



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



LIFE
SOuRCE

Att rena PFAS med växter (fytoremediering)

Oscar Skirfors, Institutionen för vatten och miljö - SLU



LIFE SOuRCE

- LIFE SOuRCE projektet syftar till att demonstrera två serier av reningssteg för PFAS-förorenat grundvatten
- Efterbehandlingssteg till den ytaktiva skumfraktioneringen (SAFF) för de kortare kedjorna
- Vattnet på den svenska site är inte lämpligt för jonbytarkolonner
- Fytoremediering kan vara en lösning



LIFE SOuRCE

Det här delprojektet av LIFE SOuRCE syftar till att utveckla och utvärdera fyto Remediering som en integrerad del i en serie av reningssteg för PFAS förorenat grundvatten



PHYTO

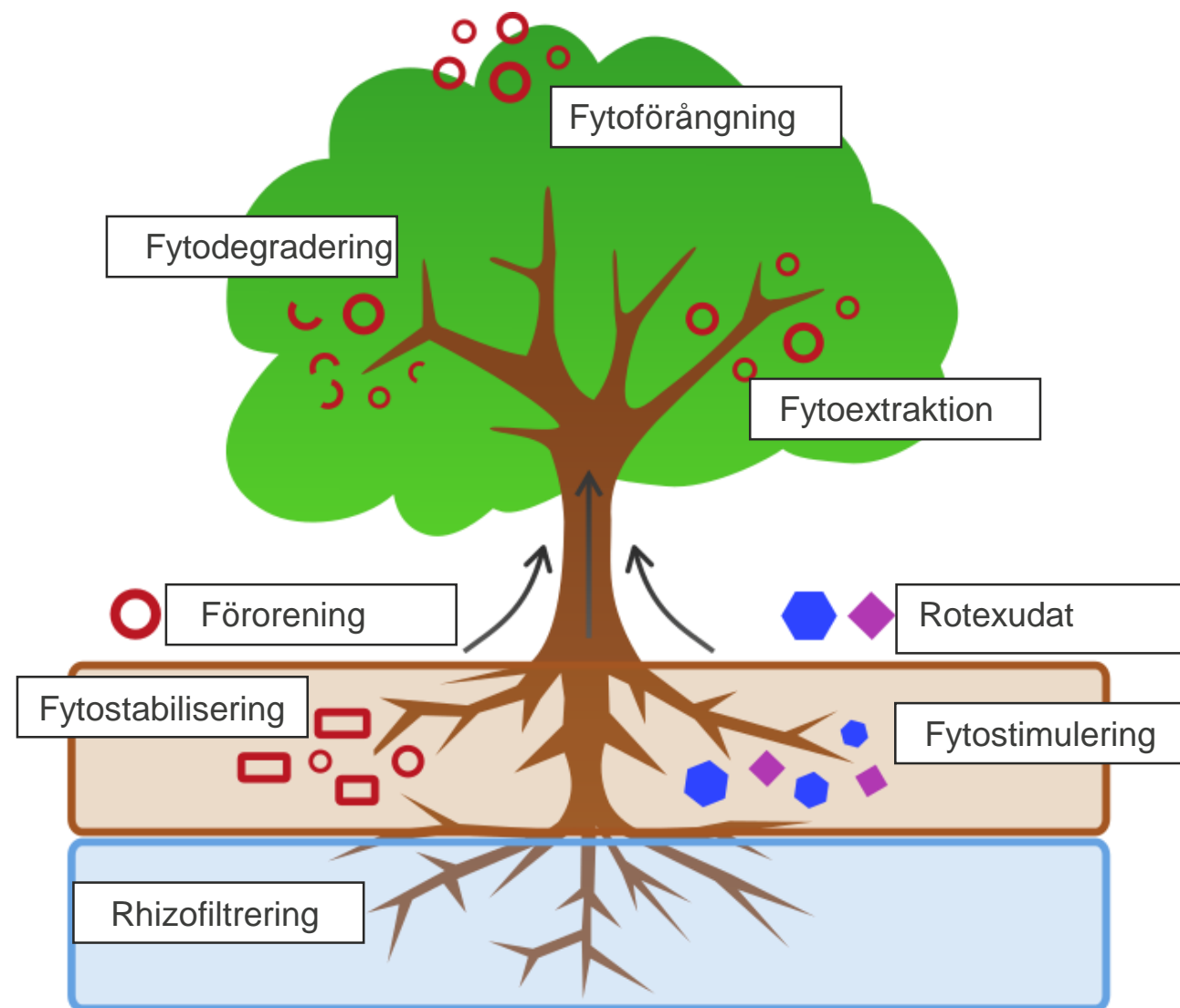


Vad är fyto Remediering?



Fytoremediering?

