

Naturlig udvaskning og transport af PFAS igennem den umættede zone på det nye PFAS test center på Korsør Brandskole.

Knud Erik Klint (Geo)

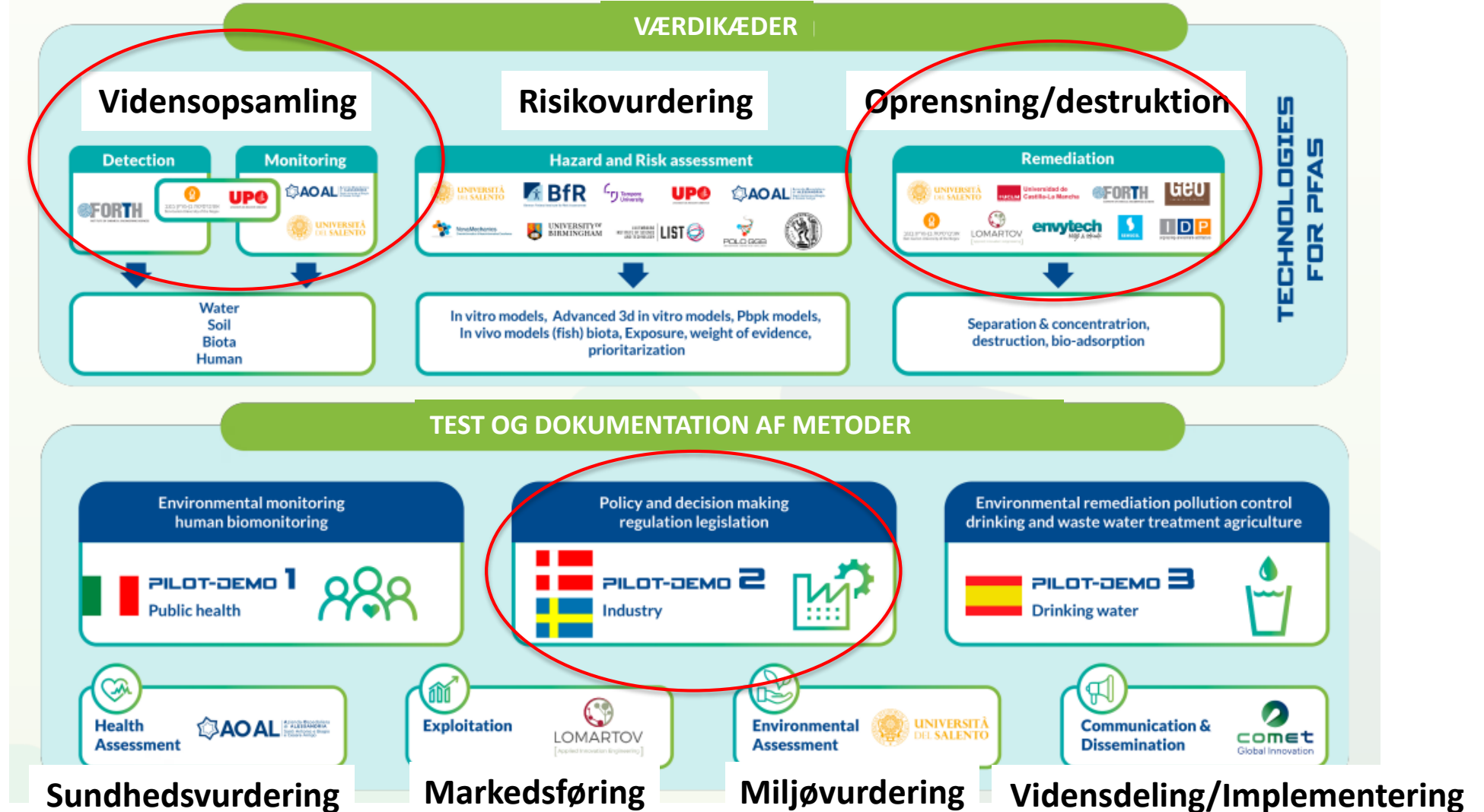
John Ulrik Bastrup (Geo), Ofer Dahan (BGU), Samuel Kolade (BGU)

ATV Jord og Grundvand Vingstedmøde 5-6 marts 2024



This project has received funding from the H2020 programme under Grant Agreement No. 101037509





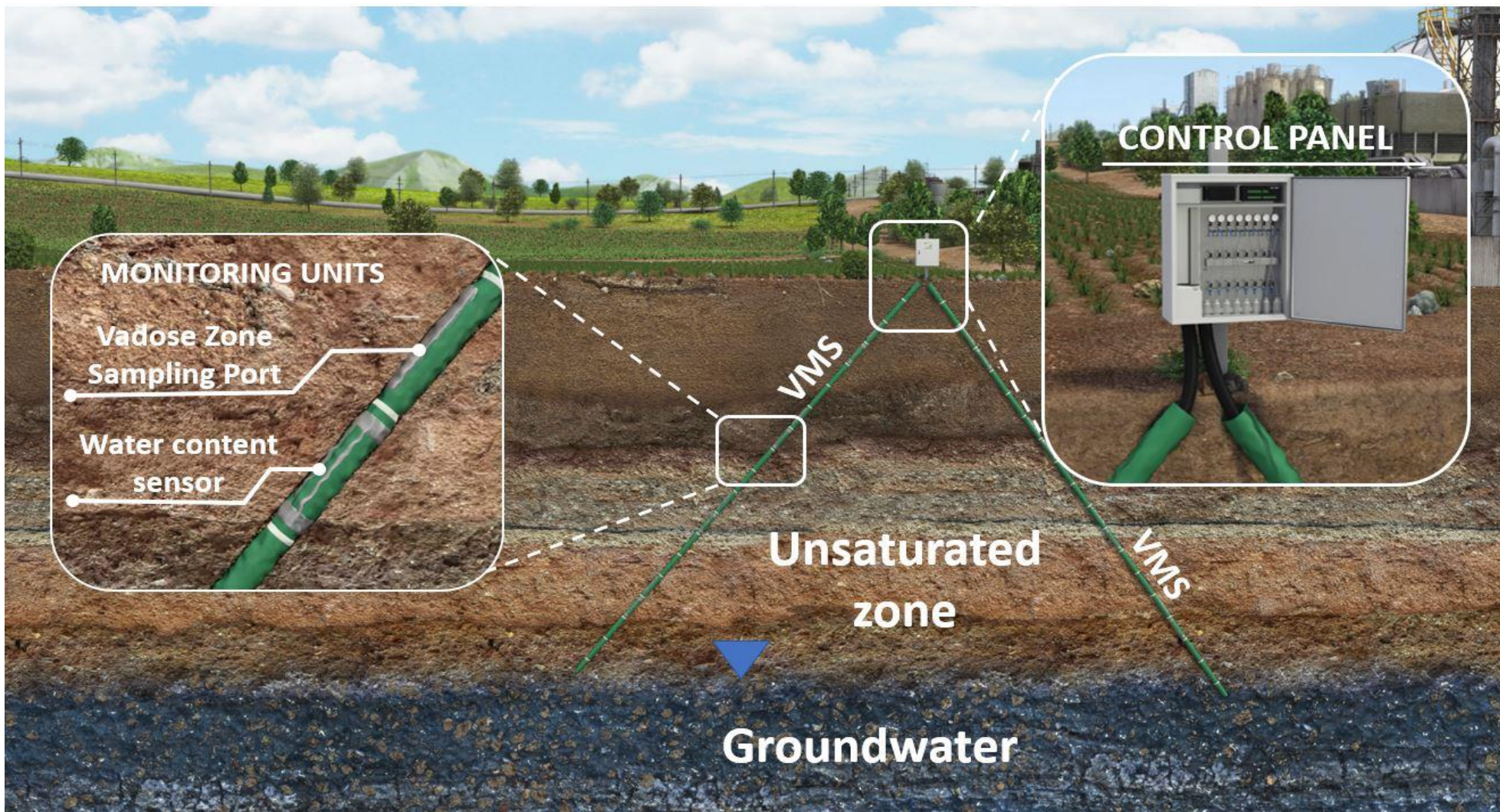
- **Trelleborg brandøvelsesplads**
Losseplads på smeltevands-sand/moræneler ud til å-system
- **Korsør Brandskole**
Glacialt landskab med issøbakke ud til å/marint system, glacial geologi



