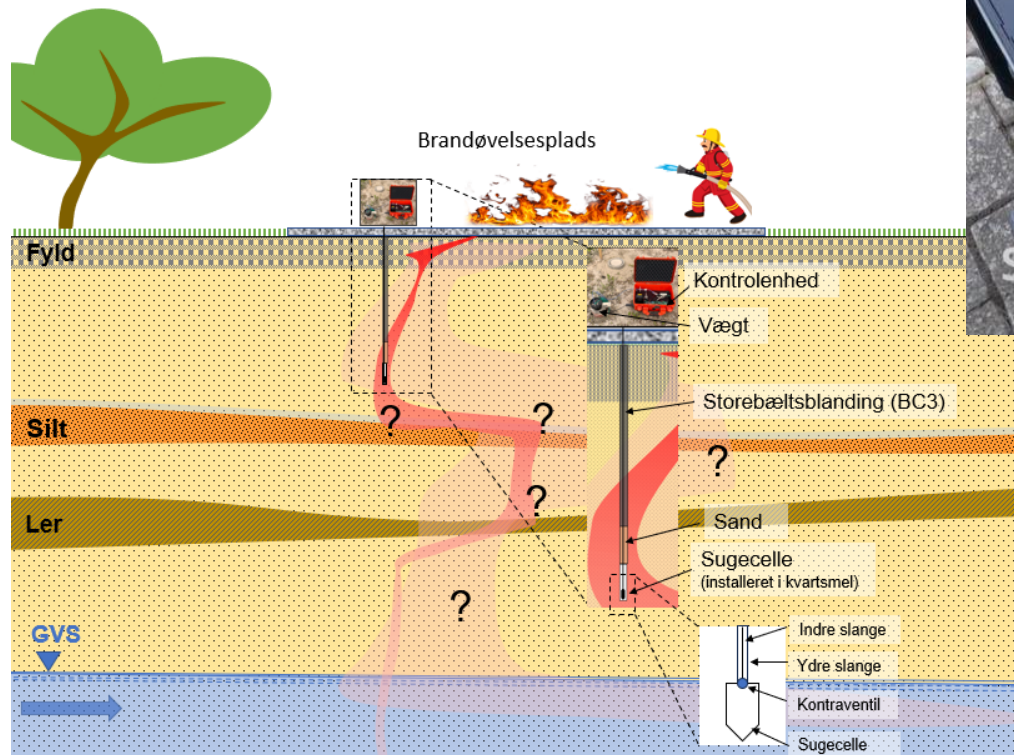


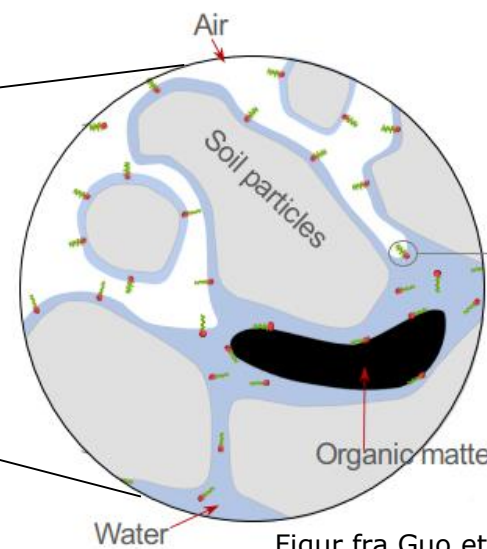
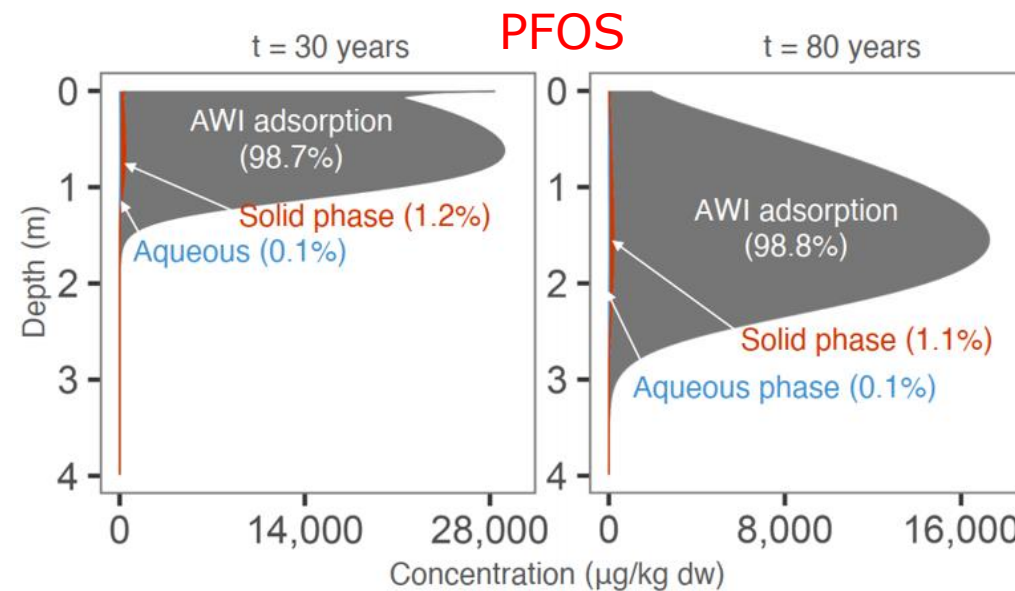
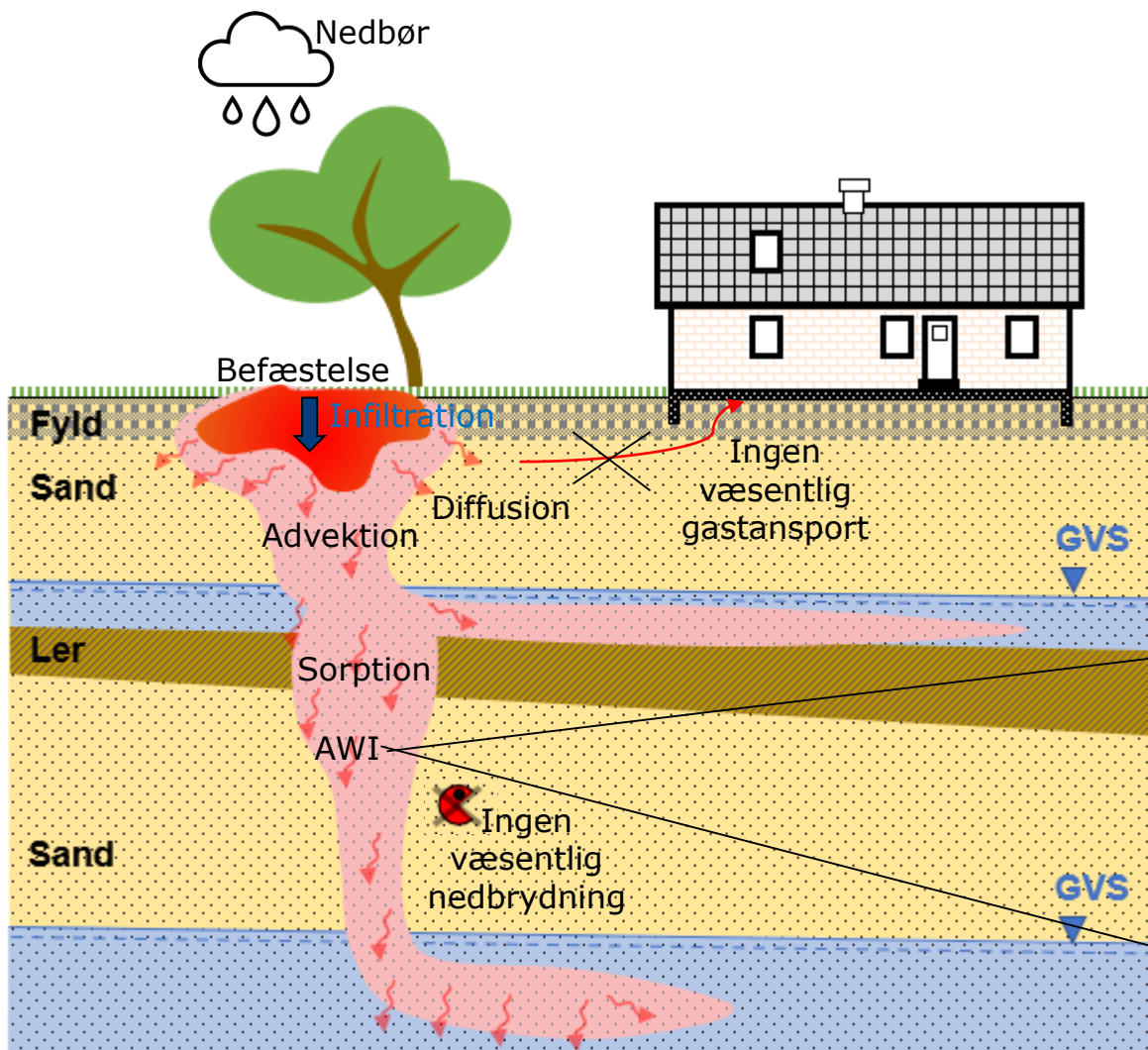
Anvendelse af porevandsmålinger i forbindelse med PFAS-undersøgelser

