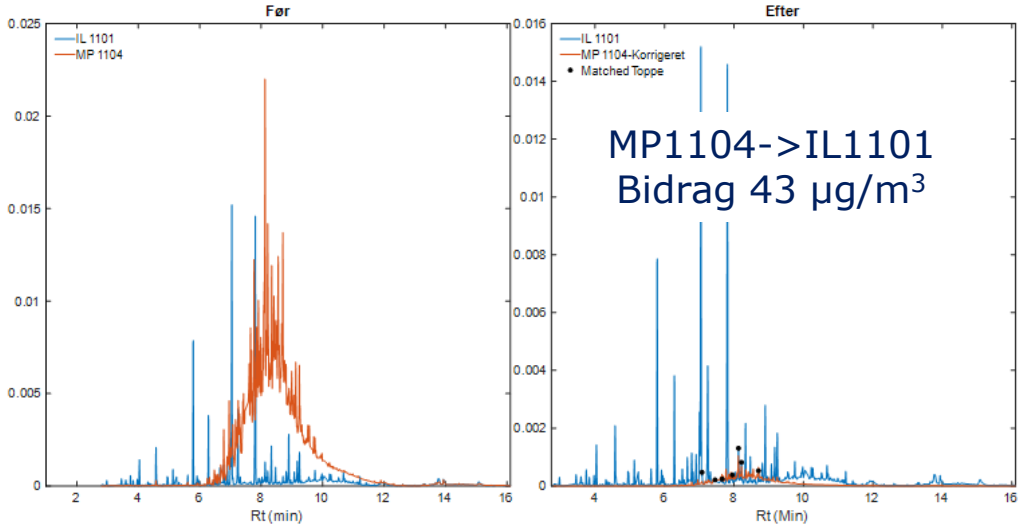


- Masser af information:
  - Fingeraftryk 1 (MP1103/MP1104).
  - Fingeraftryk 2 (MP1106).
  - Fingeraftryk 3 (MP1102).
  - Indeluft = samme fingeraftryk.

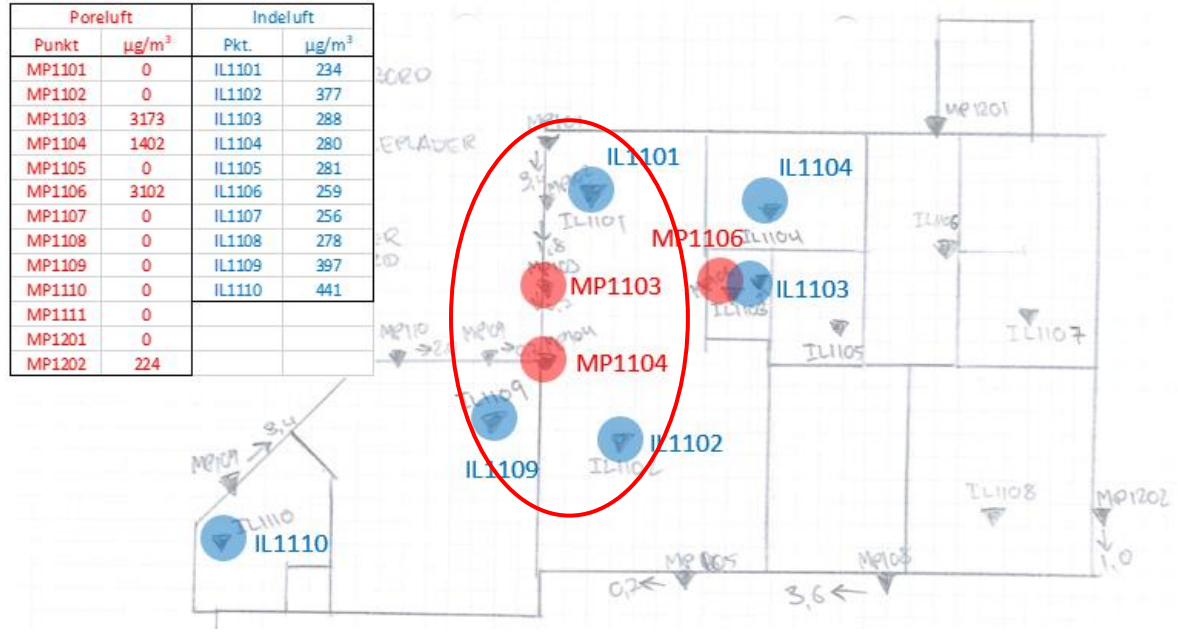


Et godt eksempel (4/4)

- Modellering af poreluftbidrag:



Poreluft		Indeluft	
Punkt	µg/m³	Pkt.	µg/m³
MP1101	0	IL1101	234
MP1102	0	IL1102	377
MP1103	3173	IL1103	288
MP1104	1402	IL1104	280
MP1105	0	IL1105	281
MP1106	3102	IL1106	259
MP1107	0	IL1107	256
MP1108	0	IL1108	278
MP1109	0	IL1109	397
MP1110	0	IL1110	441
MP1111	0		
MP1201	0		
MP1202	224		

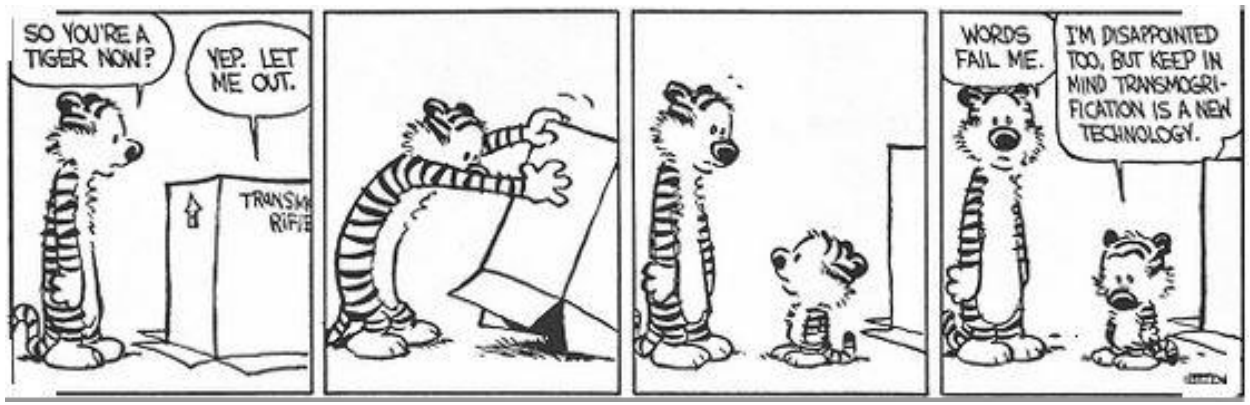


- Bidrag til indeluft:
  - Maksimalt poreluftbidrag = 77 µg/m³.

- Med den nye metode kan vi slippe for usikre/ konservative beregninger fra poreluft til indeluft og vi kan afvise risiko (men vi skal nok vise det over flere runder).

Begrænsninger

- Vi skal tage poreluftprøver - ellers ingen fingeraftryk.
- Kun korttidsmålinger – kulrør 100 L (ingen ORSA over 14 dage).
- Vi kan pt. kun sammenligne PL og IL én til én, så der er brug for et samarbejde imellem laboratorium og kunde ift. hvilke prøver der er konceptuelt relevante at sammenligne (rumlighed og kvantitative resultater).
- På sager med chlorerede (igangværende renserier):
  - Konst. PCE/TCE-ratio i poreluften.
  - TCE >detektionsgrænsen i indeluften.
  - Ikke overlappende olieforurening eller kloak (nedbrydning).



Hvor står vi nu?

- Vi tør nu måle direkte i indeluften på oliesager.
- Vi kan nu håndtere situationer hvor poreluftbidraget plejer at drukne i interne bidrag.

- Vi lærer nye ting hver gang vi afprøver det på en ny sag:
  - Forskellige kilder i poreluft - og er det den produkttype vi troede?
  - Vi finder ud af hvilke stoffer der er alm. i indeluft.
  - Gentagne olie-PL-prøver -> successivt lavere indhold (~lavt masseflow).
- Hvad skal der arbejdes videre med?

  - Forbedret bestemmelse af det maksimale bidrag.
  - Resultater med usikkerhedsangivelse (±).
  - Kvalifikation – hvad og hvordan kan vi pille fra?
  - Chlorerede: Teste flere sager (hvor ofte konstant PCE/TCE-ratio i kilden?).
  - Tidslig robusthed i resultatet (korttidsprøver vs. tidslige variationer).

Problematisering af detektionsgrænser for jord ved nyttiggørelse og flytning af jord

Tanja Jeannette Christensen

COWI

Tanja J. Christensen

- Baggrund: Civilingeniør, Miljø DTU, 15 år i COWI
- Projektleder: Udvikling af større forurenede områder til bolig, erhverv, infrastruktur, skoler, input til nyttiggørelsesprojekter/modtageanlæg mv.

COWI

Typisk forløb

Plan for bygge- og anlægsarbejde

- Projektbeskrivelser, hvad er det vi vil etablere?

Undersøgelse / Udførelse

- Undersøgelser i jord, vand og poreluft i forhold til evt. § 8-tilladelse
- Forklassificering af jord med jordprøver til bortskaffelse af jord **(+andre lokale krav)**
- Planer for jordens håndtering

Resultat

- Byggeri/projekt med indeklimaforanstaltninger på baggrund af især vand og poreluft
- Overskudsjord nyttiggøres/bortskaffes på baggrund af dokumentation fra jordprøver og nyttiggøres i terrænregulering, kommunalt anlæg, støjvold, havneopfyld

COWI

Spørgsmål til jer alle sammen:

Undersøger vi jord tilstrækkeligt, når jord skal nyttiggøres internt i projekter

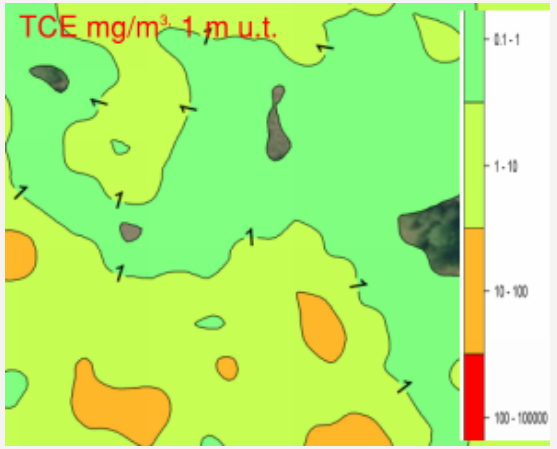
eller ved jordflytning til en ekstern lokalitet?

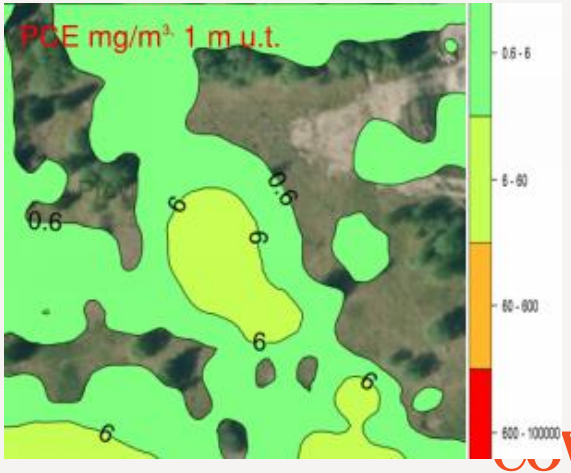
Skaber vi nye problemer?

COWI

Projektbeskrivelse - boligbyggeri

- Udvikling af grund med PCE- og TCE-forurenet grundvand
- Egentlige hotspot udenfor byggefeltet på naboens byggefelt
- Muligt, der kan være sket flere mindre spild på arealet, men de er ikke lokaliseret
- Byggefeltet har været ubefæstet i mange år
- Geologi: 1,5 meter fyld, 3 meter morænesand, fint sand og siltet sand
- Vandspejlet ca. 15 meter under terræn





Undersøgelse og § 8-tilladelse

- Meget grundig undersøgelse af vand og poreluft
- PCE-/TCE-forurening kortlægges i vand og poreluft
- Undersøgelser i jord viser overvejende ”ren jord” for kulbrinter, PAH og tungmetaller og nogle steder lave indhold af PCE og TCE.
- § 8-tilladelse til byggeri med indeklimaforanstaltninger

ALT ER GODT

COWI

Plan for jordens håndtering og nyttiggørelse

- Ren jord genanvendes i projektet iht. § 19-tilladelse
- Inden genanvendelse verificeres indholdet af PCE og TCE ved poreluftsmålinger pr. 30 tons jord

Resultat af jord i miler

- TCE overskred 100 x MST gv. i 71 af 214 poreluftsprøver
- TCE overskred 100 x MST gv. i 50 af 214 poreluftsprøver
- Vanskeligt at genfinde PCE/TCE i jordprøverne på 56 af de mest forurenede poreluftsprøver
- Jorden er for ren til at blive bortskaffet som forurenet
- Er jorden ren?

COWI

Undersøger vi jord tilstrækkeligt inden nyttiggørelse?

- Analyser i jord for eksempelvis chlorerede opløsningsmidler – muliggør genanvendelse af jord med uacceptable indhold i poreluften
- Svært at prøvetage i jord og genfinde stofferne og overholde vilkår i tilladelserne der bruger jordprøver som dokumentationsmetode
- Nyttiggørelsesprojekter til ren jord må ofte ikke modtage mobil forurening
- Jorden er for ren til at være forurenet

COWI

Skaber vi nye problemer, og hvad kan vi gøre ved det?

- Ja – større fokus på hvilket medie der undersøges
- Ved nyttiggørelse af jord kan det overvejes, om poreluft eller vand skal anvendes som supplement til jordhåndtering og bortskaffelse
- Stort behov for modtageprojekter, der kan modtage denne slags jord, så jorden placeres korrekt
- Vi skal overveje om tilsvarende jord sendes ud i følsomme projekter, fordi der ikke er andre muligheder

ATV Jord og grundvand
9. marts 2021

Microflora Danica

Kortlægning af Danmarks mikroorganismer – over og under jordoverfladen

Vibeke Rudkjøbing Jørgensen

CENTER FOR MICROBIAL COMMUNITIES

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

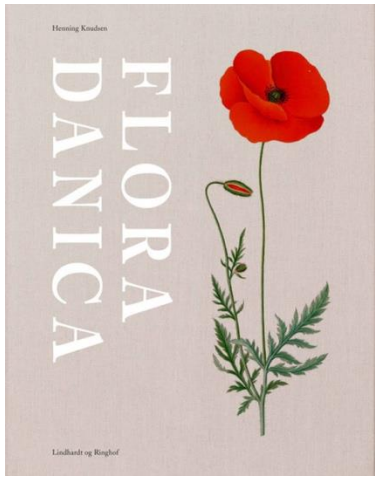
MICRO FLORA DANICA

The Microbiome of Denmark

AALBORG UNIVERSITET

POUL DUE JENSEN FOUNDATION / GRUNDFOS FOUNDATION

Flora Danica: Porcelæn fra Royal Copenhagen - og en omfattende bogserie over Danmarks flora

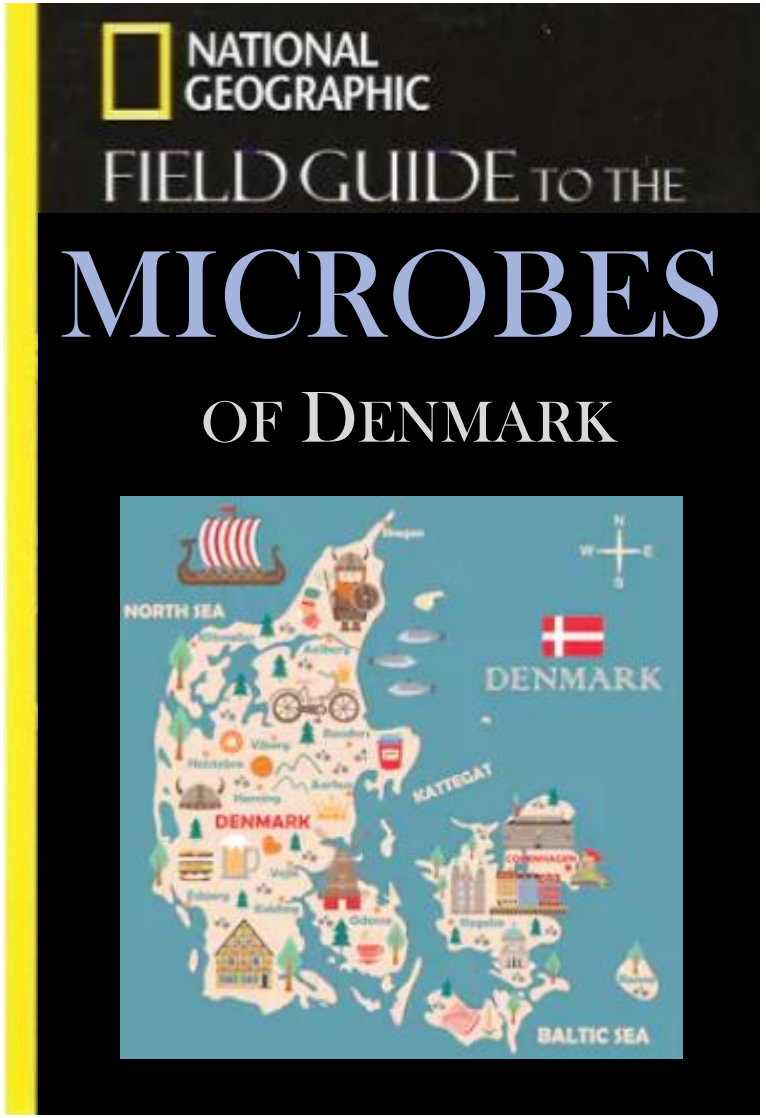


Produceret mellem 1761 og 1883

Microflora Danica

The Microbiome of Denmark

- PDJ Fonden ≈ 30 million DKK løber i perioden 2019-2023
- PI: Mads Albertsen & co-PI: Per Halkjær Nielsen
- Vi vil lave **referencedatabasen** over alle mikroorganismer i Danmark. **Det kan kun gøres én gang!**
- Alle områder i Danmark tilstræbes analyseret, ialt ≈ 10.000 prøver
- Sammensætning af arter (**biodiversitet**) i både naturlige og menneskabte habitater, geografisk fordeling
- En paraply over talrige interne og eksterne samarbejder
- Samarbejde med "Earth Microbiome Project"
- En fremragende platform for uddannelse af studerende

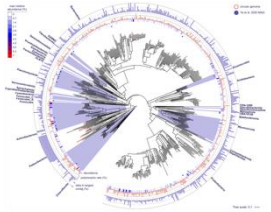


Indhold

Identifikation af mikroorganismer og betydning af en god referencedatabase

Microflora Danica:

- Organisering af prøvetagning
- Muligheder for at deltage i projektet
- Data output
- Foreløbige resultater, eksempler



Hvor mange bakterie arter finds der i verden?

