

# PFAS: Evighetskjemikalier i jord

Per- og polyfluorertealkyl stoffer (PFAS) er persistente miljøgifter med potensiale for utbredt påvirkning. Disse syntetiske forbindelsene som vi finner i ulike industrielle og forbruksprodukter, viser en bemerkelsesverdig stabilitet og motstand mot nedbrytning. De er påvist i utstrakt grad i jord, selv på avsidesliggende steder, noe som gir bekymring med tanke på både miljø og helse. Det å analysere for PFAS i jord er avgjørende for å forstå utbredelse, persistens og tilhørende risiko. Først da kan man se på strategier som kan tas i bruk for å fjerne dem fra miljøet.



Figur 1: Illustrasjonsbilde

## PFAS i jord

Pilotstudier har hovedsakelig satt søkelys på tilstedeværelse og fordeling av PFAS i atmosfæren, overflatevann og grunnvann. Likevel er det økende indikasjoner på at jordsmonn spiller en avgjørende rolle som et betydelig reservoar og varig kilde til PFAS, både lokalt og i bredere skala.

Utbredelsen av PFAS i jord er tydelig på nesten alle steder som er undersøkt, selv i fjerntliggende områder langt unna potensielle PFAS-kilder. Dette betydelige jordreservoaret utgjør en vedvarende trussel, og fungerer som en langsiktig forurensningskilde for overflatevann, grunnvann, atmosfæren og biota. Konsentrasjonen av PFAS i jord i forurensete områder overgår ofte typiske grunnvannsnivåer med flere størrelsesordener, og når opp til mg pr kilo nivåer. I vann foreligger som regel PFAS i mikro- eller nanogram nivåer per liter. En betydelig risiko oppstår når PFAS migrerer til overflatevann, grunnvann og atmosfæren og dermed spres og blir mer biotilgjengelig.

PFAS kan påvirke jordegenskaper og strukturer, med rapporterte effekter som blant annet nedgang i jordrespirasjon og vannstabile tilslag, sammen med en økning i jordens pH. Videre endrer PFAS i svært lave konsentrasjoner bakteriesamfunn, øker overfloden av visse bakterier, samtidig som det reduserer det totale bakteriemangfoldet. Effekten av PFAS strekker seg utover jordas mikrobielle samfunn ved at de forurenser grunnvannet og akkumuleres i planter. Derfor er en omfattende forståelse av transporten av PFAS i jord avgjørende for effektiv og god miljøforvaltning.

## Kilder til PFAS i jord

- **Brannslukningsskum:** Vandig filmdannende skum (AFFF), som vanligvis brukes i brannslukningsøvelser, inneholder PFAS-forbindelser. Utsiktede utslipp og brannslukningsøvelser bidrar til jordforurensning.
- **Industrielle utslipp:** Noen industrielle prosesser som produserer PFAS-holdige produkter kan frigjøre disse stoffene til miljøet. Industrielle utslipp og feil avfallshåndtering kan føre til at PFAS kommer inn i jorda.
- **Deponier og avfallsplasser:** Deponier og avfallsplasser som mottar PFAS-holdige materialer kan føre til utlekking til jord. Feil håndtering bidrar til jordforurensning.
- **Avløpsvann fra renseanlegg:** Avløpsvann fra renseanlegg kan inneholde PFAS fra industri som kan spres til vannforekomster og jord.
- **Atmosfærisk avsetning:** PFAS kan bli tilført til jord gjennom nedbør eller luftavsetning. Denne kilden er spesielt relevant for områder i nær tilknytning til industri som bruker eller avgir PFAS.
- **Forbrukerprodukter:** Noen produkter, som f.eks. regntøy, non-stick panner og matemballasje kan inneholde PFAS. Over tid kan disse produktene frigjøre PFAS til miljøet, noe som bidrar til jordforurensning.
- **Avsetning fra forurensete områder:** Regnvannsavrenning fra områder med historisk PFAS-bruk eller forurensning kan transportere disse stoffene til nærliggende jord.

## Case-studie: Analyse av PFAS i utvalgte jordprøver i 2023

Overvåkningsstudien av forekomsten av PFAS i jord ble gjennomført i 2023 og involverer analyse av 209 forskjellige jordprøver.

Det ble testet for 20 PFAS-forbindelser, som er lovpålagt å overvåke i drikkevann. Analysen ble utført ved bruk av standardmetoden (Tabell 1) med kvantifiseringsgrenser i området 0,5 – 2,5 µg/kg TS (Tabell 1).

Omtrent 70% av de analyserte prøvene var negative (under LOQ) for alle parameterne (se figur 2).

I de positive prøvene var det som forventet to forbindelser som oftest ble påvist: PFOA og PFOS. Det er allikevel verdt å merke seg at overveiende langkjedede PFAS-forbindelser som f.eks. PFDA, PFNA, PFN, etc. kan påvises i jord. I tillegg er forbindelsene 6:2 FTS og FOSA også ofte til stede i jord.