Vidensopbygning, test, demonstration og markedsmodning af nye teknologier til monitorering, opsamling og destruktion af PFAS forurening

- **Hvordan transporteres, bindes og udvaskes PFAS fra forskellige jordtyper i den umættede zone (VMS-on site system)**
- Hvordan udskilles/opsamles PFAS fra forurennet vand (SAFF on site system)
- Hvordan destrueres opsamlet PFAS billigt og effektivt (laboratorie bench scale forsøg)

VMS-metode til at monitorere transport af PFAS i den umættede zone.

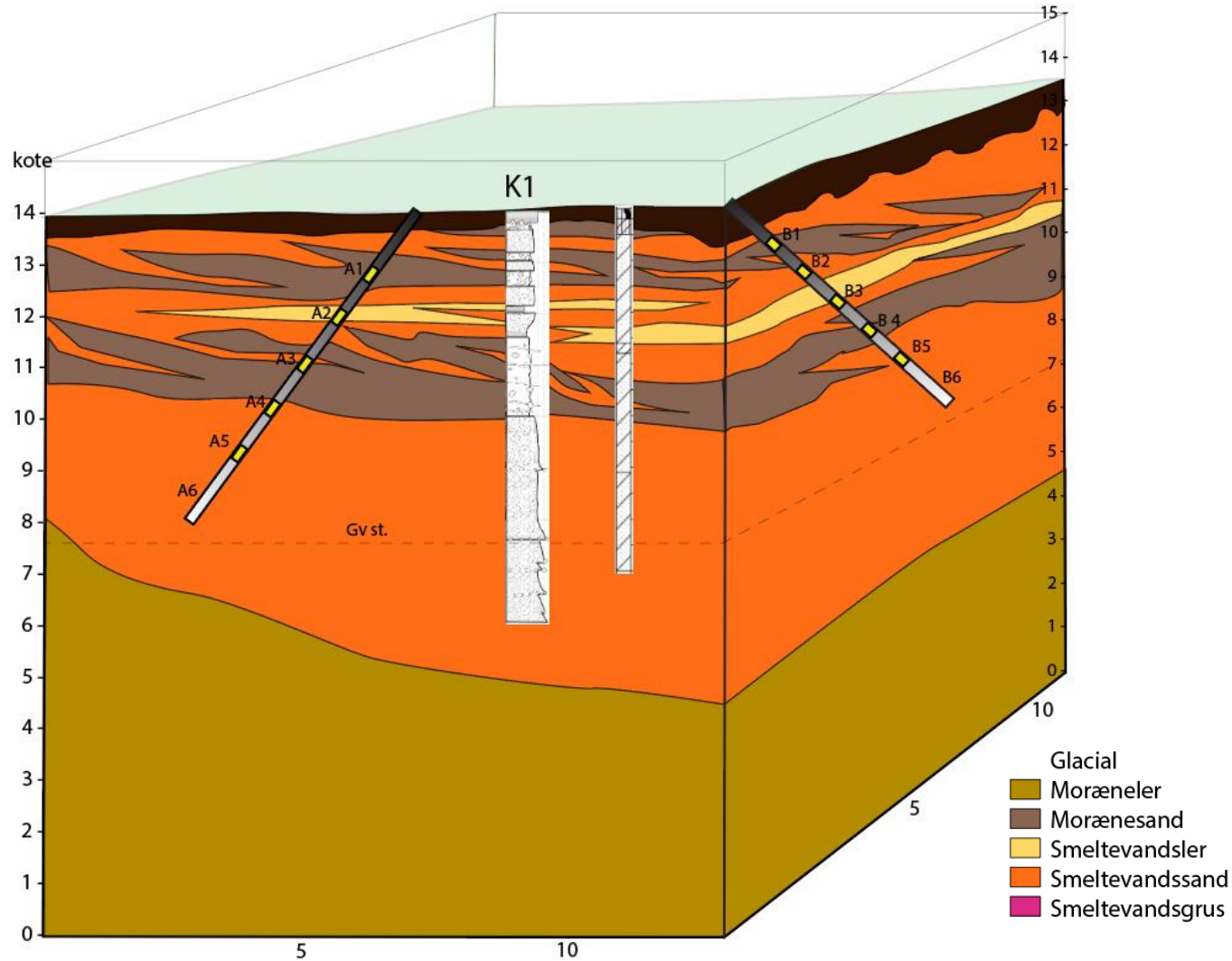


Indledende boring K1 geologi

Drill log		page 1 / 1		Borehole no: K1	Pl: KEK					
Project 205579		Driller id: Mats		Coordinat:						
Borehole: Korsoer		End date:		Gw. table m b.g.s.:						
				kote, terrain: ROK						
Depth m.	Filter	Drilling method Transitions	Lithology	Grainsize				Description and geological setting	soil sample	Watersample
				clay	silt	fine sand	Medium sand			
0,5								Mull, sandy topsoil brown CaCO ₃ poor	242	
								Sandy till, clayey, silty, few stones, yellowish brown CaCO ₃ poor		
								Sand, medium, light yellowish brown CaCO ₃ poor "meltwatersand"		
1,0								Sandy till, w. clayey, silty, some gravel, brown CaCO ₃ poor	245	
								Sand, medium, light reddish brown CaCO ₃ poor "meltwatersand"		
								Sandy till, w. clayey, silty, some gravel, reddish brown CaCO ₃ poor		
1,5								Sand, medium, light yellowish brown CaCO ₃ rich "meltwatersand"		
								Clay silty, massive, brown, CaCO ₃ rich "meltwater-clay"	244	