Dyrkede og karakteriserede: ≈ 10.000 arter

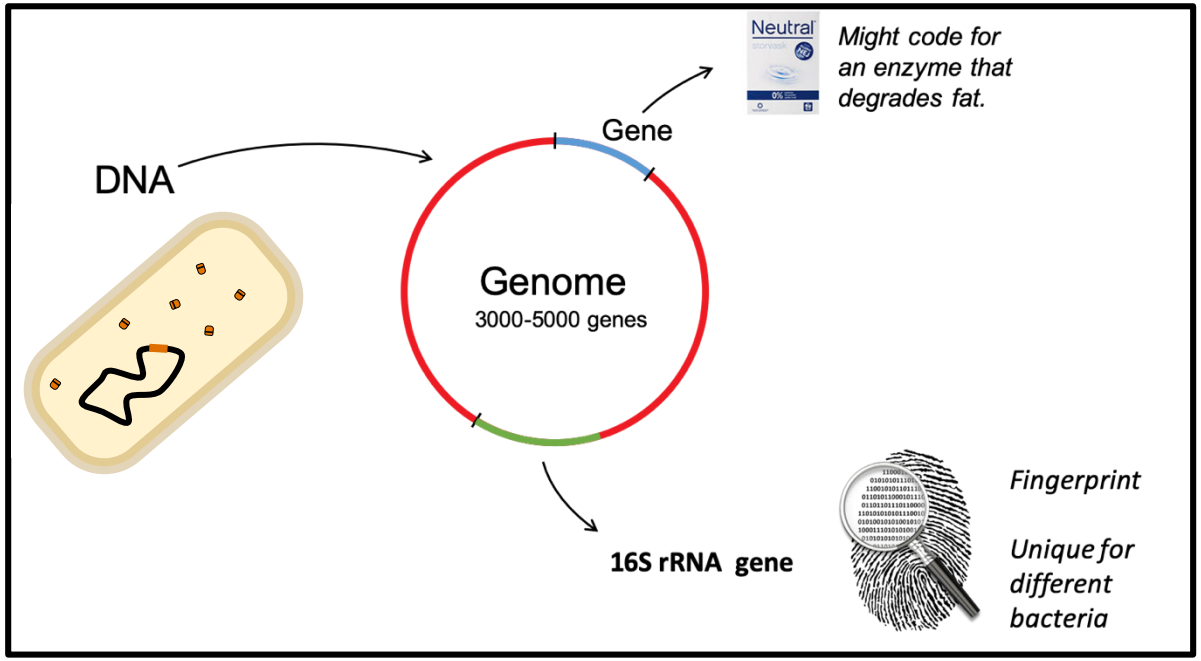
Langt de fleste arter kan ikke dyrkes og isoleres med kendte metoder

Kendt via deres DNA: ≈ 250.000 arter

Estimater: tusinde til milliarder

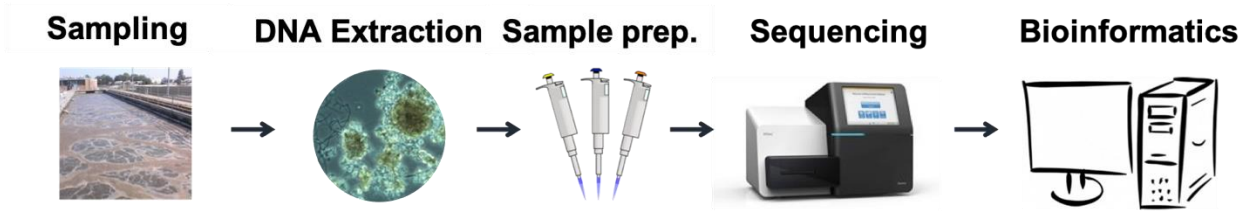
Bedste bud i dag: nogle/mange millioner

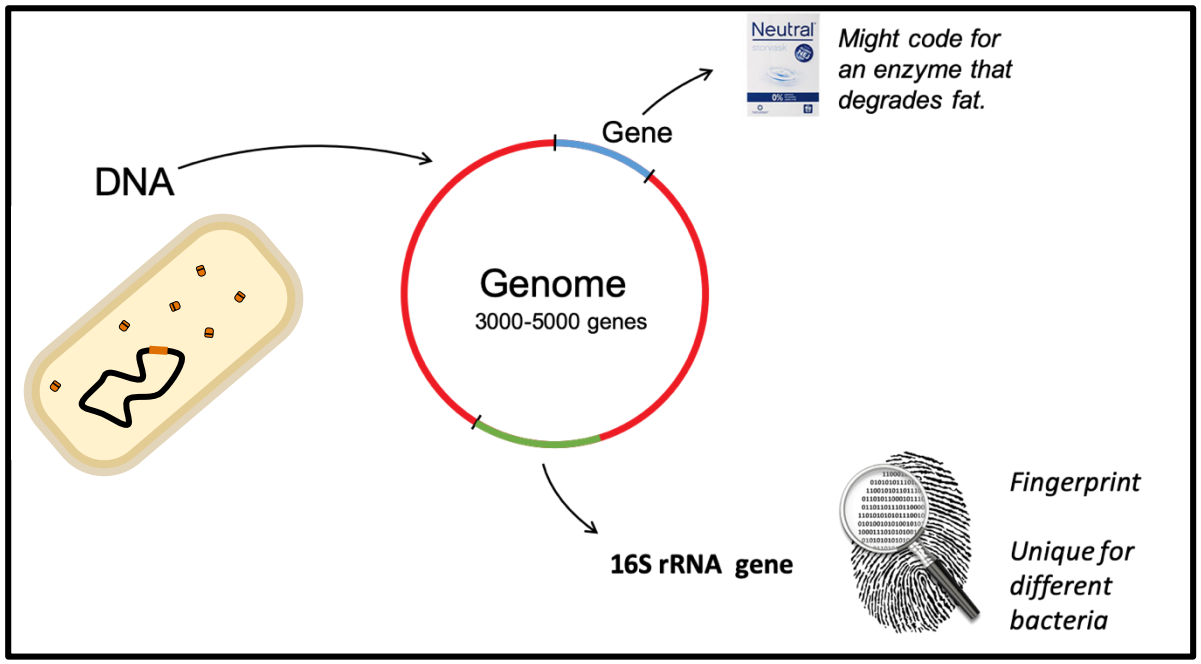
Identifikation af mikroorganismer



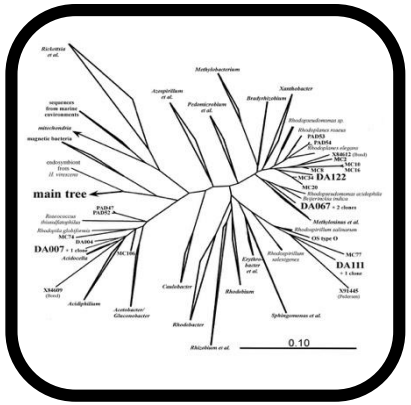
Identifikation af mikroorganismer

16S rRNA gene amplicon sequencing





Reference database



silva
high quality ribosomal RNA databases

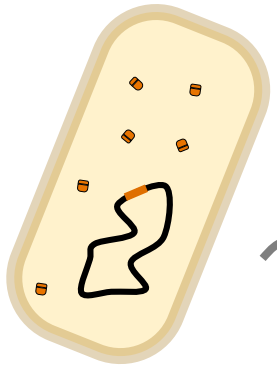
rdp

GREENGENES
The 16S rRNA Gene Database and Tools

Relative abundance [%]	
Microthrix	11.8
C10_SB1A	9.1
Tetrasphaera	7.5
Dechloromonas	3.1
B45	2.8
Trichococcus	2.5
Rhodoferax	1.4
P2CN44	1.3
Fodinibacter	1.1
Propionicimonas	0.8
Hyphomicrobium	0.8
Simplicispira	0.6
Gordonia	0.3
Sphingopyxis	0.3
Ferruginibacter	0.1
+ 1000 more…	

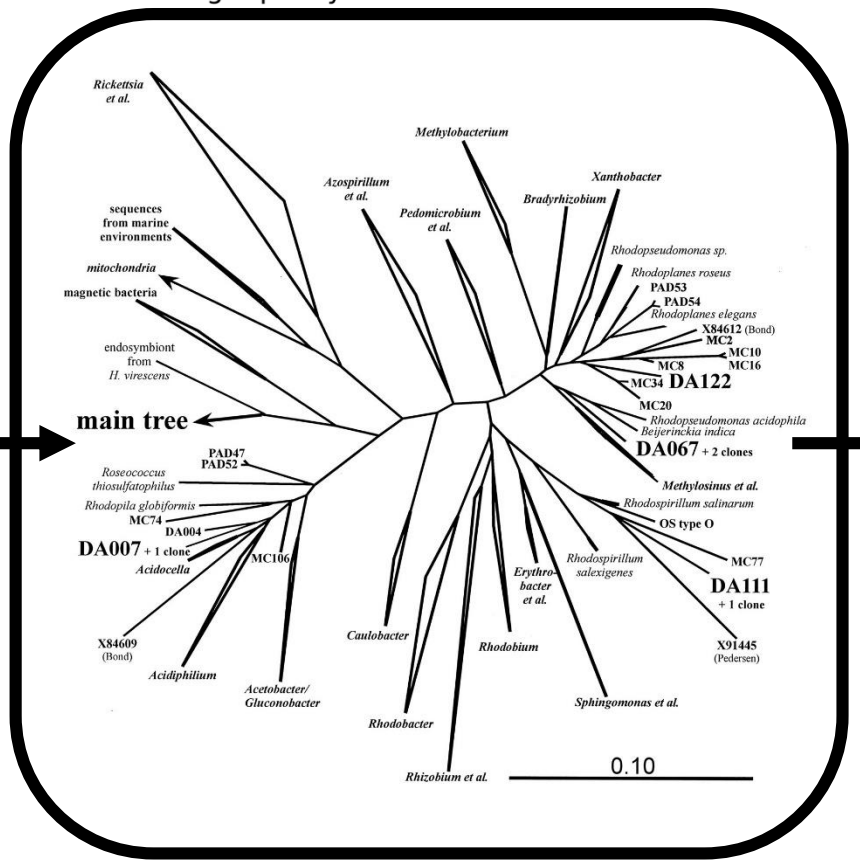
Referencedatabaser indeholder DNA-sekvenser fra alle kendte bakterier

Identifikation:
Sammenligning af ukendt DNA-sekvens med reference database



Kort **ukendt** 16S rRNA sekvens

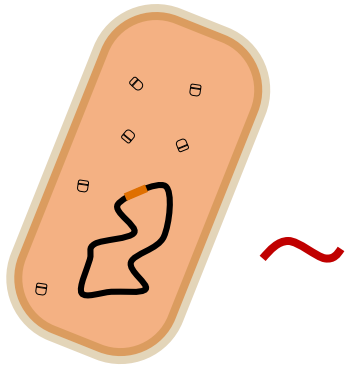
silva
high quality ribosomal RNA databases



= ***E. coli***

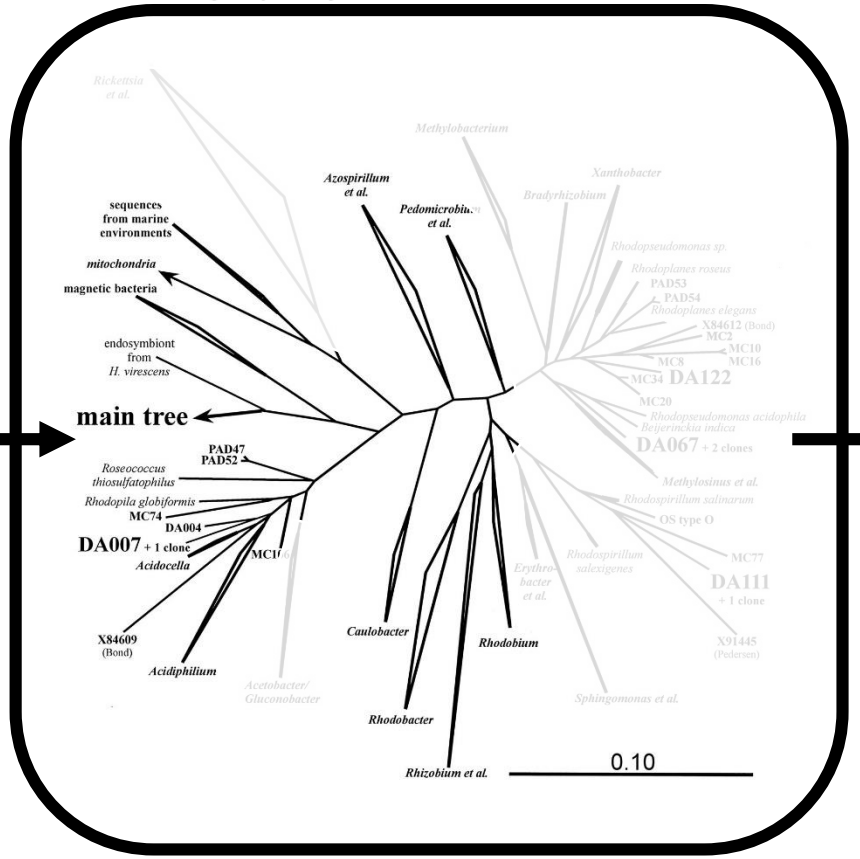
Men databaserne er ikke komplette…….

Identifikation:
Sammenligning af ukendt DNA-sekvens med reference database



Kort **ukendt** 16S rRNA sekvens

silva
high quality ribosomal RNA databases

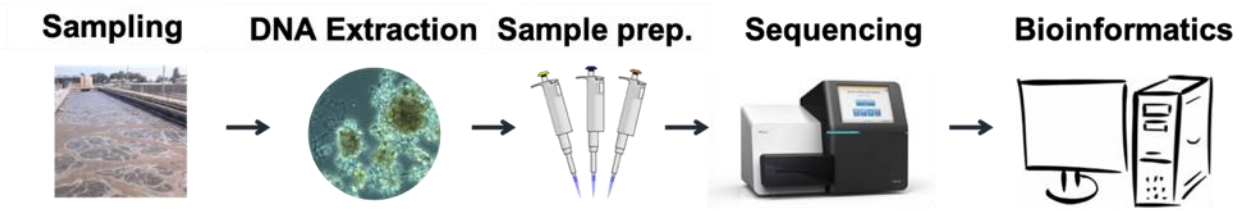


= ***Ukendt***

Identifikation af mikroorganismer

MICRO FLORA DANICA

16S rRNA gene amplicon sequencing



Databaser kan gøres komplette!

1) Etablere et komplet sæt 16S rRNA gen sekvenser

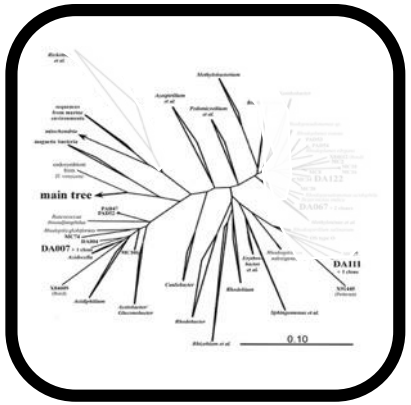
nature biotechnology — LETTERS 2018

Retrieval of a million high-quality, full-length microbial 16S and 18S rRNA gene sequences without primer bias

Søren M Karst[1,2], Morten S Dueholm[1,2], Simon J McIlroy[1], Rasmus H Kirkegaard[1], Per H Nielsen[1] & Mads Albertsen[1]

2) Etablere et kunstigt klassifikationssystem med placeholder navne indtil der kan opnås rigtig klassifikation

Ikke-komplet!



silva high quality ribosomal RNA databases

rdp

GREENGENES The 16S rRNA Gene Database and Tools

Relative abundance [%]	
Microthrix	11.8
Unknown species	9.1
Tetrasphaera	7.5
Dechloromonas	3.1
Unknown species	2.8
Trichococcus	2.5
Unknown species	1.4
Unknown species	1.3
Fodinibacter	1.1
Unknown species	0.8
Unknown species	0.8
Unknown species	0.6
Unknown species	0.3
Sphingopyxis	0.3
Unknown species	0.1
+ 1000 more...	

Mange ukendte

Ingen taxonomi for de ukendte

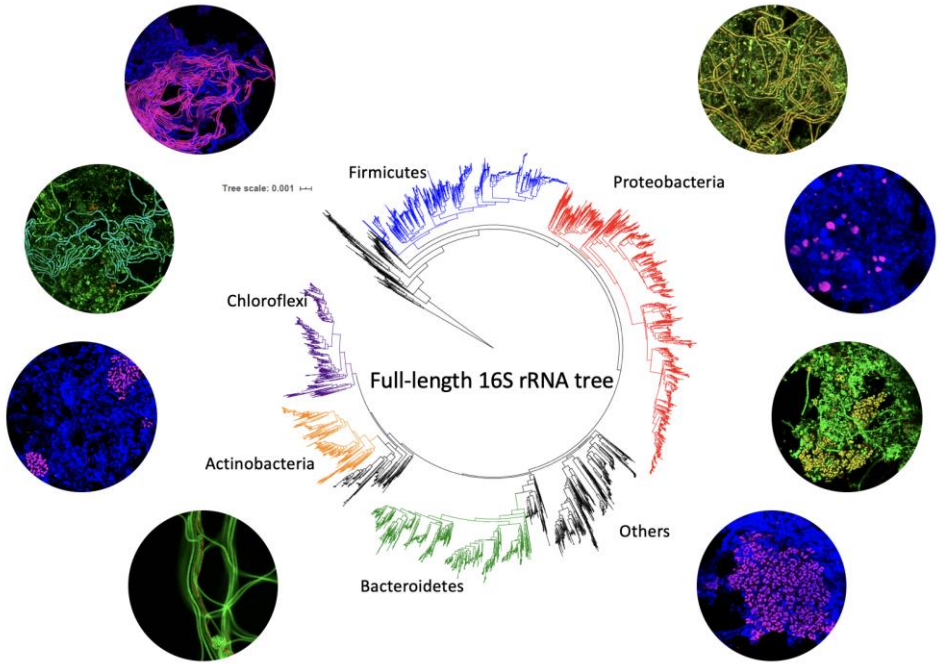
MiDAS reference database for spildevand og rådnetanke

www.midasfieldguide.org/guide

≈ 1 million full-længde 16S rRNA gene sekvenser

≈ 4,000 arter – næsten alle er ukendte!

Kan også bruges til visualisering af mikroorganismer



Sammenligning af MiDAS 3 og SILVA 132 på slægts-niveau

(state-of-the-art)

MiDAS_3.0	A	B	C	D	E	Silva_132_SSURef_Nr99
Tetrasphaera;	7.3	2.7	5.2	2.3	1.6	Tetrasphaera;
Candidatus_Amarolinea;	0	0.2	0.4	16.8	7.6	p_Chloroflexi
Candidatus_Microthrix;	1.9	4.5	3.2	3.3	0.2	p_Actinobacteria
Trichococcus;	0.8	0.7	0.9	0.9	0.9	Trichococcus;
Candidatus_Microthrix;	1.2	2	2.3	0.2	1.4	Candidatus_Microthrix;
Candidatus_Epiflobacter;	0.7	0.5	1	0.3	0.7	f__Saprospiraceae
midas_g_488;	2.1	0.5	0.7	0.2	0.7	f__Anaerolineaceae
Tetrasphaera;	0.1	0.5	0.7	0.5	1.1	Tetrasphaera;
Ferribacterium;	0.1	0	0	0	0	Dechloromonas;
Tetrasphaera;	0	0.1	0.1	0.4	0.5	Tetrasphaera;
Thauera;	0	0	0	0	0	Thauera;
midas_g_7;	0	0.3	0	0.1	1.1	f__Saprospiraceae
Nitrospira;	0.1	0.3	0.3	0.1	0.6	Nitrospira;
Rhodoferax;	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	f__Burkholderiaceae
Dechloromonas;	0	0.5	0.2	2.5	0.1	Dechloromonas;

Renseanlæg

MiDAS navn

Hyppigste slægter i 5 danske renseanlæg

Rød: ingen klassifikation til slægt

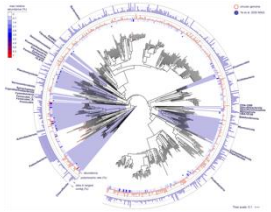
Indhold

Identifikation af mikroorganismer og betydning af en god referencedatabase

Microflora Danica:

Organisering af prøvetagning

Muligheder for at deltage i projektet



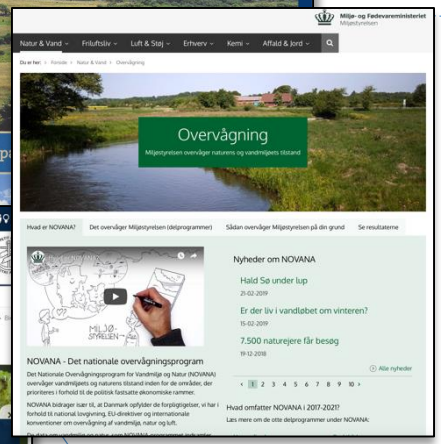
Data output

Foreløbige resultater, eksempler

Mange samarbejspartnere (nationalt og internationalt)

Vibeke R. Jørgensen

Erik Aude
HabitatVision

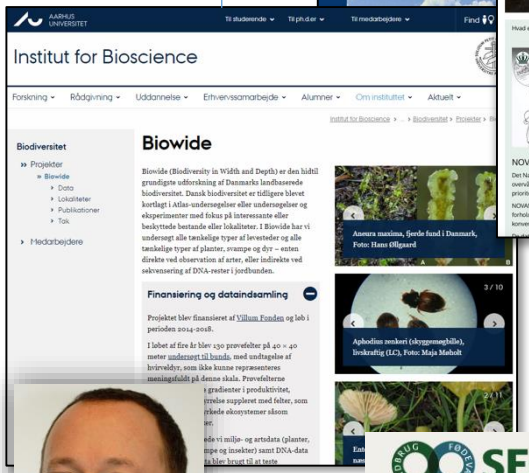


PR²

EUKREF

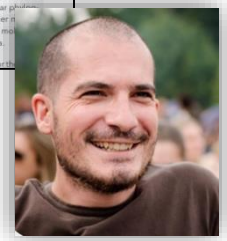
Review
The New Tree of Eukaryotes
Fabien Burki, Andrew J. Roger, Matthew W. Brown, and Alastair G.B. Simpson
Highlights
The Eukaryote Tree of Life

earth microbiome project



Rasmus Ejrnæs
Biowide, AU

Fabien Burki
(SciFiLab, Sweeden)



Javier del Campo
(Miami, USA)

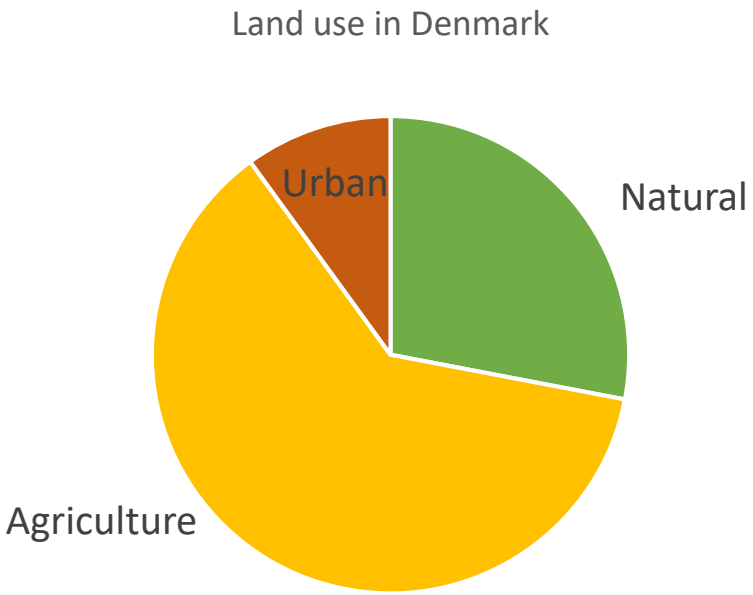
Daniel McDonald
UCSD, USA

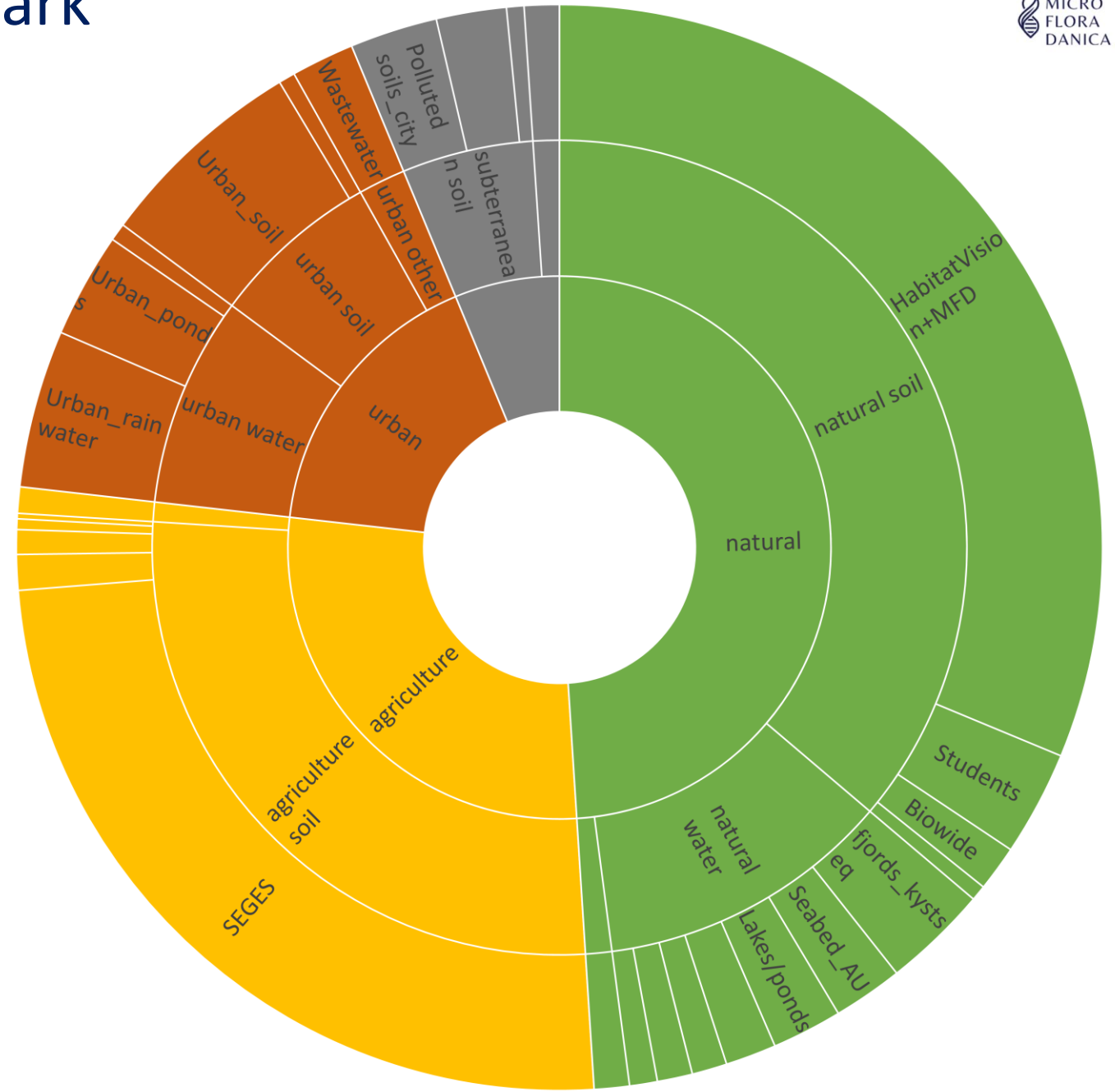
Rob Knight
UCSD, USA

10,000 prøver på tværs af Danmark

30 prøvesamlings projekter

- Geografisk dækning
- Hensyn til arealanvendelse
- Fokus på lokationer med forventet høj diversitet





