



The LIFE SOuRCE project (LIFE20 ENV/ES/000880) has received funding from the LIFE Programme of the European Union



Mobilitet hos PFAS i grundvattenmättad zon

Oscar Skirfors SLU

PFAS

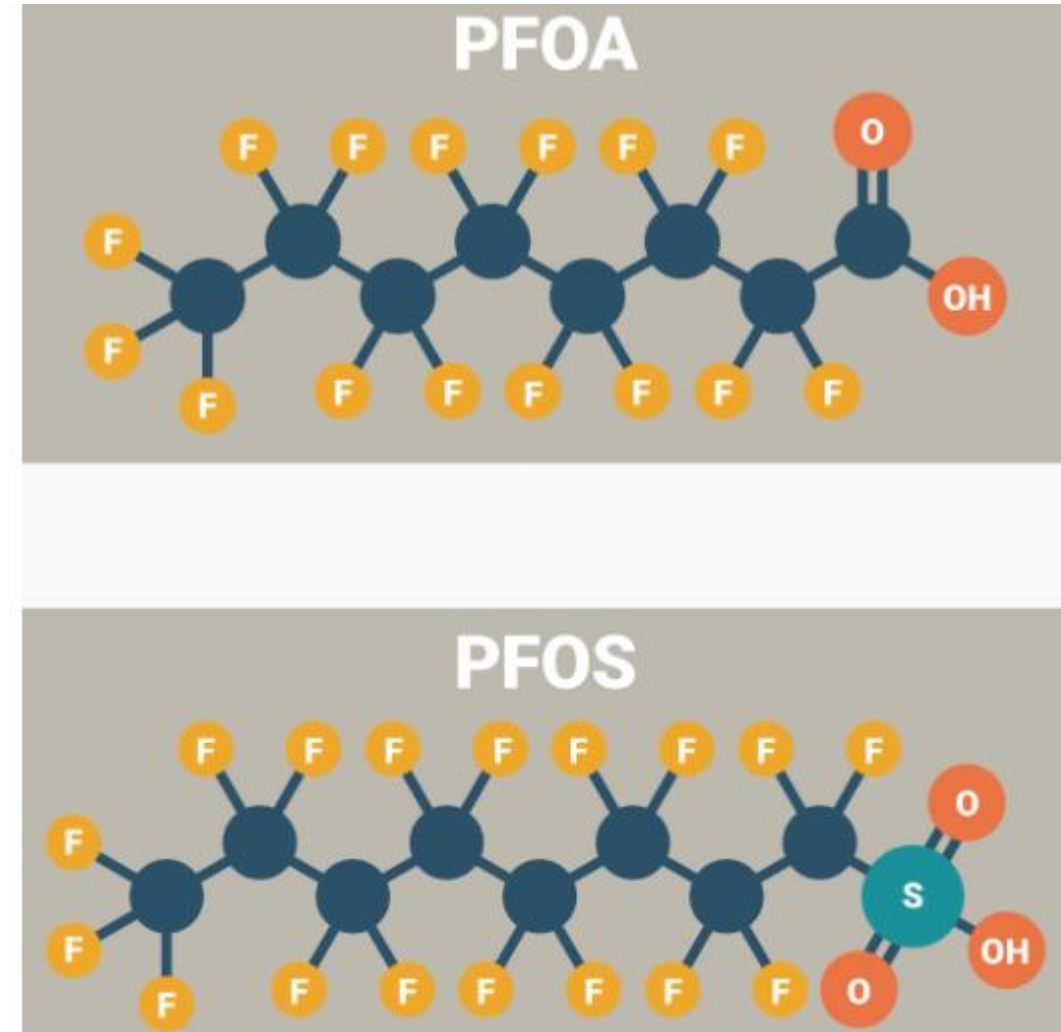
- Per- och polyfluorerade alkylsubstanser
- Mobila
- Persistenta
- Kopplade till en rad negativa hälsoeffekter



By Fire Brigade Neder-Betuwe, base Ochten, the Netherlands - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3263914>

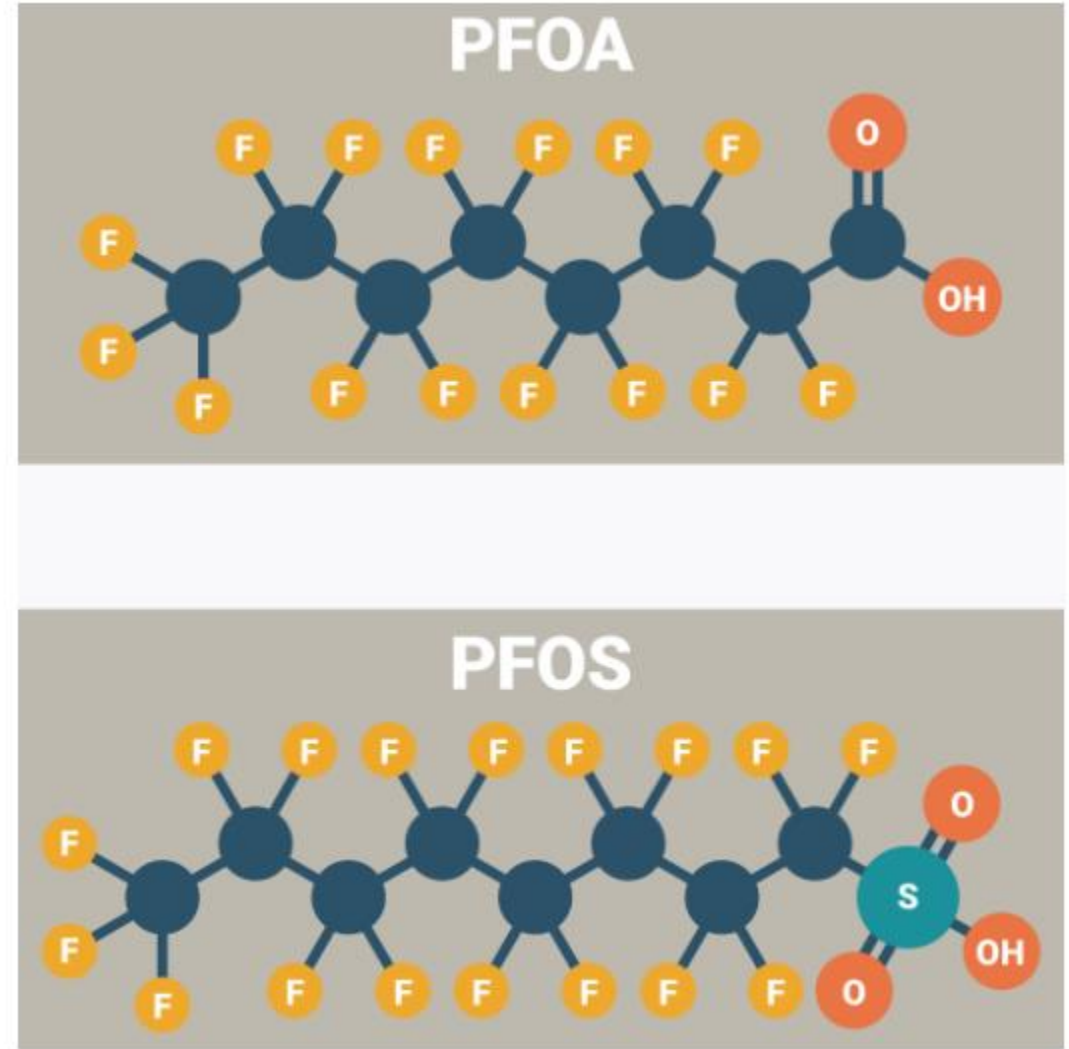
PFAS

- Tusentals PFAS med vitt skilda egenskaper
- Den här studien fokuserar på
 - Perfluorerade karboxylsyror (PFCA)
 - Perfluorerade sulfonsyror (PFSA)



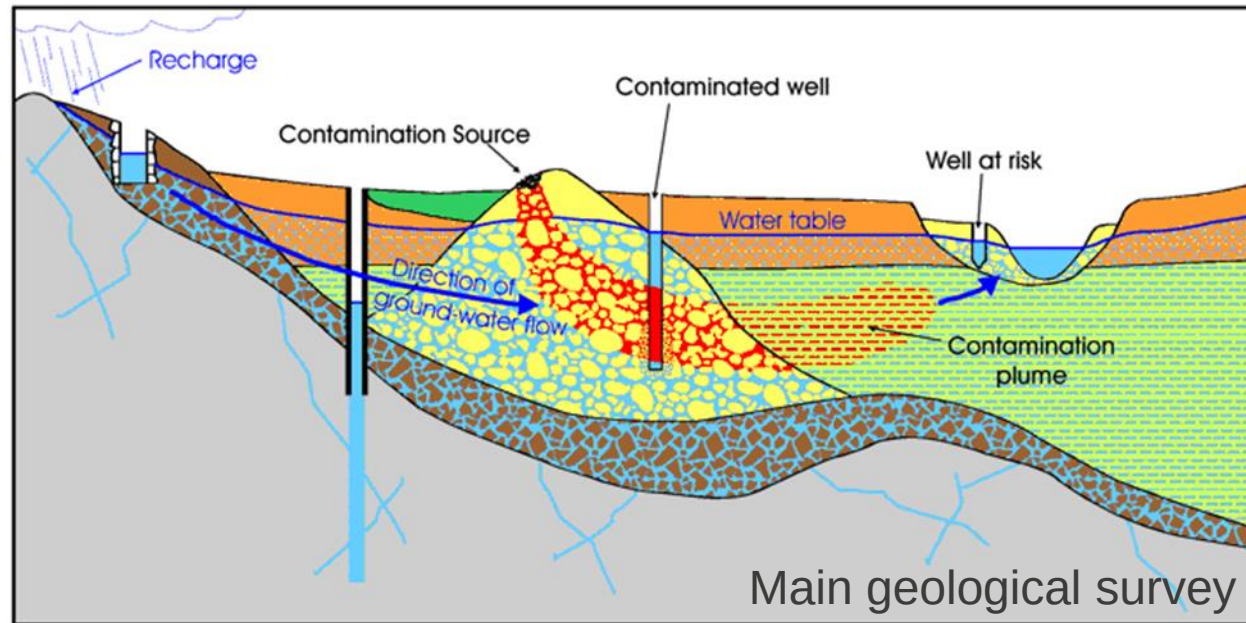
PFAS

- Längden på den perfluorerade kolkedjan är mycket viktig för ämnets fysiokemiska egenskaper
 - Längre kedja
 - Lägre mobilitet
 - Högre bioackumulationsfaktor