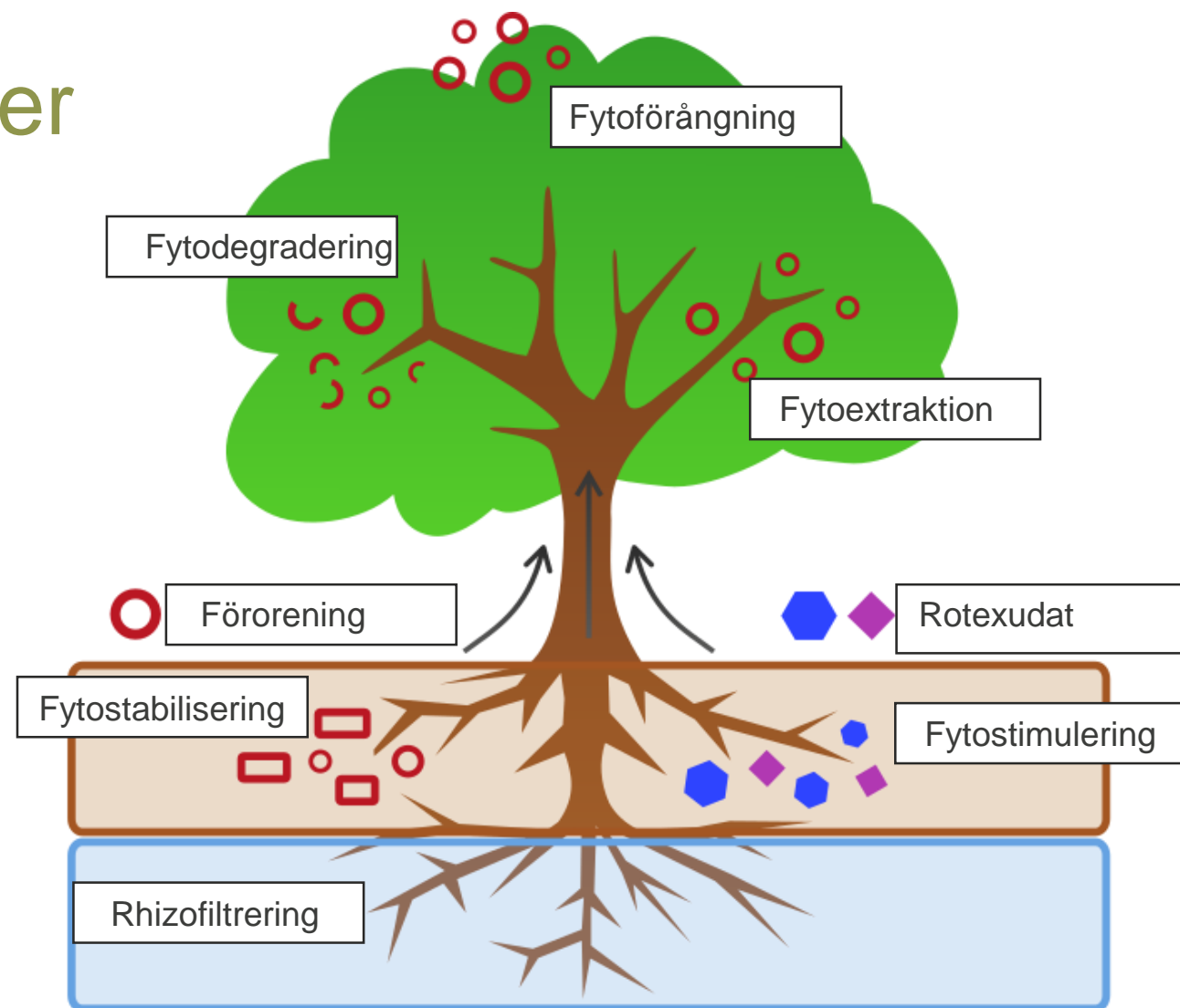
- Användning av växter för sanering
 - Vatten
 - Jord
 - Luft



Arulnangai & Xavier Dengra: [Attribution-Share Alike 4.0 International](#), translated

Fytoremediering - Metoder

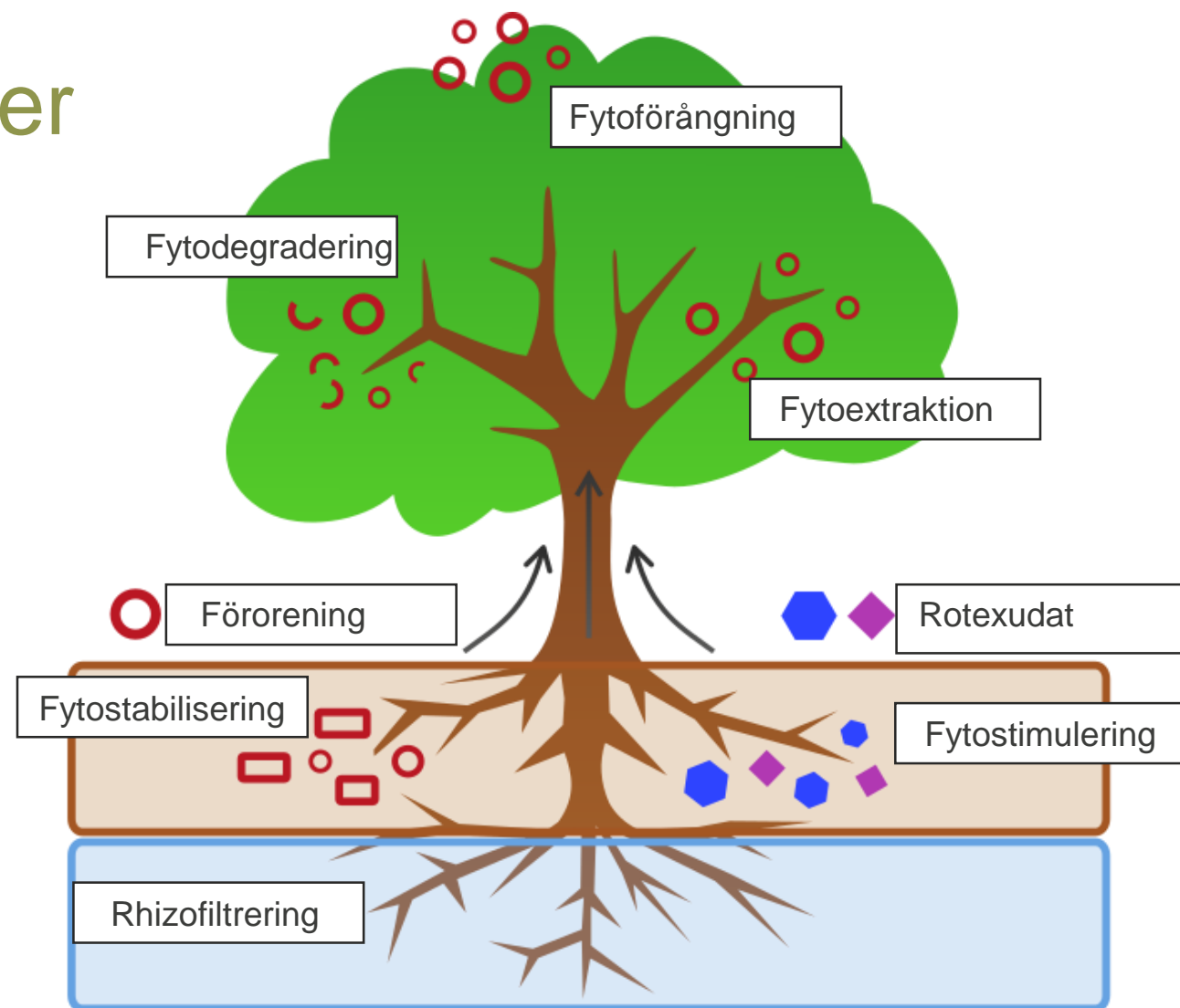
- Fytoextraktion
 - Upptag av en förorening till växtens ovanjordsdelar
- Rhizofiltrering
 - Upptag av föroreningar från vatten
- Fytostabilisering
 - Immobilisering av föroreningen i rotzonen