Maria Fisker, Andreas Houlberg Kristensen og
Poul Larsen, DMR A/S



- Brug af sugeceller/porevandsprøver på PFAS-sager
- Metoder til installation af sugeceller
- Optimering af prøvetagning via SRO
- Adsorption og afsmitning af PFAS til/fra prøvetagningsudstyr
- Prøvetagningsstrategier på PFAS-sager – målinger i umættet zone

Konceptuel model (eksempel: PFOS)

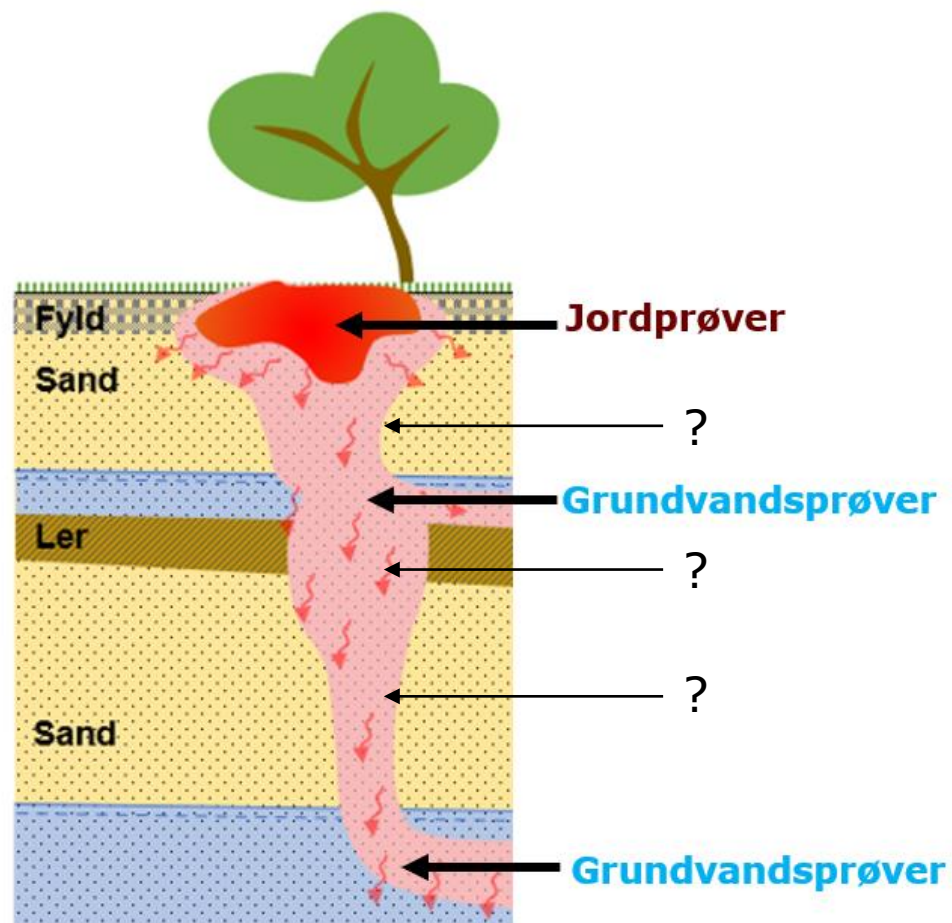


AWI styrende for tilbageholdelse af langkædede PFAS i umættet zone