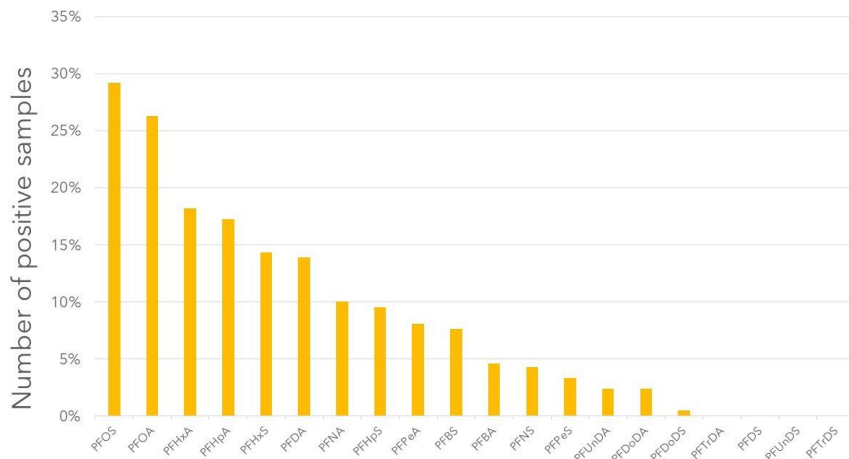
## Forekomsten av PFAS i jordprøver

Profiler av påviste individuelle PFAS i kontaminerte prøver er presentert i Figur 3 og 4. Det kommer tydelig frem at PFOS ble påvist med de høyeste konsentrasjonsnivåene (Figur 3) og overgår andre parameterne betydelig. Profilen for andre PFAS (utenom PFOS) og deres konsentrasjonsnivåer viser i Figur 4.

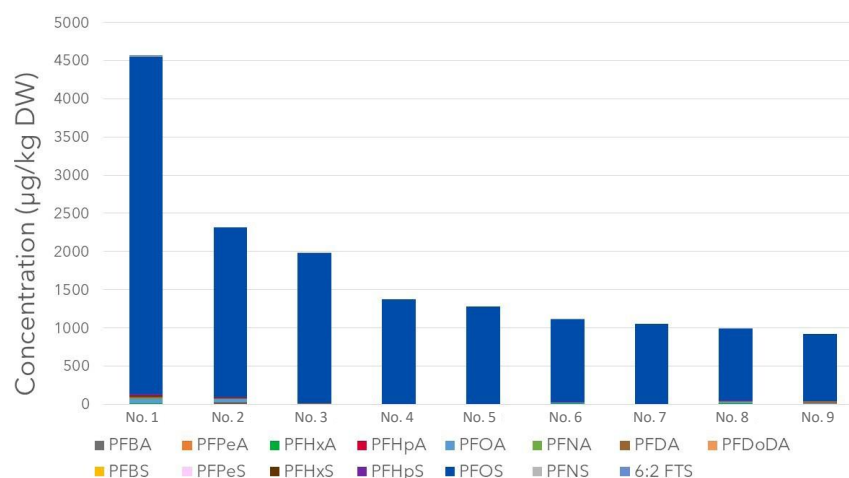
I praksis er det klart at representasjonen av PFAS kan variere, primært avhengig av den prøvetatte lokasjonen.

## Referanser:

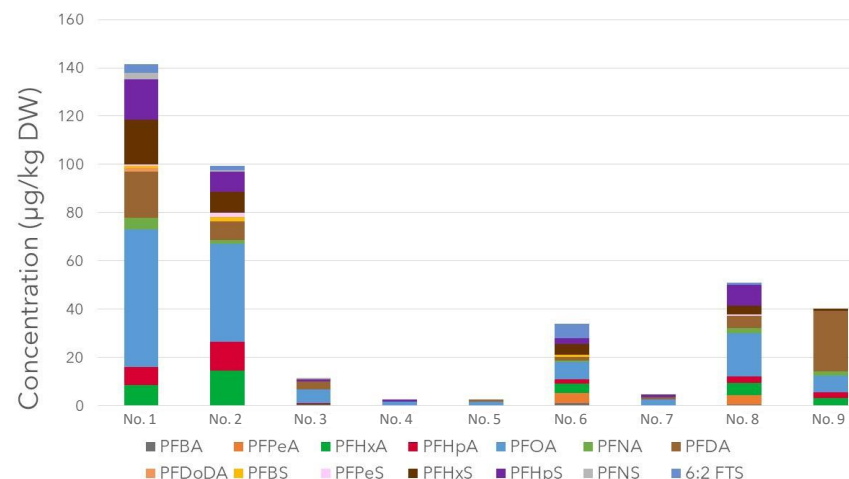
- 1 Y. Wang, U. Munir, Q. Huang. Occurrence of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in soil: Sources, fate, and remediation. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.seh.2023.100004>
- M. L. Brusseau, R. H. Anderson, B. Guo. PFAS Concentrations in Soils: Background Levels versus Contaminated Sites. 2020. [doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140017](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140017)



Figur 2: Antall prøver med påvist PFAS parameterer.