2,0								Sand, fine, medium, coarse, laminated, light yellowish brown CaCO ₃ rich "meltwatersand"		
2,5								Sandy till, w. clayey, silty, some gravel, few stones, sandstringer, brown, CaCO ₃ rich, "flowtill"	243	
3,0								Sandy till, w. clayey, silty, some gravel, few stones, sandstringer, brown, CaCO ₃ rich, "flowtill"		
3,5								Sandy till, w. clayey, silty, some gravel, few stones, sandstringer, brown, CaCO ₃ rich, "flowtill"	221	
4,0								Sand, medium, coarse, gravely, light yellowish brown, CaCO ₃ rich "meltwatersand"		
4,5								Sand, medium, coarse, light yellowish brown CaCO ₃ rich "meltwatersand"		
5,0								Sand, medium, coarse, gravely, light yellowish brown, CaCO ₃ rich "meltwatersand"	223	
5,5								Sand, medium, coarse, gravely, light yellowish brown, CaCO ₃ rich "meltwatersand"		
6,0								Sand, medium, coarse, gravely, light yellowish brown, CaCO ₃ rich "meltwatersand"		
6,5								Sand, medium, coarse, gravely, few stones, light yellowish brown, CaCO ₃ rich "meltwatersand"		
7,0								Sand, medium, coarse, gravely, few stones, light yellowish brown, CaCO ₃ rich "meltwatersand"	224	
7,5								Sand, medium, coarse, gravely, few stones, light yellowish brown, CaCO ₃ rich "meltwatersand"		
8,0								Sand, medium, coarse, gravely, few stones, light yellowish brown, CaCO ₃ rich "meltwatersand"	222	



Lokal geologisk ramme på undersøgelsesområdet

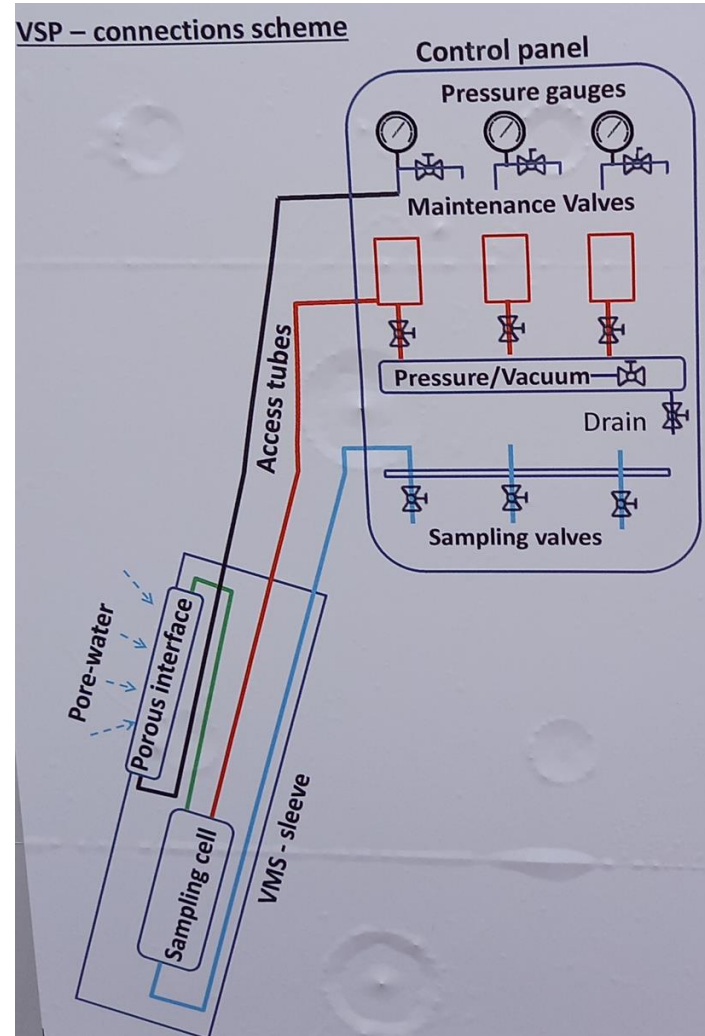


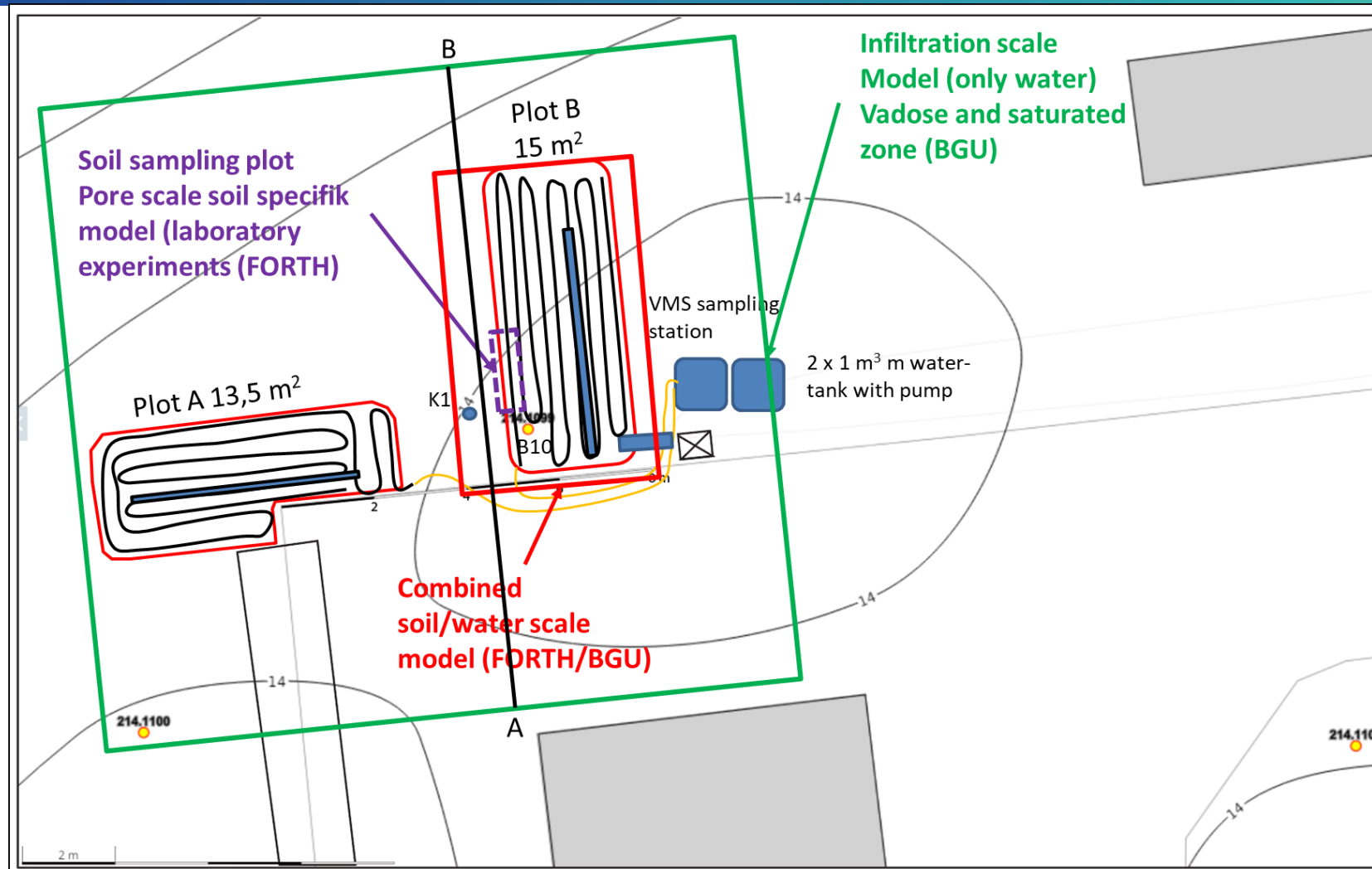
Forberedelse af "Anakondaen" inden installering i monitoringsboring