Figur fra Guo et al., 2019

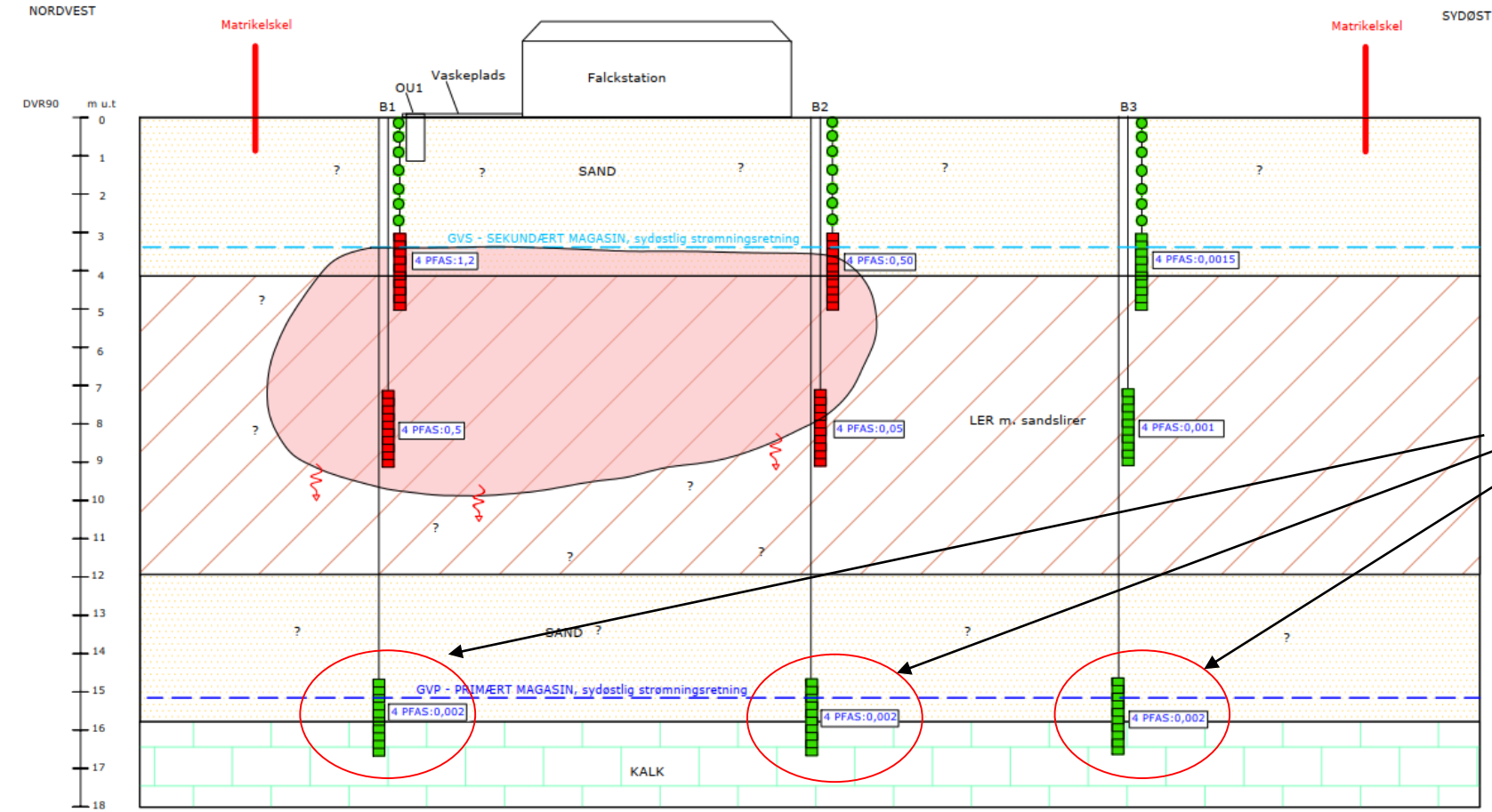
Brug af sugeceller til porevandsprøvetagning på PFAS-sager

Konceptuel forståelse – traditionelle undersøgelsesværktøjer:



Brug af sugeceller til porevandsprøvetagning på PFAS-sager

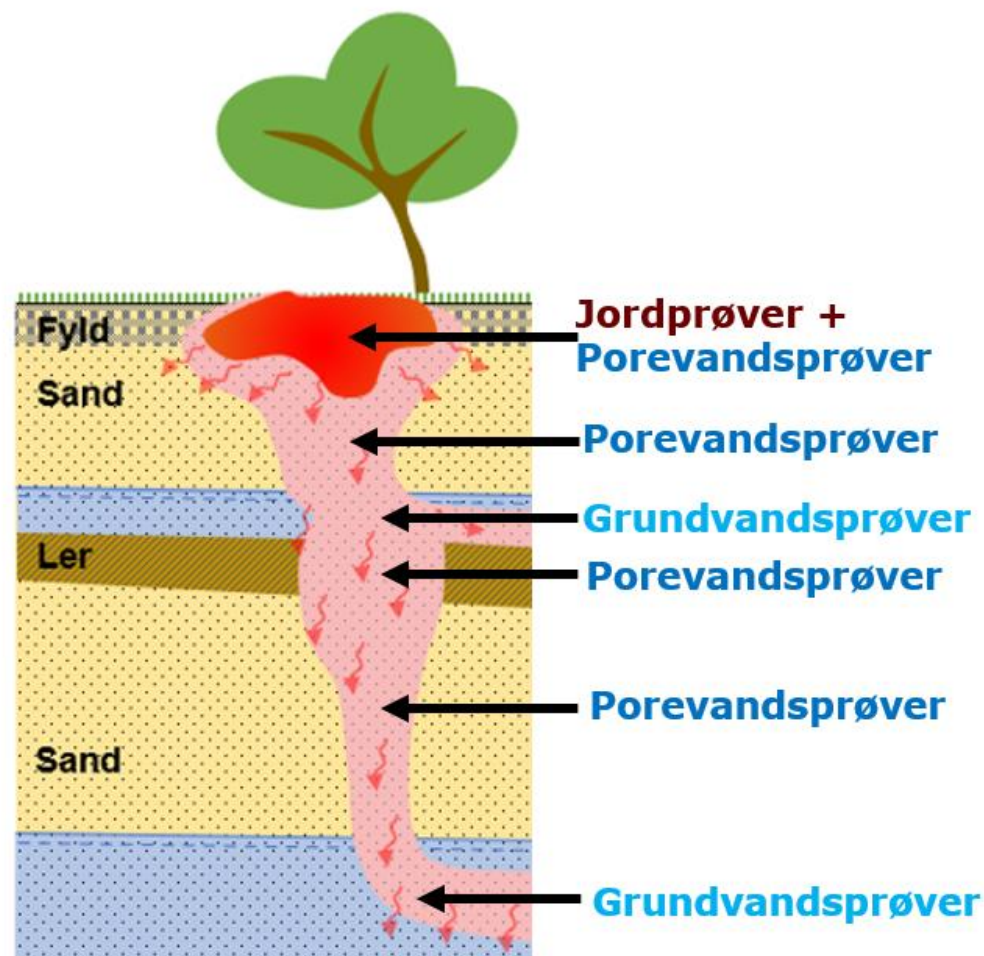
Konceptuel forståelse – traditionelle undersøgelsesværktøjer:



Mange ukendte faktorer –
er der en puls på vej mod
grundvandet selvom vi
ikke måler indhold over
GVK?