Naturlige habitater: vand og jord

Erik Aude
HabitatVision

MICRO FLORA DANICA

Natur-vand

Søer, moser

Kyster

Vandløb

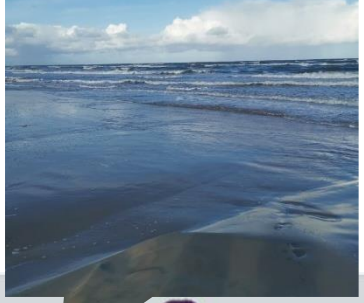
Natur-jord

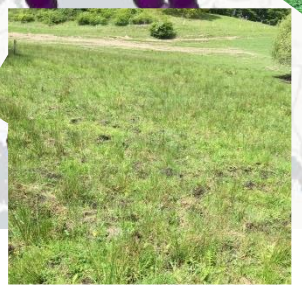
Kystområder

Tørre jorde

Våde jorde

Skove





Landbrug

Askov

Sæsonprøver fra forsøgsstation

Studenter projekter

Konventionelt og økologisk landbrug

Kvadratnet

Græs

Kartofler

Majs

Sukkerroer

Raps

Forskellige kornarter

To come:

2000 prøver fra SEGES landbrug

Urbane områder

Byer-jord
Byparker
Byer - andet

Byer-vand
Byer-søer

Regnvand
Byers regnvandsbassiner
Vejes regnvandsbassiner

To come:
Grundvand
Drikkevand
Forurenet jord

2021: prøvetagning af Danmark under jordoverfladen

Vi søger samarbejdspartnere til at dække flere områder

Vibeke R. Jørgensen
vrj@bio.aau.dk
Tel: 9940 7243
Mobil: 2617 9672

Forureningsundersøgelser
Mål: 250 prøver fra alle 5 regioner

Drikkevandsprøver
Mål: 50 vandprøver fra vandværker

Grundvandsmagasiner
<u>Vandprøver</u>
Mål: 100 primære grundvandsmagasiner spredt over Danmark
<u>Jordprøver</u>
Mål: +100 prøver fra anlæggelse af nye boringer

Olieforuret jord
Mål: 50 områder

www.microfloradanica.aau.dk

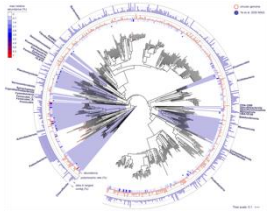
Indhold

Identifikation af mikroorganismer og betydning af en god referencedatabase

Microflora Danica:

Organisering af prøvetagning

Muligheder for at deltage i projektet



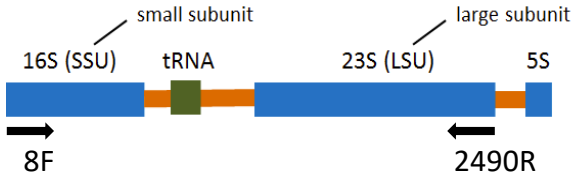
Data output

Foreløbige resultater, eksempler

Data output fra Microflora Danica

1000 prøver

rRNA amplicon
[Nanopore/PacBio]



Liste (**Database**) af høj-kvalitets reference **16S/18S rRNA** sekvenser til tree-of-life (stamtræ).

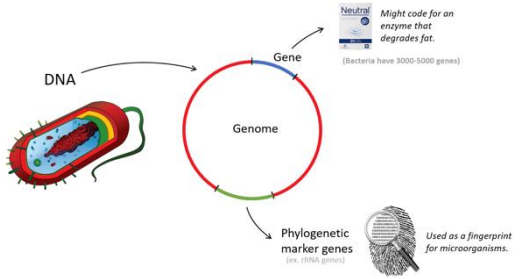
10.000 prøver

Shallow Metagenomics
[Illumina 5 gbp; 17 mill. Reads]

Sammenligning af korte DNA sekvenser (reads) til databaser. **Hyppighed** af 16S/18S rRNA gener i alle prøver.

100 prøver

Deep Metagenomics
[Illumina + Nanopore]



Genskabe **genomer** fra ukendte bakterier fra udvalgte prøver

Microflora Danmark: Renseanlæg og spildevand i Danmark

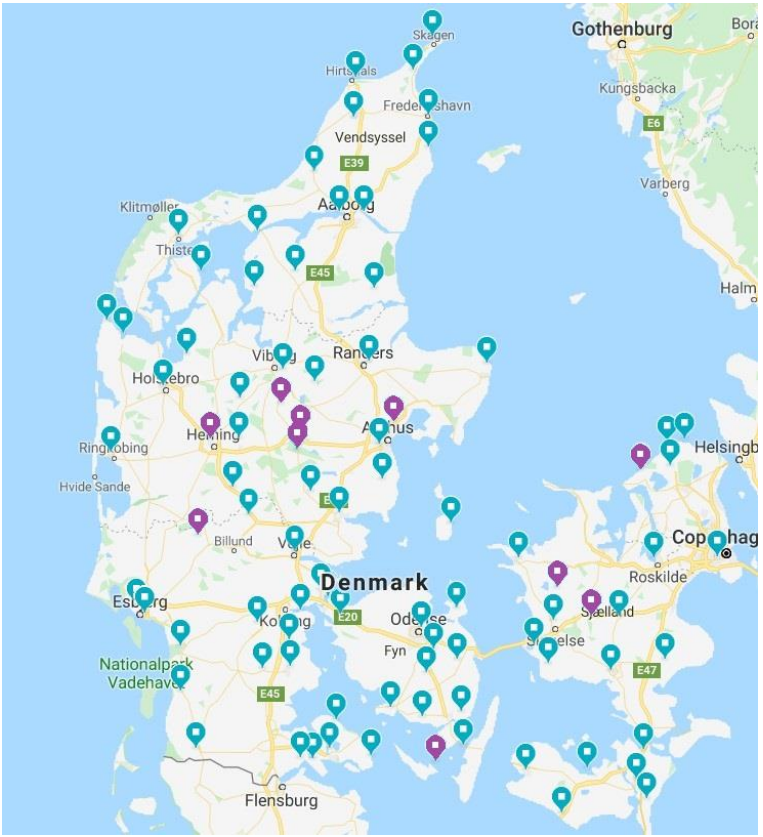
Ca. 80 renseanlæg + spildevand i Danmark (alle prøver er indsamlet, ca. halvdelen sekventeret)

- Hvilke bakterier findes i spildevand og renseanlæg?
- Er bakteriesammensætning forskellig i forskellige dele af landet?
- Betyder bakterierne i indløbet noget for renseanlægget?

Admir Murguz

Giulia Dottorini

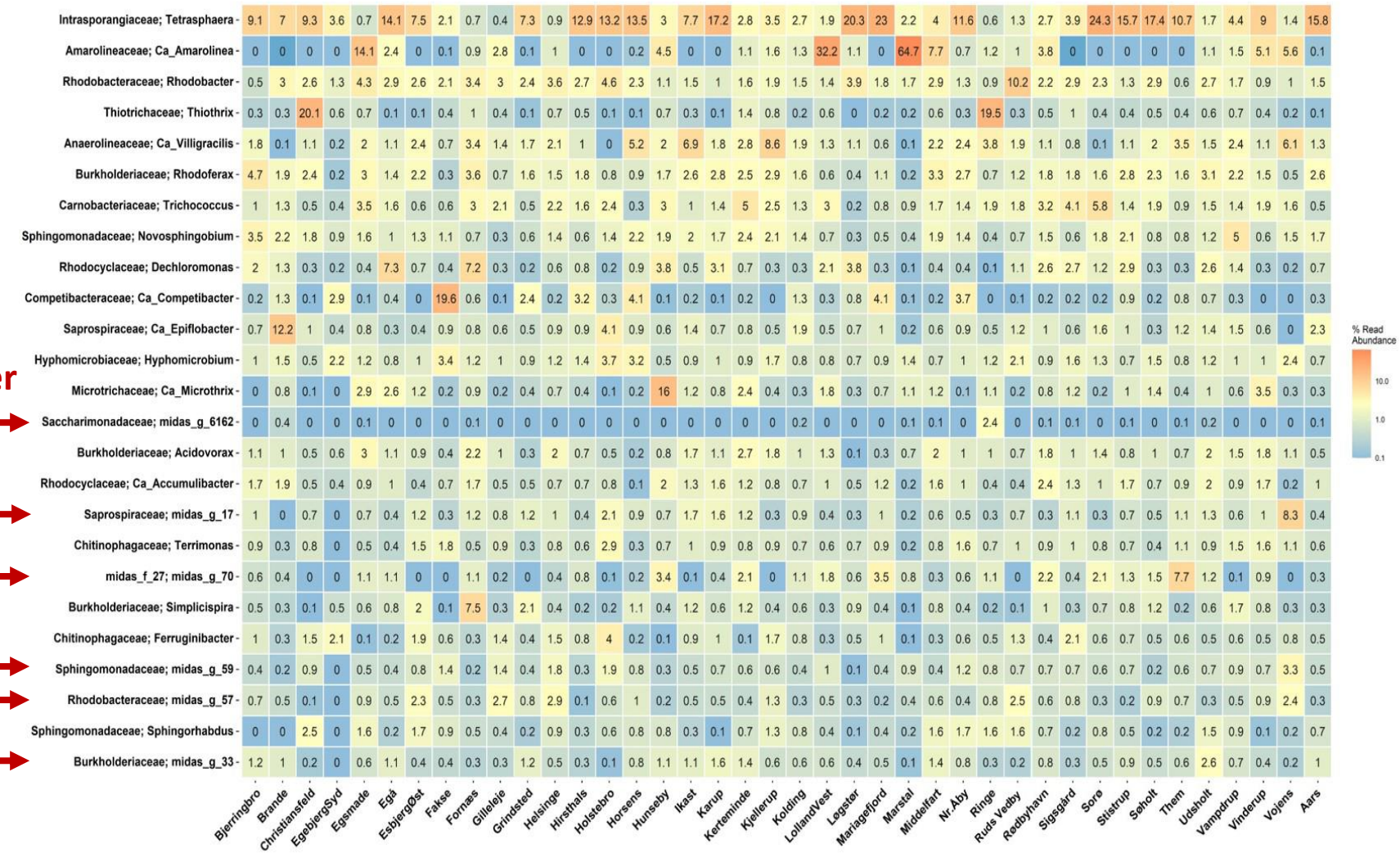
Marta Nierychlo



Aktivt slam renseanlæg: mikrobielle samfund ret ens

Top 25 hyppigste slægter

Nye slægter

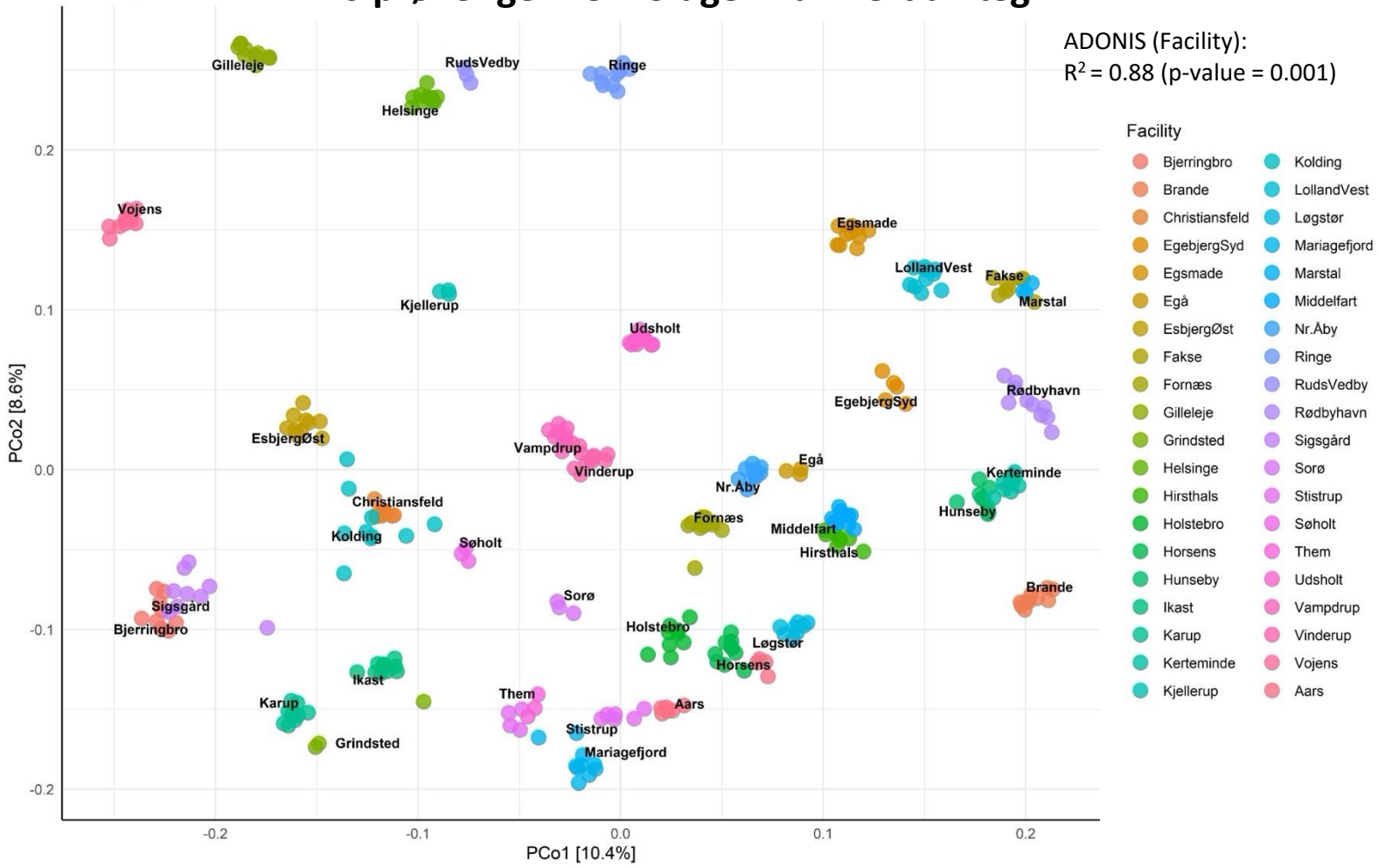


40 danske aktivt slam anlæg

- Generelt samme arter/slægter i alle anlæg
- 6 ubeskrevne slægter blandt top 25

Mikrobielle samfund er ret ens – men har forskellig signatur

40 aktiv-slam anlæg
≈ 10 prøver gennem 3 uger fra hvert anlæg



ADONIS (Facility):
R^2 = 0.88 (p-value = 0.001)

Facility

Bjerringbro	Kolding
Brande	LollandVest
Christiansfeld	Løgstør
EgebjergSyd	Mariagefjord
Egsmade	Marstal
Egå	Middelfart
EsbjergØst	Nr.Åby
Fakse	Ringe
Fornæs	RudsVedby
Gilleleje	Rødbyhavn
Grindsted	Sigsgård
Helsinge	Sorø
Hirsthals	Stistrup
Holstebro	Søholt
Horsens	Them
Hunseby	Udsholt
Ikast	Vampdrup
Karup	Vinderup
Kerteminde	Vojens
Kjellerup	Aars

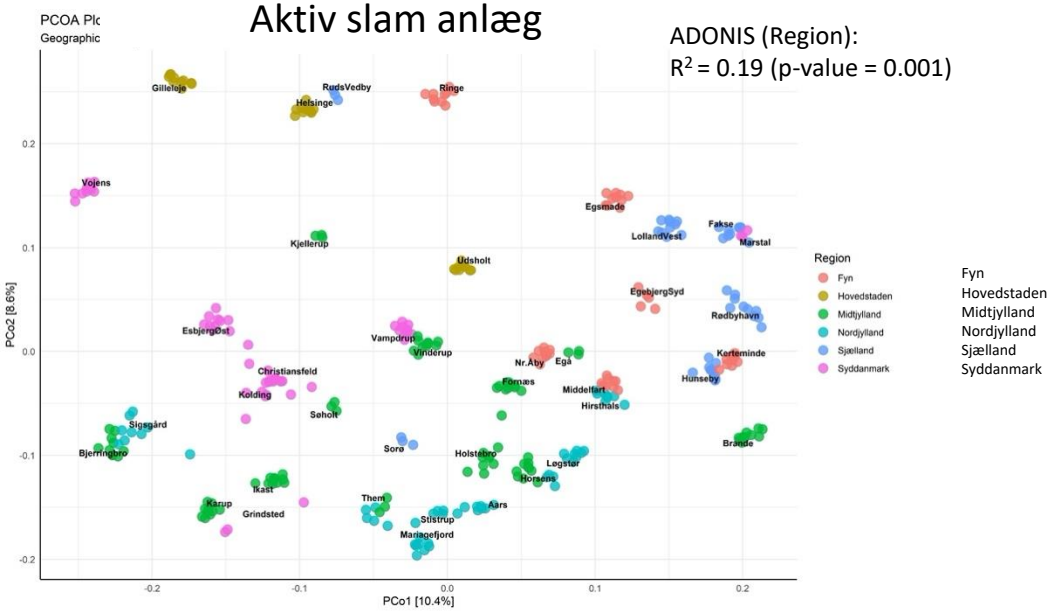
Forskelle kan skyldes:

- Tilstedeværelse af forskellige arter
- Forskellig hyppighed af de samme arter

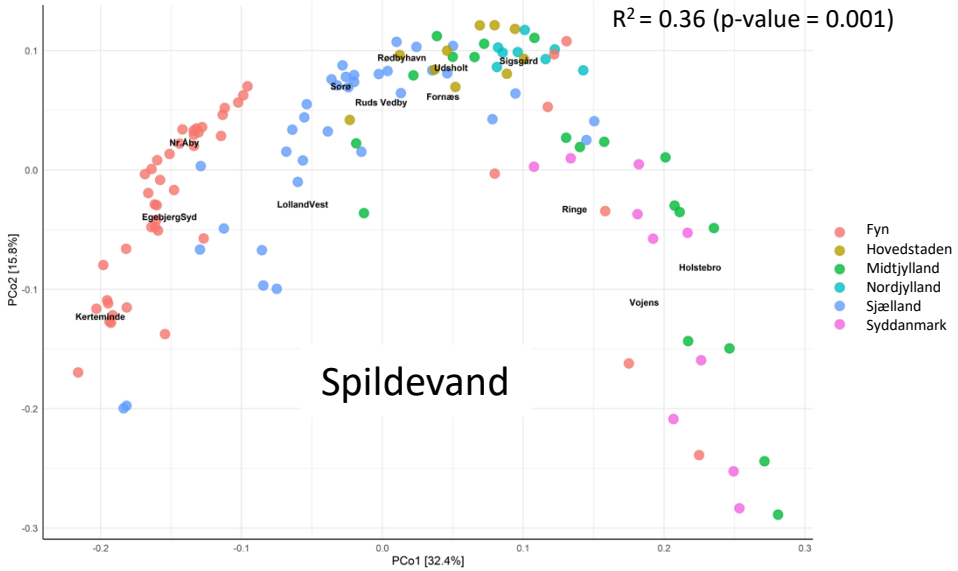
Betyder geografisk placering noget for bakteriesammensætning?