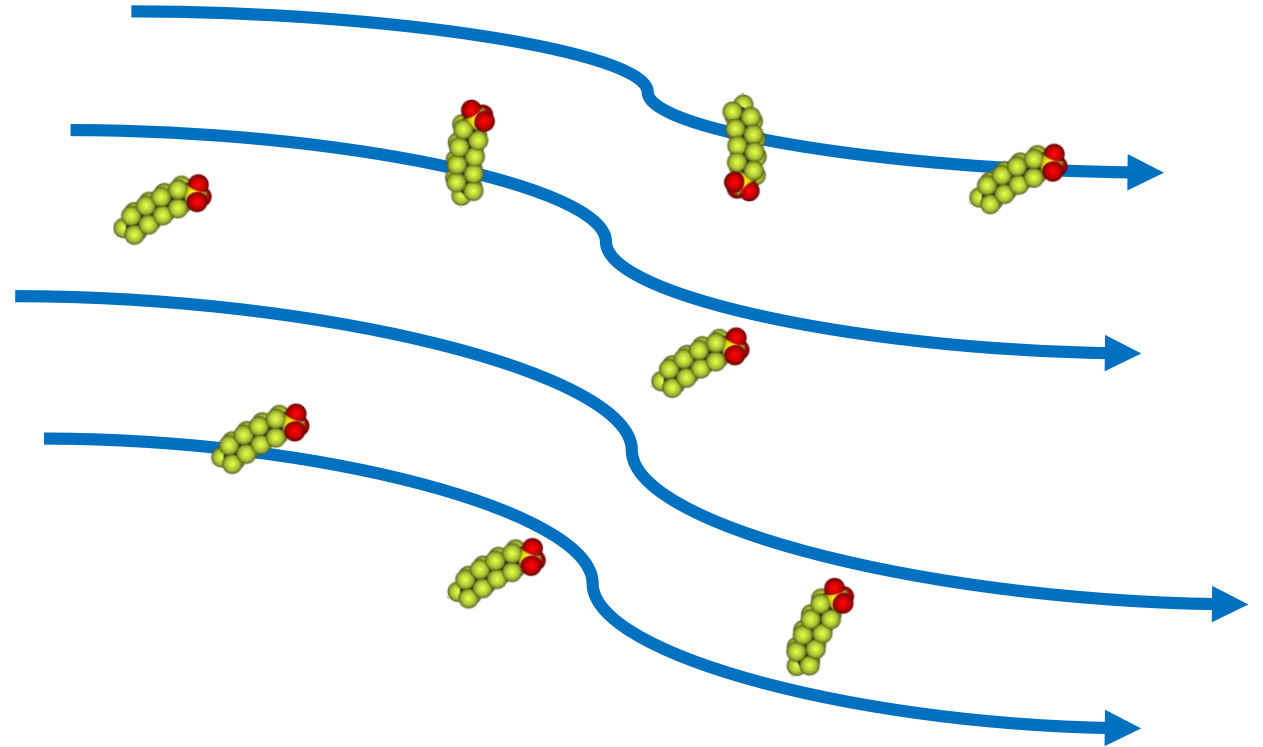
Infiltration och spridning av PFAS i grundvatten

- Infiltration till grundvatten från förorenade områden
- Spridning av PFAS genom akviferen
- Kan leda till vidare kontaminering av
 - Dricksvatten
 - Ytvatten
 - Jordbruksprodukter
- En möjlig åtgärd är *pump and treat*



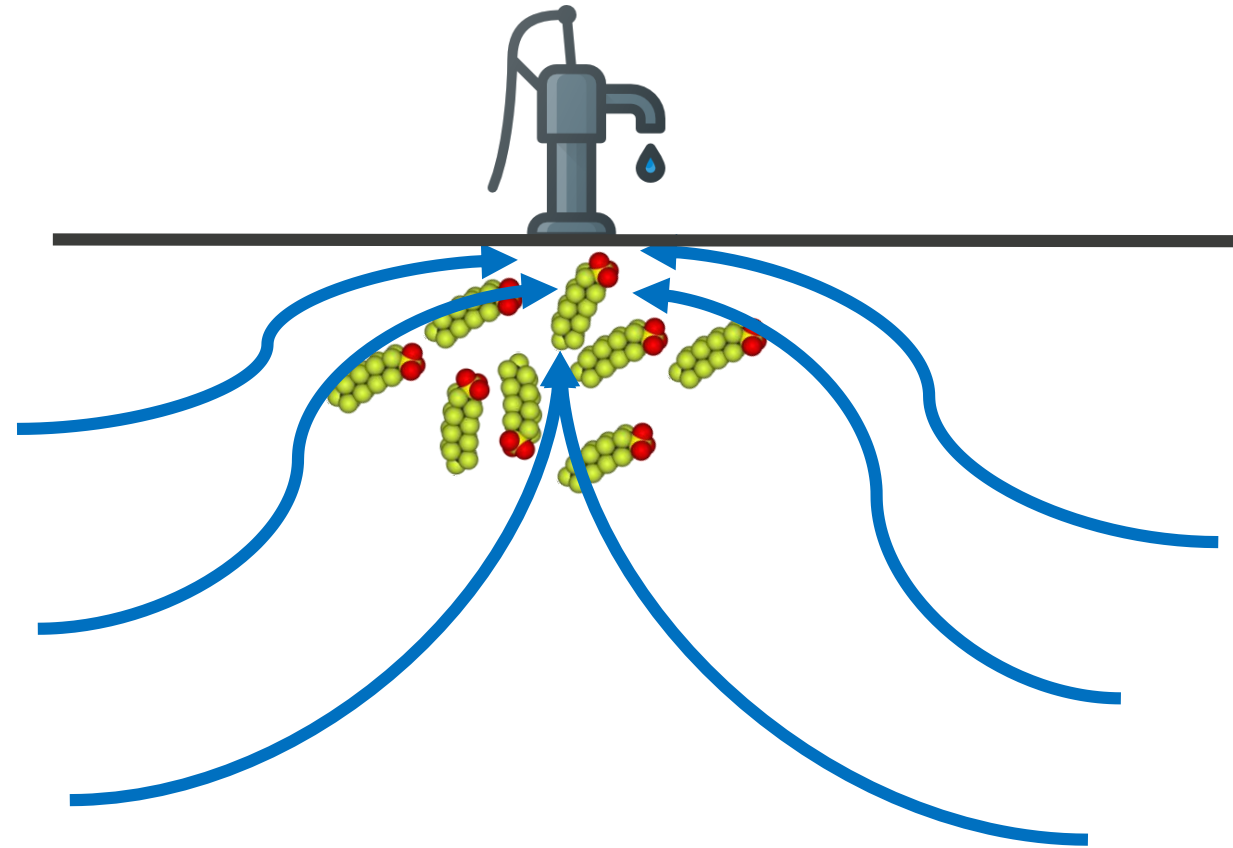
Pump and treat?

- Pumpning av grundvatten för att behandlas i en reningsanläggning på plats



Pump and treat?

- Pumpning av grundvatten för att behandlas i en reningsanläggning på plats
- Syfte
 - Sanering av ett område
 - Isolering av en källterm



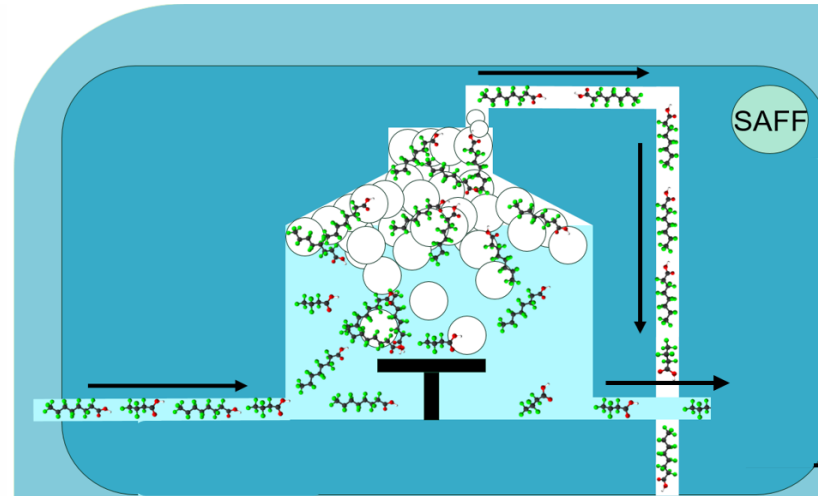
Mål med projektet *EU LIFE SOuRCE*

- Demonstration av två serier av reningssteg för *pump and treat* behandling av PFAS-förorenat grundvatten
- Testas på olika typer av förorenade platser
 - Avfallshanteringsanläggning i Sverige
 - Brandövningsplats i Spanien
- Kostnadseffektiva lösningar med hög reningsgrad
 - 99% för långkedjade PFAS
 - 95% för kortkedjade PFAS



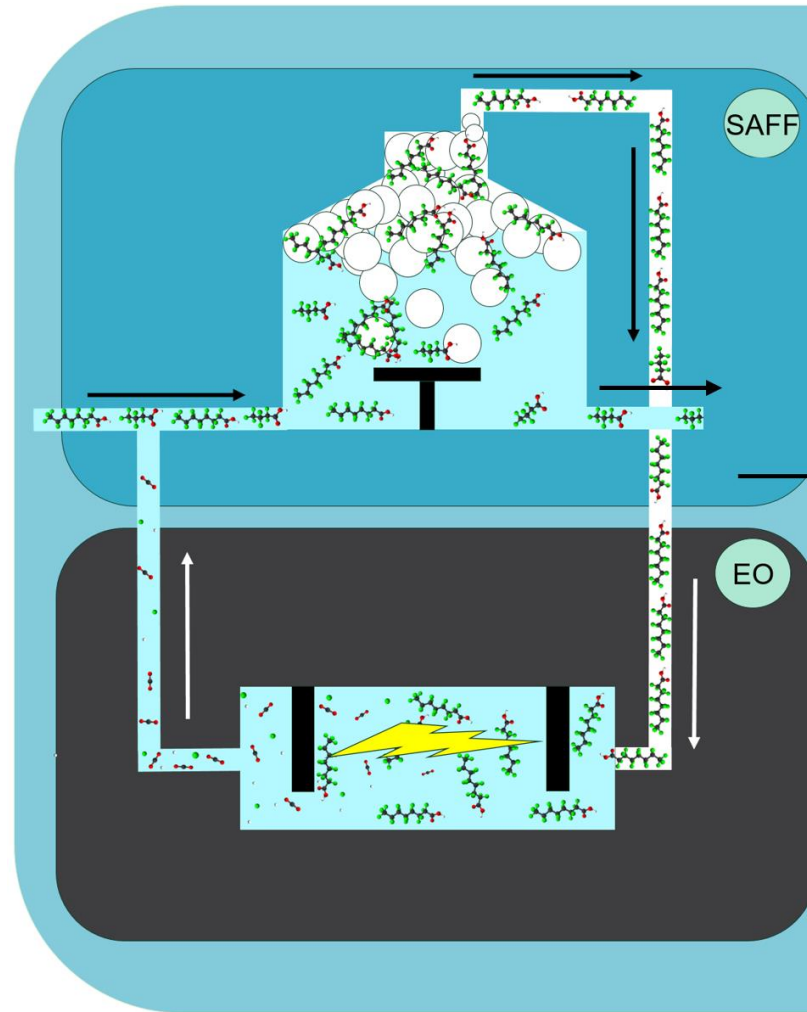
LIFE SOuRCEs serier av reningssteg

- Separering
 - Ytaktiv skumfraktionering (SAFF)