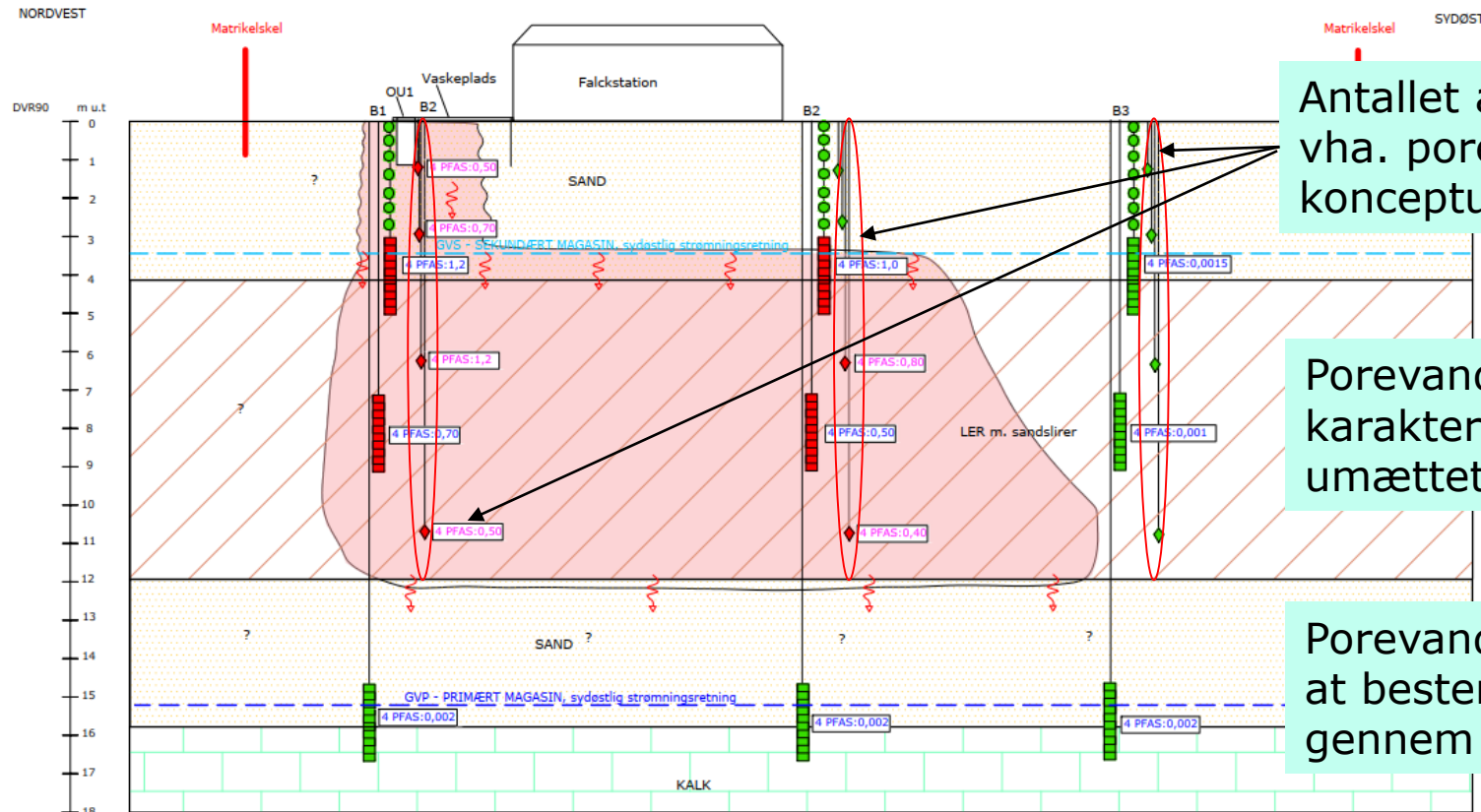
Brug af sugeceller til porevandsprøvetagning på PFAS-sager

Konceptuel forståelse – traditionelle undersøgelsesværktøjer + porevandsmålinger:



Brug af sugeceller til porevandsprøvetagning på PFAS-sager

Konceptuel forståelse – traditionelle undersøgelsesværktøjer + porevandsmålinger:

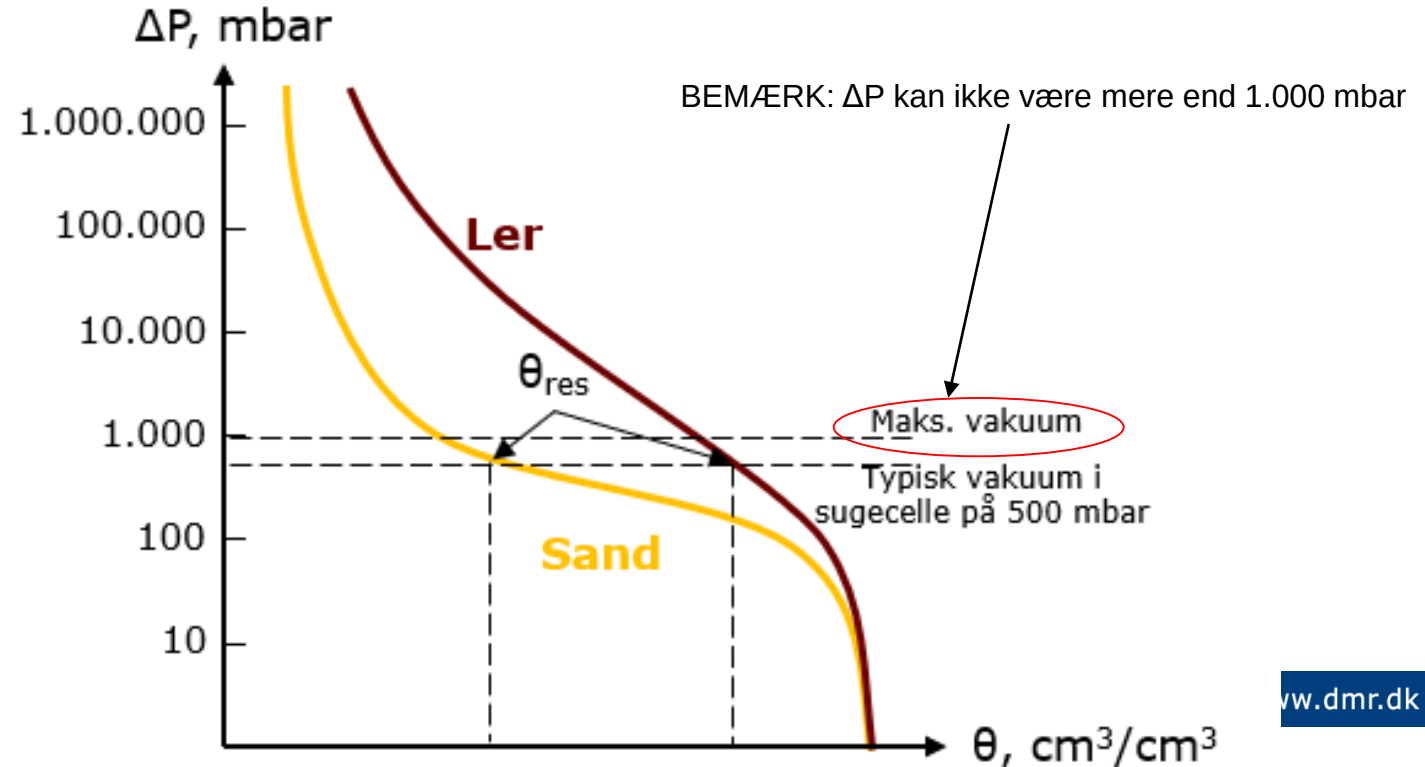
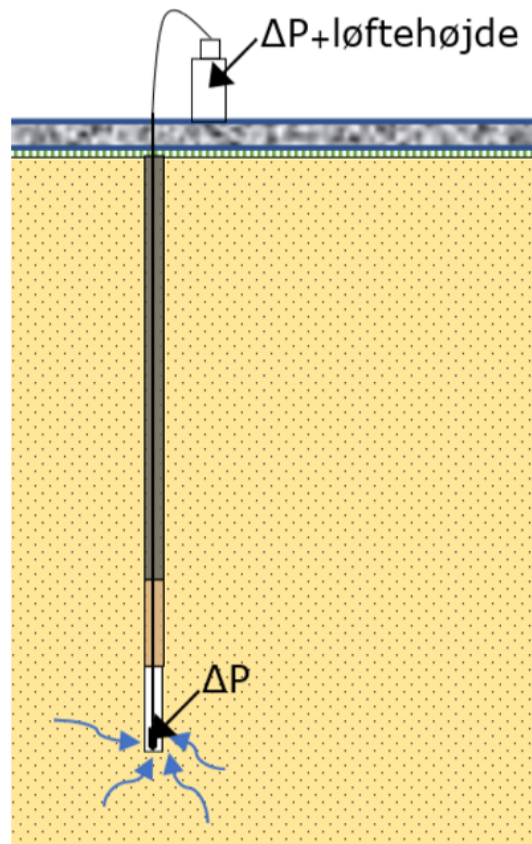


Antallet af "?" reduceres betydeligt vha. porevandsmålinger og vores konceptuelle forståelse styrkes

Porevandsmålinger = mulighed for karakterisering af nedsivning i umættet zone.