”Anakondaen” pumpes op (fyldes med cement) så den forsegler kontakten til indersiden af borehullet dernæst forbindes alle slanger og ledninger til prøvetagningspanelet



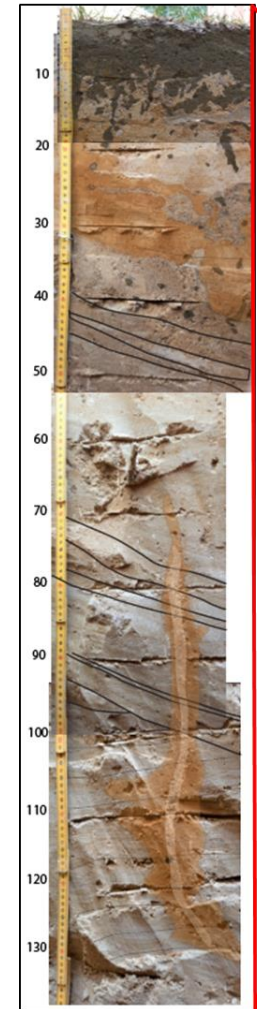
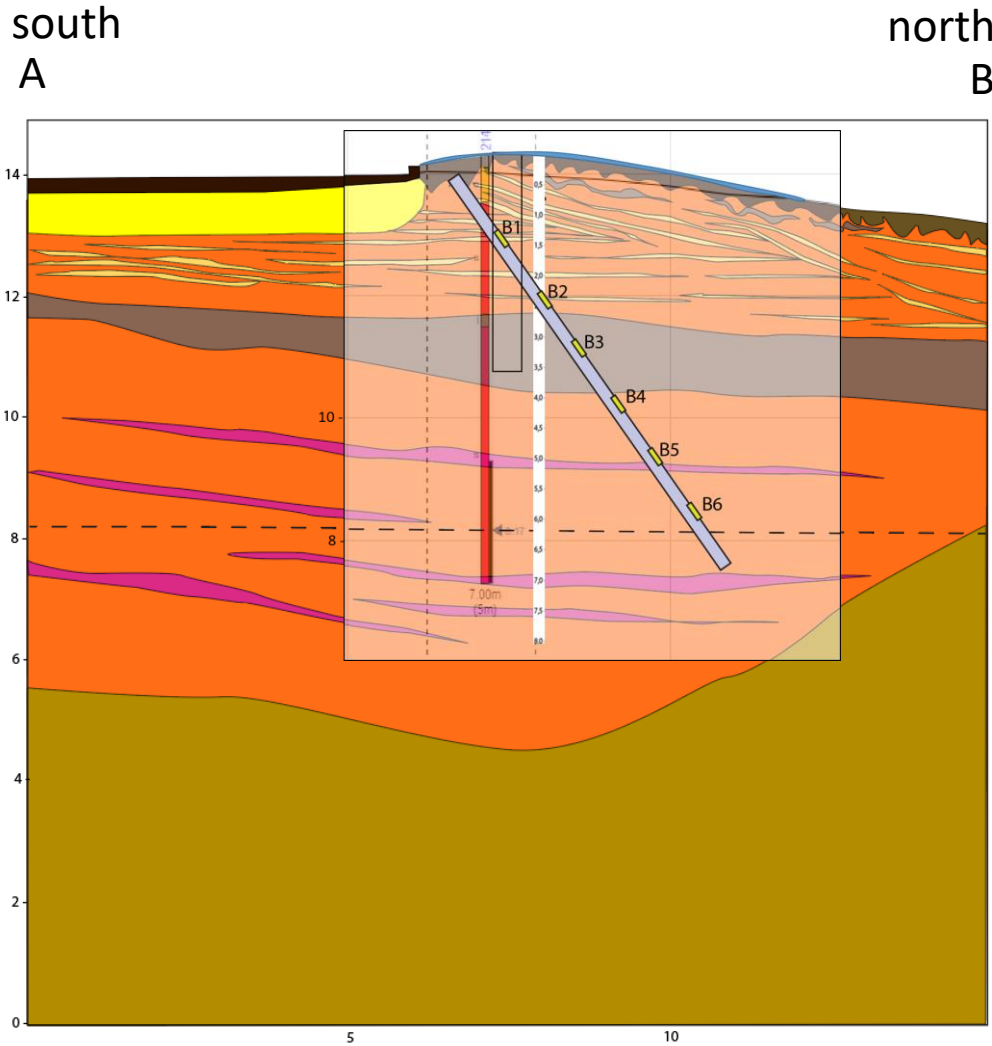


- Systematisk indsamling og analyse af vandprøver én gang pr måned siden forsøgets start i sep. 2022.
- Kontinuert måling af vandmætning i 6 forskellige dybder i 18 måneder
- I maj 2023 er der udført kontrollerede nedsivningsforsøg der skal simulere skybrud med en kendt nedbørsmængde, samt tracerforsøg med bromid til vurdering af infiltrationshastighed
- I juni 2023 er der indsamlet en lang række jordprøver fra overfladen og ned til 3,5 m u.t. for at sammenligne PFAS indhold i jord og vand
- Nedbør og temperaturdata indsamles elektronisk i lokal vejstation
- Yderligere målrettede analyser af indsamlede jordprøver planlagt