Aktiv slam anlæg

ADONIS (Region):
R^2 = 0.19 (p-value = 0.001)



ADONIS (Region):
R^2 = 0.36 (p-value = 0.001)

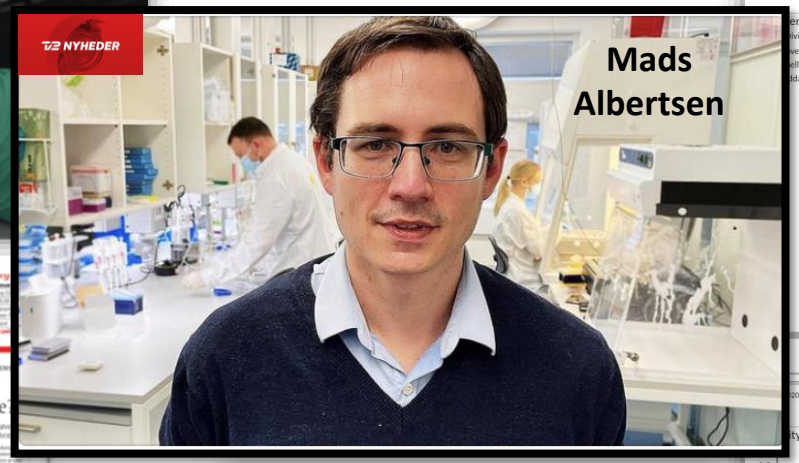


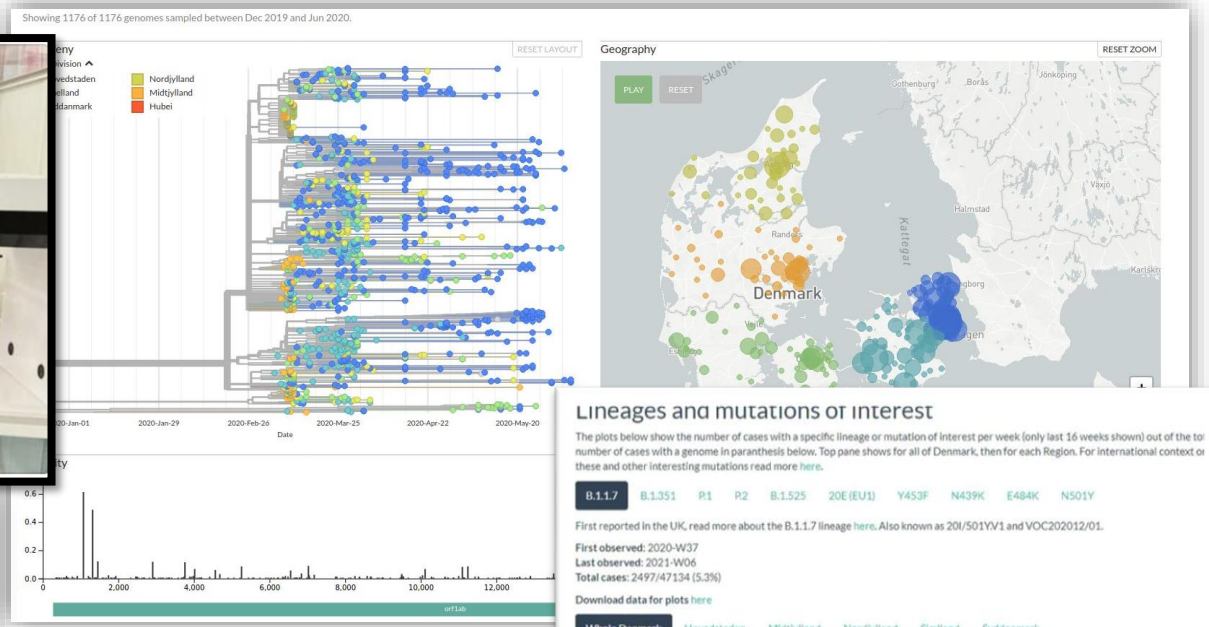
- Aktiv slam: geografi har en vis betydning (kan forklare 20 % variation)
- Spildevand: geografi har en stor betydning (kan forklare 36 % variation)

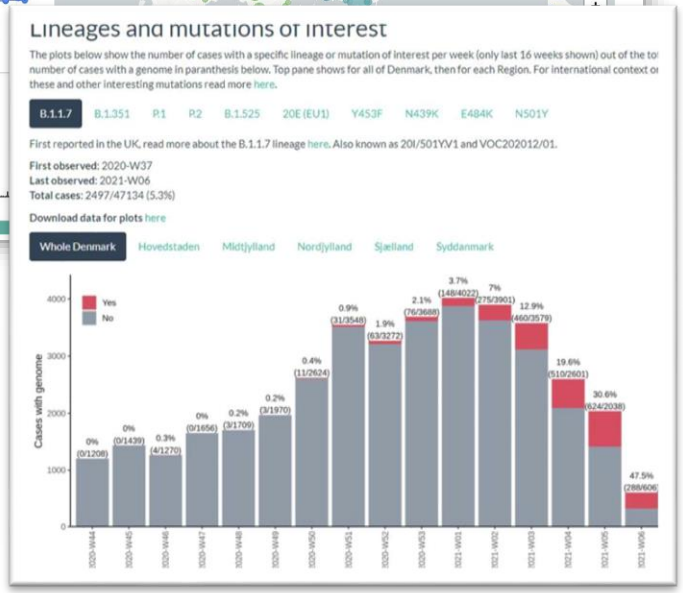
=> Forskelle i bakteriesammensætning på renseanlæg påvirkes/bestemmes af sammensætning i spildevand

Vi er blevet lidt forsinkede……

Corona Danica – The SARS-CoV-2 genomes of Denmark







Center for Microbial Communities

POUL DUE JENSEN / GRUNDFOS FOUNDATION

VILLUM FONDEN

www.microfloradanica.aau.dk

Hydrogeologisk skovlaboratorium

Aalborg Forsyning
Helle Guesdon

WatsonC
Jacob Birk Jensen

Baggrund :

Skovrejsning er et af de primære værktøjer til grundvandsbeskyttelse.

Afledte spørgsmål:

Reducerer skov grundvandsdannelsen og i hvilket omfang?

Er træsammensætningen bestemmende for grundvandsdannelse?

Udfordringer:

Det er dyrt at svare på disse spørgsmål

Lokalitet

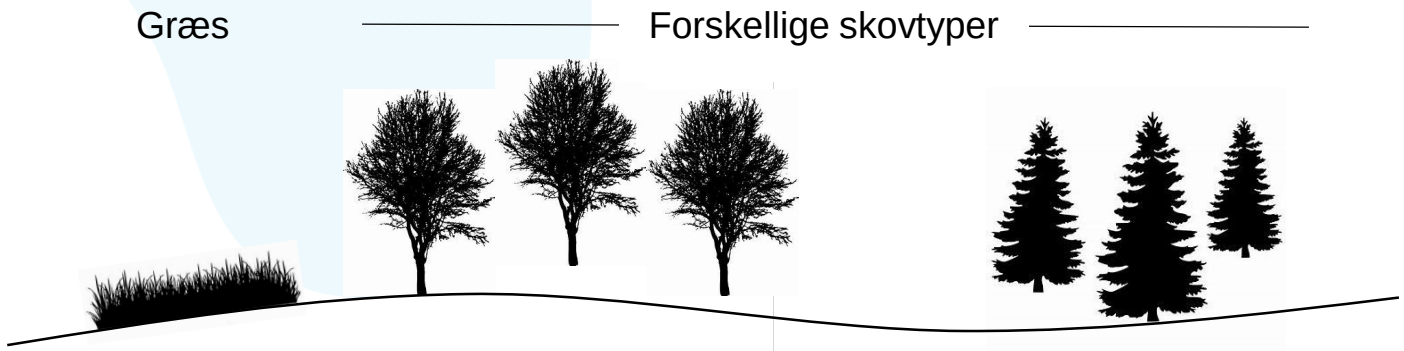
- Kildeplads idriftsat i 2018
- Skovrejsning i 2017

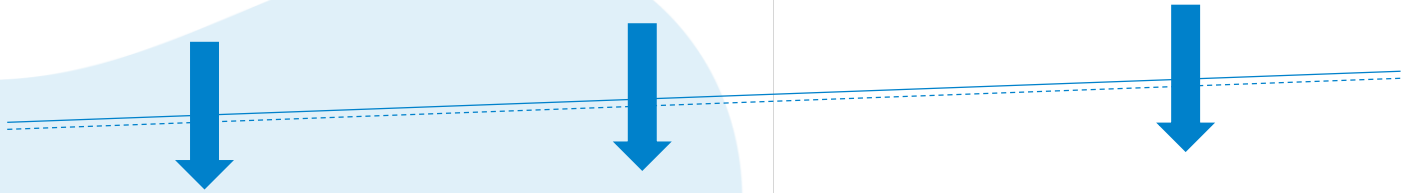
Forsøgsfelter

Forskellige trækulturer

- Variationer i grundvandsdannelse

Ændring i grundvandsdannelse





Grundvandsdannelse?

WATSONC
VIDEN OM VAND

Vandbalance

Vandbalanceligningen:

- Grundvanddannelse = Nedbør – Evapotranspiration (ingen dræning og ingen afstrømning på terræn)

Metoder:

- Lysimeter

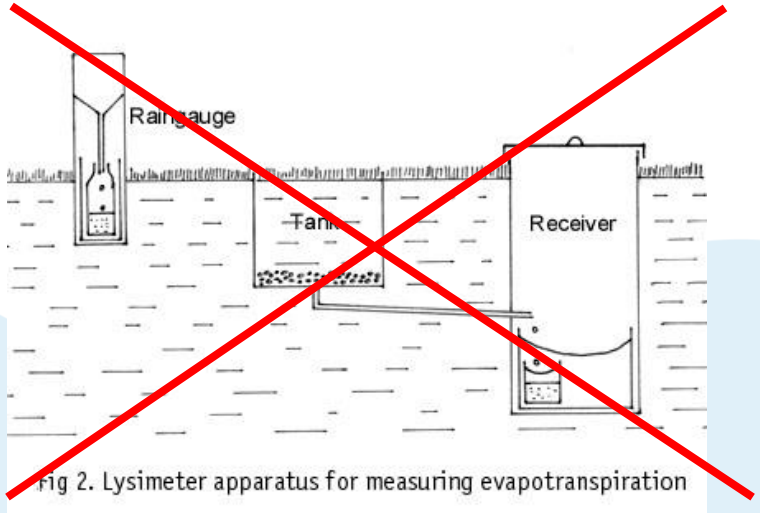


Fig 2. Lysimeter apparatus for measuring evapotranspiration

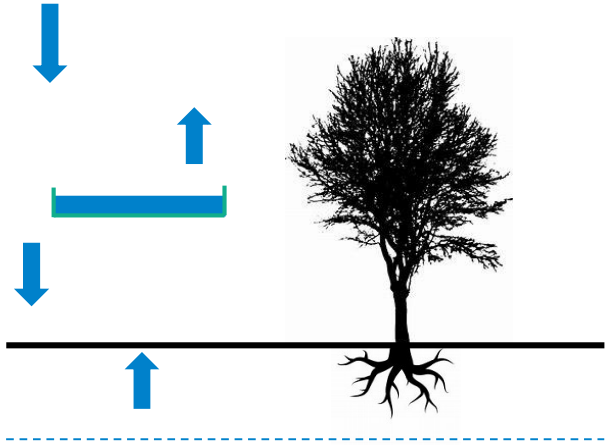
Nedbør

Evaporation

Magasinering i vegetation

Nedbørsgennemfald

Rodoptag og transpiration



Grundvanddannelse

WATSONC
VIDEN OM VAND

Undersøgelsesstrategi

"Direkte" måling af variationer i interception og evaporation fra trækroner:

- Måling af nedbør uden for beplantning
- Opsamling af nedbør der falder igennem trækronerne

Transpiration og infiltration ud af rodzonen

- Der er for svært

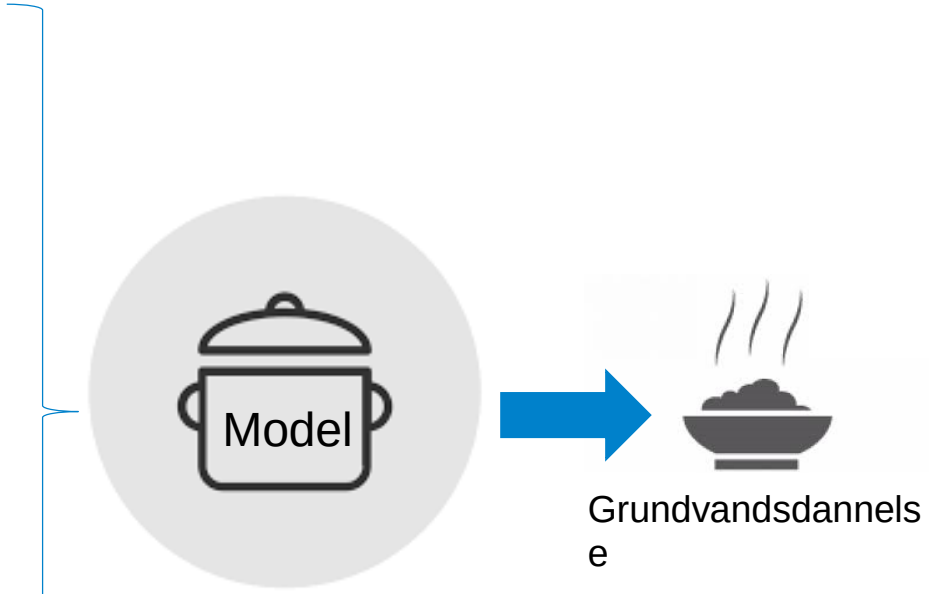
In-direkte målinger til bestemmelse af grundvandsdannelse

Kontinuert måling af

- Jordfugtighed
- Porevandstryk (AAU)
- Vind, luftfugtighed, temperatur og global indstråling

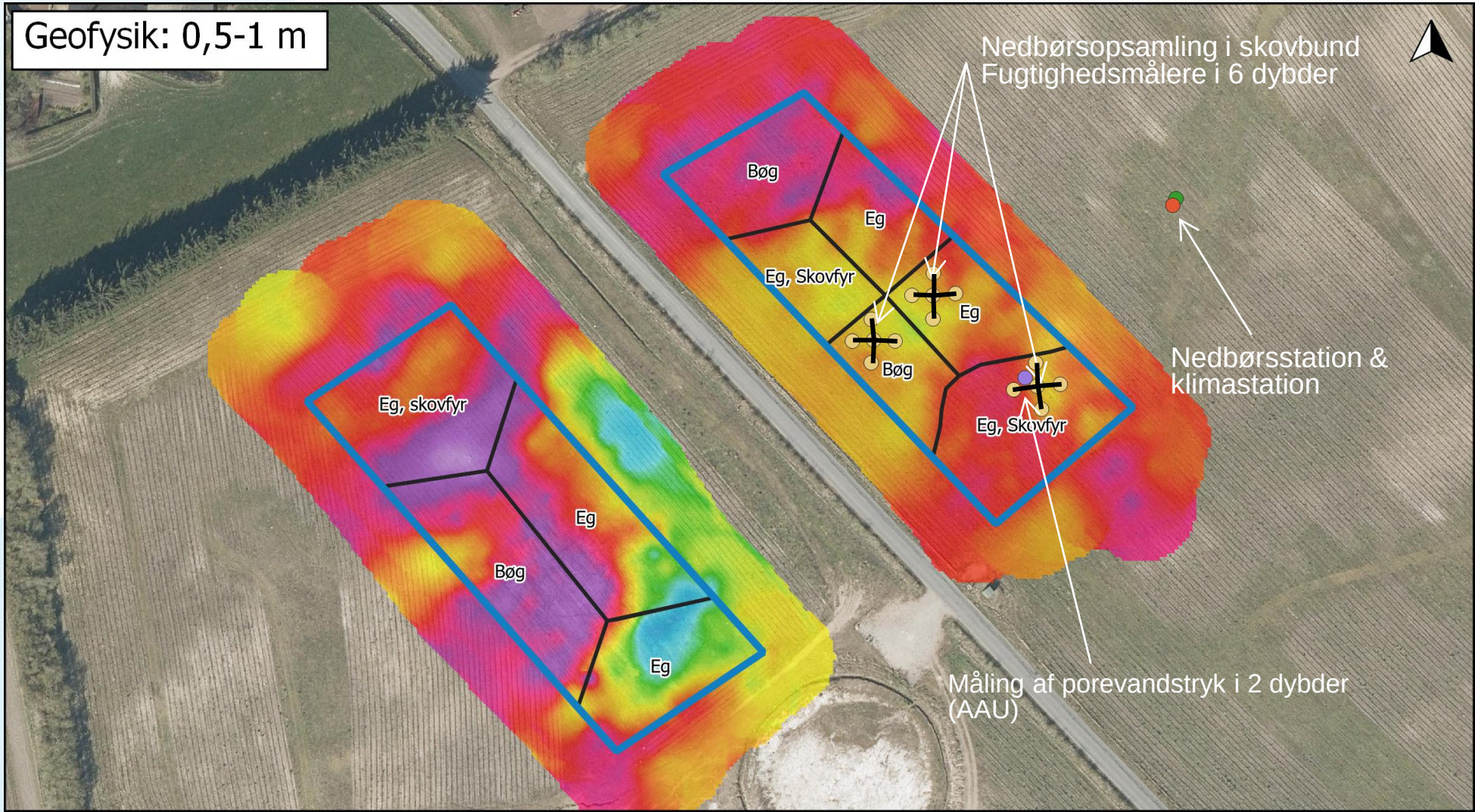
Felt og laboratoriumundersøgelser af

- Jordfysiske parametre



WATSONC
VIDEN OM VAND

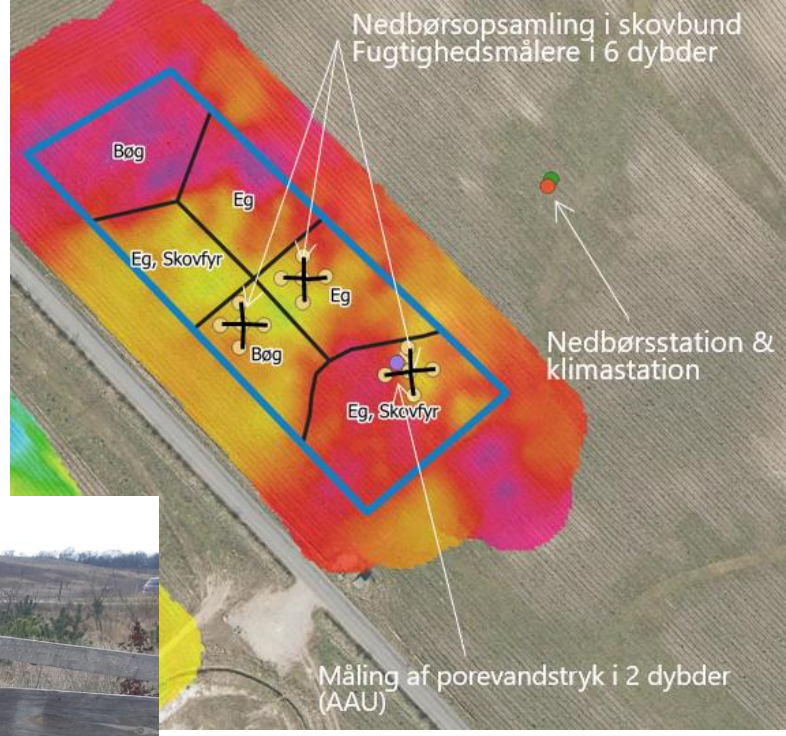
DualEM kortlægning
- støtte til placering af stationer



Måling af nedbørsgennemfald

Jordfugtighedsprofil

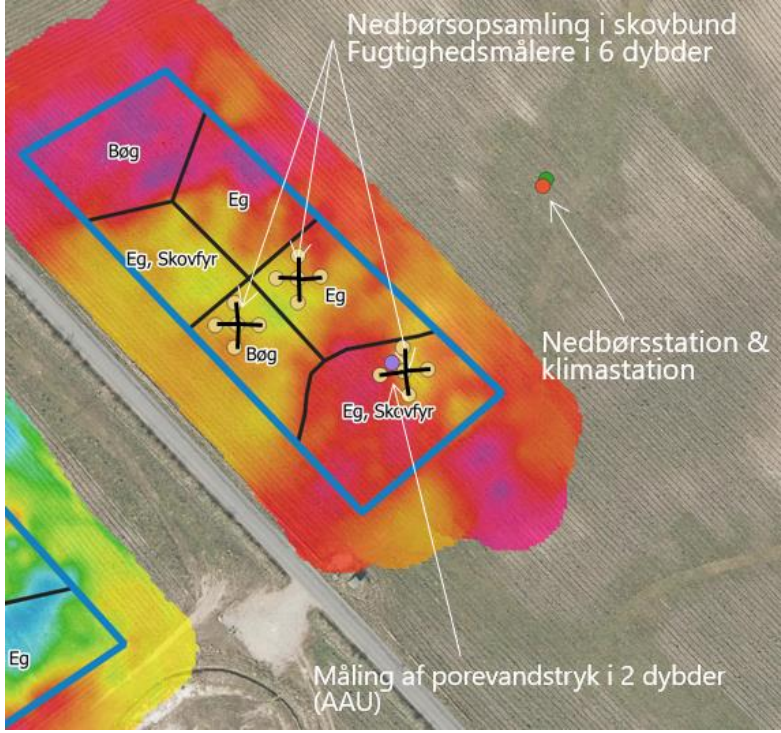
- AQUACHECK PROBE
- 120 cm
- 6 fugtighedssensorer



WATSONC
VIDEN OM VAND

Jordvandspotentiale

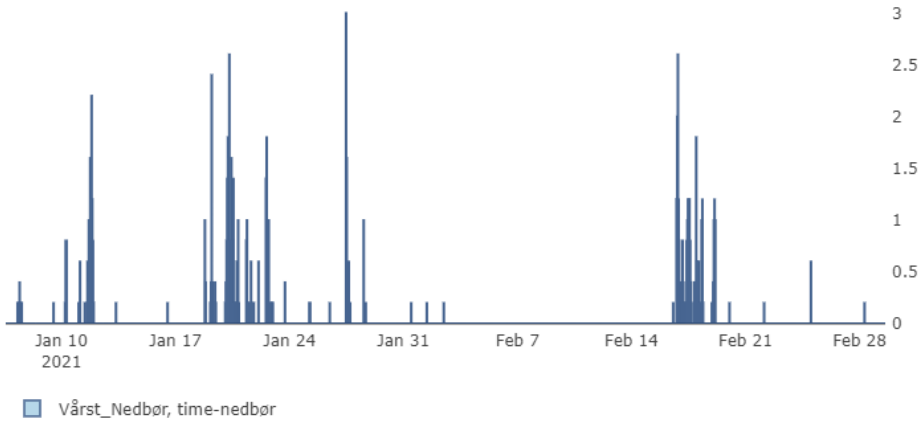
- TEROS 21 probe
- To niveauer
  - 0,15 m
  - 0,30 m