Arulnangai & Xavier Dengra: [Attribution-Share Alike 4.0 International](#), translated

Fytoremediering - Metoder

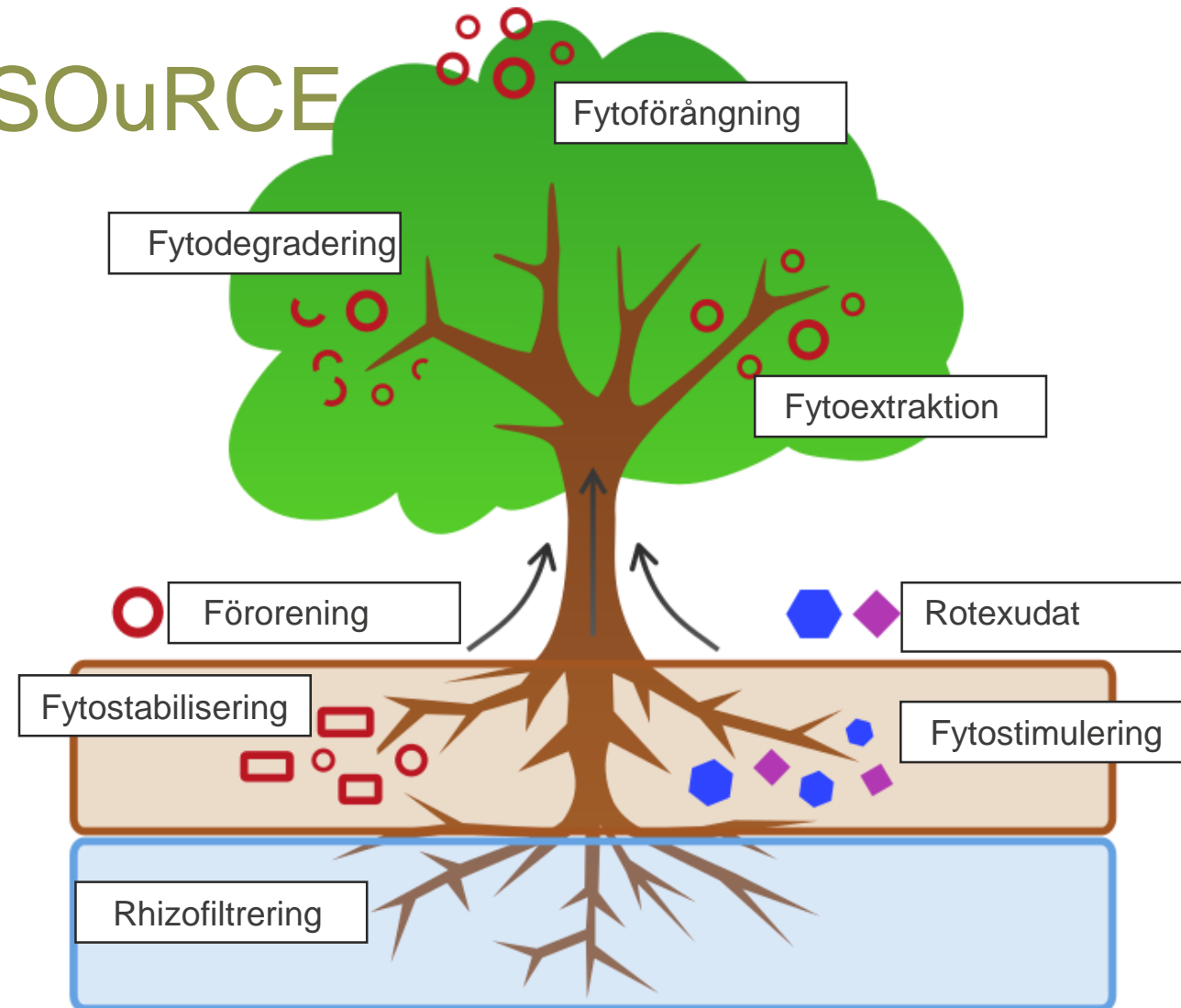
- Fytostimulering
 - Stimulering av mikrobiotan i det förorenade området
 - Immobilisering
 - Degradering
- Fytodegradering
 - Nedbrytning av organiska föroreningar av växten
- Fytoförångning
 - Förångning av upptagna volatila föroreningar



Arulnangai & Xavier Dengra: [Attribution-Share Alike 4.0 International](#), translated