2-D konceptual geologisk model

Korsør B

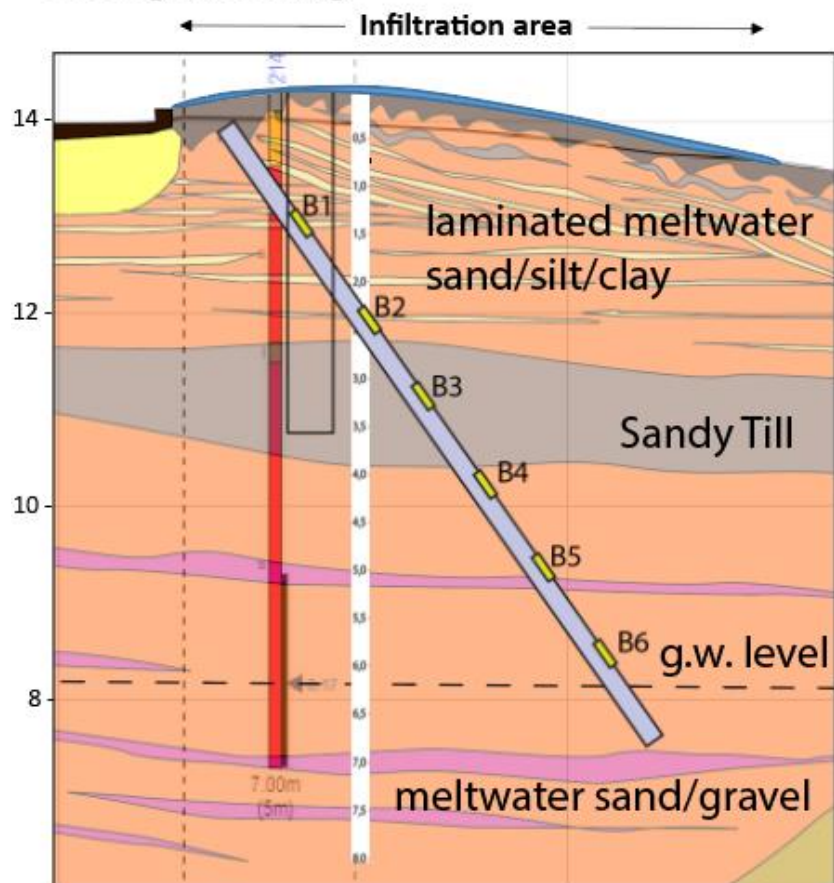
- Glacial sediment**
- Clay till
 - Sandy till
 - Meltwater clay
 - Meltwatersand
 - Meltwater gravel
 - Organic soil
 - Pavement
 - Gravel fill



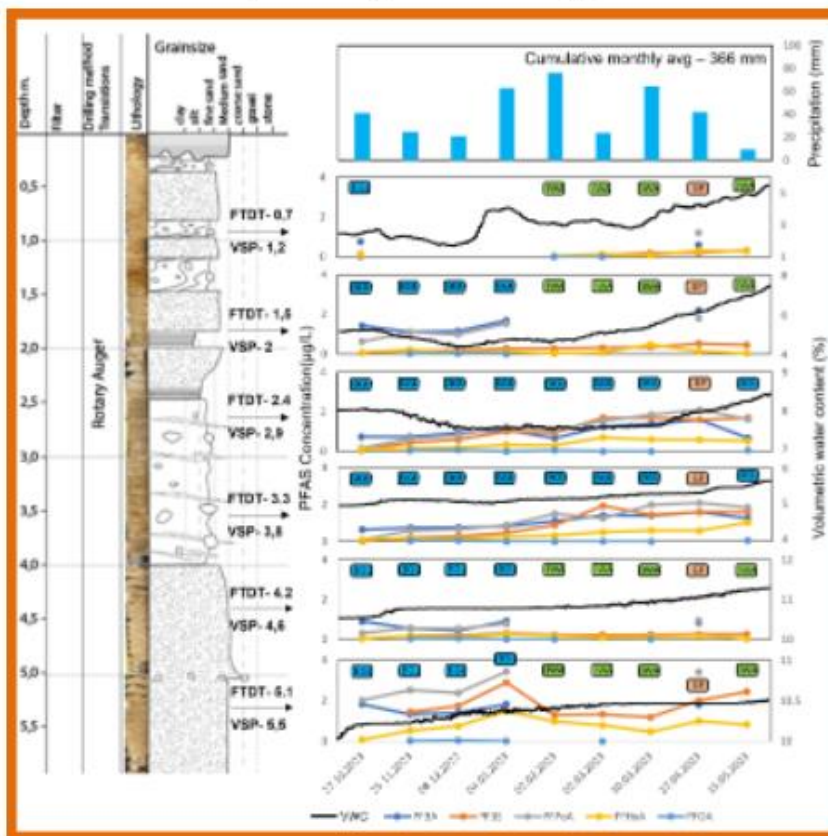
Drill log		page 1/1		Borehole no: K1		PI: KEK		GEO	
Project 205579		Driller id: Mats		Coordinate:		Gw. table m b.g.s.:			
Borehole: Korsør		Start date:		End date:		kote, terrain: ROK:			
Depth m.	Filter	Drilling method	Transitions	Lithology	Grainsize	Description and geological setting	soil sample	Watersample	
0,5				clay silt fine sand coarse sand gravel stone	Mull, sandy topsoil brown CaCO ₃ poor	242			
1,0					Sandy till, clayey, silty, few stones, yellowish brown CaCO ₃ poor				
1,5					Sand, medium, light yellowish brown CaCO ₃ poor "meltwatersand"				
2,0					Sandy till, w. clayey, silty, some gravel, brown CaCO ₃ poor	245			
2,5					Sand, medium, light reddish brown CaCO ₃ poor "meltwatersand"				
3,0					Sandy till, w. clayey, silty, some gravel, reddish brown CaCO ₃ poor				
3,5					Sand, medium, light yellowish brown CaCO ₃ rich "meltwatersand"				
4,0					Clay silty, massive, brown, CaCO ₃ rich "meltwater-clay"	244			
4,5					Sand, fine, medium, coarse, laminated, light yellowish brown CaCO ₃ rich "meltwatersand"	243			
5,0					Sandy till, w. clayey, silty, some gravel, few stones, sandstringer, brown, CaCO ₃ rich, "flowtill"				
5,5					Sandy till, w. clayey, silty, some gravel, few stones, sandstringer, brown, CaCO ₃ rich, "flowtill"	221			
6,0					Sand, medium, coarse, gravely, light yellowish brown, CaCO ₃ rich "meltwatersand"				
6,5					Sand, medium, coarse, light yellowish brown CaCO ₃ rich "meltwatersand"	223			
7,0					Sand, medium, coarse, gravely, light yellowish brown, CaCO ₃ rich "meltwatersand"				
7,5					Sand, medium, coarse, gravely, few stones, light yellowish brown, CaCO ₃ rich "meltwatersand"	224			
8,0					Sand, medium, coarse, gravely, few stones, light yellowish brown, CaCO ₃ rich "meltwatersand"	222			