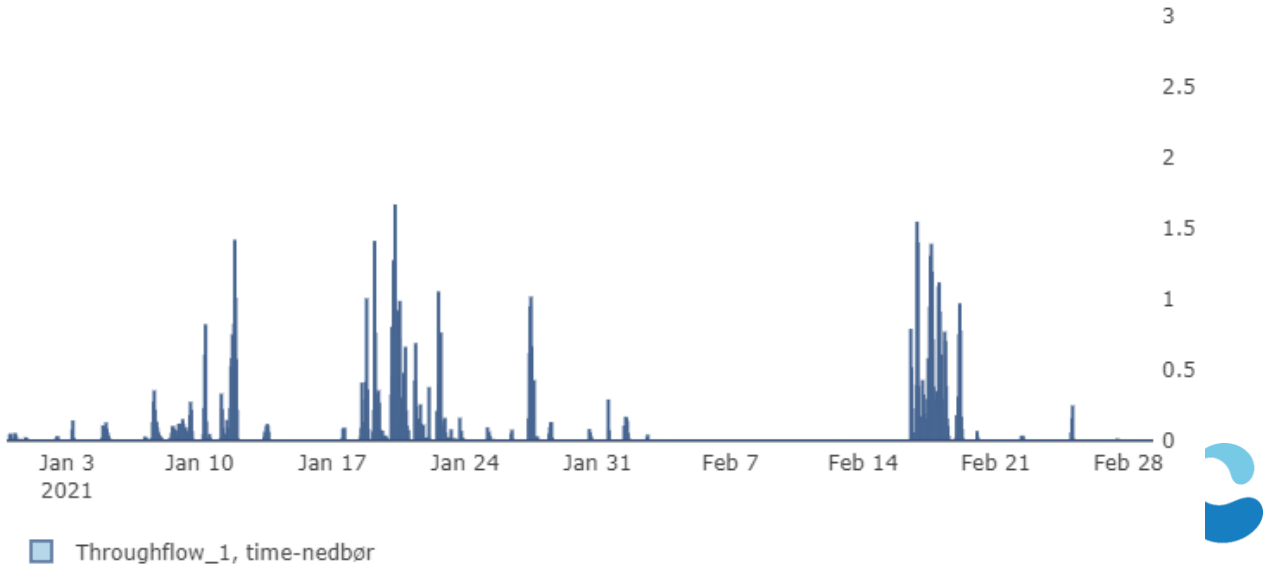


WATSONC
VIDEN OM VAND

Nedbørsgennemfald

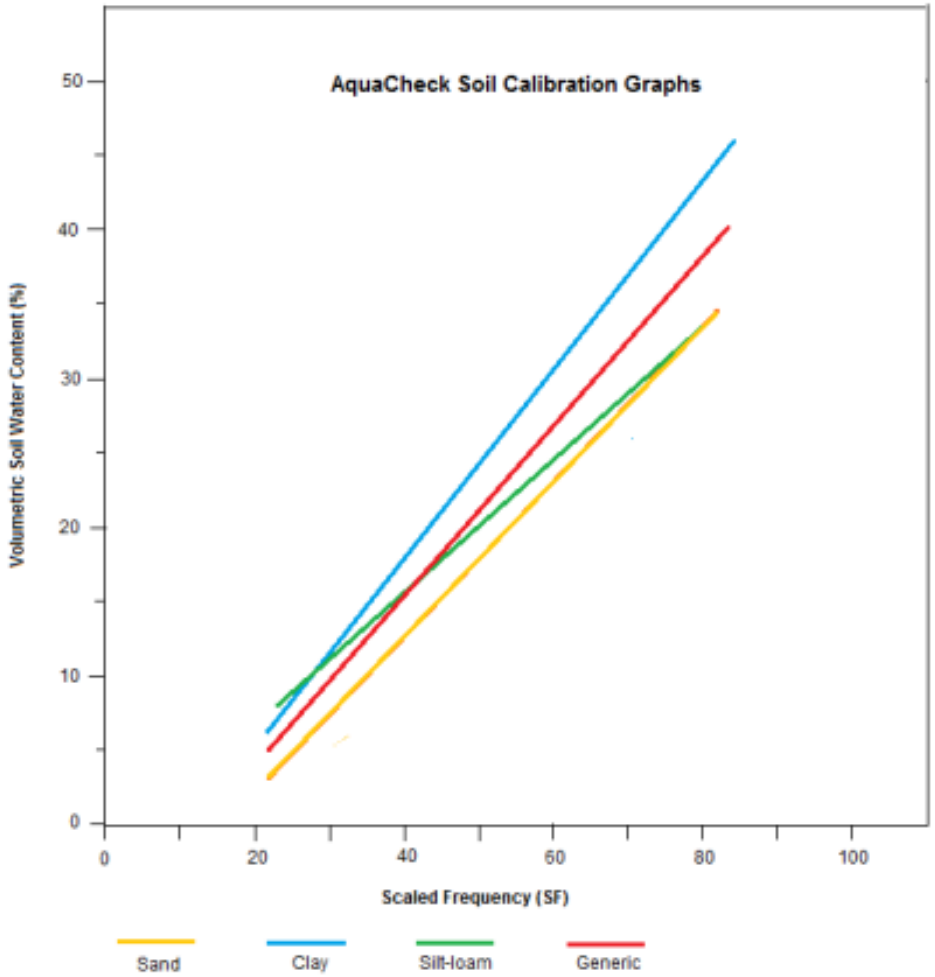
- Skalering i forhold til areal
- Dynamisk korrektion
  - Vind?
  - Intensitet?
  - Temperatur?





Fugtighedsdata

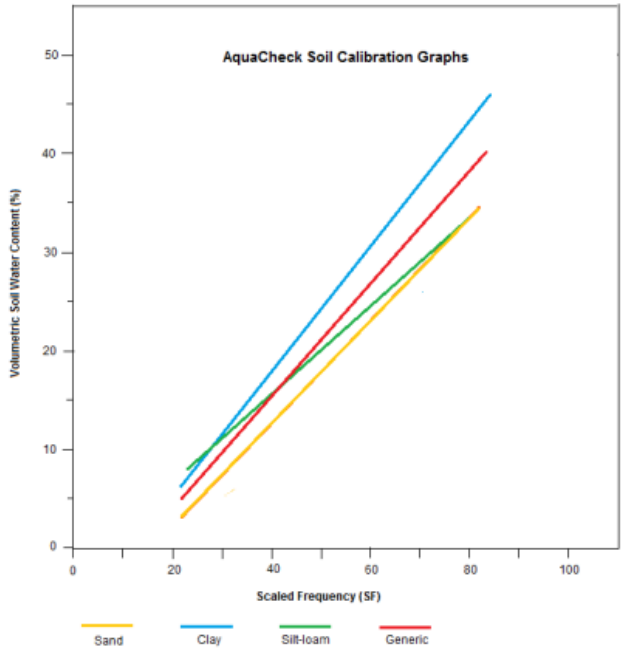
- Skalering i forholdt til jordtype



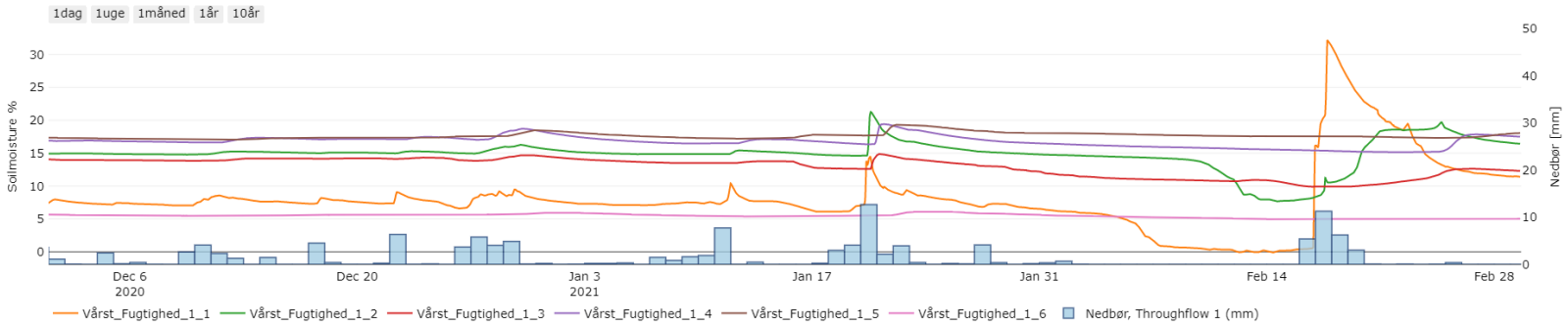
WATSONC
VIDEN OM VAND

Volumetrisk vandi

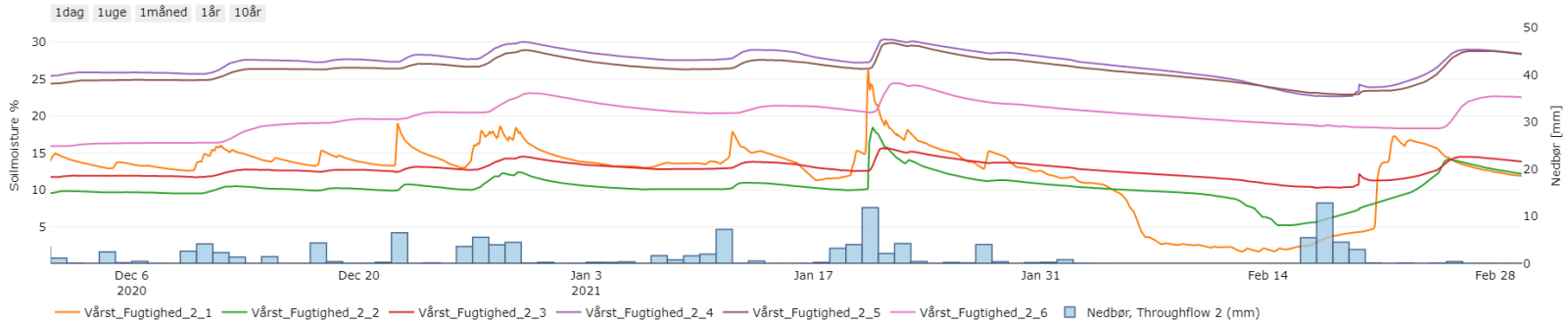
- Output signal til volumetrisk vandindhold



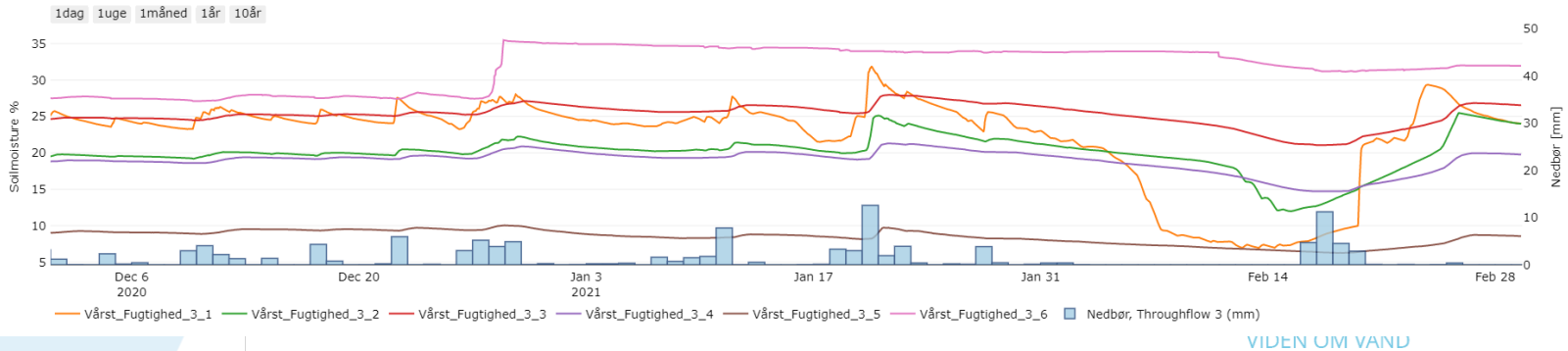
Station 1



Station 2



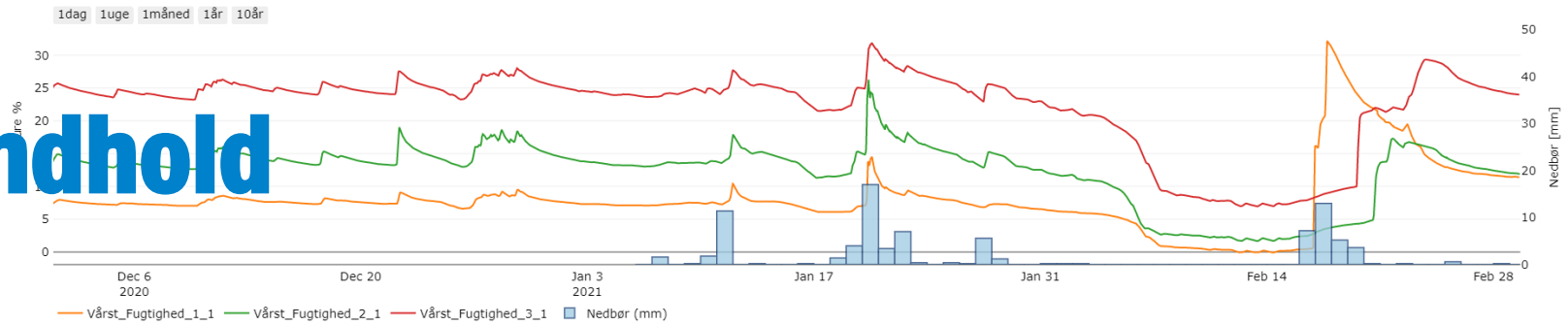
Station 3



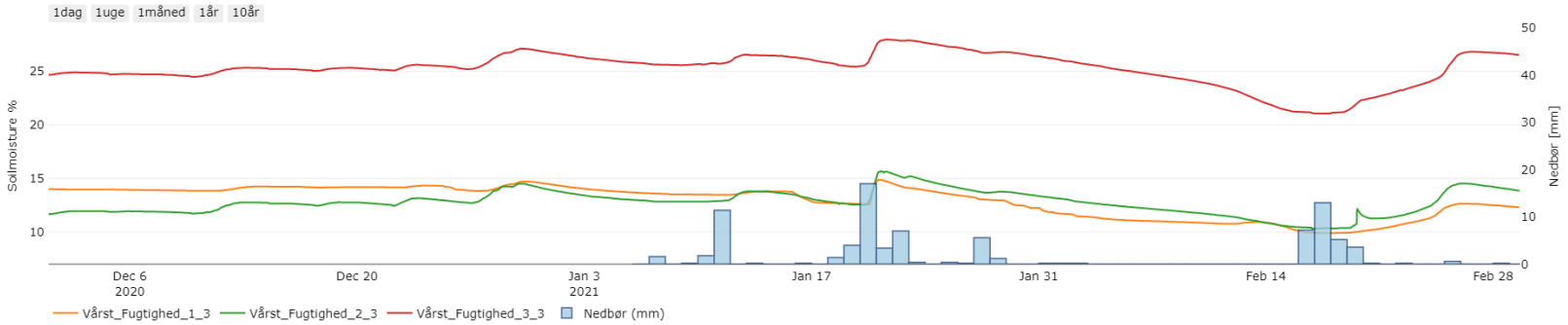
Volumetrisk vandindhold

- Dybdefordeling

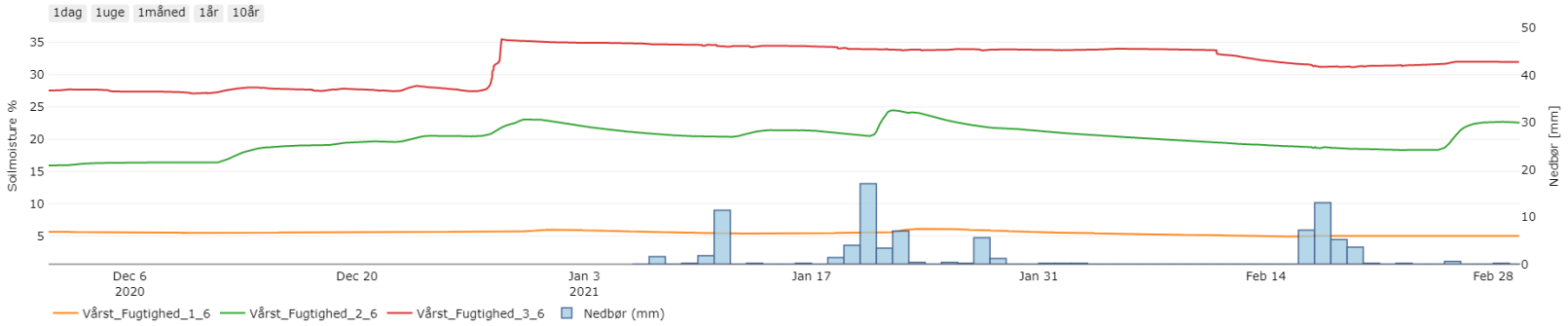
0,2 m under terræn



0,6 m under terræn



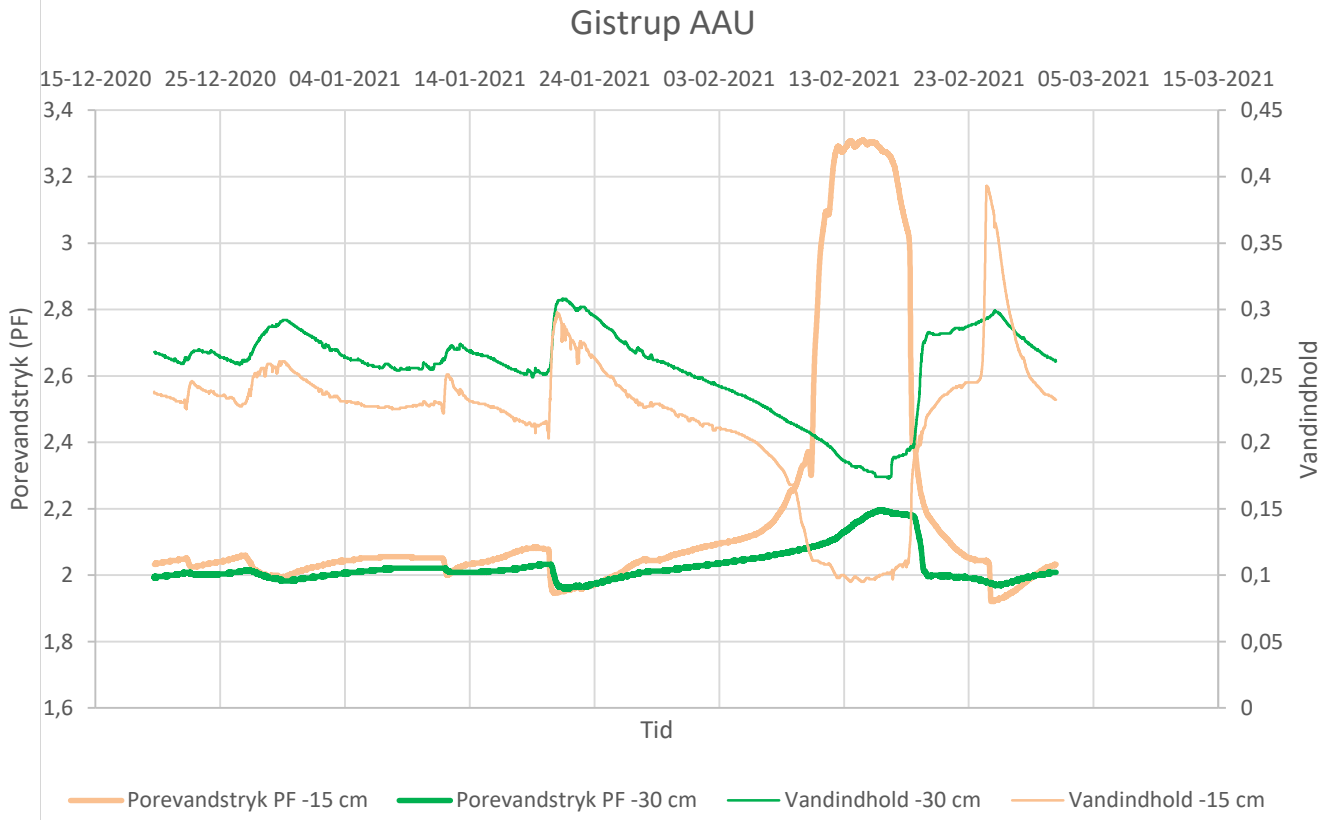
1,2 m under terræn



Porevandstryk og volumetrisk vandindhold

Porevandstryk

- PF (log10 til porevandstryk i cm vandsøjle)



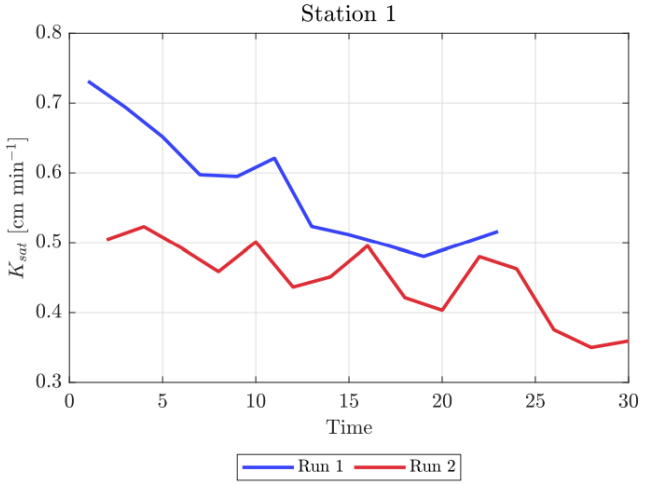
	Station 1	Station 2	Station 3	Average	Limestone
Bulk density, ρ_b, [g DM g^{-1} soil]	1.45	1.40	1.35	1.40	1.39
Total porosity, ϕ_{tot}, [cm^3 cm^{-3}]	0.46	0.47	0.48	0.47	0.48
Effectiv porosity, ϕ_{eff}, [cm^3 cm^{-3}]	0.32	0.33	0.33	0.33	0.06
Water content pF 2, θ_{pF2}, [cm^3 cm^{-3}]	0.14	0.14	0.15	0.14	0.42
Water content pF 4.2, $\theta_{pF4.2}$, [cm^3 cm^{-3}]	0.05	0.04	0.04	0.04	-
Saturated Hydraulic Conductivity, K_s [mm h^{-1}]	252	168	438	288	-