Fytoremediering – LIFE SOuRCE

- Fytoextraktion/Rhizofiltrering
- Fytostabilisering/Fytostimulering



Arulnangai & Xavier Dengra: [Attribution-Share Alike 4.0 International](#), translated

Fytoremediering av PFAS



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



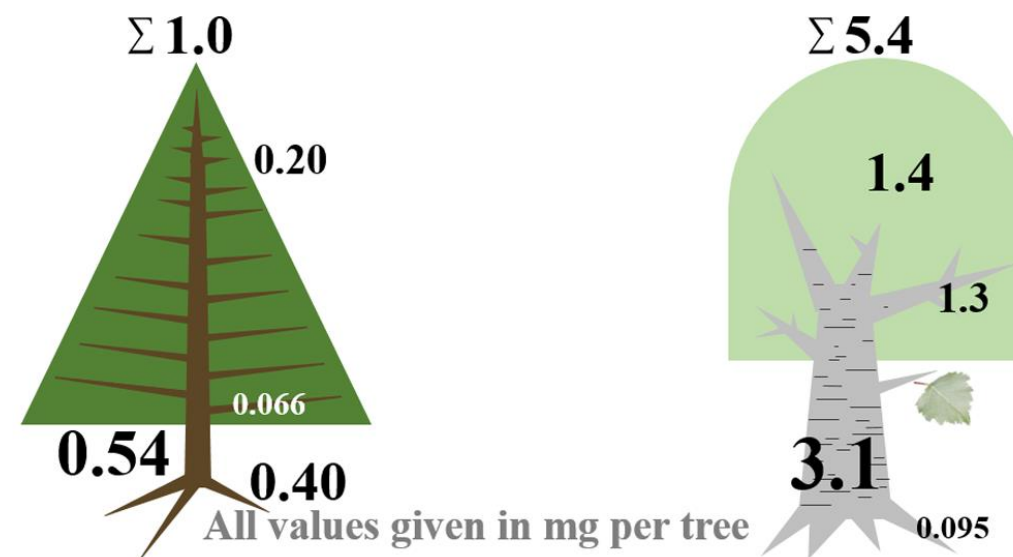
Fytoremediering av PFAS

- Förekomst av PFAS i jordbruksgrödor
 - Sedan länge känt att PFAS tas upp i växter
 - Både i växter för humankonsumtion och foder



Fytoremediering av PFAS

- En studie (Gobelius et al, 2017) vid en brandövningsplats vid Arlanda flygplats visade höga halter av PFAS i angränsande växtlighet
- Det beräknades att skörd av blad, sav och undervegetation skulle kunna avlägsna $1.4 \text{ g yr}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ Σ_{26} PFAS
- Fytoremediering?



Gobelius L, Lewis J, Ahrens L. Plant Uptake of Per- and Polyfluoroalkyl Substances at a Contaminated Fire Training Facility to Evaluate the Phytoremediation Potential of Various Plant Species. Environ Sci Technol. 2017;51(21):12602–10

Fytoremediering av PFAS

- Efterföljande växthusstudier (Nassazzi et al, 2023) med solros, hampa och senap i förorenad jord
- Effektiv rening av korta kedjor
 - Beräknad 90% rening av PFPeA på 6 säsonger med solros
- Mindre effektiv rening av långa kedjor
 - 232 säsonger skulle krävas för 90% rening av PFOA...
- Möjligt att kombinera med ett reningssteg som avlägsnar längre kedjor?
 - SAFF?