Eksempel fra de første 9 mdr. monitoring

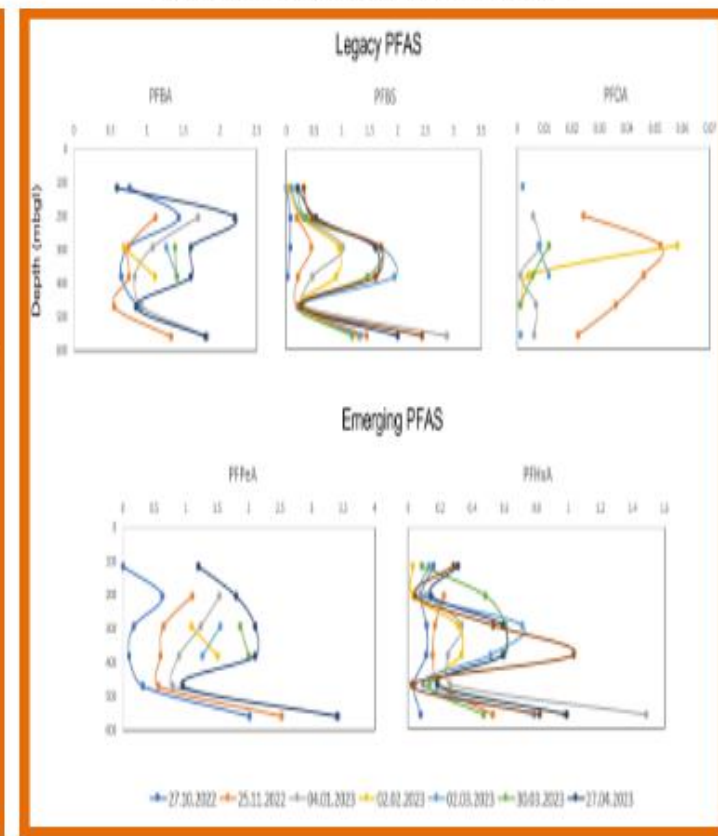
Geologisk setting

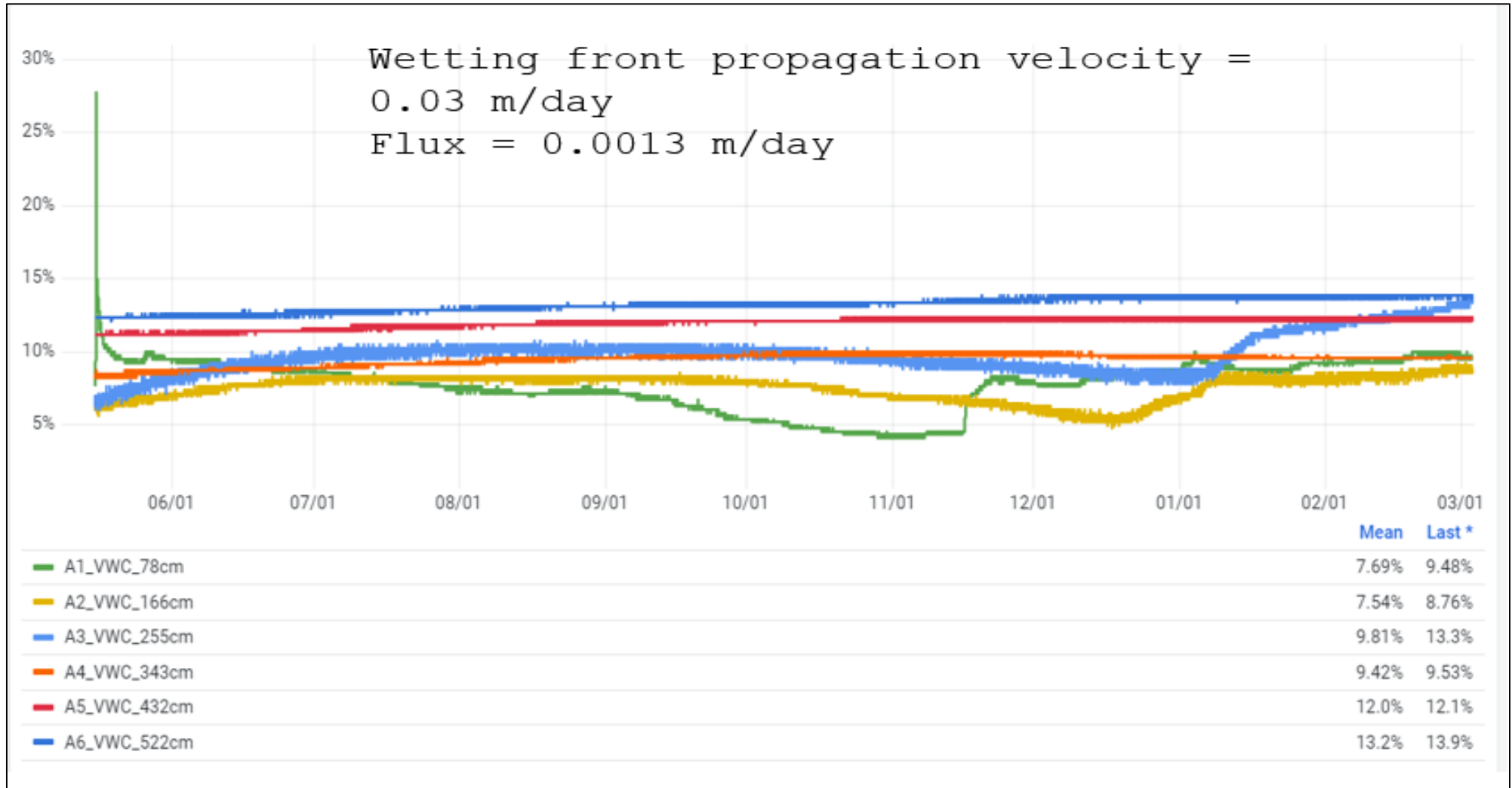