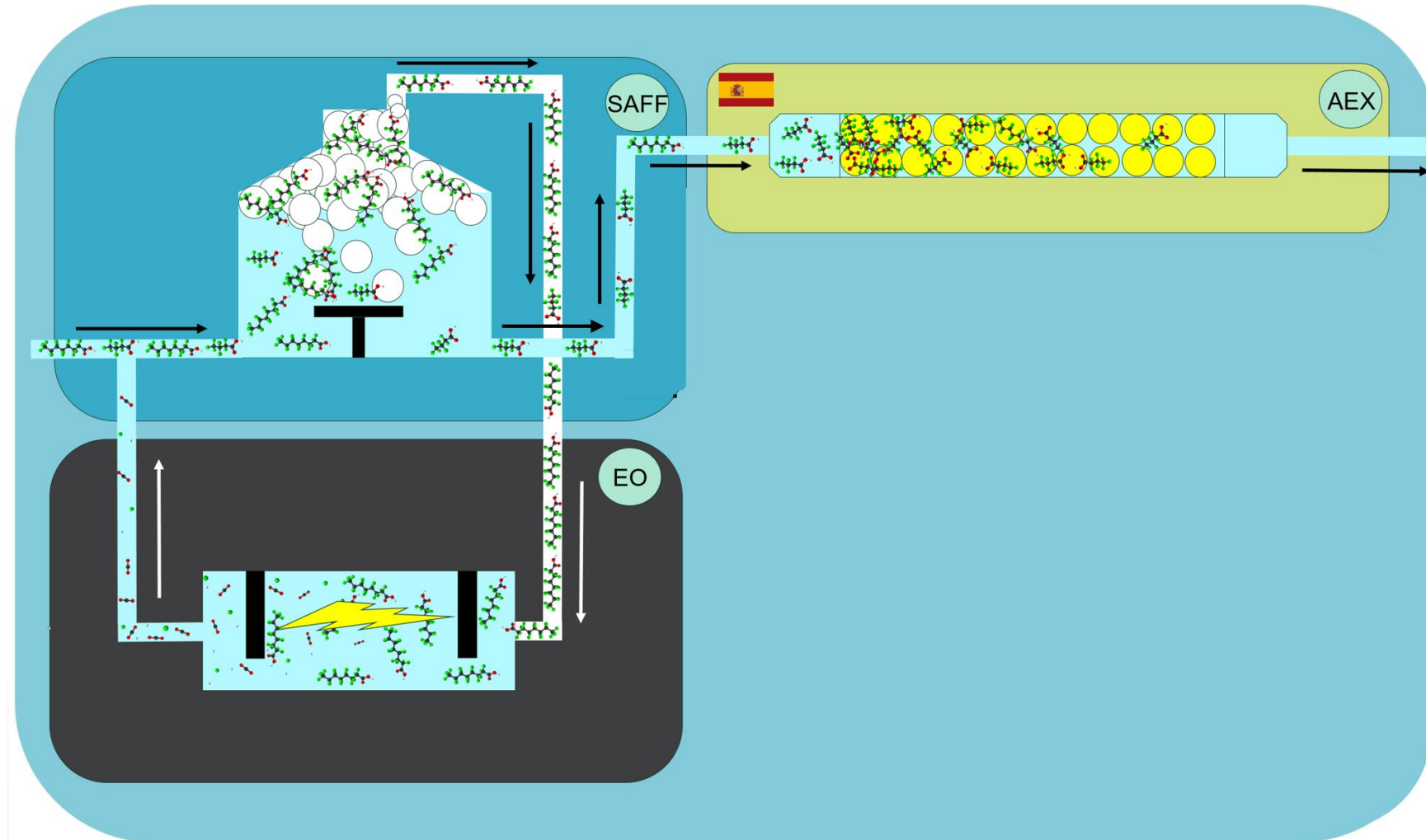
LIFE SOuRCEs serier av reningssteg

- Separering
 - Ytaktiv skumfraktionering (SAFF)
- Destruktion
 - Elektrokemisk oxidation (EO)



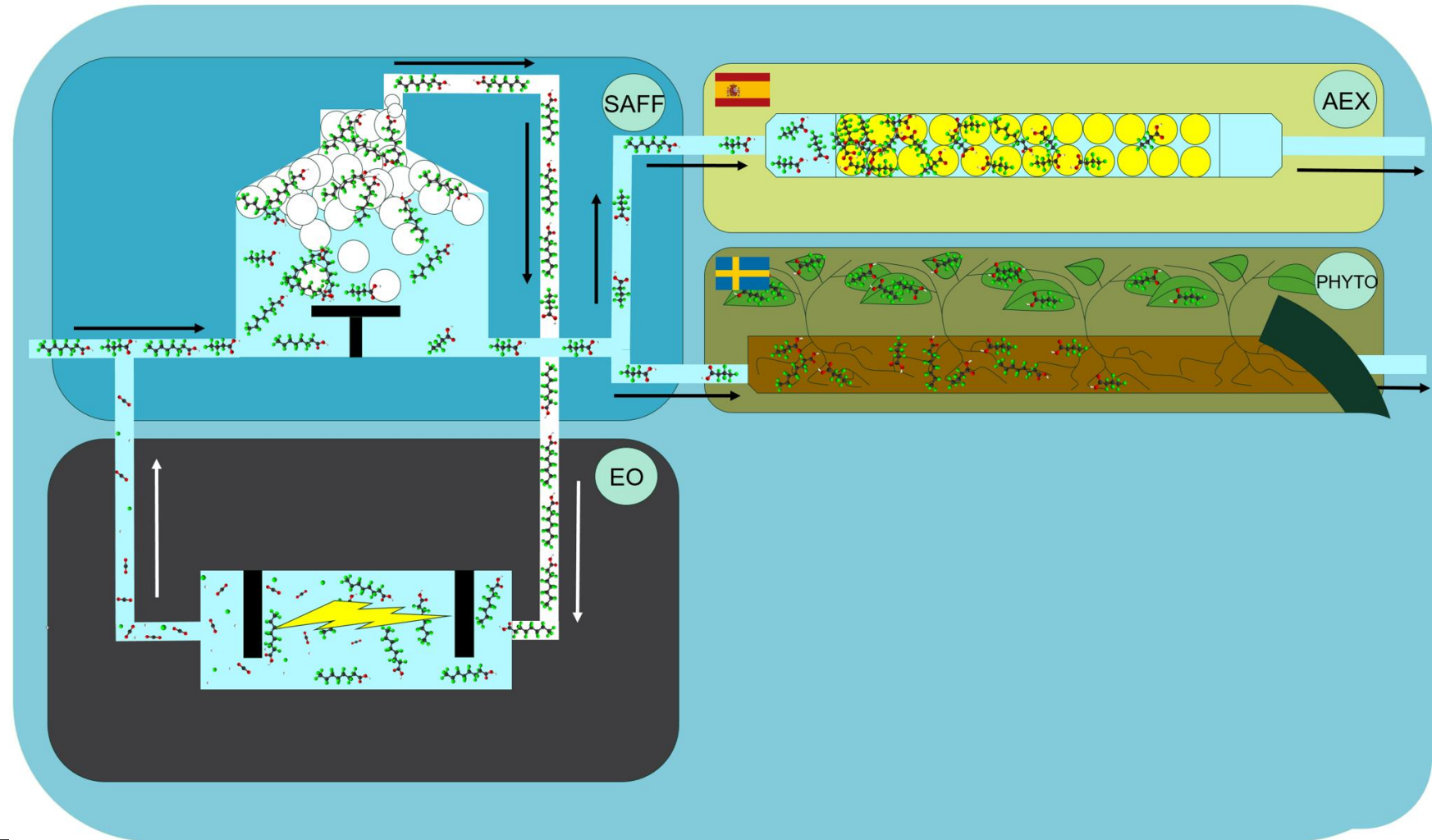
LIFE SOuRCEs serier av reningssteg

- Separering
 - Ytaktiv skumfraktionering (SAFF)
 - Anjonbytare (AEX)
- Destruktion
 - Elektrokemisk oxidation (EO)



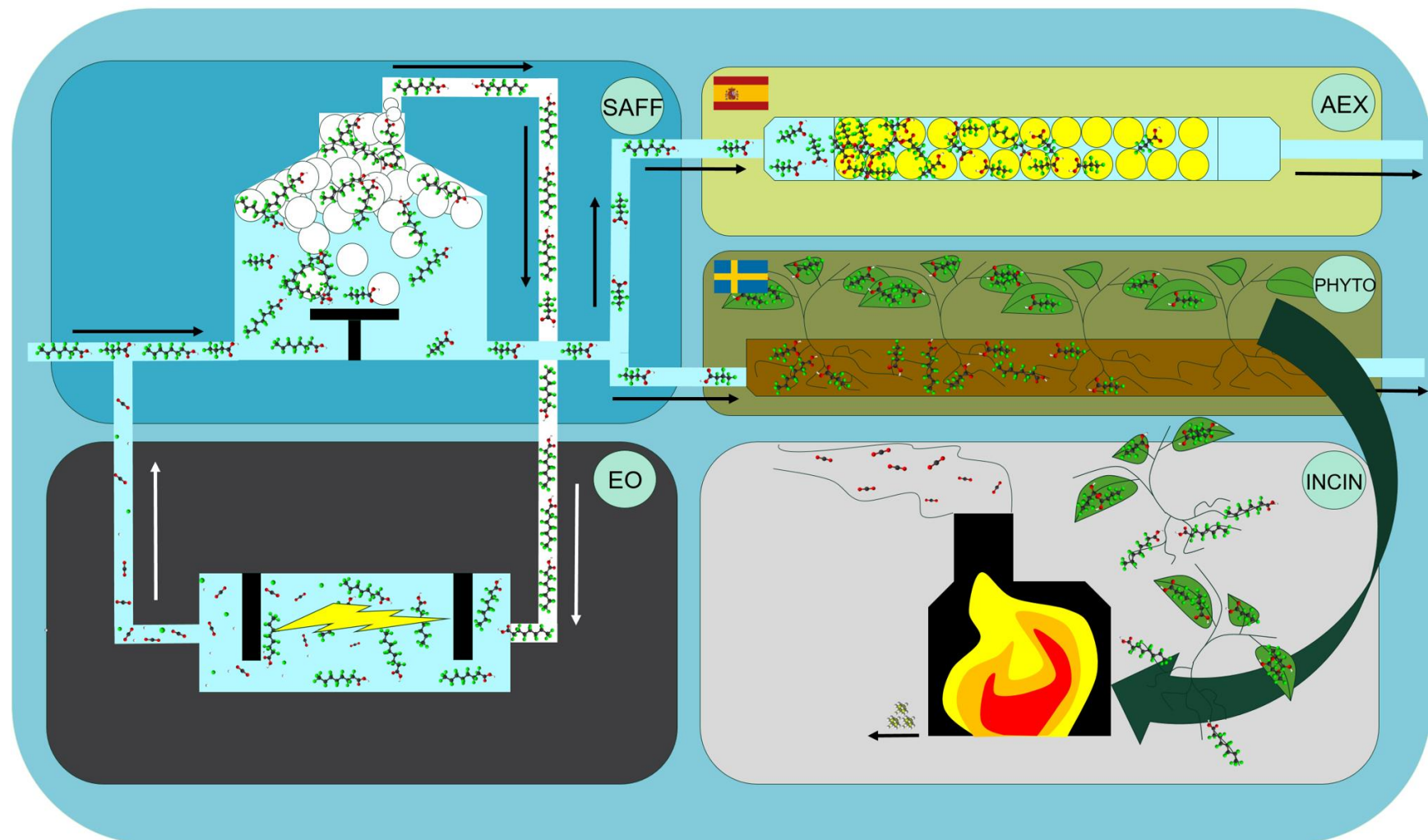
LIFE SOuRCEs serier av reningssteg

- Separering
 - Ytaktiv skumfraktionering (SAFF)
 - Anjonbytare (AEX)
 - Fytoremediering (PHYTO)
- Destruktion
 - Elektrokemisk oxidation (EO)