Fytoremediering i LIFE SOuRCE

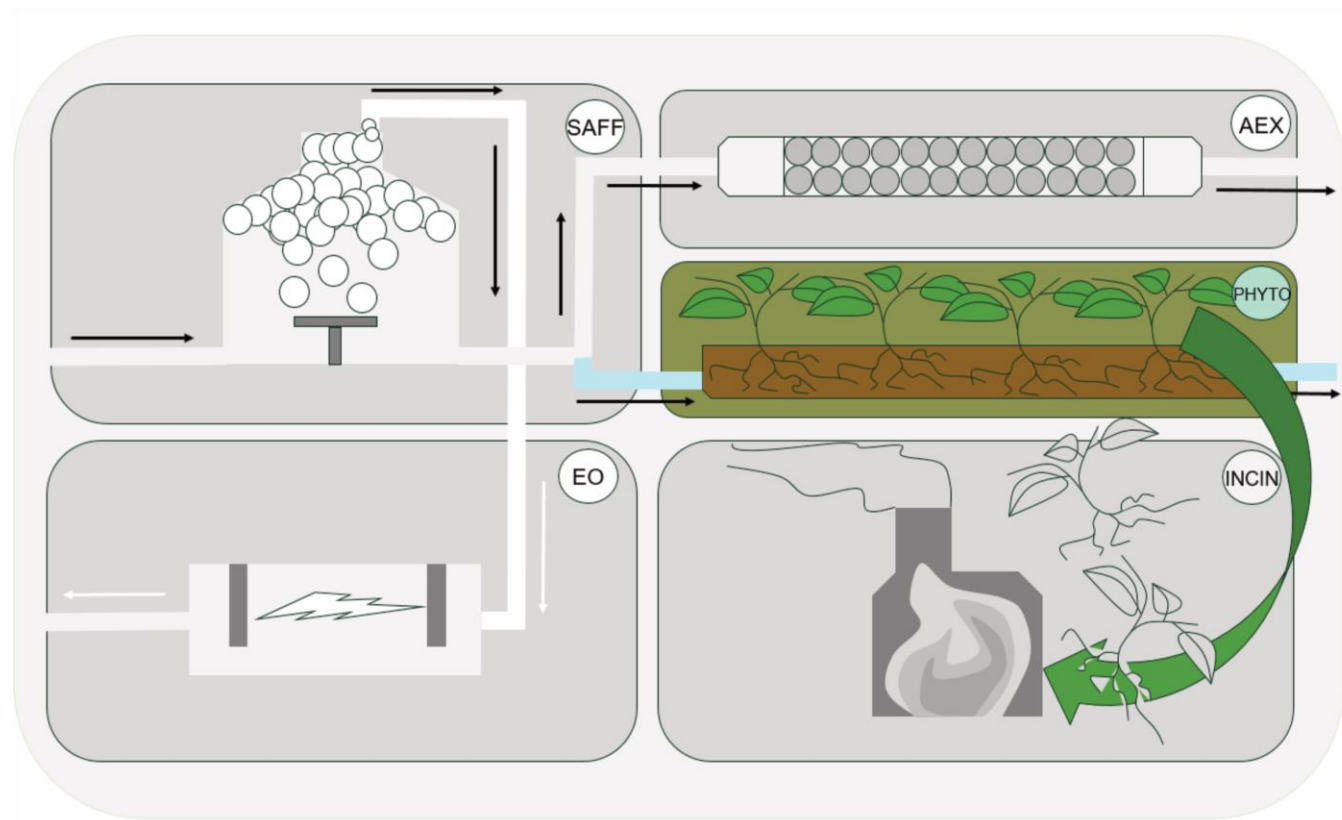


The LIFE SOuRCE project (LIFE20 ENV/ES/000880) has received funding from the LIFE Programme of the European Union



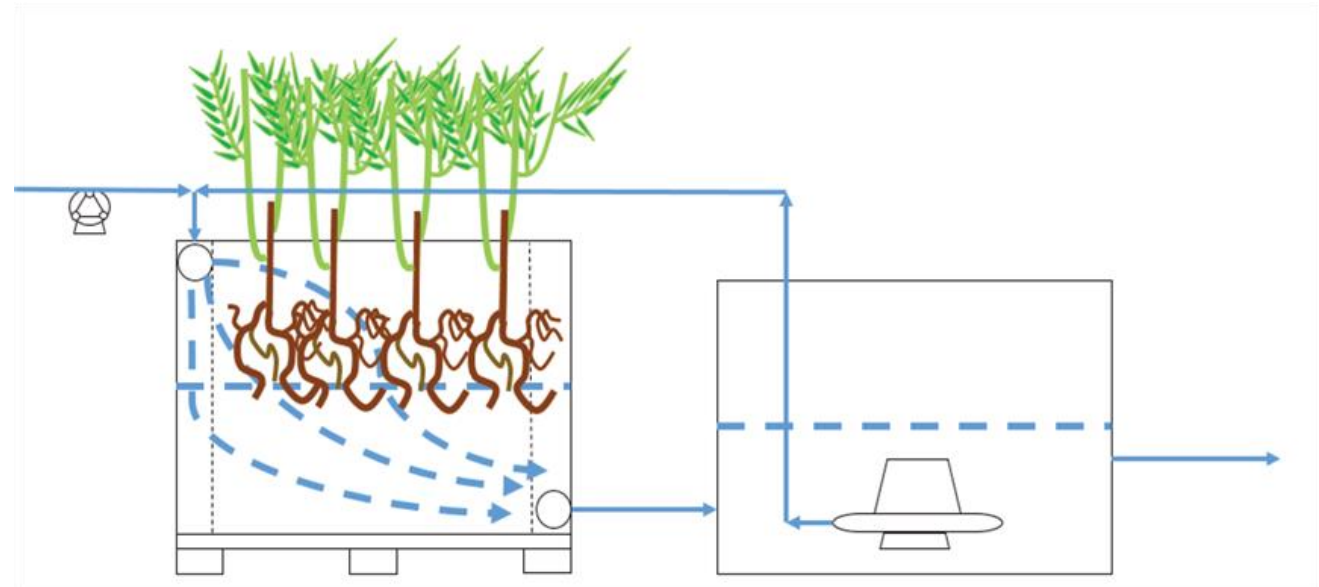
Fytoremediering i LIFE SOuRCE

- Fytoremediering som efterbehandlingssteg till SAFF
 - Ska hantera de kortare kedjorna
- Salix planteras i ett substrat bestående av torv och biokol
 - Inblandning av LECA för att öka genomsläpplighet
- Vattnet på den svenska site har en hög salthalt (~750 mg/L Cl⁻)
 - En utmaning för växterna