Vandindhold i forskellig dybde og sedimenttyper



Koncentration af PFAS i forskellig dybde og sedimenttyper

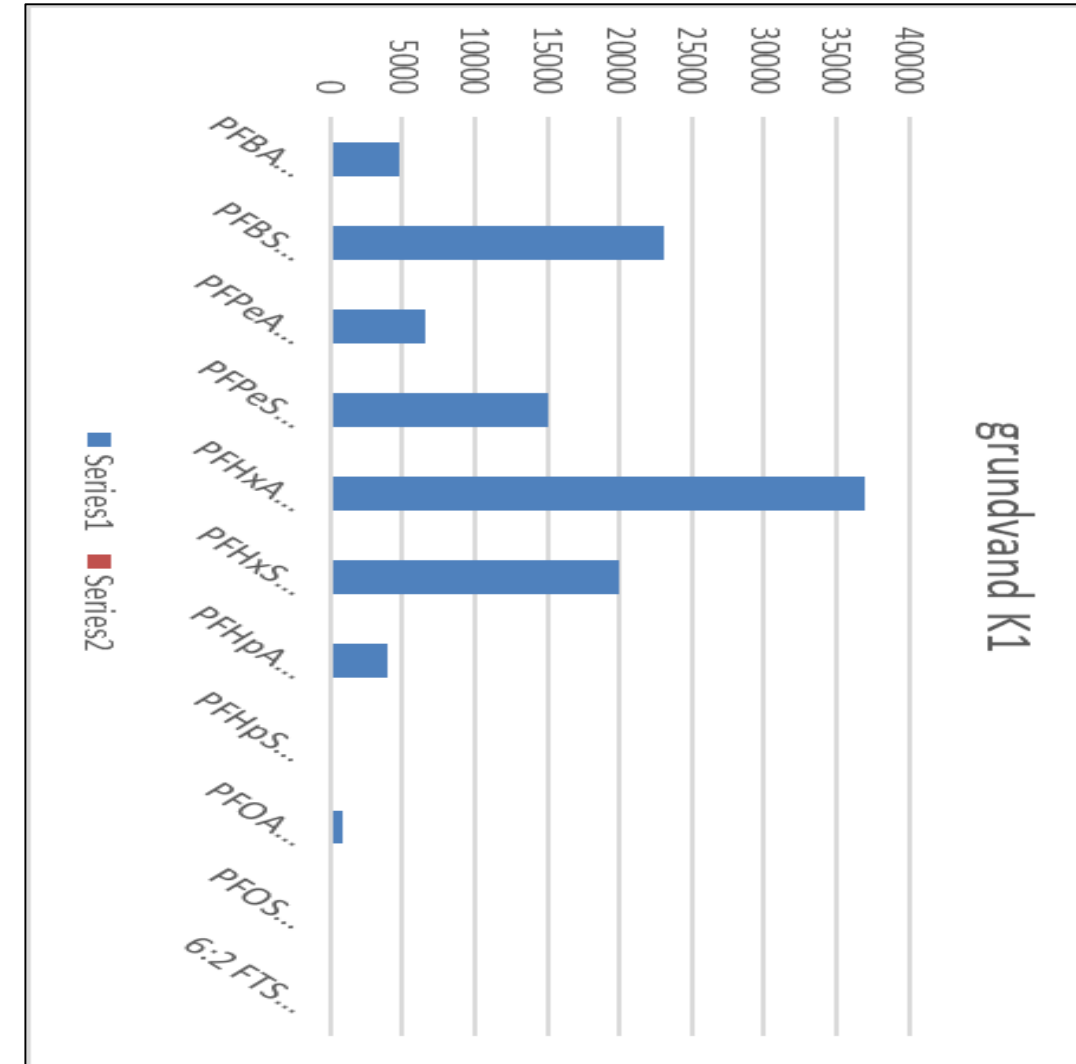
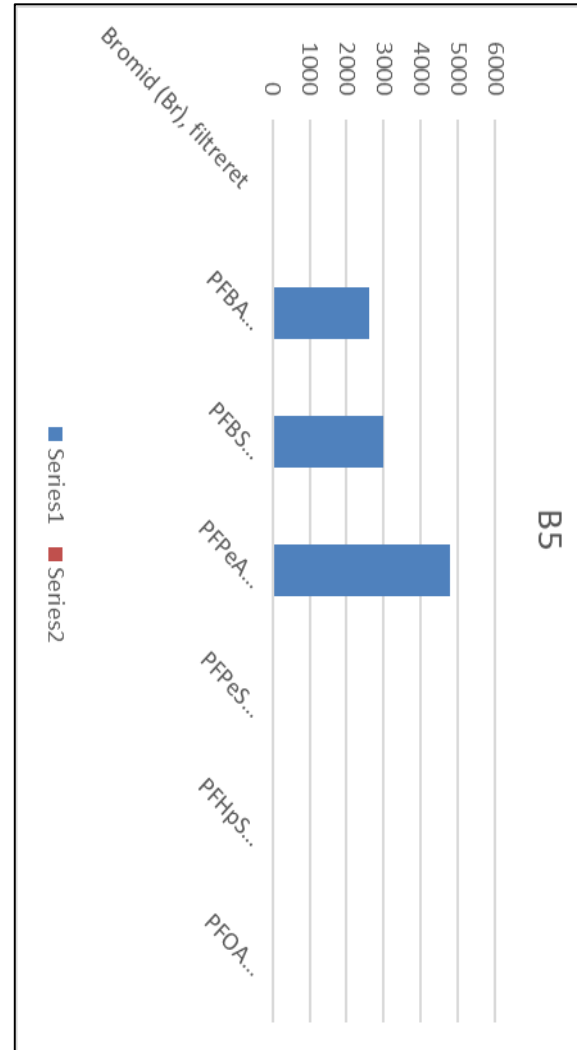