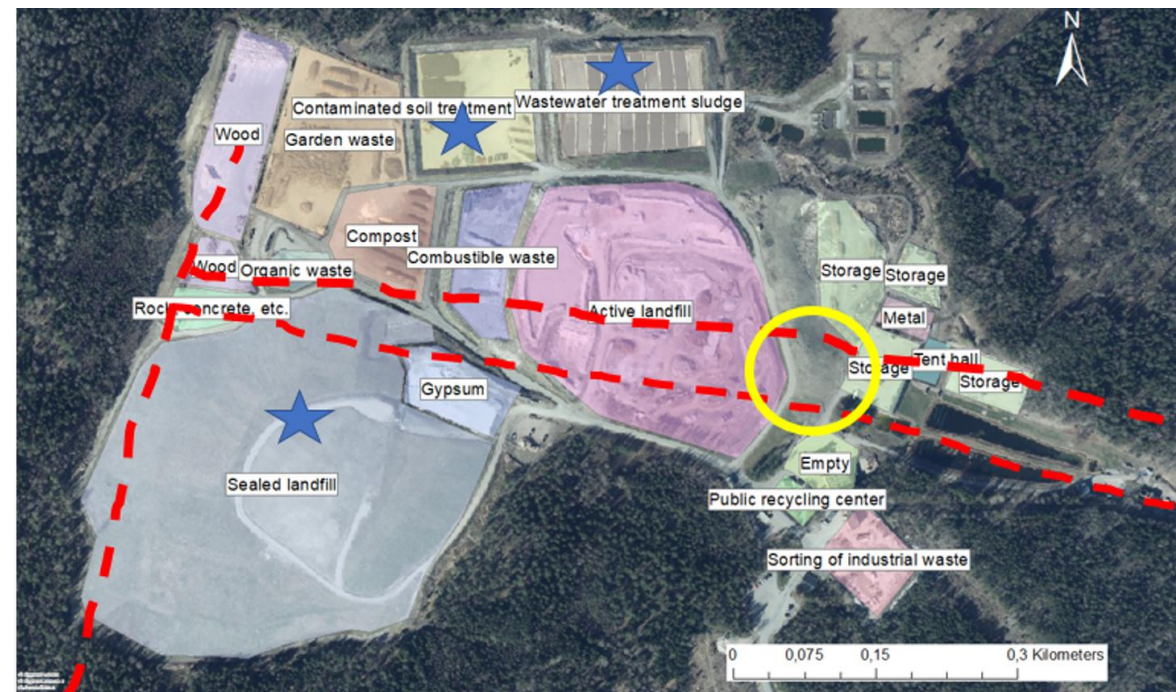
LIFE SOuRCEs serier av reningssteg

- Separering
 - Ytaktiv skumfraktionering (SAFF)
 - Anjonbytare (AEX)
 - Fytoremediering (PHYTO)
- Destruktion
 - Elektrokemisk oxidation (EO)
 - Incineration (INCIN)



Den svenska lokalen

- Aktiv avfallshanteringsanläggning
- Flera möjliga PFAS-källor
- Trolig transport av PFAS i grundvattnet längst en förkastningslinje
- Tidigare installerad impermeabel barriär
- Förhöjda halter nedströms barriären
- Pumpning av grundvatten strax uppströms barriären skapar hydrauliskt undertryck
- Isolerar föroreningarna till anläggningen



Målet med denna delstudie av LIFE SOuRCE

- Undersöka PFAS mobilitet i grundvattenmättad zon
 - Transport
 - Fördelningskoefficient mellan jord och vatten (K_d)
 - Sorptionskinetik
- Relatera mobilitet till
 - PFAS fysiokemi
 - Vattenkvalitet
 - Jordegenskaper
- Generera användbara data
 - Förutsäga och modellera spridning
 - Optimera saneringsinsatser som *pump and treat*

Metod

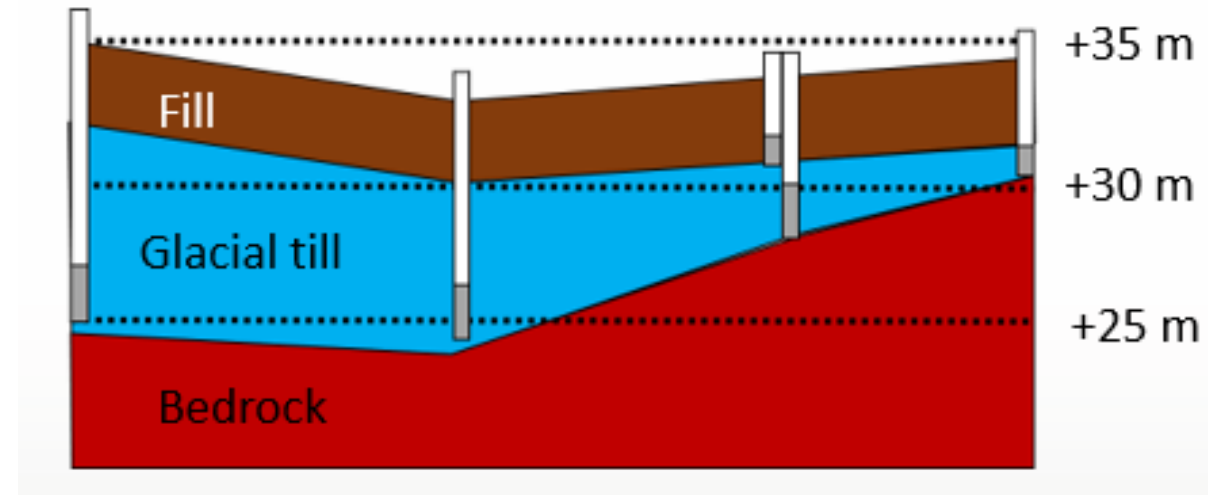


The LIFE SOuRCE project (LIFE20 ENV/ES/000880) has received funding from the LIFE Programme of the European Union



Metod - i fält

- Etablering av observationsbrunnar för övervakning av grundvattnet



Metod - i fält

- Etablering av observationsbrunnar för övervakning av grundvattnet
- Sonicborrning möjliggör upptag av jordkärnor och jordprovtagning från specifika djup



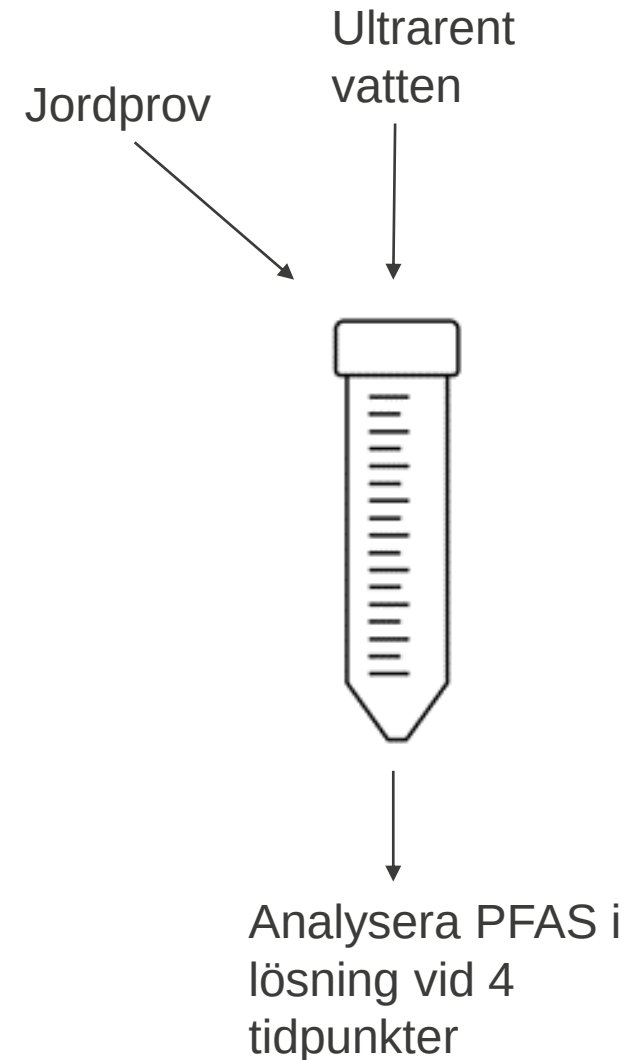
Metod - i fält

- Etablering av observationsbrunnar för övervakning av grundvattnet
- Sonicborrning möjliggör upptag av jordkärnor och jordprovtagning från specifika djup
- Analys av jord och vatten från specifika akviferlager ger ett fält- K_d
- Fortsatt grundvattenprovtagning innan och under *pump and treat* insatsen