Fytoremediering i LIFE SOuRCE - Förpiloter

- Fytoremedieringsenheten utvärderas i mindre skala under säsongerna 2022 – 2023



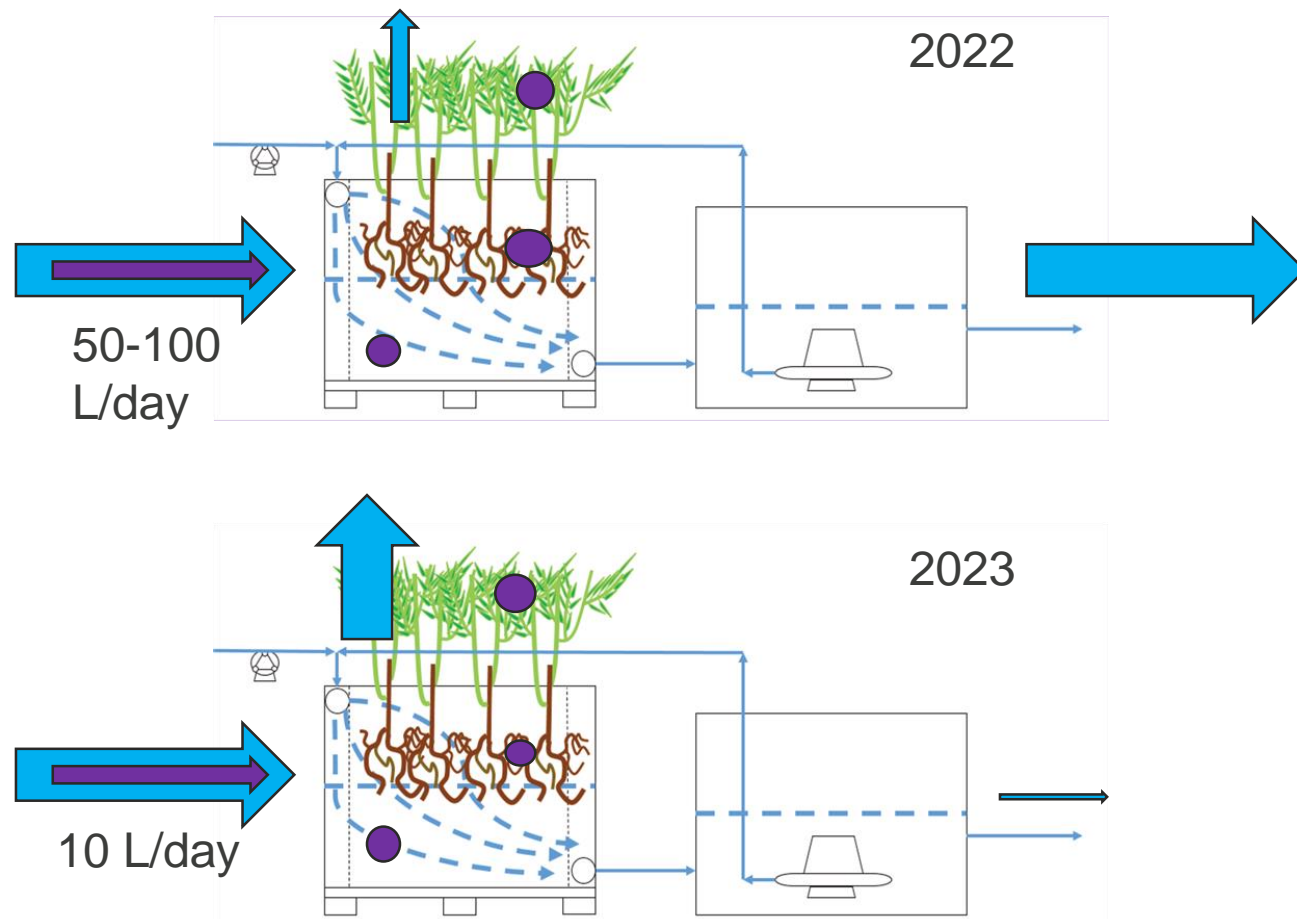
Fytoremediering I LIFE SOuRCE - Förpiloter

- Olika växttyper utvärderas
 - Salix
 - Wilhelm
 - Loden
 - Bunkestarr
 - Fiberhampa



Fytoremediering I LIFE SOuRCE - Förpiloter

- Olika belastningar utvärderas
 - Högt flöde, filterlösning (2022)
 - Lägre flöde, evapotranspirationslösning (2023)



Fytoremediering I LIFE SOuRCE - Förpiloter



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



Förpiloter – resultat 2022

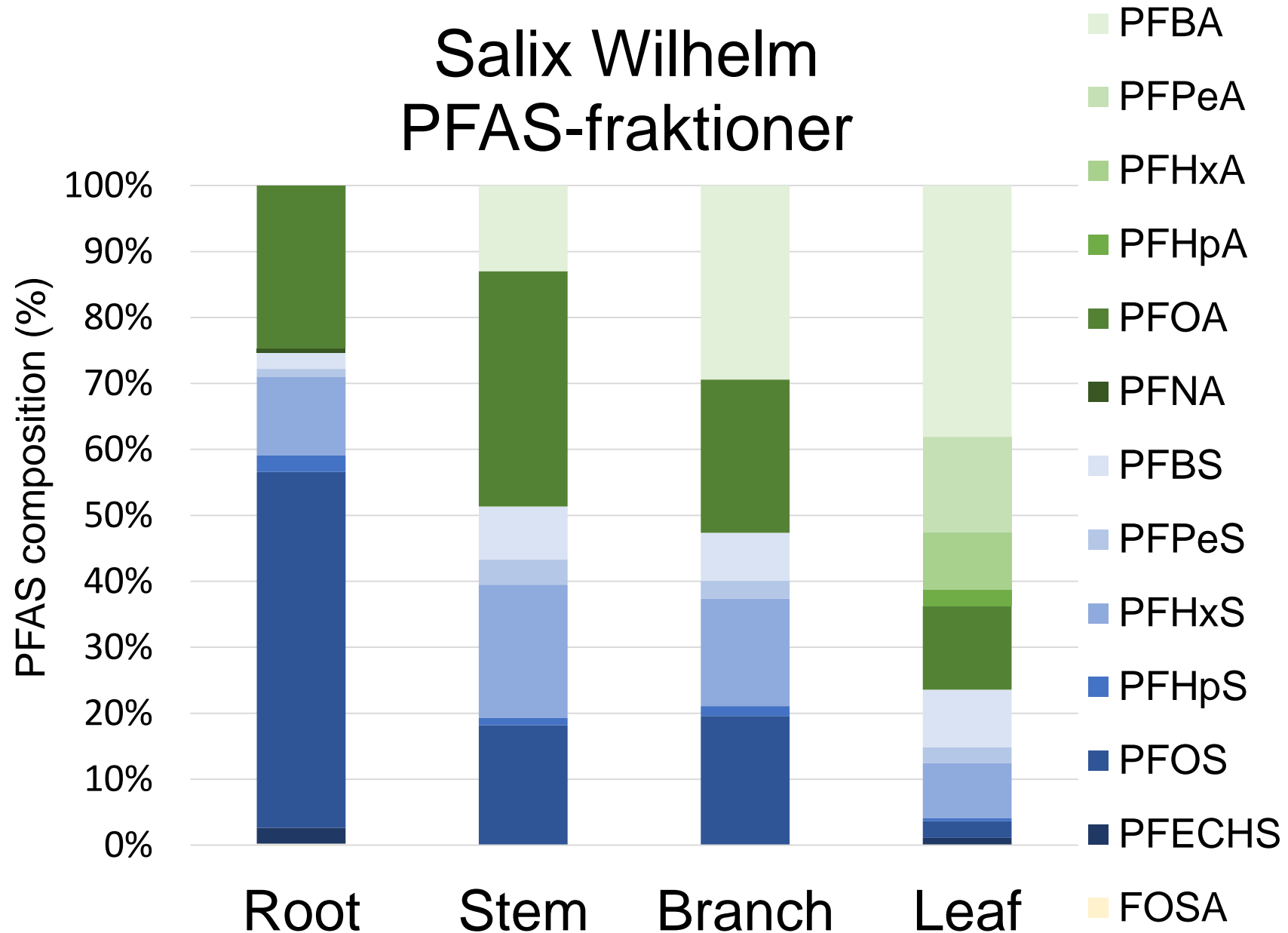
- Överlevnad i grundvattnet
 - Bunkestarr 100%
 - Salix Wilhelm 100%
 - Salix Loden 83%
 - Hampa 35%