Porevandsmålinger = mulighed for at bestemme en vertikal flux ned gennem umættet zone.

- Vurdering af porevandspotentialet – afhænger af jordens retentionsegenskaber, vandindhold og løftehøjde -> det kræver et vakuum på ca. 100 mbar for at løfte porevand 1 m.



Brug af sugeceller til porevandsprøvetagning på PFAS-sager

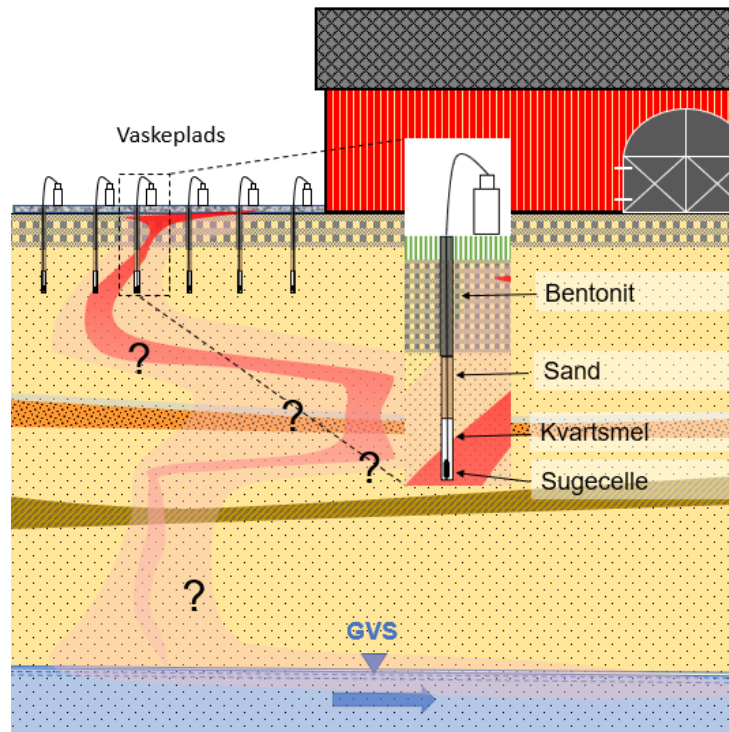


- Porevandsprøver kan anvendes i de fleste geologiske aflejringer i umættet zone. Dog udfordringer med porevandsmålinger i meget grovkornede materialer, lossepladsfyld, brokker m.v. -> svært at skabe hydraulisk kontakt med sugecellen og den omkringliggende jordmatrice.
- Desuden udfordringer i meget tørre formationer, hvor der ikke er mobilt porevand til stede.
- Essentielt at have kendskab til de geologiske forhold i den dybde man ønsker sugecellen installeret.
- Hvis der ikke kan opsamles porevand kan det skyldes, at der er ikke mobilt porevand i formationen, at sugecellen har ikke hydraulisk kontakt med formationen eller at installationen er utæt. Metoden virker!

www.dmr.dk

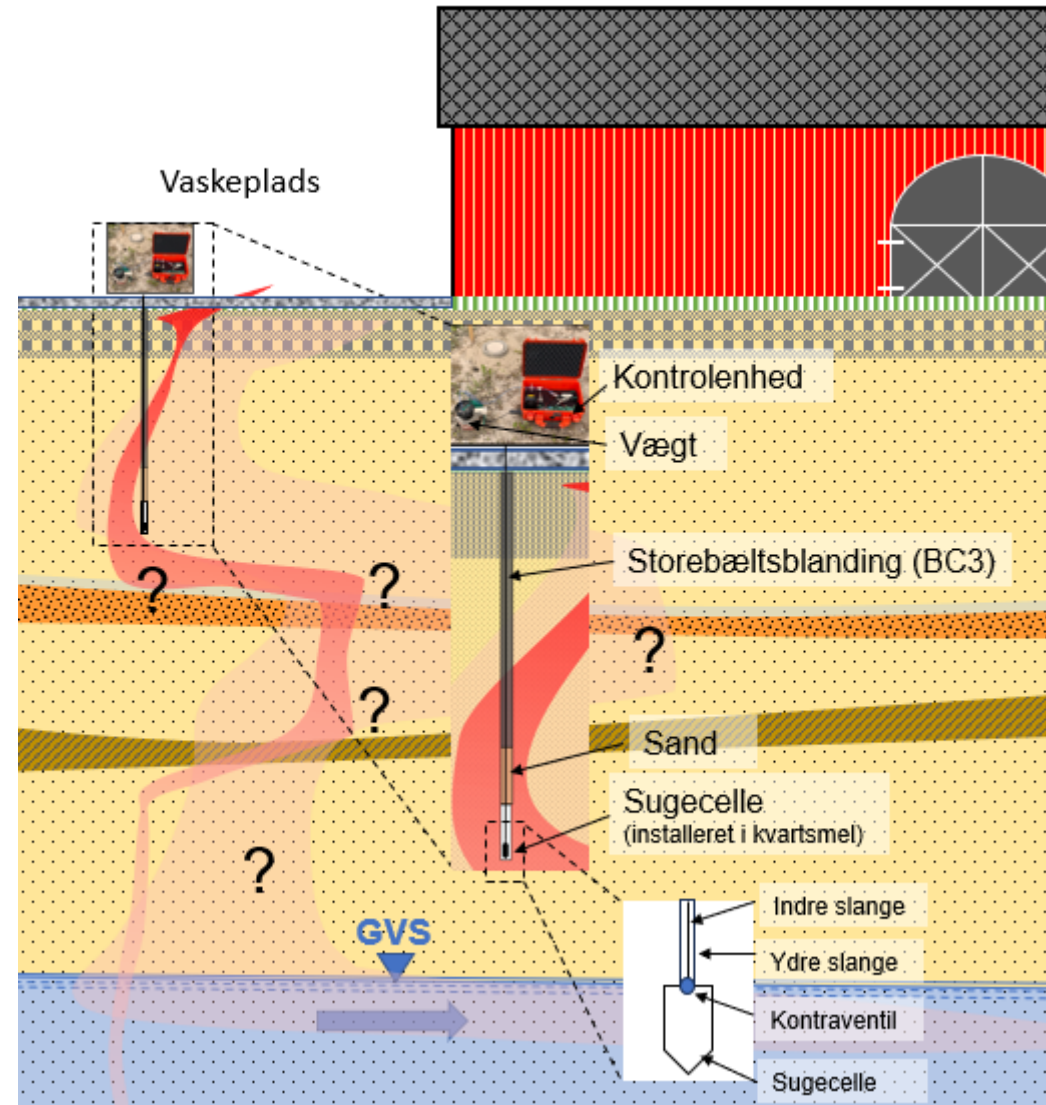


Metoder: Prøvetagning af porevand fra umættet zone vha. sugeceller



Terrænnær screening (<5 m u.t.)