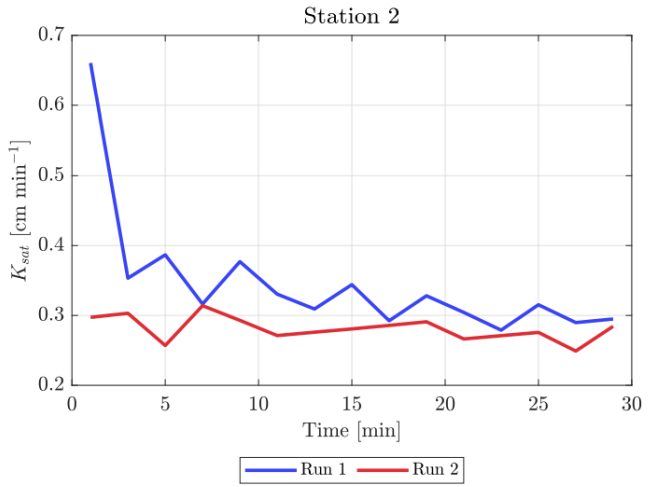
WATSONC
VIDEN OM VAND

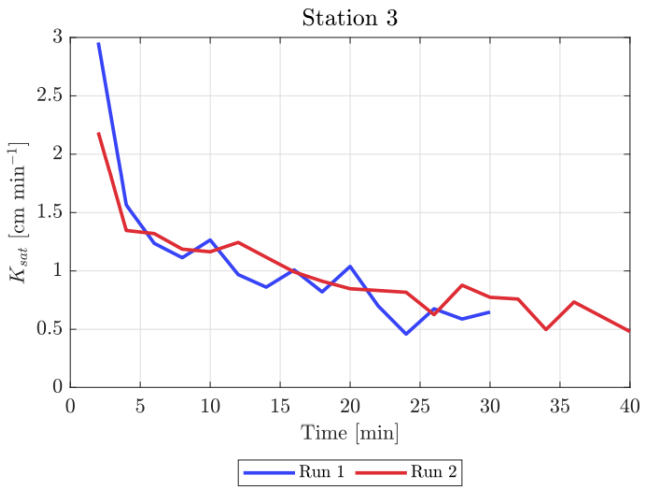
Studenterarbejder

- Jordfysisk kortlægning
  - Udtagning af intakte jordprøver
  - Udtagning af forstyrrede jordprøver
  - In situ infiltrationstest
  - Laboratoriebestemmelse af jordfysiske parametre
  -

	Station 1	Station 2	Station 3	Average	Limestone
Bulk density, ρ_b, [g DM g^{-1} soil]	1.45	1.40	1.35	1.40	1.39
Total porosity, ϕ_{tot}, [cm^3 cm^{-3}]	0.46	0.47	0.48	0.47	0.48
Effectiv porosity, ϕ_{eff}, [cm^3 cm^{-3}]	0.32	0.33	0.33	0.33	0.06
Water content pF 2, θ_{pF2}, [cm^3 cm^{-3}]	0.14	0.14	0.15	0.14	0.42
Water content pF 4.2, $\theta_{pF4.2}$, [cm^3 cm^{-3}]	0.05	0.04	0.04	0.04	-
Saturated Hydraulic Conductivity, K_s [mm h^{-1}]	252	168	438	288	-







ATSONC
VIDEN OM VAND

Fremadrettet

- Indsamling af data foreløbig til og med 2023
- Tilknytning af specialeprojekter
- Validering af sensordata

➔Modellering af grundvandsdannelse

Tak for opmærksomheden!

Spørgsmål?

WATSONC
VIDEN OM VAND

Mikrobiodiversitets tilstedeværelse i grundvand og sandfiltre

- og deres betydning for forskellige processer

AARHUS
UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

9 MARCH 2021

LEA ELLEGAARD-JENSEN
RESEARCHER
leael@envs.au.dk

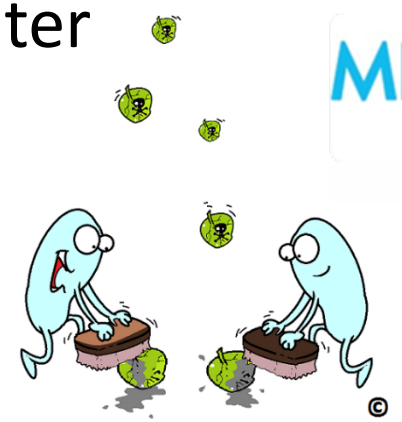
Indhold

Mikroorganismer i grundvand og sandfiltre

- inkl. DNA undersøgelser af disse miljøer

Biologisk fjernelse af pesticidrester i grundvand

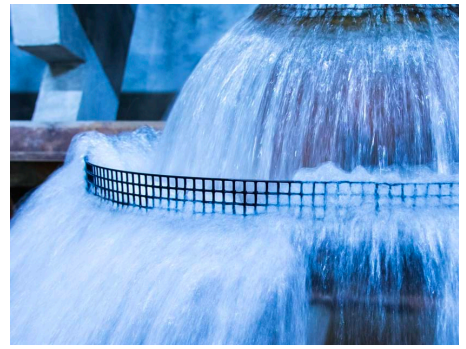
- baggrund og resultater



AARHUS
UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

9 MARCH 2021 | LEA ELLEGAARD-JENSEN
RESEARCHER
leael@envs.au.dk

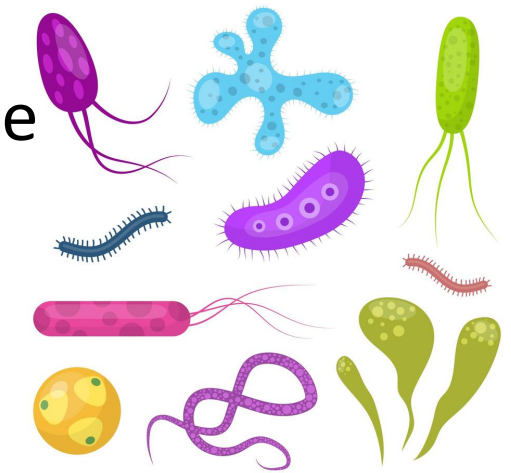
Der er vel ikke bakterier i mit vand?



- alm. opfattelse: bakterier bør ikke være i vores vand pga. *E. coli* og *Legionella*

- fakta: der er et helt samfund – ikke bare af bakterier – men også andre mikroorganismer i vores vand

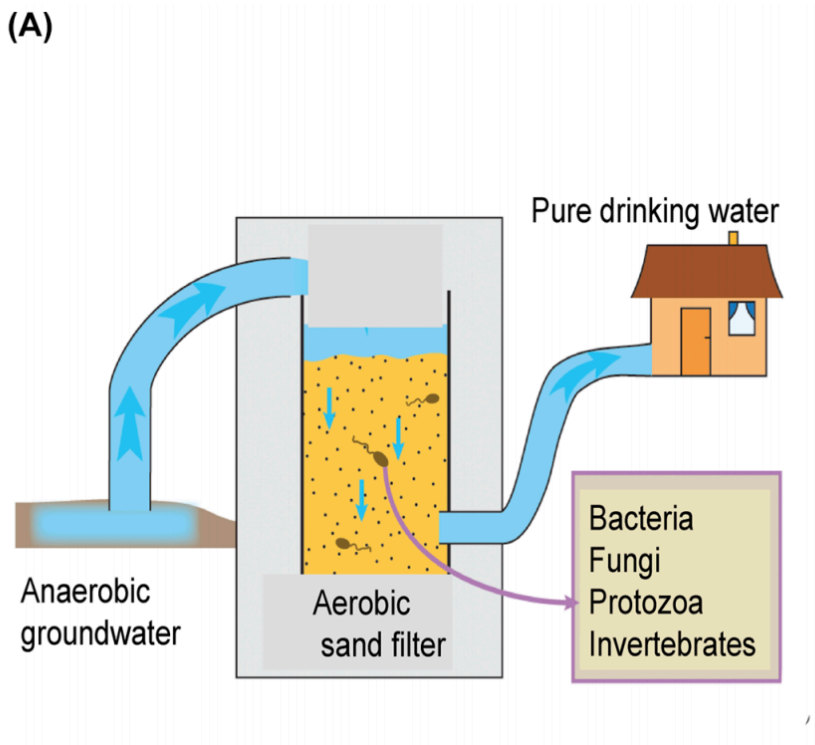
- de kan være gode eller dårlige for os – og for de bioteknologiske processer vi anvender for at rense forurenet vand.

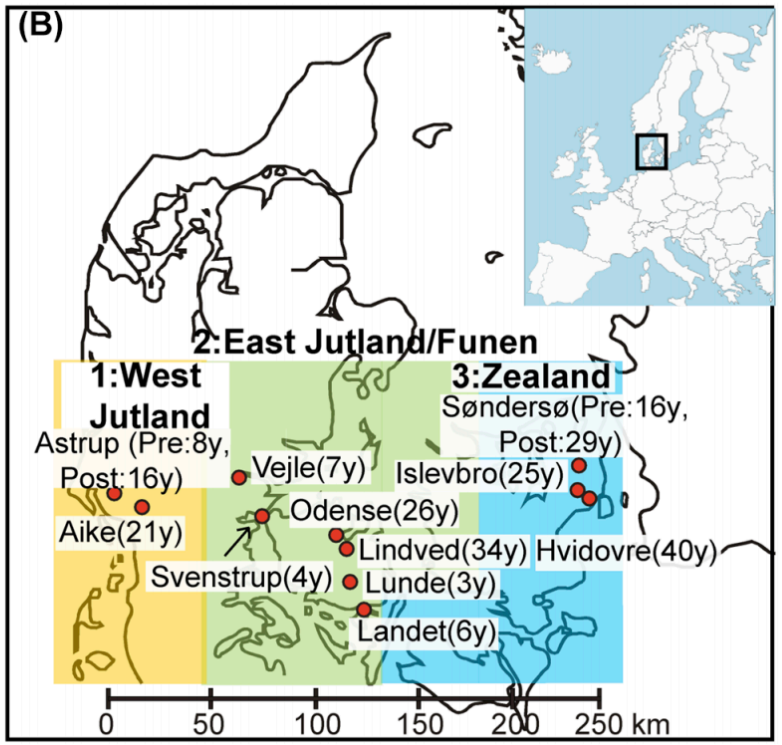


AARHUS UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

9 MARCH 2021 | LEA ELLEGAARD-JENSEN
RESEARCHER
leael@envs.au.dk

DNA undersøgelse af biodiversiteten i (velfungerende) sandfiltre

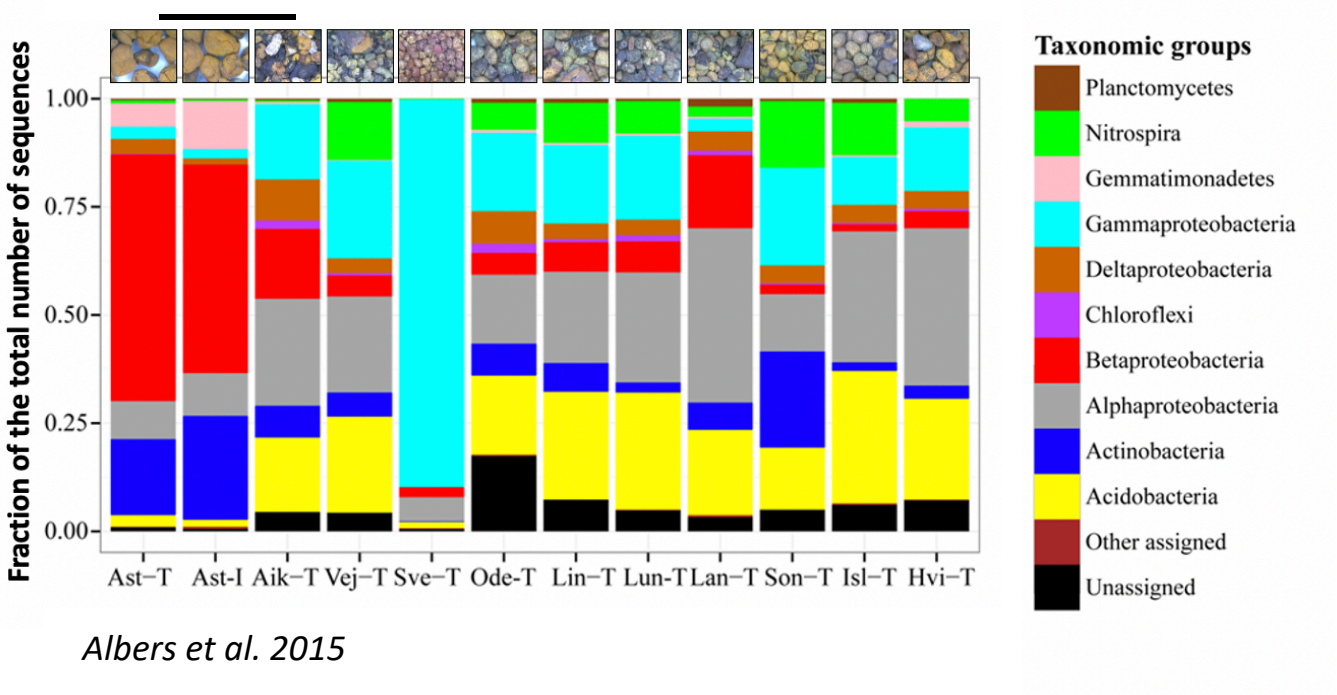




Albers, Ellegaard-Jensen, Harder, Rosendahl, Knudsen, Ekelund, Aamand (2015). *Environmental Science & Technology*

Bugge Harder, Albers, Rosendahl, Aamand, Ellegaard-Jensen, Ekelund (2019). FEMS Microbiology Ecology

Bakterie samfund i sandfiltre



Albers et al. 2015

- Stor biodiversitet i alle filtre

- Sammenhæng mellem geokemi og sammensætningen af bakteriesamfundet

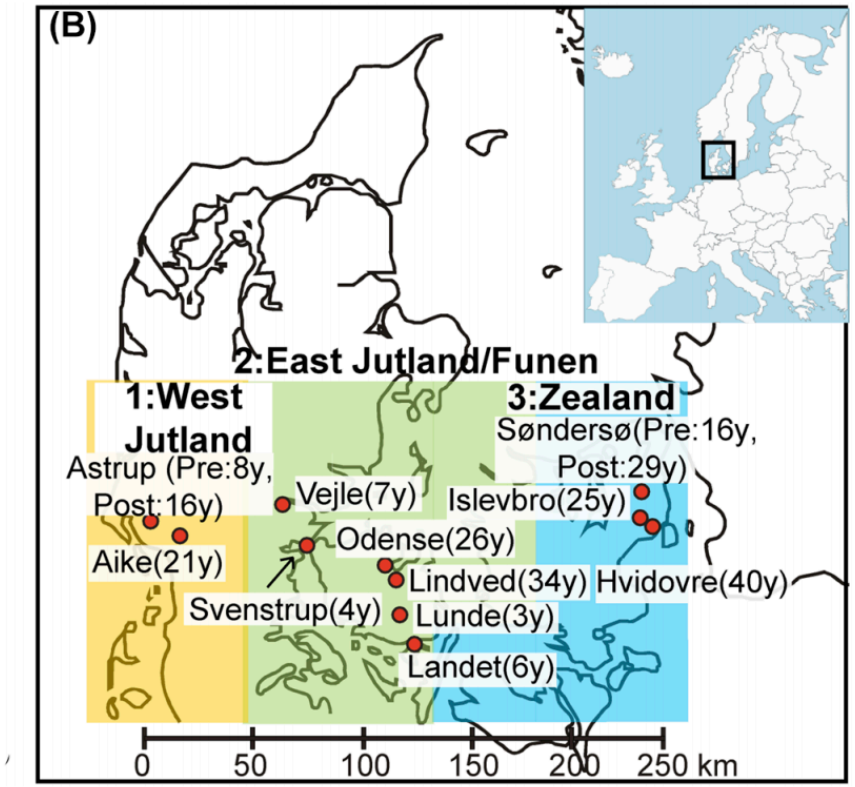
Fe) Jern-oxiderende *Gallionella* (Betaproteobacteria) dominerer især i filtre, der behandler grundvand med højt jernindhold (Ast-T, Ast-I).

Mn) *Hyphomicrobium* spp. (Alphaproteobacteria) er i alle filtre, hvor de sandsynligvis laver mangan oxidation.

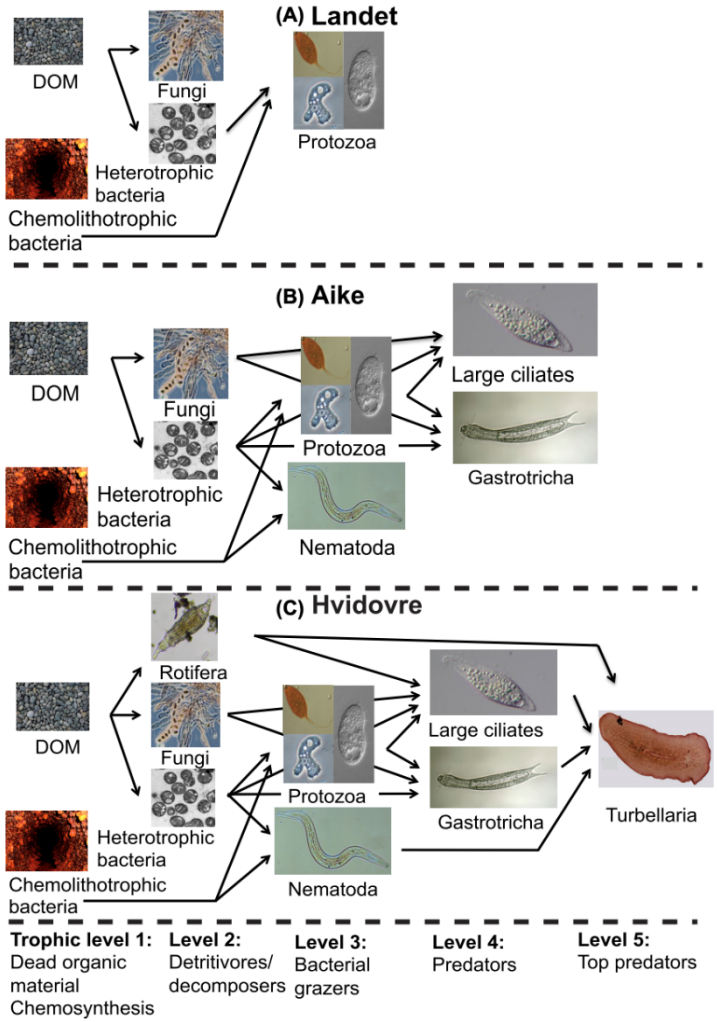
CH_4) Methanotrof *Methylococcaceae* (Gammaproteobacteria) dominerer i det sand filter, der har højt indhold af metan i vandet (Sve-T).

N) Nitrificerende bakterier; *Nitrosomonas* (Betaproteobacteria) og *Nitrospira* (Nitrospira) er i alle filtre.