Förpiloter – resultat 2022

- Tydlig uppdelning av PFAS mellan växtdelar
- Mobila korta kedjor i blad
- Mindre mobila längre kedjor i rötter
- Stam och kvistar, ett mellanting

Salix Wilhelm PFAS-fraktioner

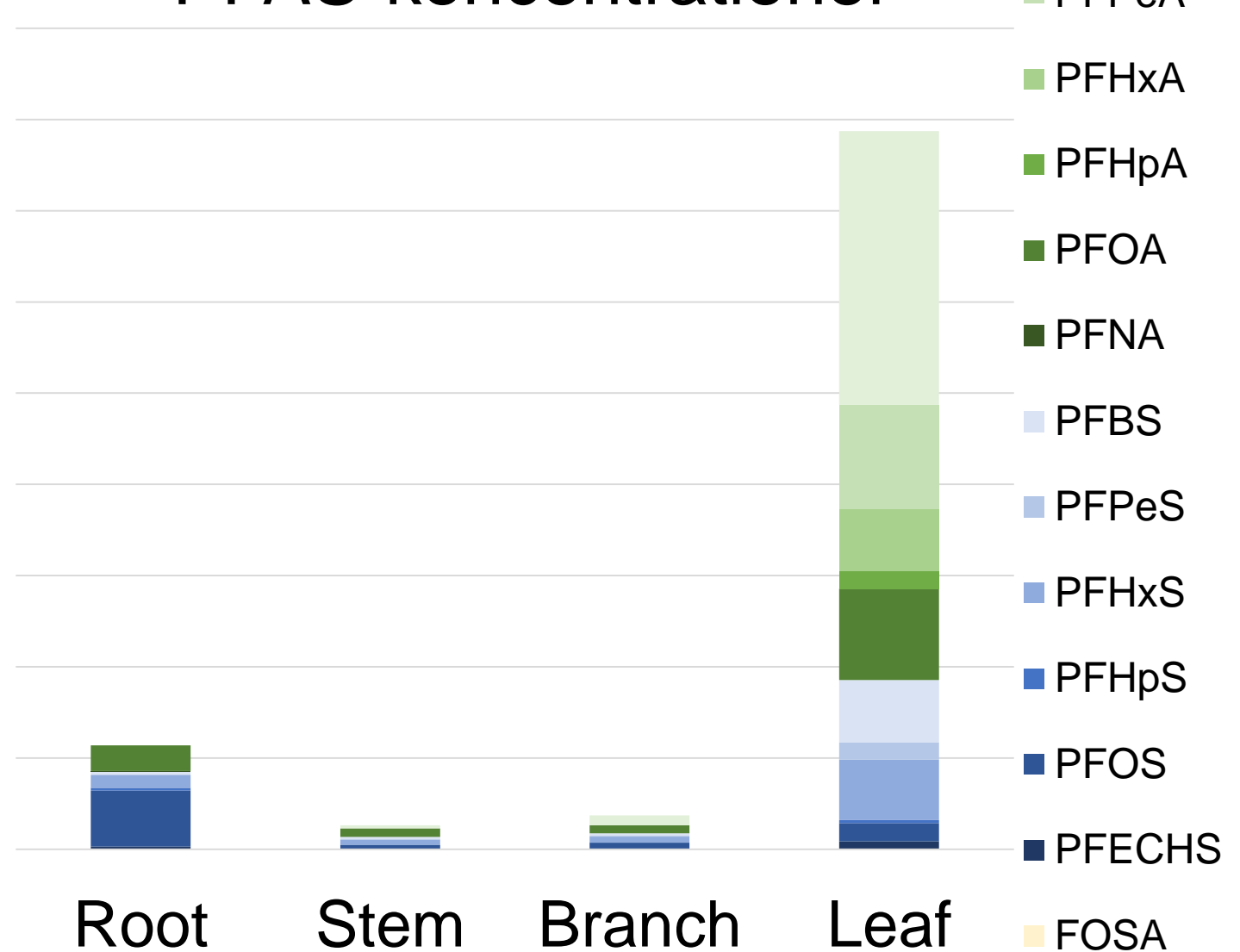


Förpiloter – resultat 2022

- Betydligt högre total koncentration i blad

PFAS concentration (ng/g DW)