Dybe porevandsprøver (>5 m u.t.)



Terrænnær screening af porevand (<5 m u.t.):



- Kan anvendes ned til ca. 5 m u.t.
- Kan installeres let via håndkraft, borerig med 4" boresnegl eller ved brug af Direct Push (Geoprobe®).
- Prøvetagning via vakuum - opsamlingsflaske placeret over terræn.
- Udstyr tilpasses de komponenter, der ønskes analyseret for.
- Kan anvendes til ikke-flygtige komponenter (PFAS, pesticider m.v.). Ellers kræves det brug af styring til kontrolleret flow og prøvetagning via SorbiCellVOC.



www.dmr.dk



Dyb porevandsprøvetagning (>5 m u.t.) – DualTube-metoden (DT):

- Kan installeres let via Direct Push (GeoProbe) – alternativt via borerig.
- Prøvetagning via dobbeltslangesystem - opsamlingsflaske placeret over terræn.
- Prøvetagning via automatiseret styringsenhed/prøvetager, der kan styres fra kontoret. Prøvetagning kan følges online via DMR Cloud.
- Kan anvendes til ikke-flygtige komponenter (PFAS, pesticider m.v.).
- Hurtig installation, reduceret materialeforbrug, ingen bortskaffelse af overskudsjord, nem sløjfning m.v.



www.dmr.dk



Optimering af prøvetagning via SRO



- DMRs automatiserede porevandsprøvetagere gør det muligt at følge prøvetagningen fra Cloud-plattformen, således det undgås at skulle køre forgæves til lokaliteten.
- Det er desuden muligt at justere forskellige parametre, såsom vakuum og tryk fra kontoret, således prøvetagningen optimeres mest muligt.
- Der kan udtrækkes en datafil som dokumentation af prøvetagningen.
- Prøvetagningsenhederne i deres nuværende form er taget i brug i 2023-2024 og vi optimerer fortsat. Eks. prøvetagning fra dybt etablerede sugeceller samt meget lavpermeable formationer -> øget strømforbrug.



www.dmr.dk



Test: Afsmitning af PFAS fra prøvetagningsudstyr



- Alt udstyr, der er i kontakt med porevandsprøverne (PE-slange, PP-flasker, stålsugeceller m.v.) er testet for afsmitning -> Ingen afsmitning 😊



Analysereport

Sagsnr.:	2022-2422				
Sagsnavn:	TUP om PFAS				
Prøvetype:	Grundvand				
Prøvetager:	Rekvirenten		PJ		
Prøveudtagning:	28.09.2022				
Analysesperiode:	29.09.2022 - 14.10.2022				
Prøvemærke:	Prøve 2 - 15 m PE tube				
Lab prøvenr.:	835-2022-10770202	Enhed	DL	Metode	% Urel (%)
PFAS-forbindelser					
PFBA (Perfluorbutansyre)	<0.60	ng/l	0.6	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFBS (Perfluorbutansulfonsyre)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFPeA (Perfluorpentansyre)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFPeS (Perfluorpentansulfonsyre)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFHxA (Perfluorhexansyre)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyre)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFHpA (Perfluorheptansyre)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFHpS (Perfluorheptansulfonsyre)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFOA (Perfluoroktansyre)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFOS (Perfluoroktansulfonsyre)	<0.20	ng/l	0.2	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
6:2 FTS (Fluortelomersulfonat)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFOSA (Perfluoroktansulfonamid)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFNA (Perfluoronansyre)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFNS (Perfluoronansulfonsyre)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFDA (Perfluordekansyre)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFDS (Perfluordekansulfonsyre)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFUnDA (Perfluorundekansyre)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFUnDS (Perfluorundekansulfonsyre)	<1.0	ng/l	1	* DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFDoDA (Perfluordodekansyre)	<0.30	ng/l	0.3	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFDoDS (Perfluordodekansulfonsyre)	<1.0	ng/l	1	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFTDA (Perfluortridekansyre)	<1.0	ng/l	1	DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
PFTDS (Perfluortridekansulfonsyre)	<1.0	ng/l	1	* DIN38407-42 mod. LC-MS/MS	A 29
Sum af PFOA,PFOS,PFNA og PFHxS	#	µg/l		* Beregning	
Sum af PFOA,PFOS,PFNA og PFHxS	#	ng/l		* Beregning	
Sum af 22 PFAS	#	µg/l		* Beregning	
Sum af 22 PFAS	#	ng/l		* Beregning	

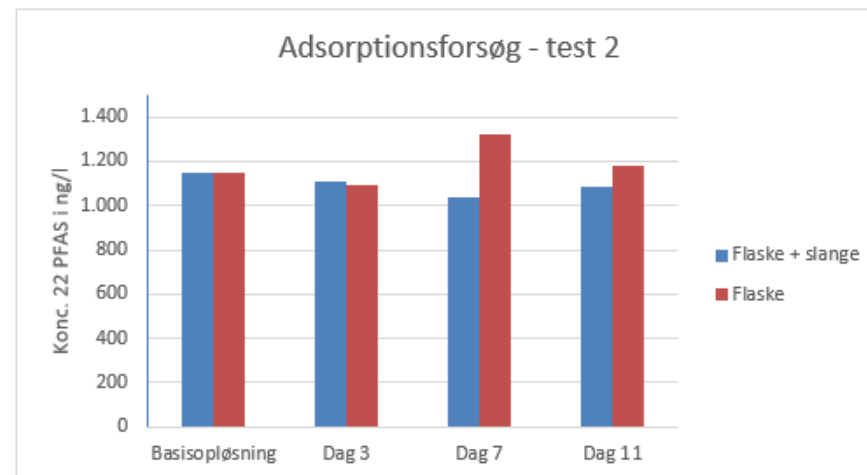
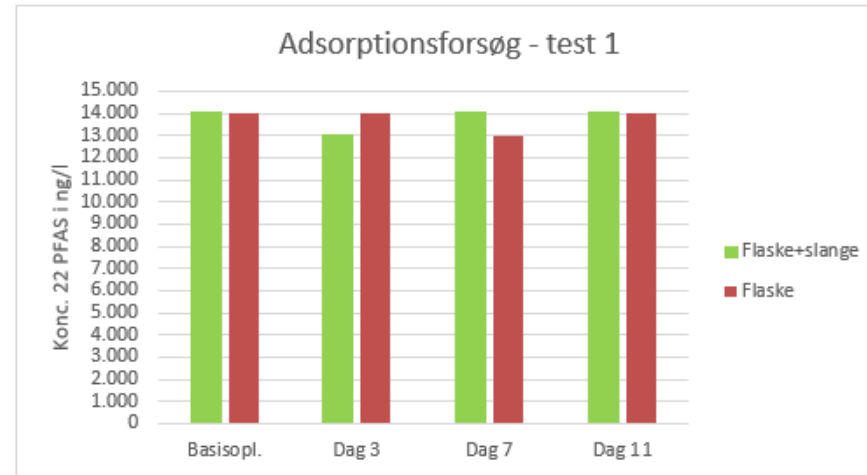
PFTrDS (Perfluortridekansulfonsyre)	<1.0	ng/l
Sum af PFOA,PFOS,PFNA og PFHxS	#	µg/l
Sum af PFOA,PFOS,PFNA og PFHxS	#	ng/l
Sum af 22 PFAS	#	µg/l
Sum af 22 PFAS	#	ng/l