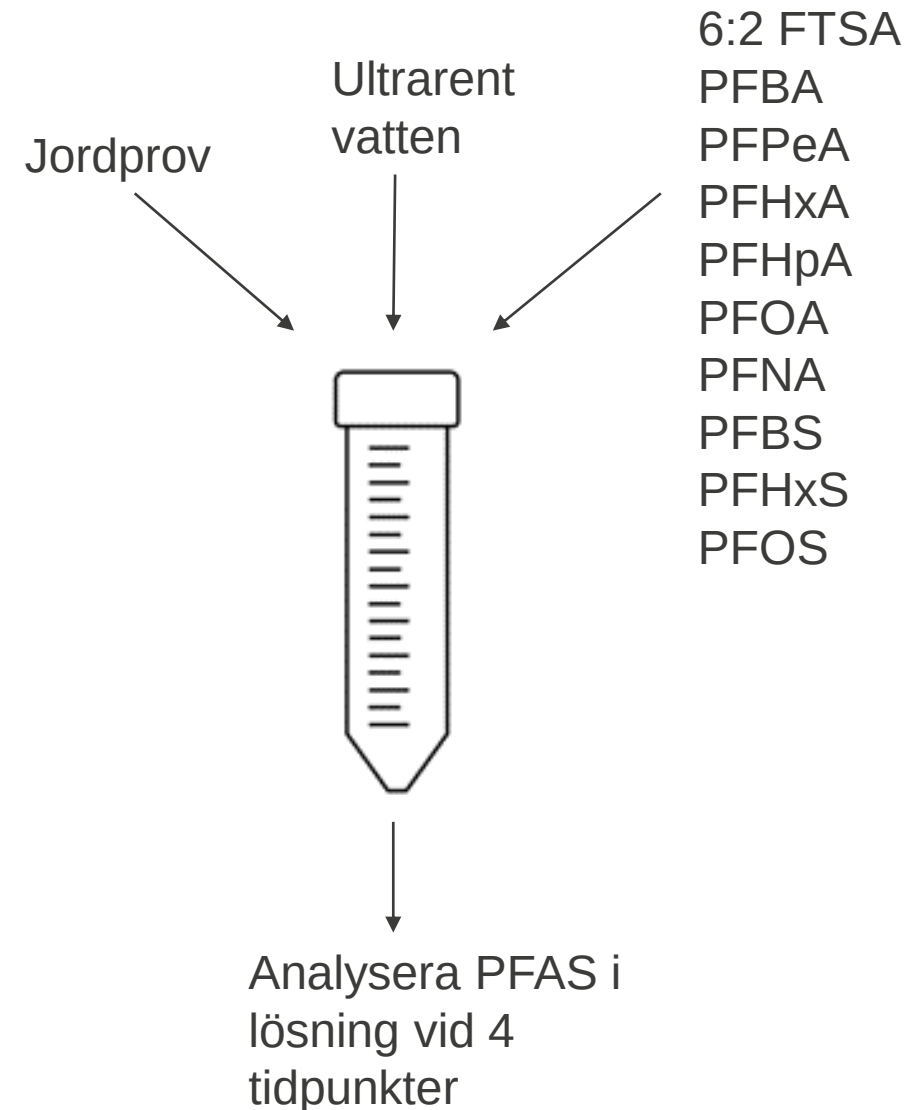
Metod - i labbet

- Desorptionsskaktester (L/S 2)
 - Desorptionskinetik
 - $K_d = C_s/C_w$



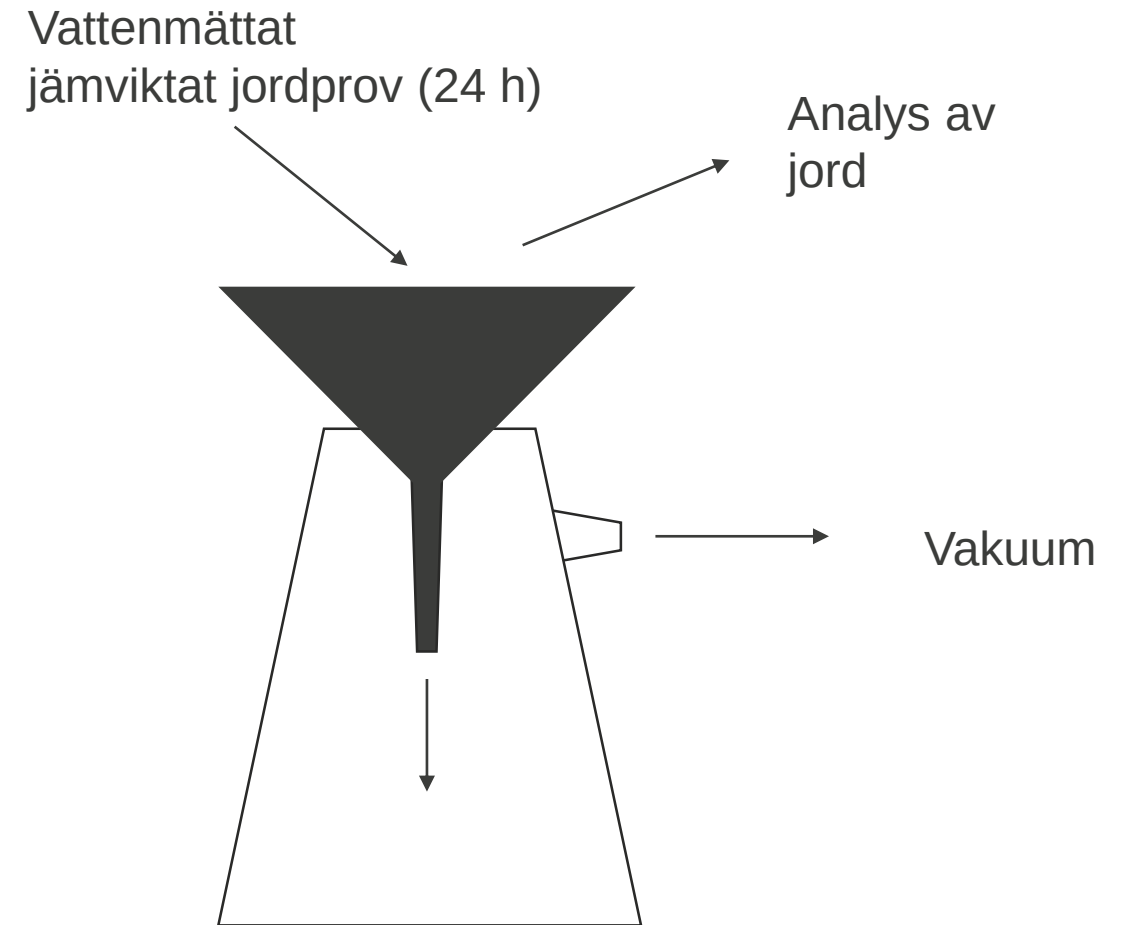
Metod - i labbet

- Desorptionsskaktester (L/S 2)
 - Desorptionskinetik
 - $K_d = C_s/C_w$
- Adsorptionsskaktester (L/S 2)
 - Adsorptionskinetik
 - $K_d = C_s/C_w$



Metod - i labbet

- Desorptionsskaktester (L/S 2)
 - Desorptionskinetik
 - $K_d = C_s/C_w$
- Adsorptionsskaktester (L/S 2)
 - Adsorptionskinetik
 - $K_d = C_s/C_w$
- Mättnadsextraktion (L/S ~0,16)
 - Desorption
 - $K_d = C_s/C_w$



Resultat

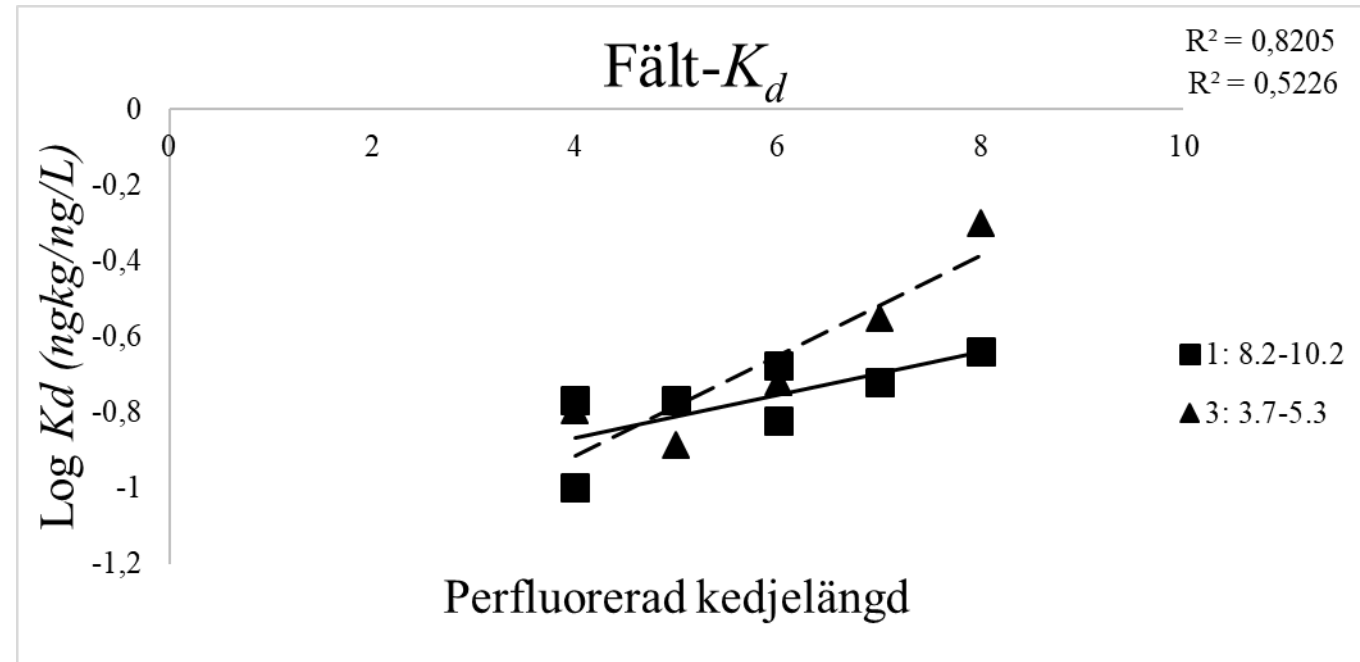


The LIFE SOuRCE project (LIFE20 ENV/ES/000880) has received funding from the LIFE Programme of the European Union



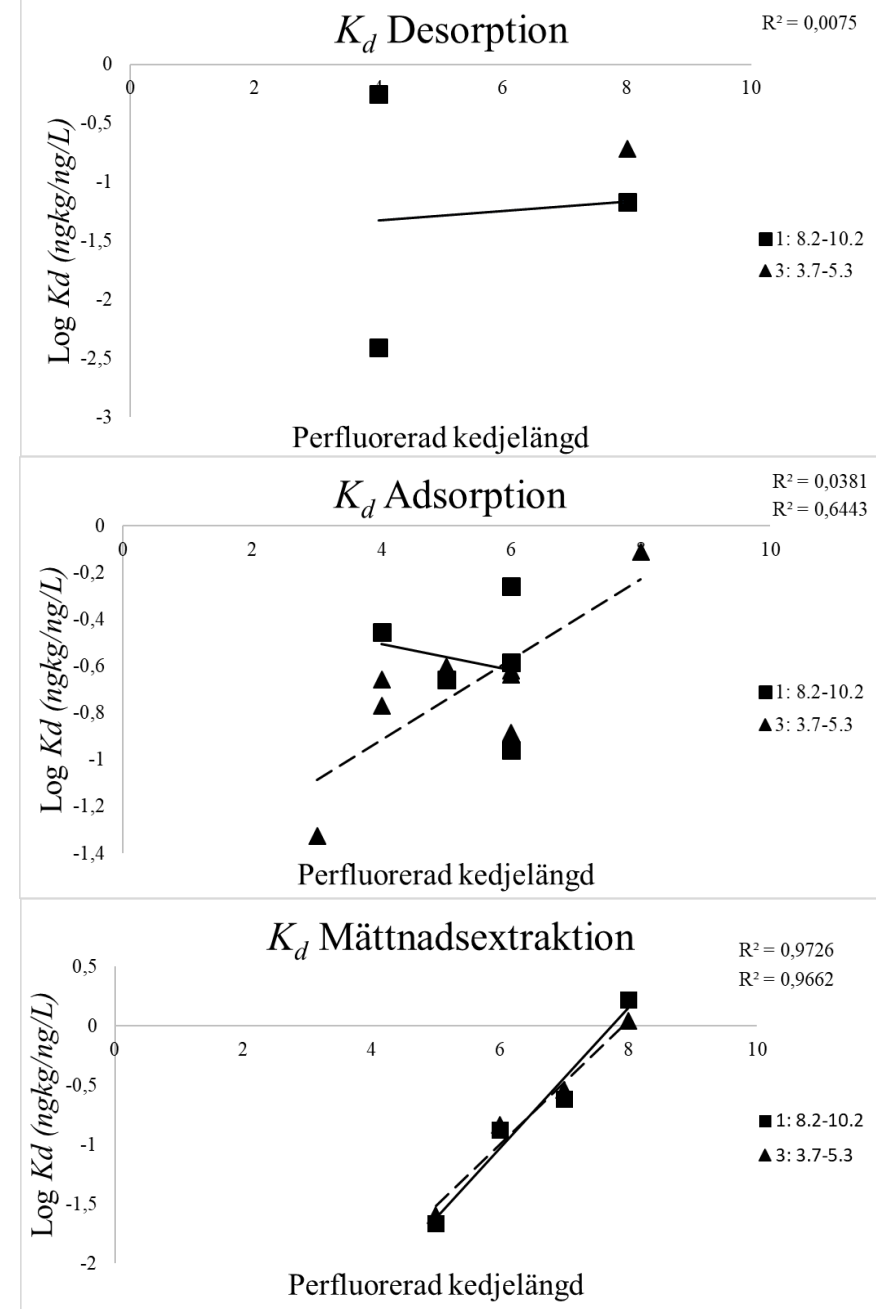
Resultat

- Fält- K_d ger låga värden → PFAS huvudsakligen i lösning
- Högt pH och små mängder aktiva ytor
 - organiskt material
 - Fe/Al (hydr)oxider
 - lera
- Logaritmisk korrelation mellan perfluorerad kedjelängd och K_d