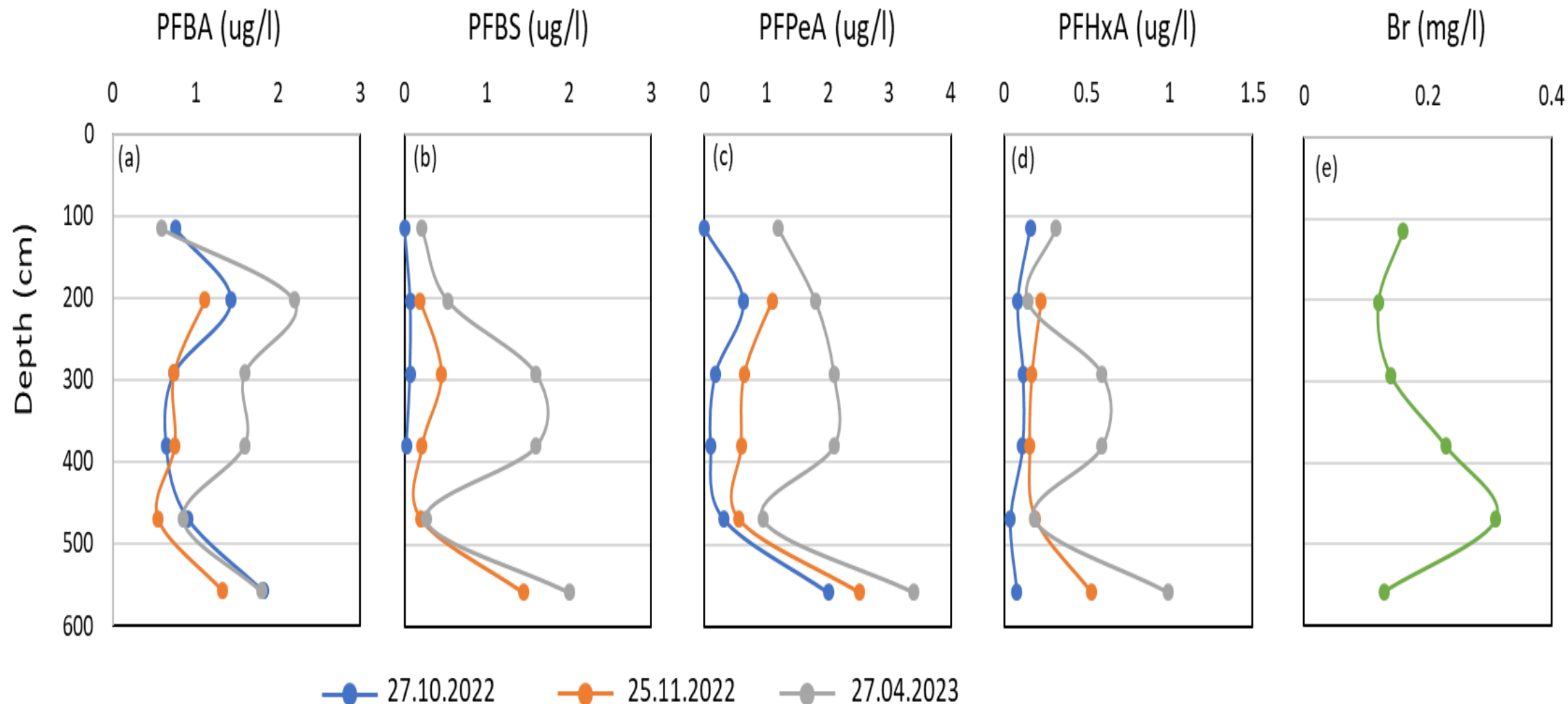
- PFAS

PFAS typer

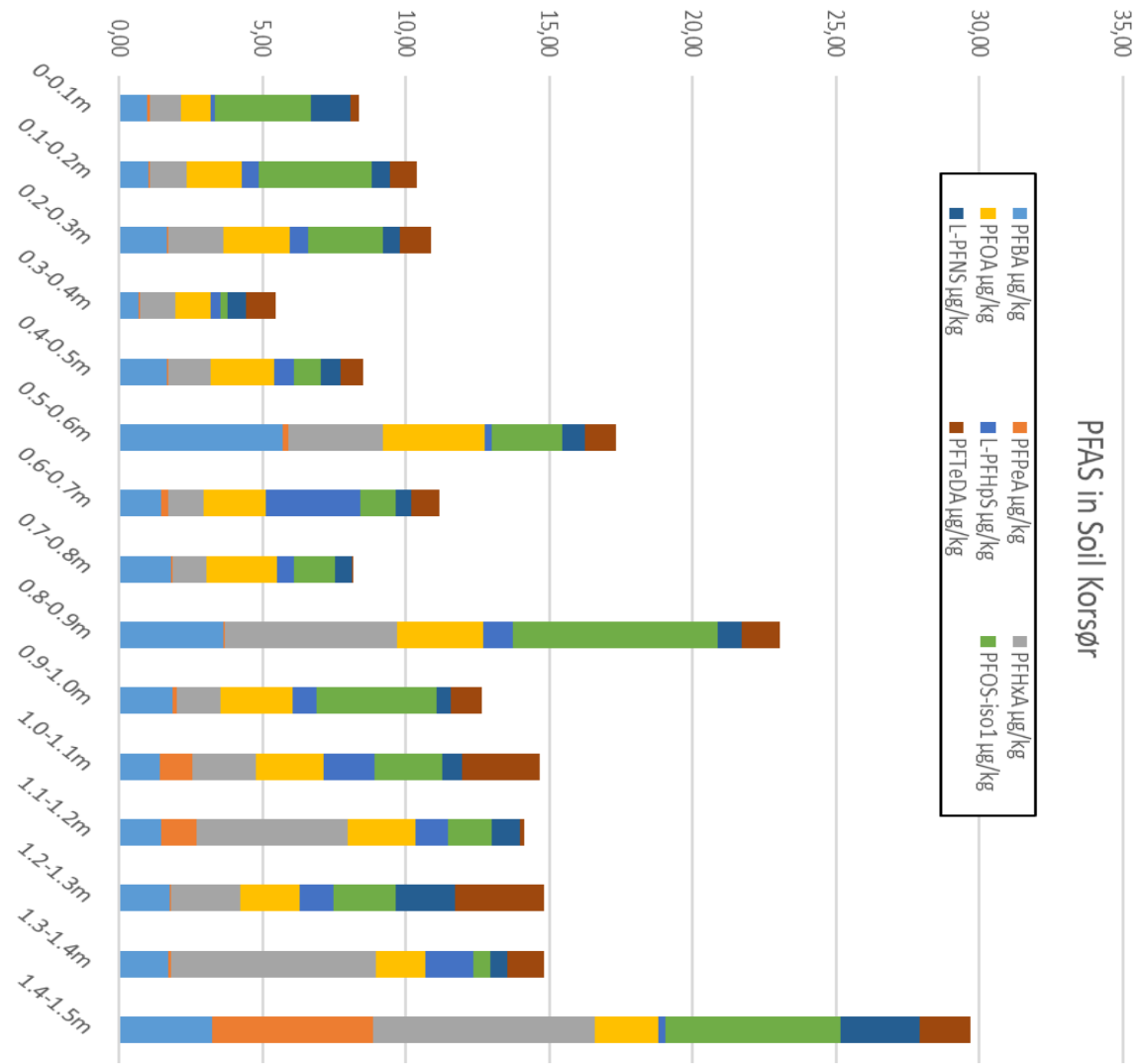
- PFBA 3 kæder
- PFBS 4 kæder
- PFPeA 4 kæder
- PFHxA 5 kæder
- PFOA 7 kæder
- PFOS 8 kæder
- L-PFNS 9 kæder
- PFTeDA 12 kæder



Koncentration af PFAS over tid og dybde i den Vadose zone



10	1.1	2.1	3.1	4.1
20	1.2	2.2	3.2	4.2
30	1.3	2.3	3.3	4.3
40	1.4	2.4	3.4	4.4
50	1.5	2.5	3.5	4.5
60	1.6	2.6	3.6	4.6
70	1.7	2.7	3.7	4.7
80	1.8	2.8	3.8	4.8
90	1.9	2.9	3.9	4.9
100	1.10	2.10	3.10	4.10
110	1.11	2.11	3.11	4.11
120	1.12	2.12	3.12	4.12
130	1.13	2.13	3.13	4.13
	1.14	2.14	3.14	4.14
	1.15	2.15	3.15	4.15



- **Langkædede PFAS forbindelser dominerer** i jordprøver
- Generel svag stigende koncentration af PFAS med dybden
- Distinkt høj koncentration af PFAS og PFOA i ormehuller/rodgange med forvitret (kalkfri) zone
- Tegn på makroporeflow i den umættede zone (dobbelporøst medie)
- Ingen bemærkelsesværdig koncentrationsforskel på muldjord (organisk rig) og mineraljord

- **Kortkædede PFAS forbindelser dominerer i vandprøver**
- PFAS koncentration stiger med faldende antal kæder
- PFAS koncentration stiger i morænesand (mere ler/lavere permeabilitet)
- PFAS koncentration falder i smeltevandssand/grus (mindre ler/højere permeabilitet)
- PFAS koncentration stiger mod grundvandet
- PFAS concentration afhænger af vandmætning
- Høj koncentration af PFBA og PFPeA tæt på terræn og høj koncentration af PFBS og PFHxA ved større dybde (yngre tæt på terræn og ældre forbindelser længere nede)?

- Detaljerede monitoringsdata fra udvaskning af forskellige typer PFAS igennem uforstyrret lagdelt fint smeltevandssand/silt, morænesand og groft smeltevandssand/grus er nu tilgængelige
- Mulighed for detaljeret beregning af flux i den umættede zone set i sammenhæng med nedbørs variation og årstidsvariation
- Viden og forståelse for hvordan og hvor meget PFAS der dels udvaskes, men også bindes til forskellige jordtyper, blevet væsentligt forøget.
- Næste step er beregning af jordparametre, som Kd værdi, kornstørrelsesvariation, indhold af organisk materiale, Ph værdi, geotekniske parametre, makropore fordeling (regnormehuller, rodhuller, sprækker etc),
- Første skridt på vej mod at modellerer både vand og stoftransport i den umættede zone i klassiske jordtyper.

Thank you for your attention



SCENARIOS

Vil du vide mere så kontakt kek@geo.dk eller check hjemmesiden <https://scenarios-project.eu/>