www.dmr.dk



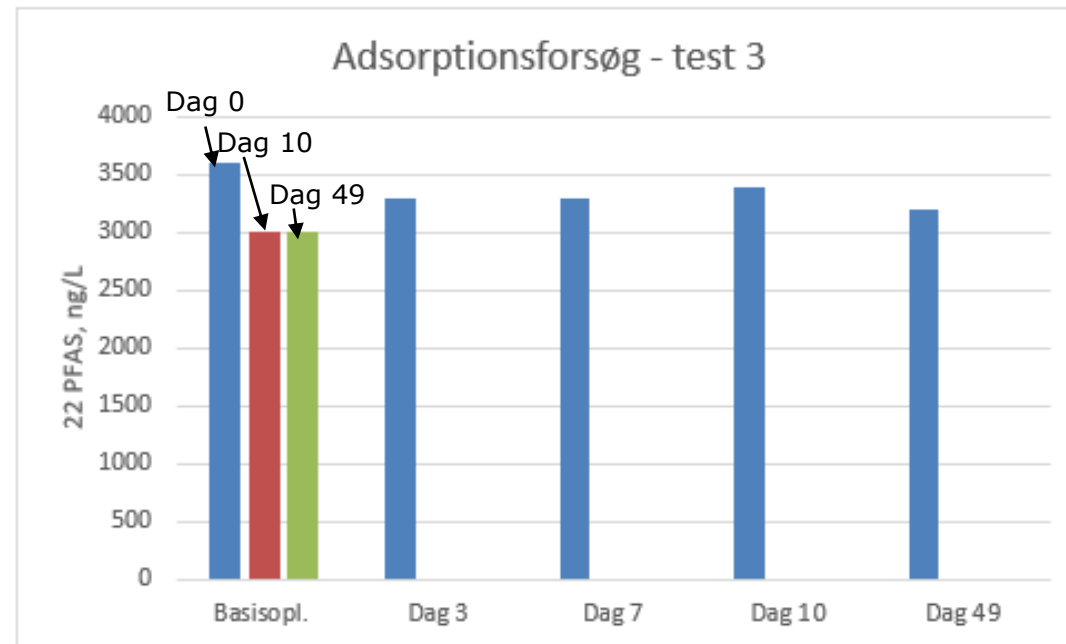
Test: Adsorption af PFAS til prøvetagningsudstyr

- Indledende adsorptionstest udført på PP-flasker og PE-slange over tid ved hhv. høje og lavere koncentrationer af PFAS -> ingen væsentlig adsorption (variationer vurderes at skyldes analyseusikkerhed).



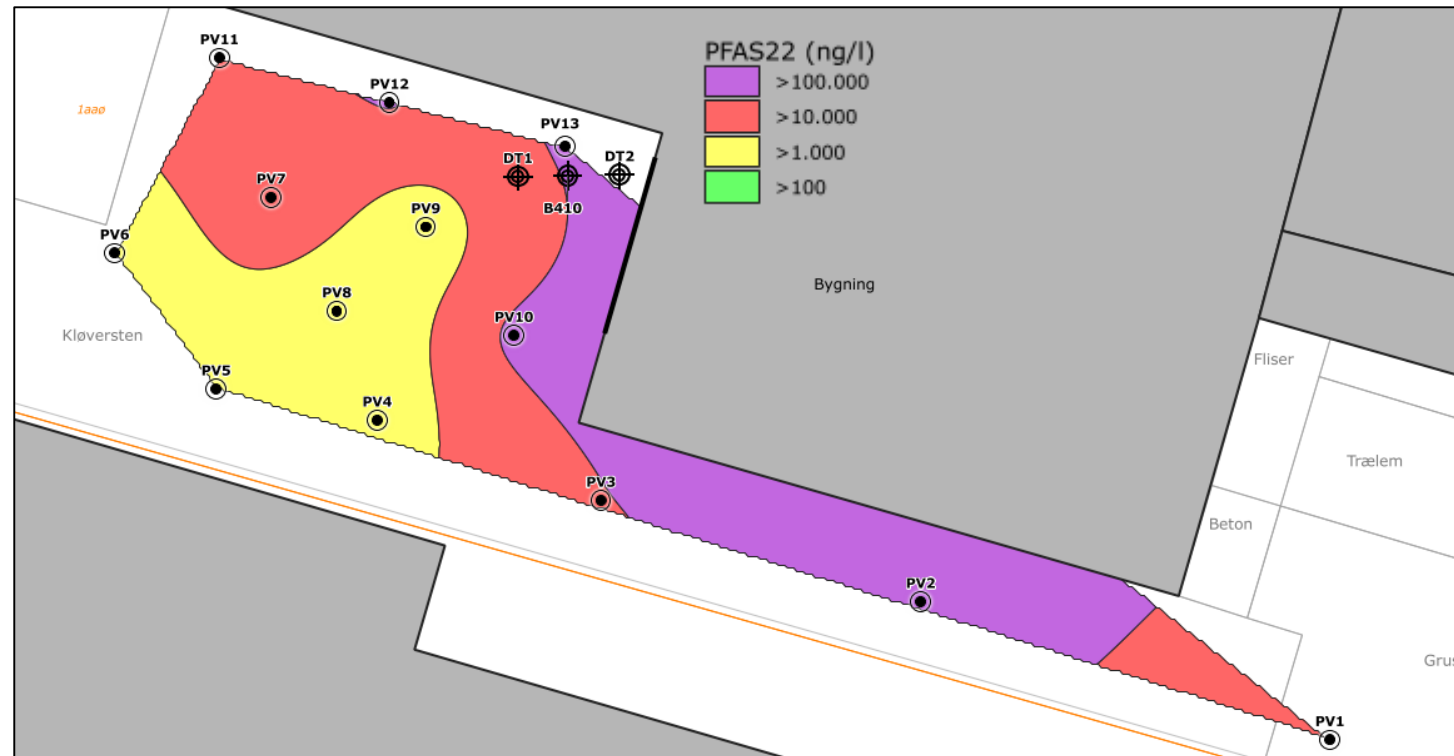
Test: Adsorption af PFAS til prøvetagningsudstyr

- Supplerende adsorptionstest udført på stålsugeceller (PRENART SUPER STEEL) over tid ved høje koncentrationer af PFAS med kompleks sammensætning -> ingen væsentlig adsorption (variationer vurderes at skyldes analyseusikkerhed).