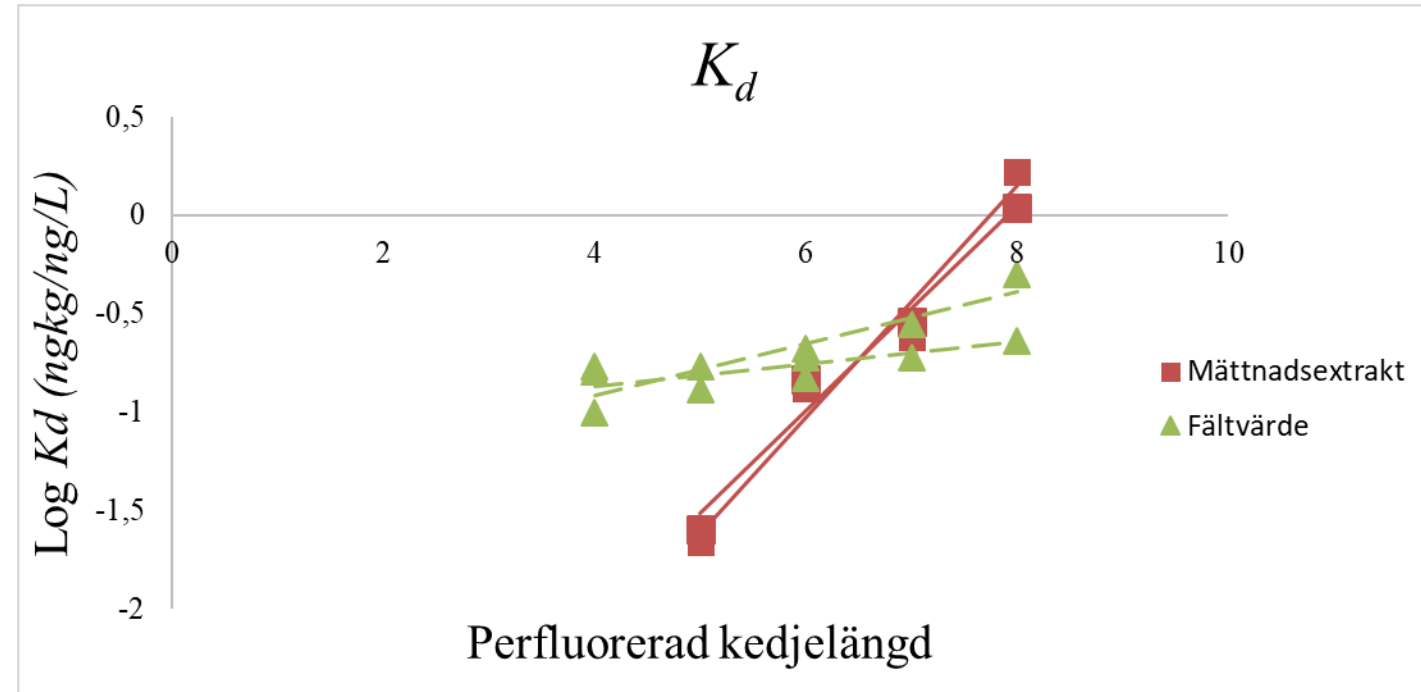
Resultat

- Liknande K_d värden uppnås med samtliga labbmetoder
- Mättnadsextraktionsmetoden ger låg spridning och tydlig korrelation mellan perfluorerad kedjelängd och K_d
 - Tyder på att bestämning av K_d med denna metod är mycket tillförlitlig



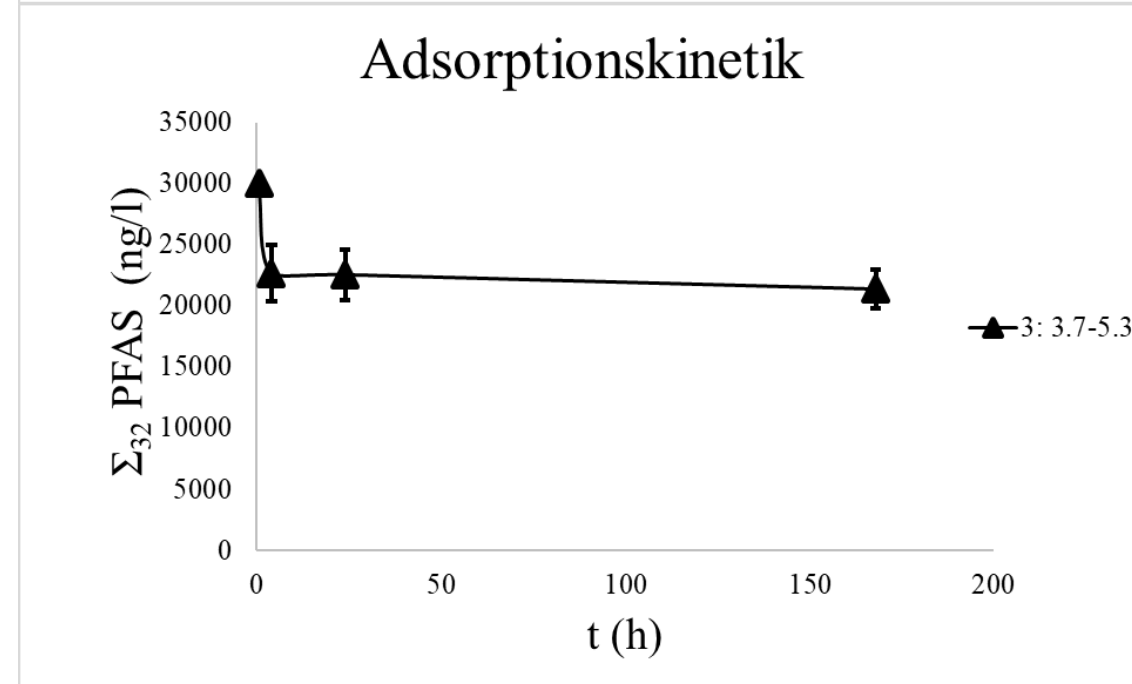
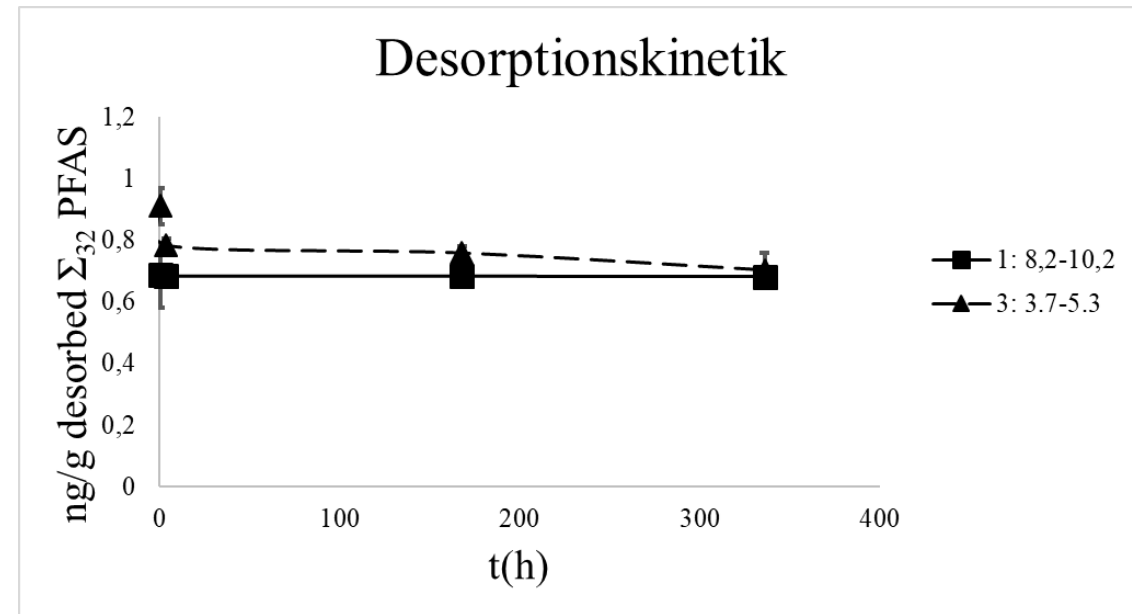
Resultat

- K_d från mättnadsextraktionsförsöket motsvarar fält- K_d
 - Labbstudier motsvarar verkliga förhållanden



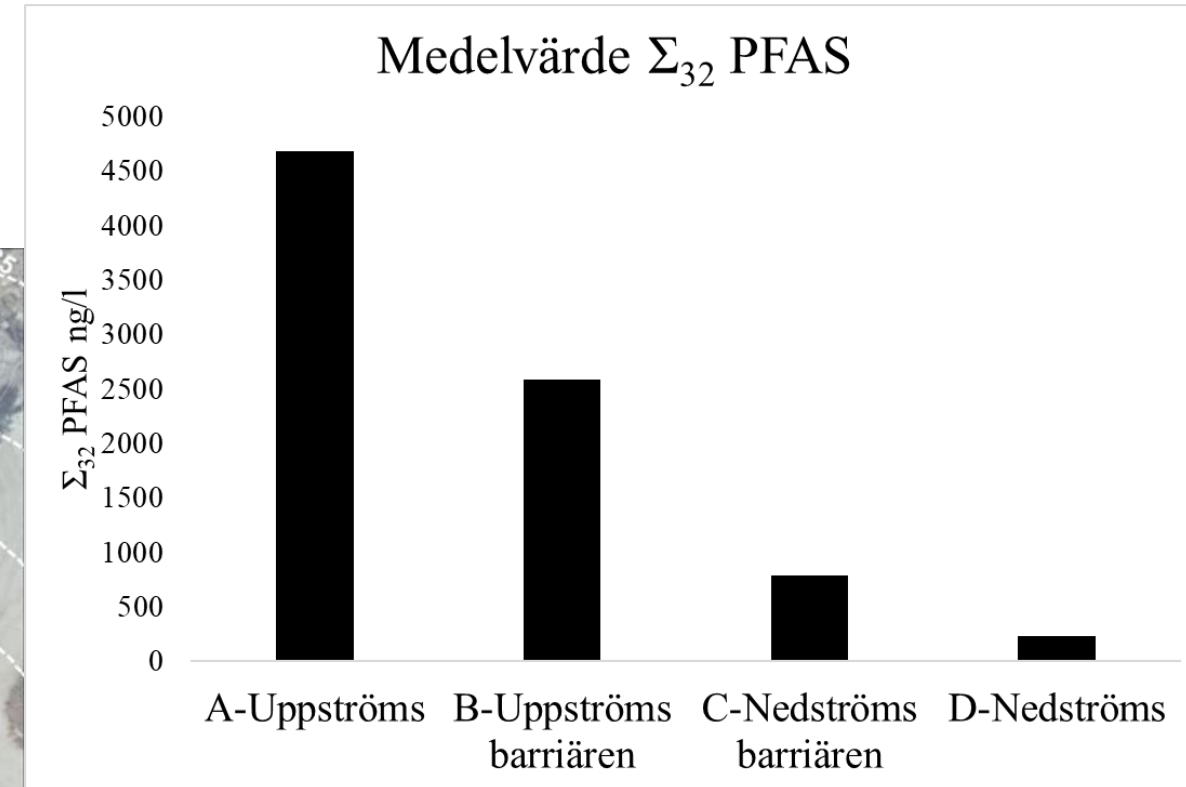
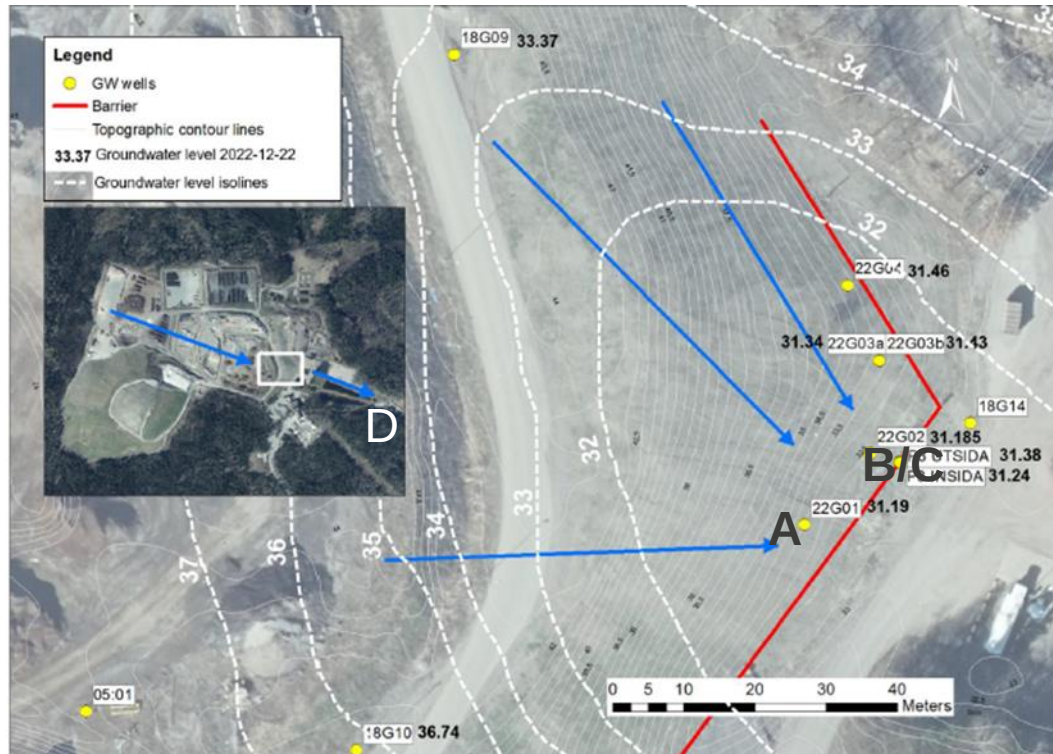
Resultat