En hel fødekæde i sandfiltre



Bugge Harder et al. 2019

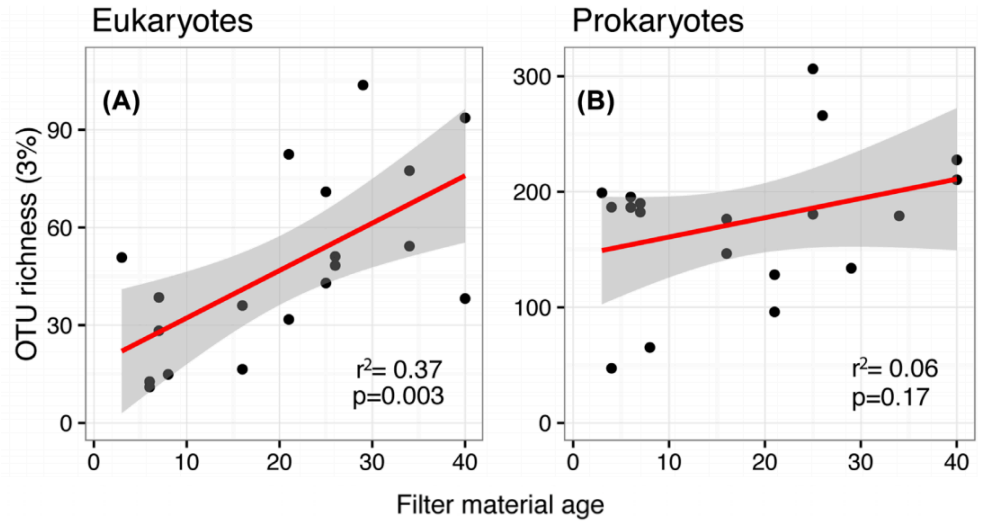


Jo ældre sandfilter materiale, des flere led i fødekæden

LEA ELLEGAARD-JENSEN
RESEARCHER
leael@envs.au.dk

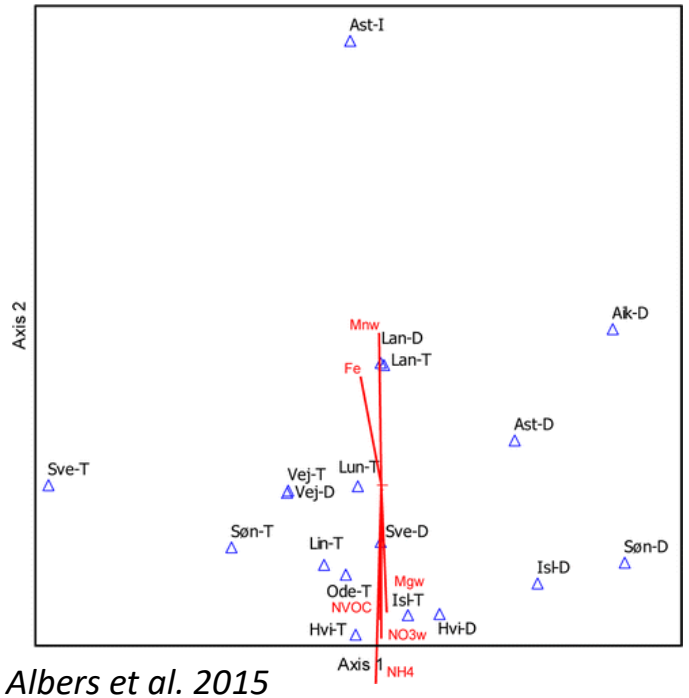
Biodiversiteten i sandfiltre styres af:

Filter materialets alder (eukaryoter)



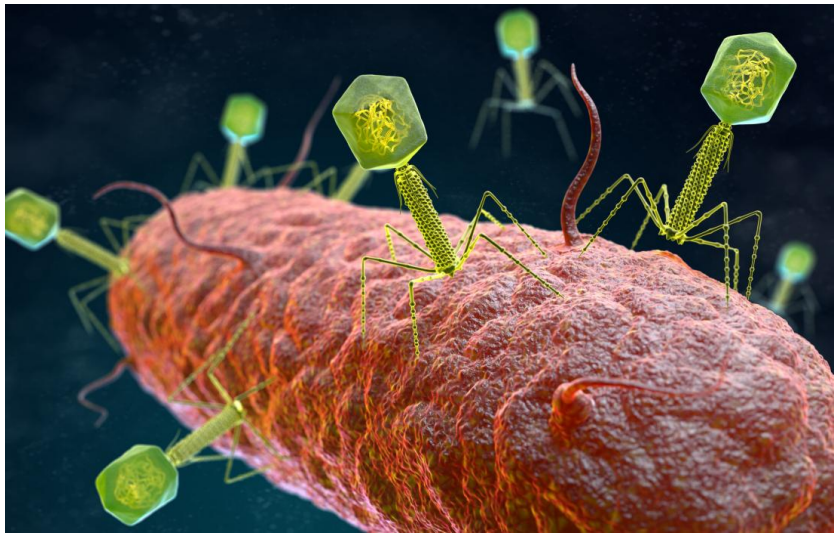
Bugge Harder et al. 2019

Vandets geokemi (prokaryoter)



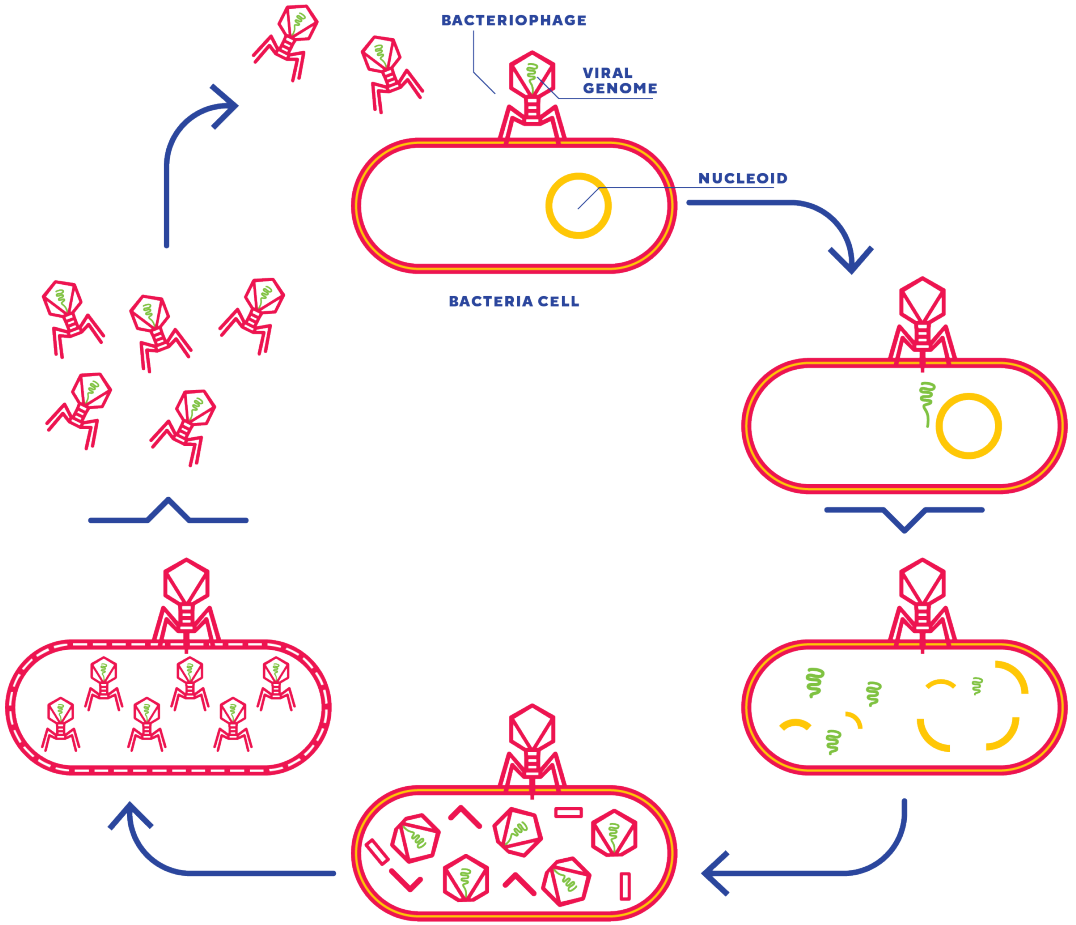
Albers et al. 2015

Hvad med virus?



Bakteriofager = virus der angriber bakterier

Bakteriofager i vores vand?



AARHUS UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

9 MARCH 2021 | LEA ELLEGAARD-JENSEN
RESEARCHER
leael@envs.au.dk

www.nature.com/scientificreports

SCIENTIFIC REPORTS

nature research

Check for updates

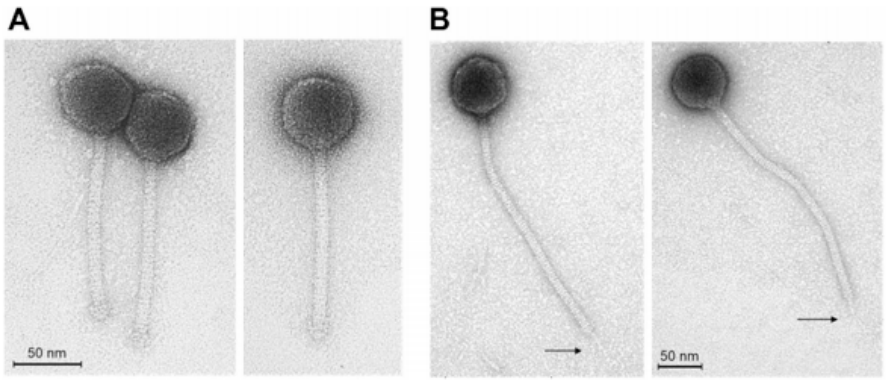


Figure 1. Transmission electron micrograph showing the long-tailed *Siphoviridae* morphotype of phage Anath (**A**) and phage Lana (**B**). The arrows indicate faint central tail-fibre structures.

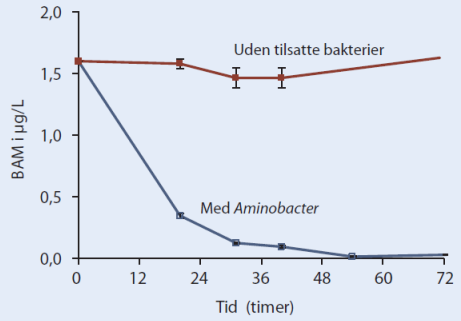
Two novel bacteriophage genera from a groundwater reservoir highlight subsurface environments as underexplored biotopes in bacteriophage ecology

Ole Hylling[1], Alexander B. Carstens[1,2], Witold Kot[1,2], Martin Hansen[1], Horst Neve[3], Charles M. A. P. Franz[3], Anders Johansen[1], Lea Ellegaard-Jensen[1] & Lars H. Hansen[1,2]✉

Relevans for mikrobiel nedbrydning af forurening - baggrund

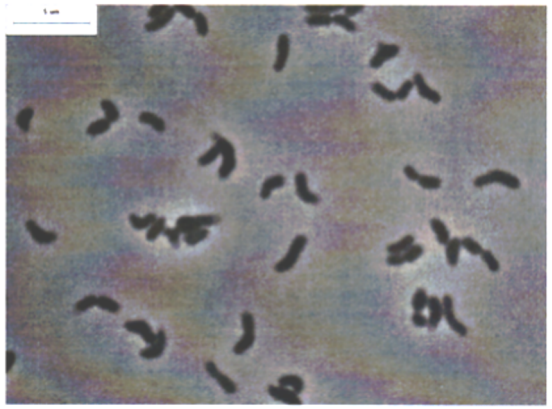
Case: grundvand forurenet med pesticid-rest BAM (2,6-dichlorobenzamide)

Bakterier fjerner Bam

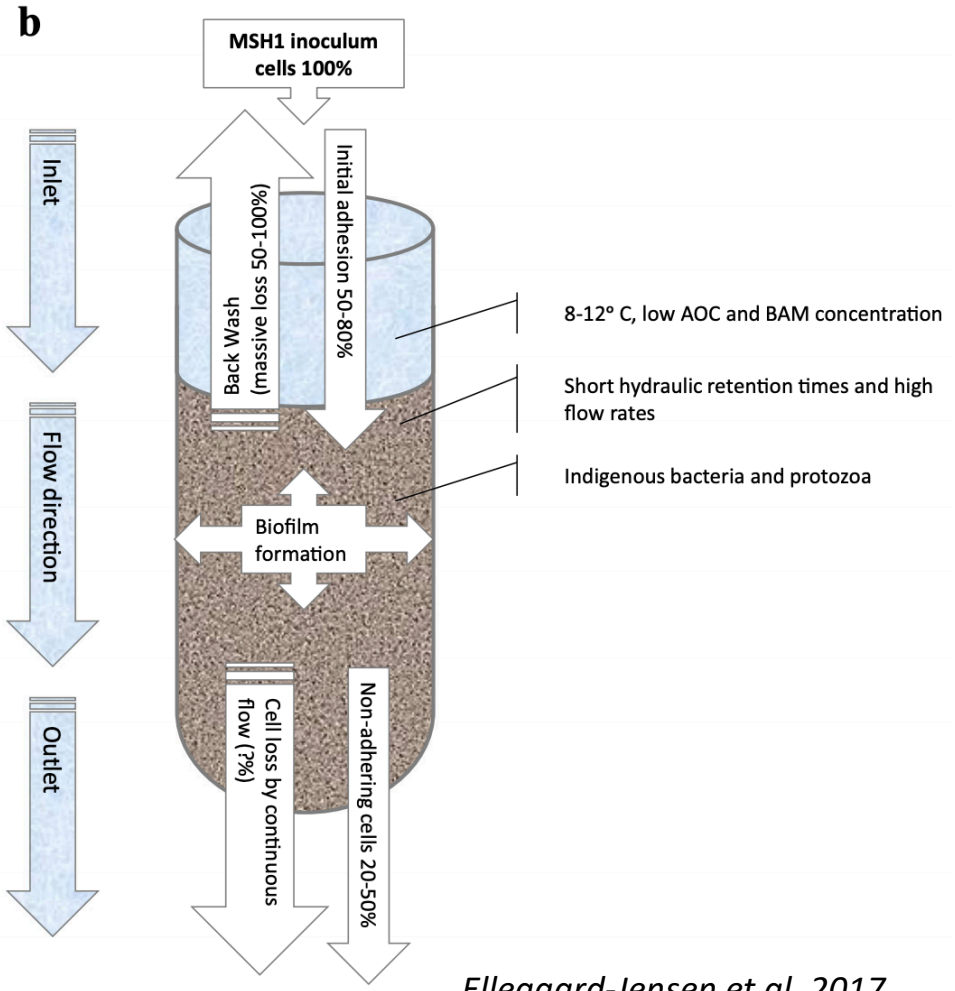


På figurens blå graf ser man, at bakterien *Aminobacter* fjerner det tilsatte BAM effektivt fra grundvandet. Efter to dage er koncentrationen lavere end 0,02 µg/l, hvilket er under de 0,1 µg/l, der højst må være i vandet, hvis det skal bruges til drikkevand. Kun få bakterier er i stand til at fjerne pesticider ved så lave koncentrationer i grundvand, da deres enzymer kun tændes ved højere koncentrationer. Hvis vi ikke tilsætter bakterien, forbliver BAM i grundvandet, som vist på den røde graf. Hvert punkt repræsenterer gennemsnittet af forsøg i tre flasker tilsat grundvand, BAM og evt. *Aminobacter* ved 10 °C. Desuden er standardafvigelserne angivet for hvert punkt.

Holtze (GeologiskNyt 1/07)

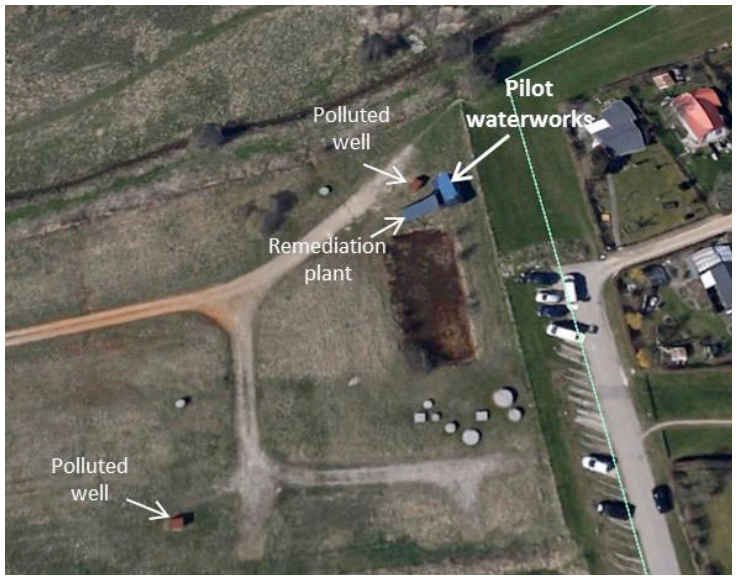


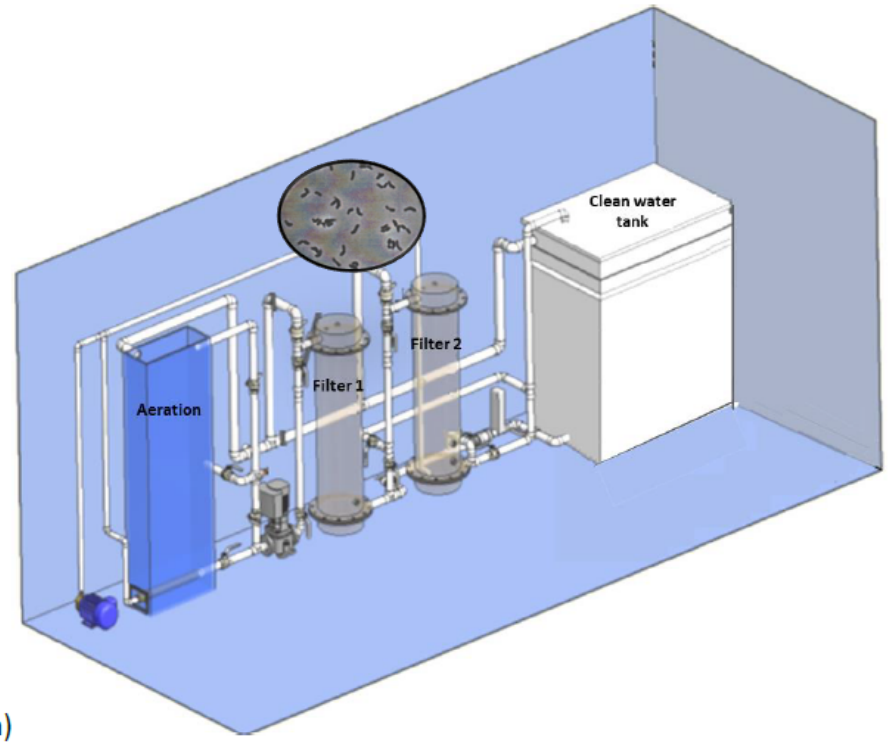
Aminobacter sp. MSH1



Ellegaard-Jensen et al. 2017

Sand filter i Pilot vandværk





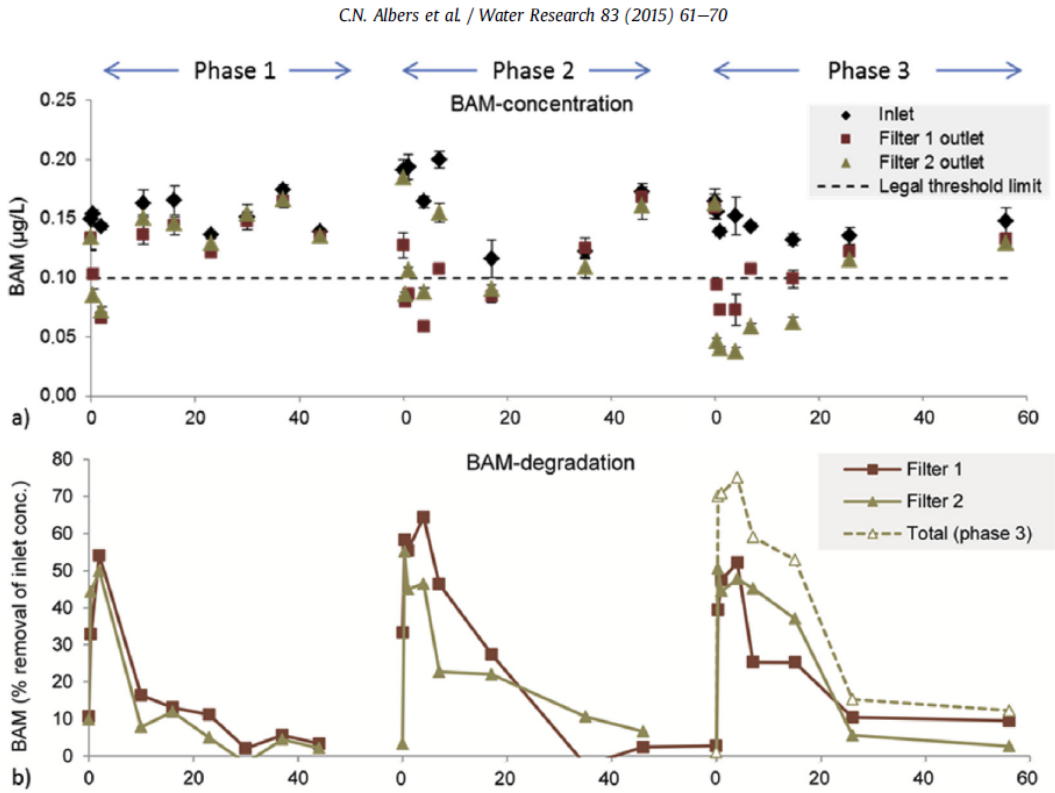
a)

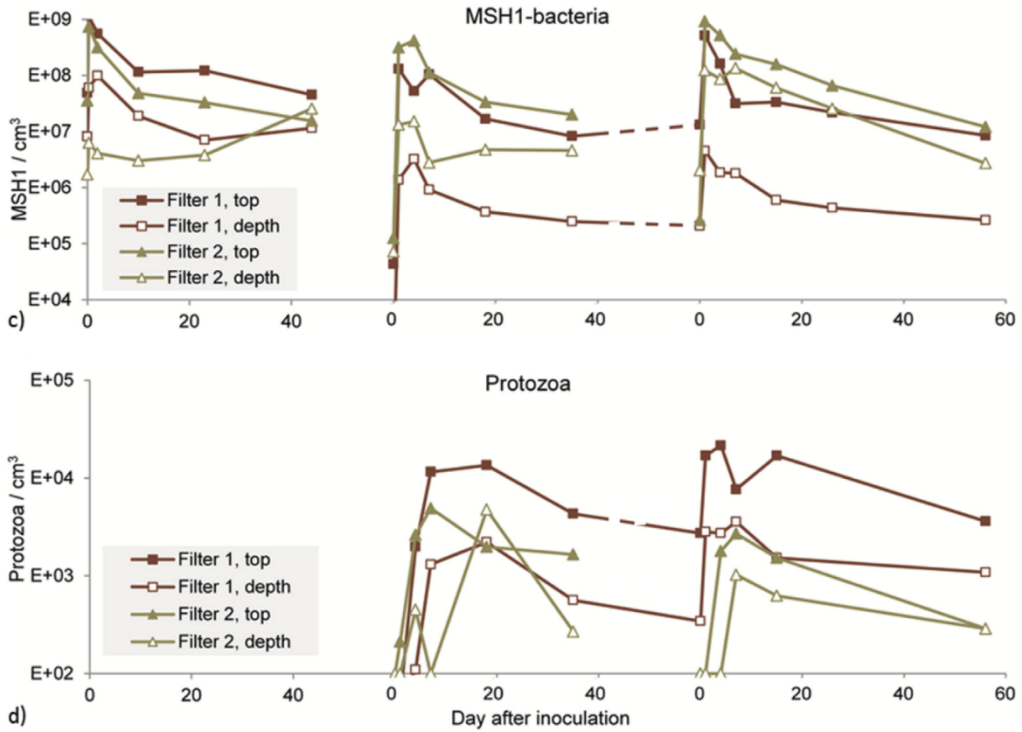
b)

AARHUS
UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

9 MARCH 2021 | LEA ELLEGAARD-JENSEN
RESEARCHER
leael@envs.au.dk

MSH1 kan fjerne BAM i sand filtre, men ….