Salix Wilhelm PFAS-koncentrationer



Förpiloter – resultat 2022

År	Förväntad biomassa ovan mark (ton / ha)	Upptag av korta kedjor i Salix (mg / ha)	Upptag långa kedjor i Salix (mg / ha)	Summa upptag (mg / ha)
1	1.5	15.2	7.3	22.5
2	11.3	57.6	37.8	95.5
3	23.9	112.2	77.1	189.3



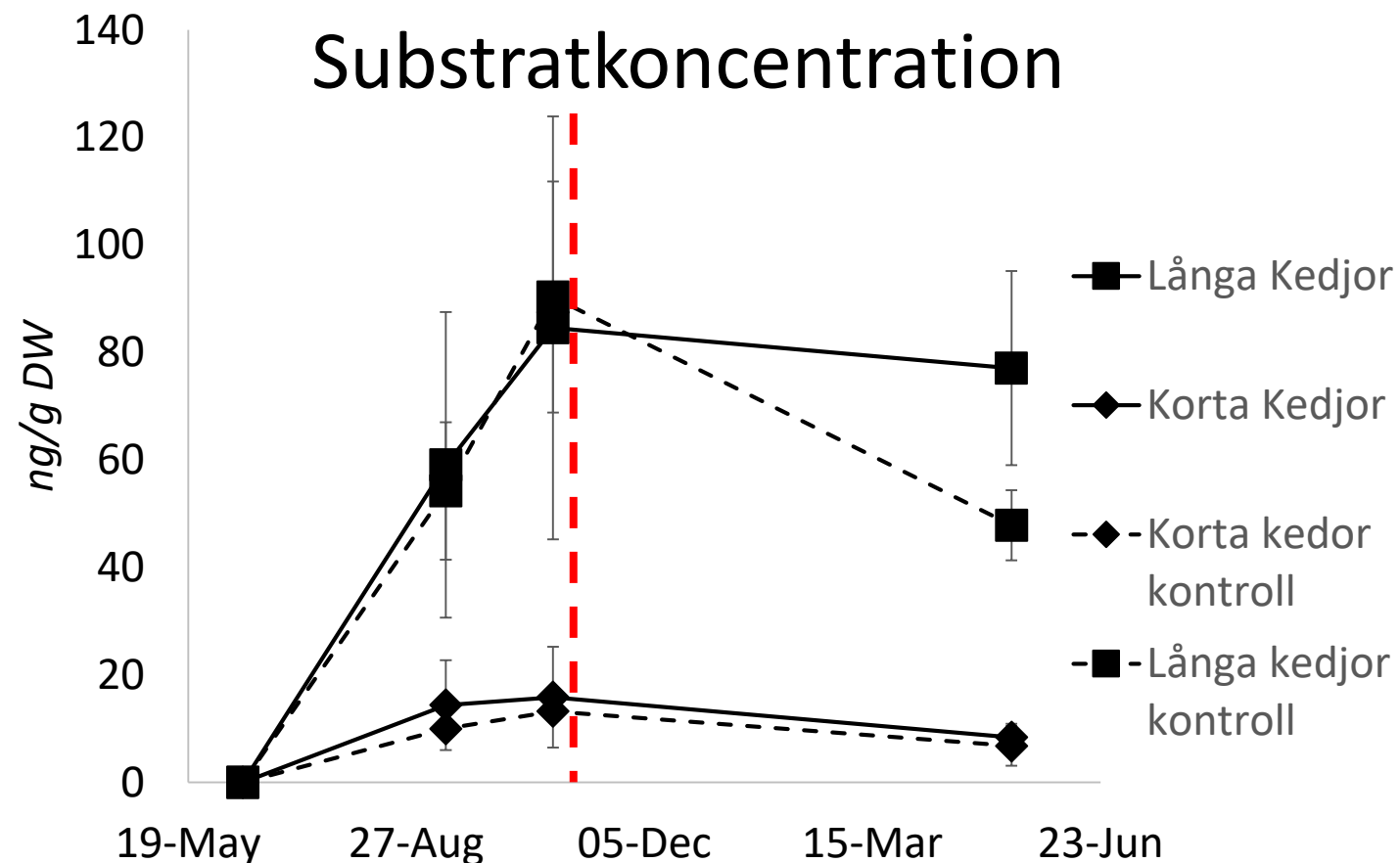
Förpiloter – resultat 2022

- 5% av biomassan förväntas utgöras av blad under år 2
- Blad förväntas dock innehålla 53% av PFAS
- Kritiskt att ha ett system för att hantera blad mellan skördeår om Salix ska användas för PFAS rening



Förpiloter – resultat 2022

- Betydligt bättre upptag av långa kedjor
- Materialet tycks inte mättats för långkedjade PFAS under säsongen
- Efter vinteruppehållet minskar långkedjade PFAS i kontrollen men inte i de planterade växtbäddarna
 - Fytostabilisering?



Framtida arbete

- Utvärdering av förpilotsförsöken 2023
- Under våren 2024 startar behandling med pilotväxtbädden integrerad i LIFE SOuRCEs serie av reningssteg
- Förbränningsstudier planeras inom ramen för projektet



Slutsatser

- Tydlig fytoextraktion av PFAS till växternas ovanjordsdelar
- Salixklonen Wilhelm bra kandidat i det aktuella grundvattnet
- Viktigt med ett system för att hantera löv mellan skördeåren
- Mixen av torv och biokol tycks fortfarande ha kapacitet för upptag av långa kedjor efter tre månader
- Möjlig fytostabiliserande effekt av växter i filtersubstratet



Partners





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



LIFE SOuRCE

Thank you!
Tack!
¡Gracias!