- Kinetiktesterna visar på snabb sorptionskinetik i den grundvattenmättade zonen



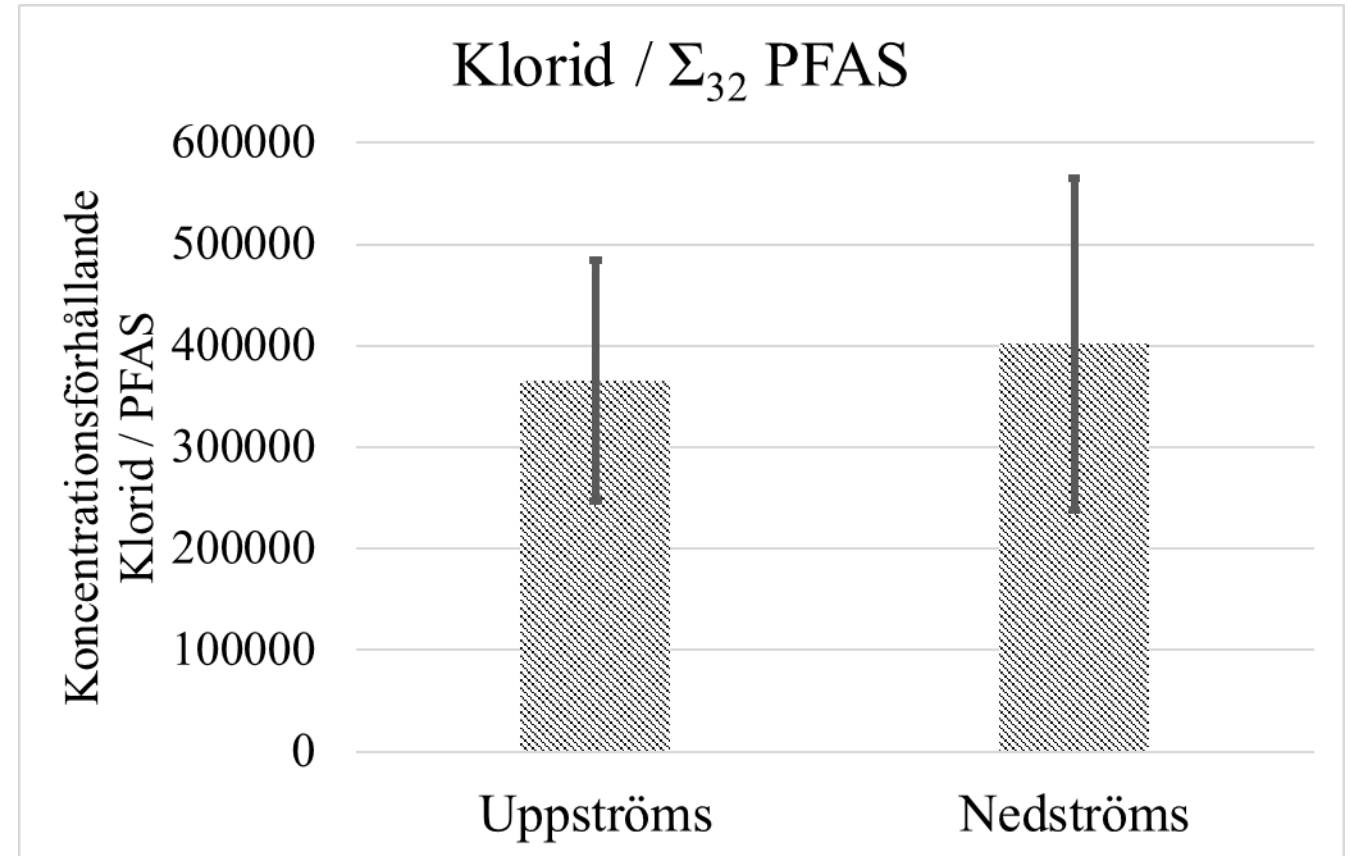
Resultat

- PFAS halterna avtar kraftigt i flödesriktningen



Resultat

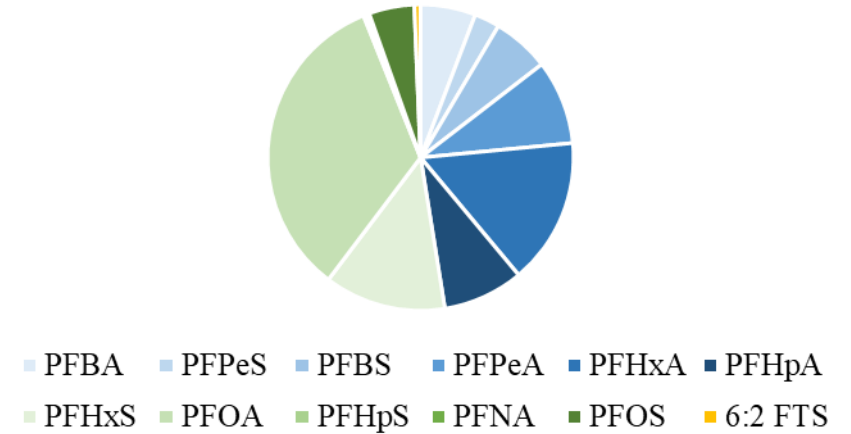
- Konstant koncentrationsförhållande mellan klorid och PFAS tyder på utspädning snarare än retention



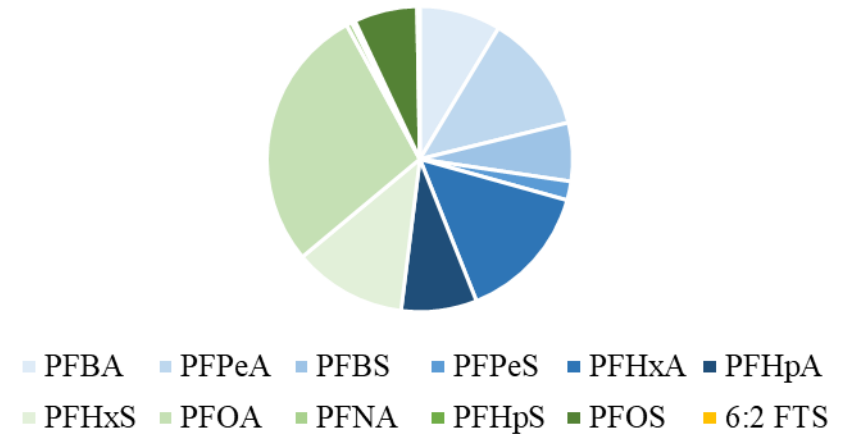
Resultat

- Förändring i förhållande mellan lång och kortkedjade PFAS tyder dock på en viss retention