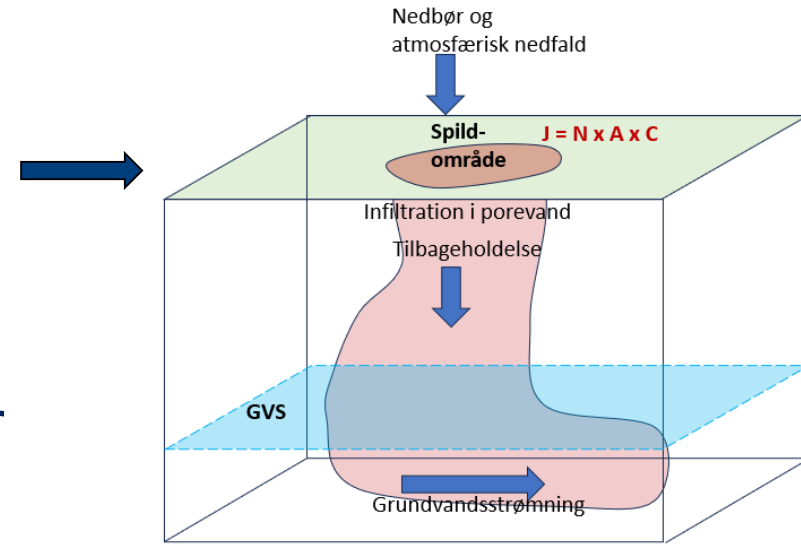


Variation af 22 PFAS over tid ved adsorptionstest 3, hvor evt. adsorption af PFAS til PRENART SUPER STEEL, stålsugecellen er undersøgt. Under "Basisopl." ses tre søjler, hvis indikerer, at der er analyseret tre prøver fra basisopløsningen under forsøget.

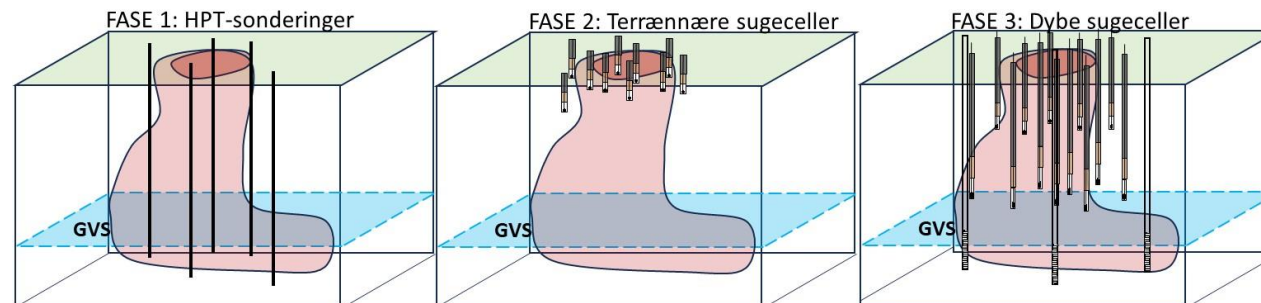
- Lokalisering og horisontal afgrænsning af kildeområde i umættet zone.
 - Horizontal terrænnær screening i én eller flere dybder (ca. 3-4 porevandsmålinger pr. 100 m²)
 - Porevandsmålinger kan anvendes som dokumentation ved afgravning af kildeområde.



- Kvantificering af kildestyrkekoncentration.
- Bestemmelse af nedsivning/spredning ned gennem umættet zone i kildeområde samt evt. i grundvandsfanen. -> Geologien er vigtig!
- Monitoring af porevandskoncentration over tid -> Sæsonbetingede variationer som følge af øget/reduceret nedsivning over året.



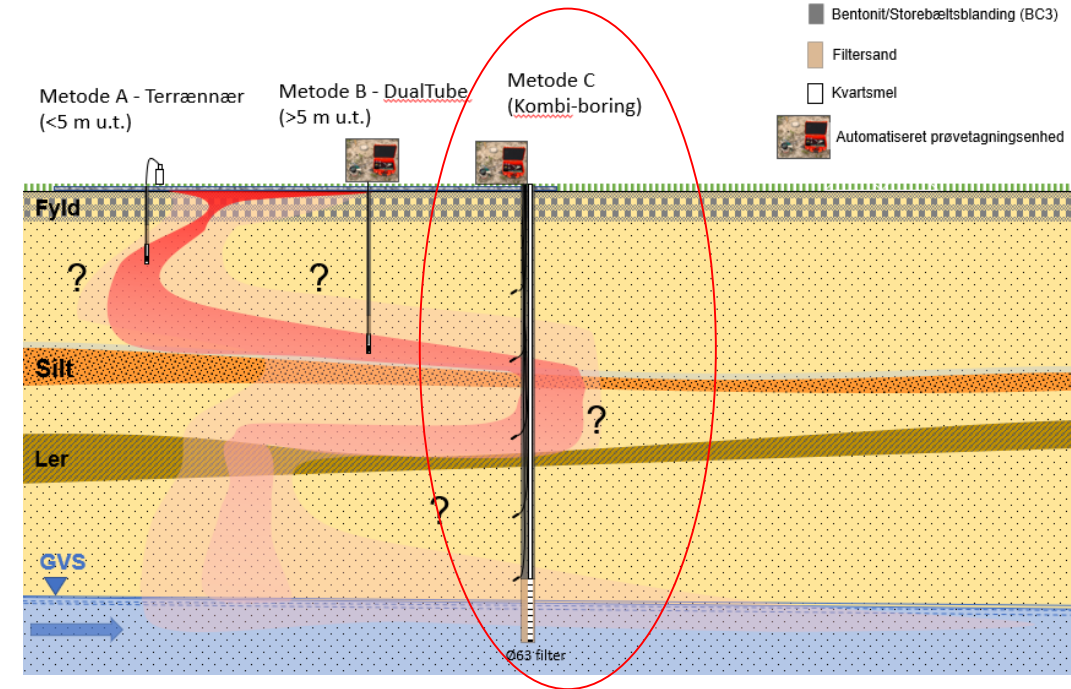
Eks. på undersøgelsesstrategi:



- Porevandsmålinger udfylder et "hul" i værktøjsskassen når det kommer til PFAS-undersøgelser på lokaliteter med en betydelig umættet zone.
- Porevandsmålinger kan anvendes på PFAS-sager, men er også velegnet på sager med f.eks. pesticider, chlorerede opløsningsmidler, MTBE og gasolie.
- Porevandsmålinger kan anvendes til kildelokalisering, afgrænsning, kildekarakterisering og vurdering af nedsivning – også over tid (monitering).
- Det er helt centralt at have styr på geologi og overordnet afgrænsning før der etableres sugeceller. Det er ikke alle steder, der er mobilt porevand (hvilket også er et resultat, der kan bruges til noget).
- DMR er leveringsdygtige i udstyr og rådgivning inden for alle typer af porevandsundersøgelser (skræddersyede løsninger).
- Ingen afsmitning/adsorption af PFAS fra/til DMR's udstyr til porevandsprøvetagning.

Perspektivering

- Flere igangværende initiativer og udviklingsprojekter. Bl.a.:
 - Teknologiudviklingsprojekt (TUP) for MST i samarbejde med Region Midtjylland, om videreudvikling af DMR's porevandsmetode til installation af sugeceller i flere dybder i kombination med et grundvandsfilter i samme boring.
 - Teknologiudviklingsprojekt (TUP) for MST i samarbejde med Region Midtjylland, om udsivning af PFAS fra lossepladser.
 - Teknologiudviklingsprojekt i samarbejde med Region Syddanmark finansieret af Den Syddanske Udviklingspulje, om bestemmelse af vertikal flux af PFAS og pesticider.



www.dmr.dk

Tak for opmærksomheden

Maria Fisker, projektchef, DMR A/S

Tlf. 2550 5538

Mail: mfi@dmr.dk,