AARHUS UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

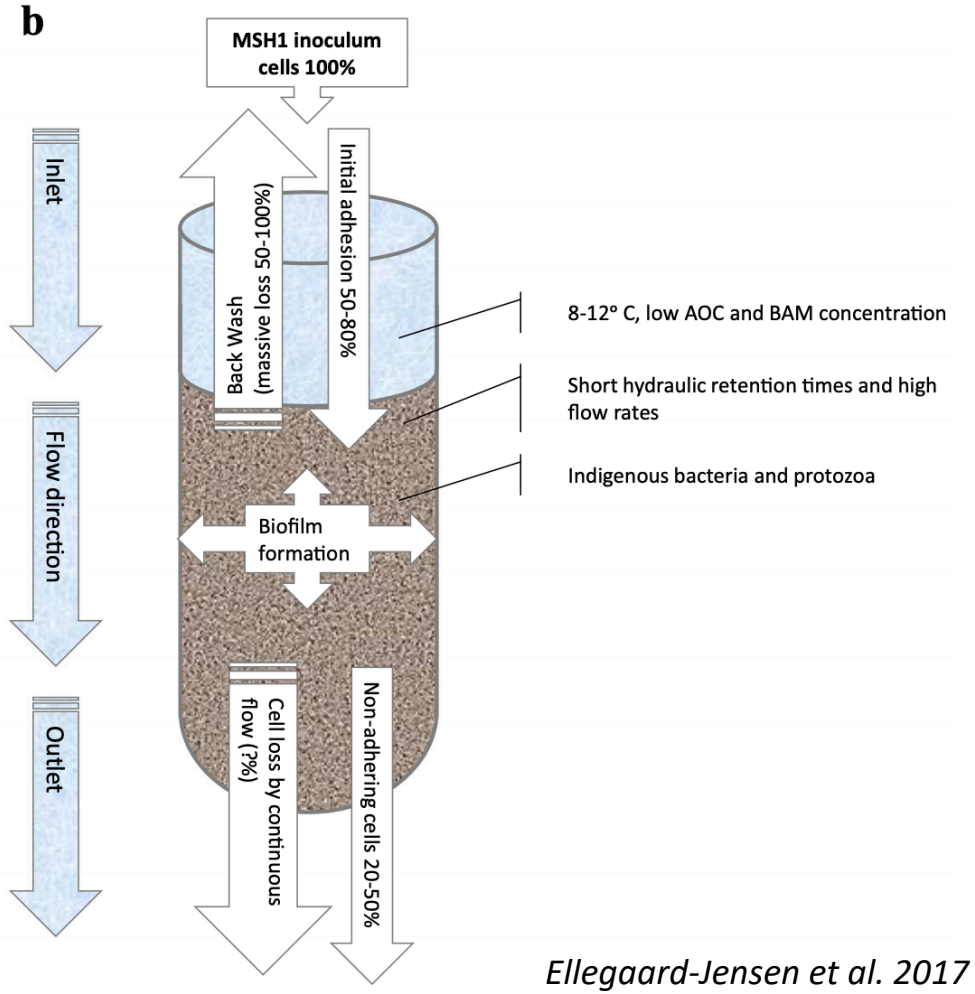
9 MARCH 2021 | LEA ELLEGAARD-JENSEN
RESEARCHER
leael@envs.au.dk

Mulige årsager

- Predation fra protozoer
- Udvaskning med flow
- Sult
- Konkurrence med andre bakterier
- Angreb fra bakteriophager

Undersøges og afhjælpes i nyt projekt

MEM2BIO



Ellegaard-Jensen et al. 2017

INNOVATIVE COMBINATION OF MEMBRANE TECHNOLOGY AND BIOLOGICAL FILTRATION FOR WATER PURIFICATION

MEM2BIO

GEUS

AARHUS UNIVERSITY

Innovationsfonden

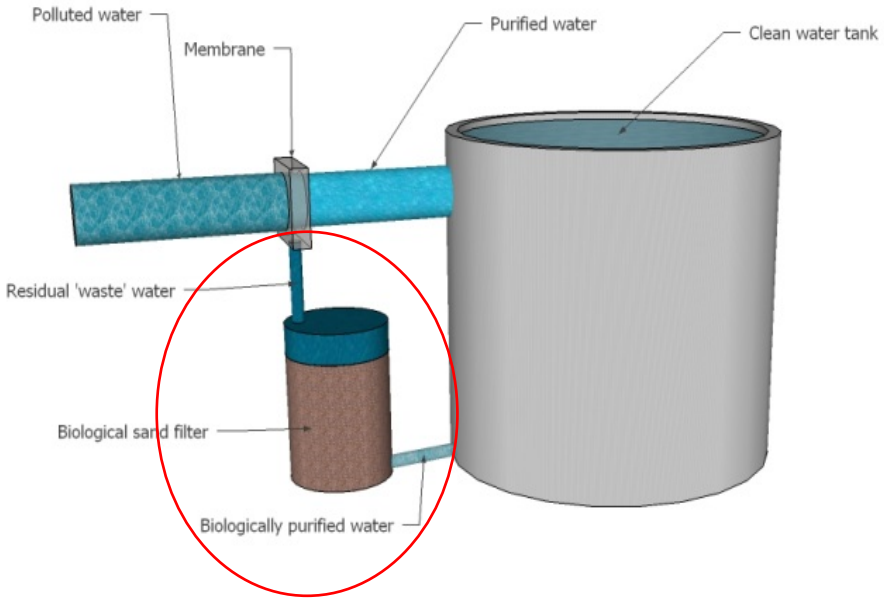
APPLIED BIOMIMETIC

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

DIN FORSYNING

TREFOR

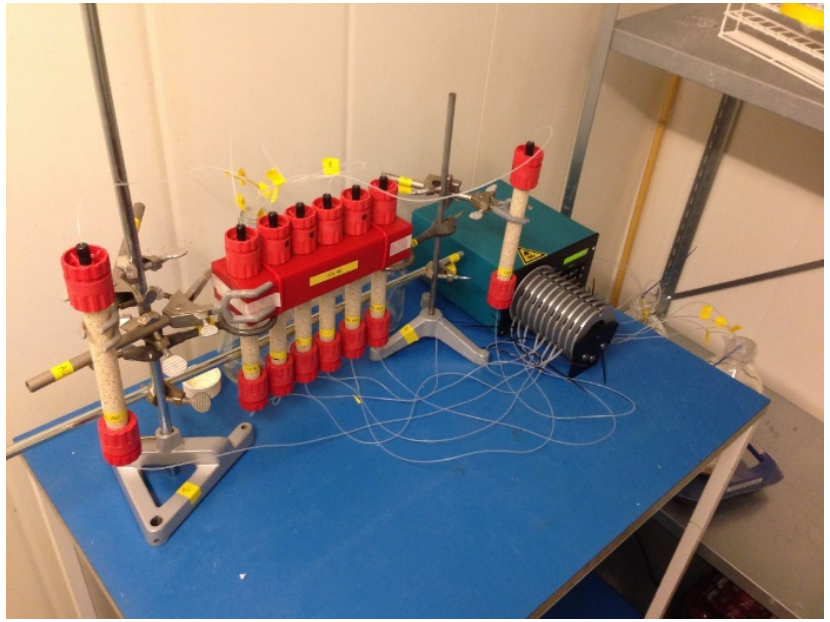
SILHORKO
REN VANDBEHANDLING



AARHUS
UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

leael@envs.au.dk

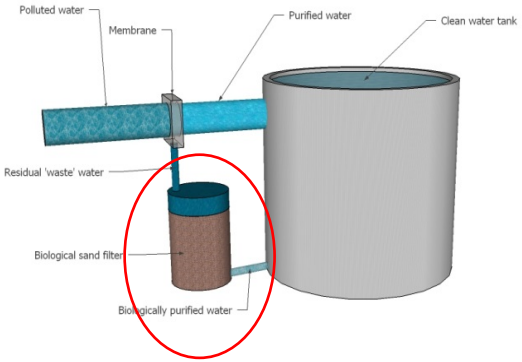
Sølje-forsøg



Søjler

Kontrol	MSH1	MSH1	MSH1	MSH1	MSH1	MSH1	Kontrol
Ikke koncentreret Varde vand + 0.3 µg/L BAM				**10x Koncentreret** Varde vand + 3 µg/L BAM			

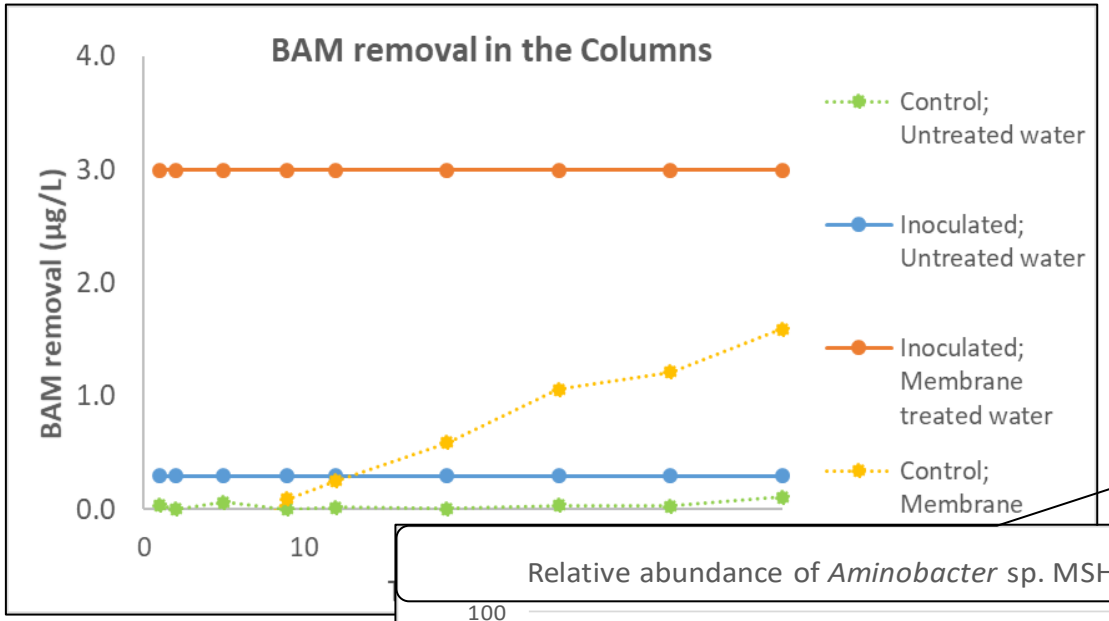
- **Flow: 4.8 mL/h**
- **Opholdstid: ~3 h**
- Temp: 10°C

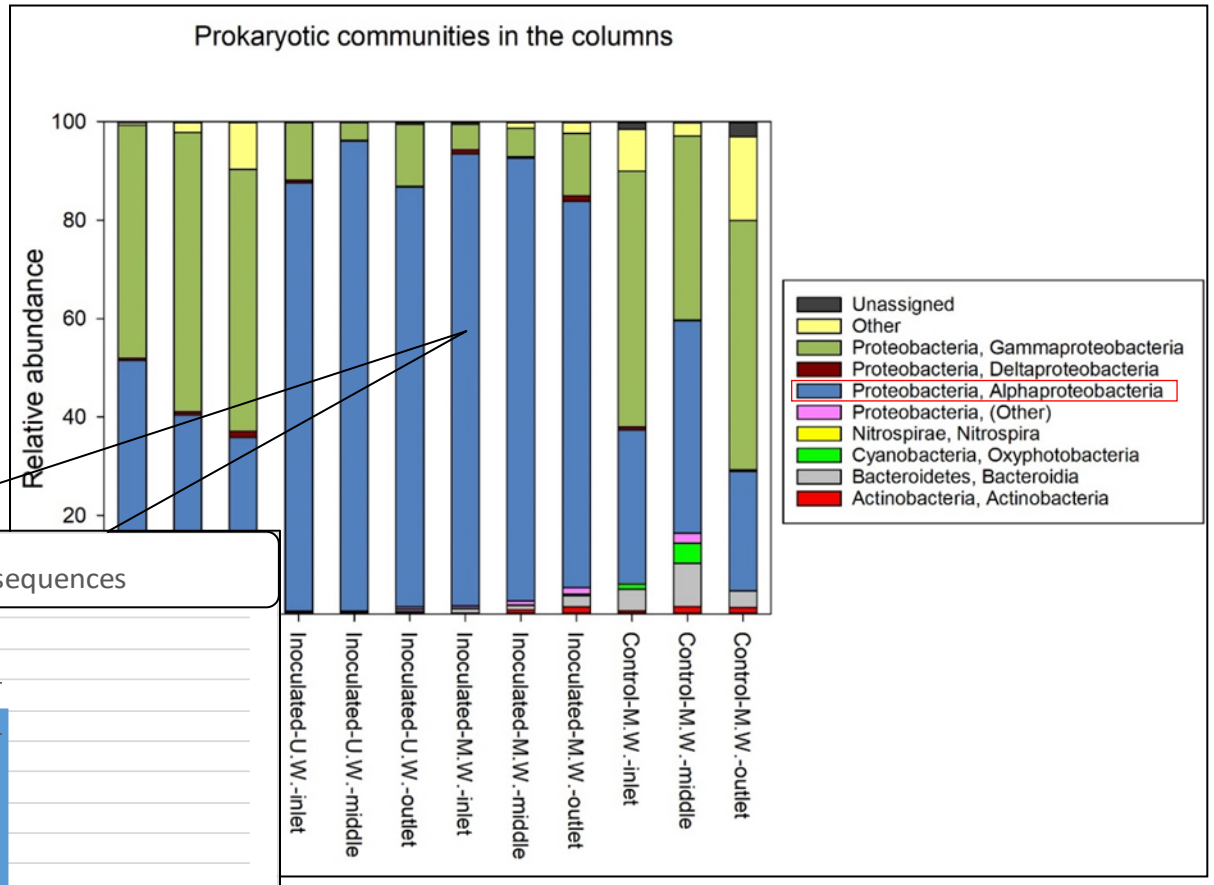


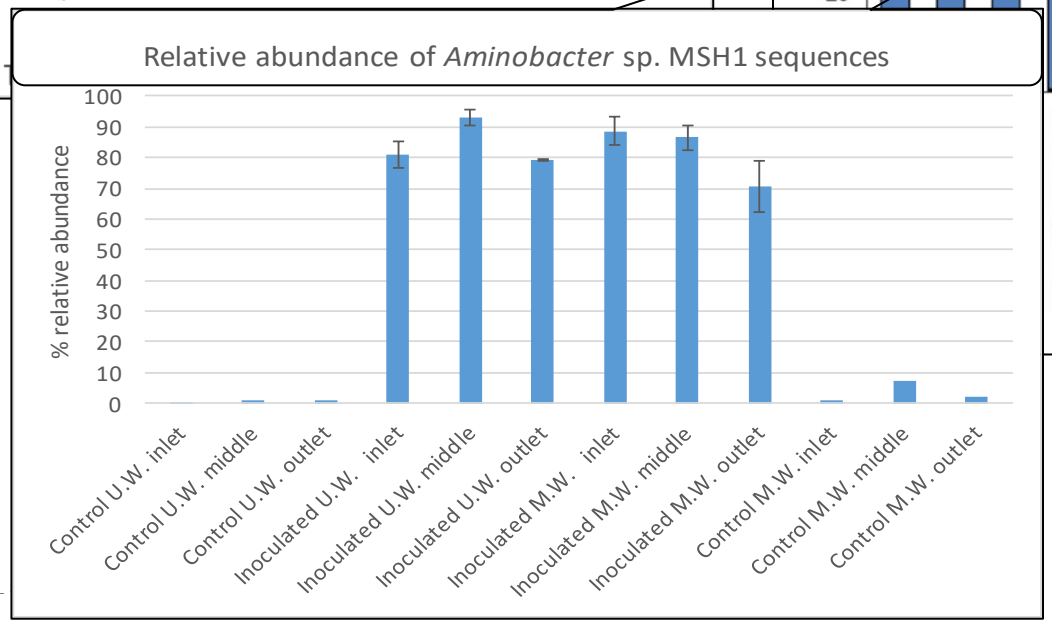
AARHUS UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

9 MARCH 2021 | LEA ELLEGAARD-JENSEN
RESEARCHER
leael@envs.au.dk

Sølje-forsøg





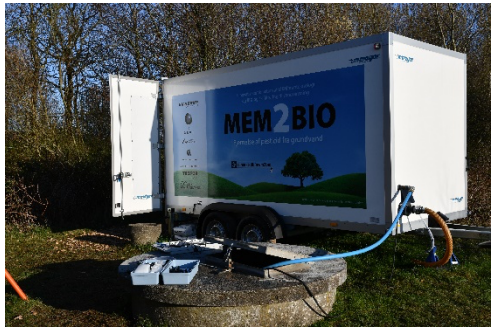


Pilot anlæg ved forurenet brønd i Esbjerg

UNPUBLISHED RESULTS REMOVED

Pilot anlæg – Test for opholdstid / flow

UNPUBLISHED RESULTS REMOVED

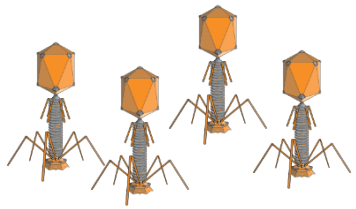


AARHUS
UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

9 MARCH 2021 | LEA ELLEGAARD-JENSEN
RESEARCHER
leael@envs.au.dk

Hvad med de naturlige fjender – bakteriofagerne?

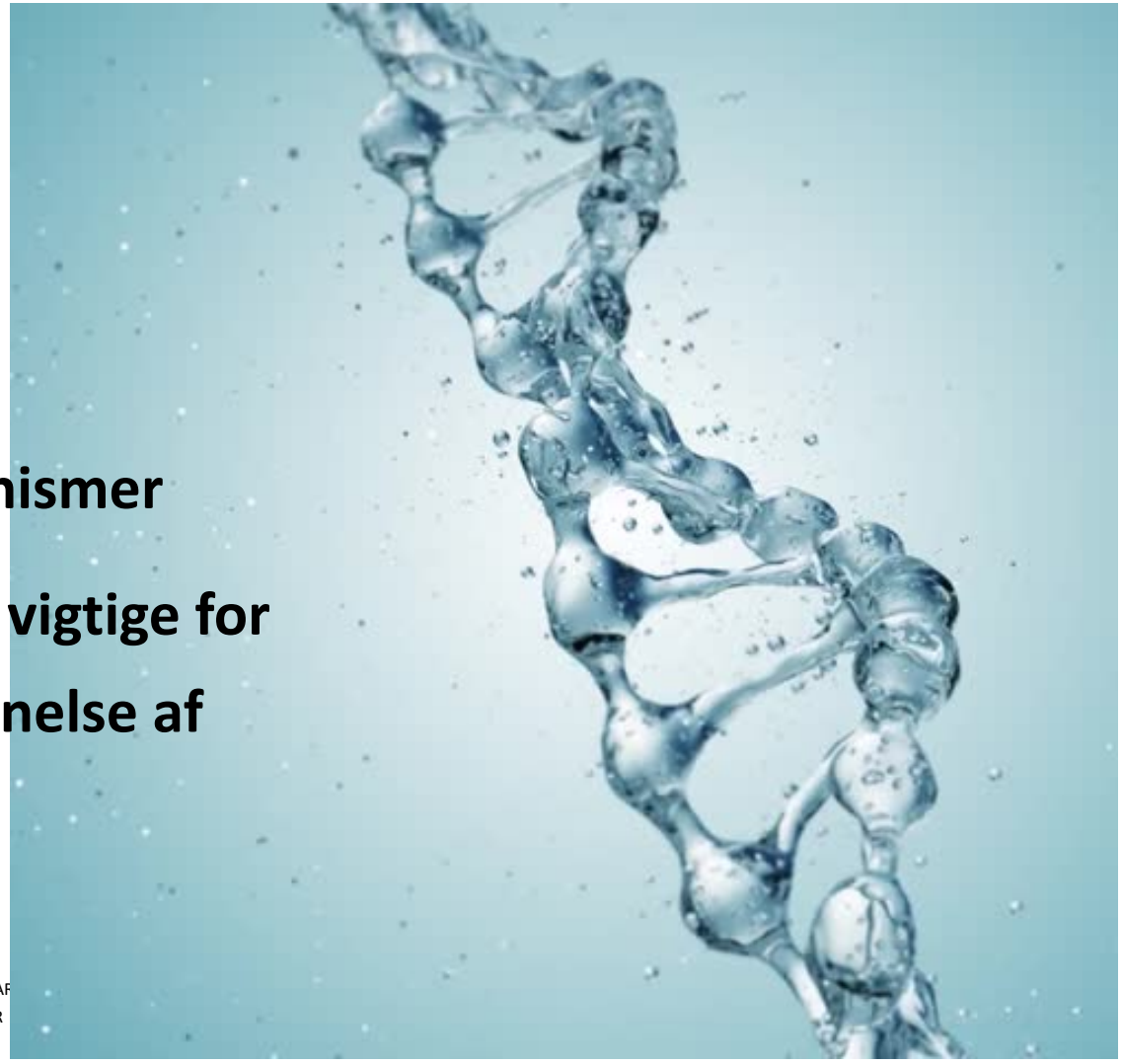
UNPUBLISHED RESULTS REMOVED



LEA ELLEGAARD-JENSEN
RESEARCHER
leael@envs.au.dk

Mikrobiodiversitets i grundvand og sandfiltre

- **Stor biodiversitet både i grundvand og i vandbehandlingsanlæg**
- **Hele fødekæder eksisterer i disse miljøer**
- **DNA metoder kan afdække hvilke mikroorganismer**
- **Både fysisk/kemiske *og* biologiske forhold er vigtige for *bioteknologiske løsninger* f.eks. biologisk fjernelse af pesticid rester i vores vand**



Tak !

- **MEM2BIO**
- **Diverse danske vandværker**
- **Nuværende og tidligere samarbejdspartnere**

GEUS

AARHUS UNIVERSITY

Innovationsfonden

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

DIN FORSYNING

TREFOR

SILHORKO
REN VANDBEHANDLING

APPLIED BIOMIMETIC

HOFOR

UNIVERSITY OF COPENHAGEN

AARHUS UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

9 MARCH 2021 | LEA ELLEGAARD-JENSEN
RESEARCHER
leael@envs.au.dk

Tak for ordet – nogen spørgsmål?