Uppströms

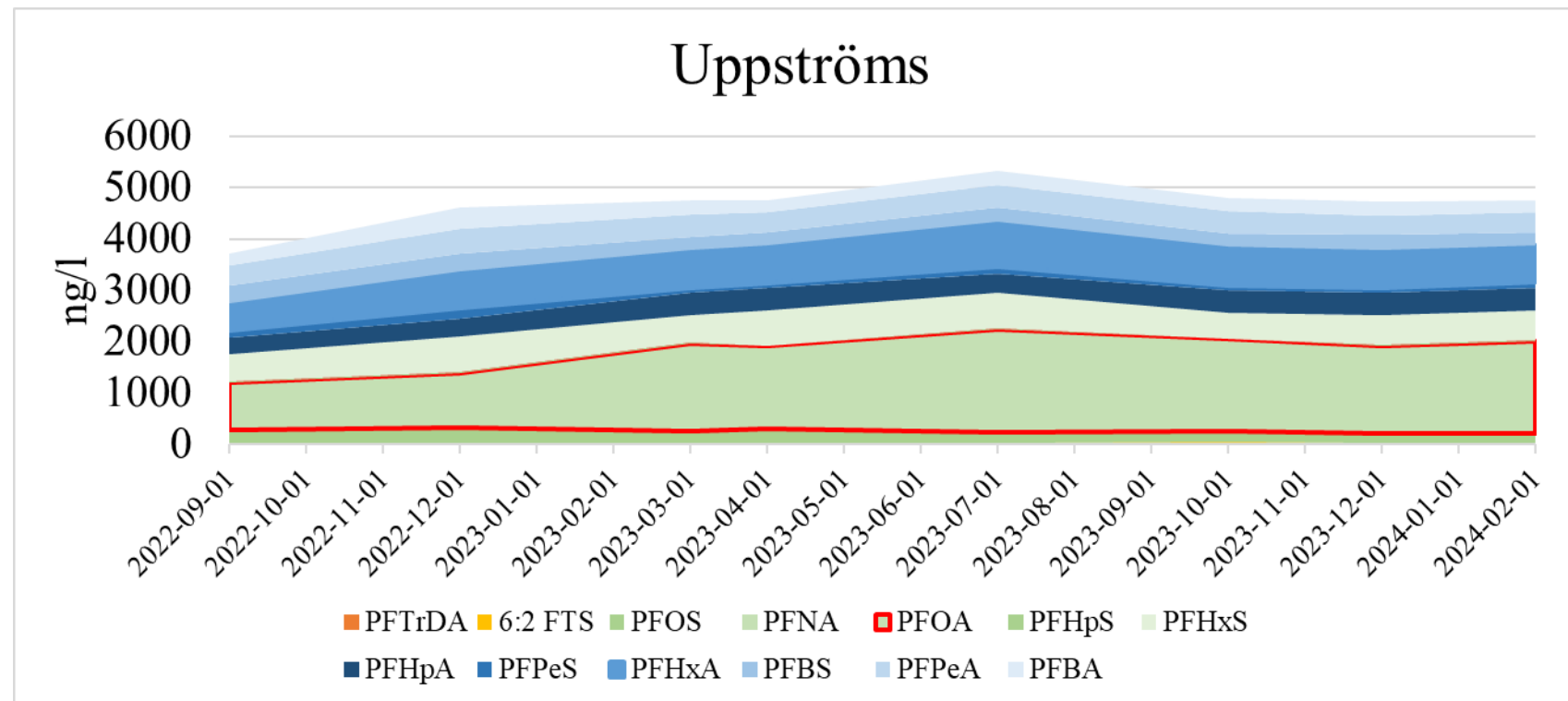


Nedströms



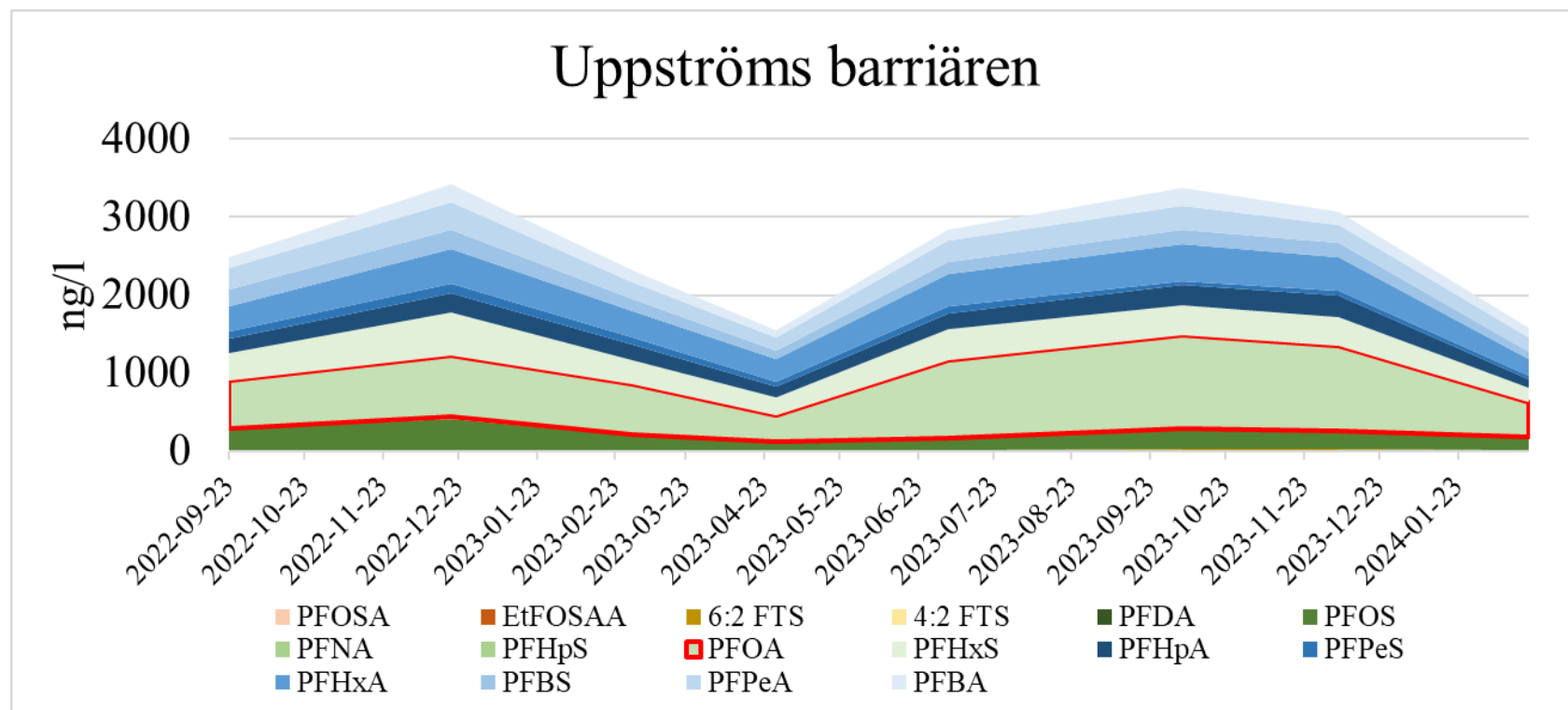
Resultat

- PFAS halterna uppströms barriären är stabila både till koncentration och sammansättning
- Jämn fördelning av lång-, och kortkedjade PFAS
- Högst halter av PFOA



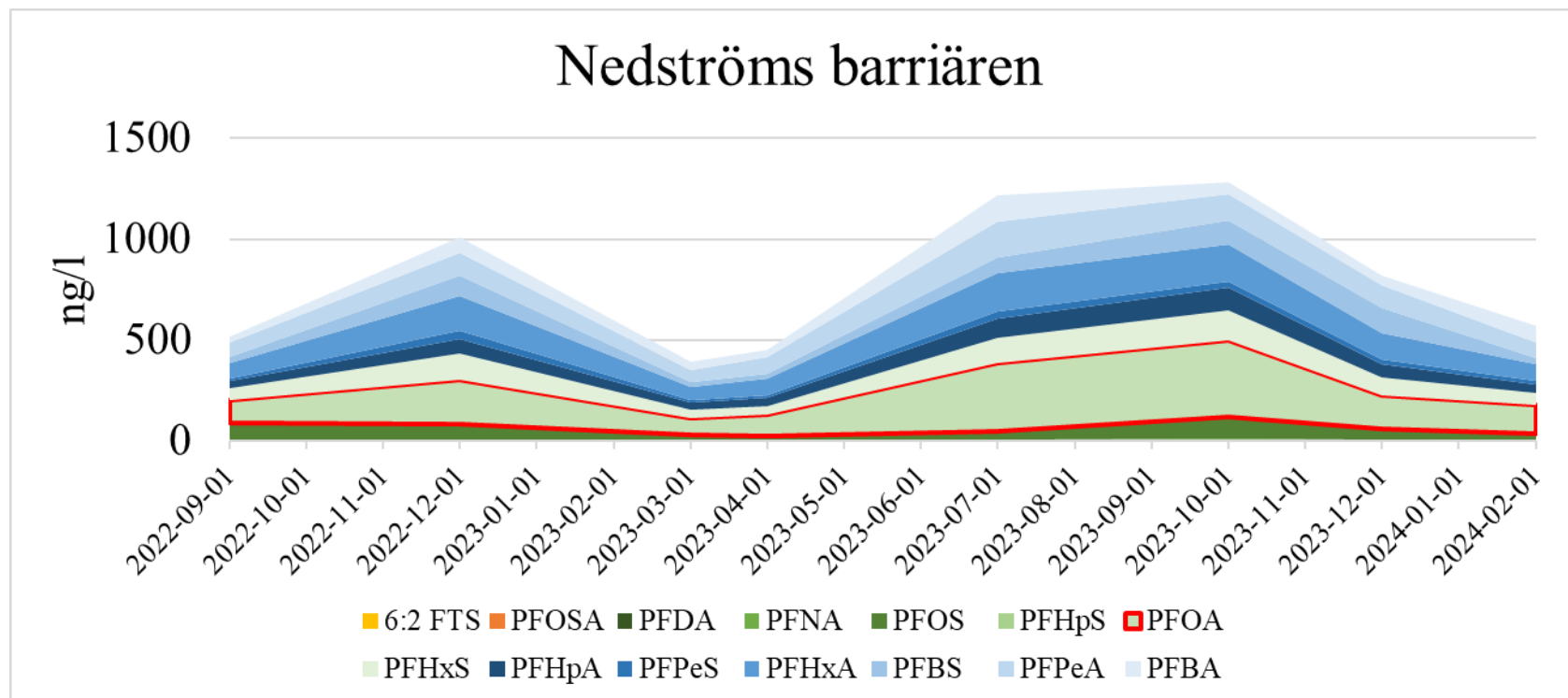
Resultat

- Sammansättningen av PFAS är stabil även omedelbart uppströms barriären
- Större variation i koncentration
- Trolig inverkan av snösmältning



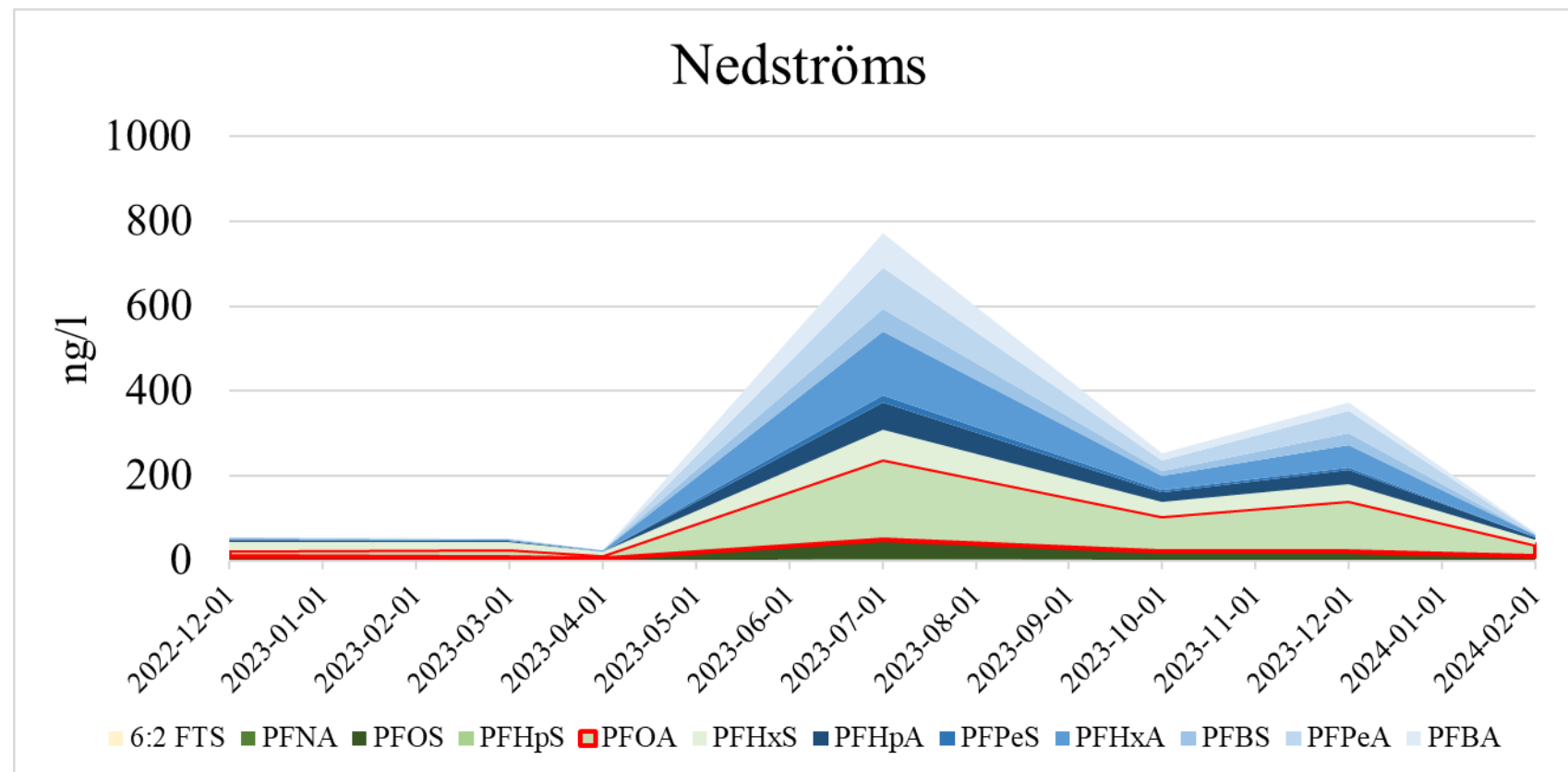
Resultat

- Halterna omedelbart nedströms barriären speglar de uppströms barriären men med lägre koncentrationer



Resultat

- Längre nedströms blir förändringarna mer dramatiska då halterna överlag är låga
- Tydlig effekt av den mycket torra junimånaden 2023



Slutsatser

- PFAS är mycket mobilt i den grundvattenmättade zonen
 - Snabb sorptionskinetik
 - Låga K_d värden
- Tydlig korrelation mellan mobilitet och kedjelängd
 - K_d värden
 - Högre andel korta kedjor nedströms källtermen
- Mättnadsextrakt-metoden ger mer tillförlitliga bestämningar av mycket låga K_d värden jämfört konventionella lakteter p.g.a. låga L/S
- PFAS höga mobilitet i grundvattenzonen möjliggör *pump and treat* som en effektiv åtgärds metod då PFAS övervägande är i lösning vid jämvikt samt uppvisar en snabb desorptionskinetik

Vägen framåt

Genom ett samarbete med aktiviteter inom SGI:s regeringsuppdrag kommer vi att bestämma Kd-värden (fält- och labb-Kd) för en större uppsättning prover, vilket kommer att öka förståelsen för hur PFAS transporteras i grundvattenakviferer och kopplingen till jord- och vattenegenskaper

Vi i LIFE SOuRCE



The LIFE SOuRCE project (LIFE20 ENV/ES/000880) has received funding from the LIFE Programme of the European Union





The LIFE SOuRCE project (LIFE20 ENV/ES/000880) has received funding from the LIFE Programme of the European Union



Thank you!
Tack!
¡Gracias!



Swedish University of
Agricultural Sciences