Figur 3: Konsentrasjon av PFAS i utvalgte jordprøver (µg/kg DW)



Figur 4: Konsentrasjon av PFAS i utvalgte jordprøver (µg/kg DW), uten PFOS

## Relaterte EnviroMail fra Norge

- 1 [EnviroMail 2/ Norway: PFAS i vann: Omfanget av analyser og gjeldende lover \(Juni 2024\)](#)

Tabell 1. Liste over PFAS parametere med rapporteringsgrense for jordprøver.

| Groups                                    | Analytes  | Abbreviation | Standard (µg/kg DW) | Low-limits (µg/kg DW) |
|---|---|--------------|---------------------|-----------------------|
| Perfluoroalkyl-carboxylic acids           | Perfluorobutanoic acid                                    | PFBA*        | 0.5                 | 0.05                  |
|   | Perfluoro-3-methoxypropanoic acid                         | PFMPA        | 2.5                 | n.a.                  |
|   | Perfluoropentanoic acid                                   | PFPeA*       | 0.5                 | 0.2                   |
|   | Perfluoro-4-methoxybutanoic acid                          | PFMBA        | 2.5                 | n.a.                  |
|   | Perfluorohexanoic acid                                    | PFHxA*       | 0.5                 | 0.2                   |
|   | 2,3,3,3-tetrafluoro-2-(heptafluoropropoxy) propanoic acid | HFPO-DA      | 2.5                 | n.a.                  |
|   | Perfluoroheptanoic acid                                   | PFHpA*       | 0.5                 | 0.2                   |
|   | 4,8-dioxa-3H-perfluorononanoic acid                       | DONA         | 0.5                 | n.a.                  |
|   | 7H-perfluoroheptanoic acid                                | HPFHpA       | 0.5                 | 0.2                   |
|   | Perfluorooctanoic acid                                    | PFOA*        | 0.5                 | 0.05                  |
|   | Perfluoro-3,7-dimethyloctanoic acid                       | P37DMOA      | 0.5                 | 0.2                   |
|   | Perfluorononanoic acid                                    | PFNA*        | 0.5                 | 0.05                  |
|   | Perfluorodecanoic acid                                    | PFDA*        | 0.5                 | 0.05                  |
|   | 2H,2H,3H,3H-perfluoroundecanoic acid                      | H4PFUnDA     | 5                   | n.a.                  |
|   | Perfluoroundecanoic acid                                  | PFUnDA*      | 0.5                 | 0.05                  |
|   | Perfluorododecanoic acid                                  | PFDoDA*      | 0.5                 | 0.05                  |
|   | Perfluorotridecanoic acid                                 | PFTrDA*      | 0.5                 | 0.05                  |
|   | Perfluorotetradecanoic acid                               | PFTeDA       | 0.5                 | 0.05                  |
|   | Perfluorohexadecanoic acid                                | PFHxDA       | 5                   | 1                     |
|   | Perfluorooctadecanoic acid                                | PFOcDA       | 5                   | 5                     |
| Perfluoroalkyl-sulfonic acids             | Perfluoropropane sulfonic acid                            | PFPrS        | 2.5                 | n.a.                  |
|   | Perfluoro(2-ethoxyethane)sulfonic acid                    | PFEESA       | 2.5                 | n.a.                  |
|   | Perfluorobutane sulfonic acid                             | PFBS*        | 0.5                 | 0.1                   |
|   | Perfluoropentane sulfonic acid                            | PFPeS*       | 0.5                 | 0.05                  |
|   | Perfluorohexane sulfonic acid                             | PFHxS*       | 0.5                 | 0.1                   |
|   | Perfluoroheptane sulfonic acid                            | PFHpS*       | 0.5                 | 0.1                   |
|   | Perfluorooctane sulfonic acid                             | PFOS*        | 0.5                 | 0.05                  |
|   | Perfluoro-4-ethylcyclohexanesulfonic acid                 | PFECHS       | 0.5                 | n.a.                  |
|   | Perfluorononane sulfonic acid                             | PFNS*        | 0.5                 | 0.05                  |
|   | Perfluorodecane sulfonic acid                             | PFDS*        | 0.5                 | 0.05                  |
|   | Perfluoroundecane sulfonic acid                           | PFUnDS*      | 2.5                 | n.a.                  |
|   | Perfluorododecane sulfonic acid                           | PFDoDS*      | 0.5                 | 0.05                  |
|   | Perfluorooctane sulfonic acid                             | PFTrDS*      | 2.5                 | n.a.                  |
|   | 4:2 Fluorotelomer sulfonic acid                           | 4:2 FTS      | 0.5                 | 0.05                  |
|   | 6:2 Fluorotelomer sulfonic acid                           | 6:2 FTS      | 0.5                 | 0.05                  |
|   | 8:2 Fluorotelomer sulfonic acid                           | 8:2 FTS      | 0.5                 | 0.1                   |
| 10:2 Fluorotelomer sulfonic acid          | 10:2 FTS  | 0.5          | 0.2                 |                       |
| Perfluorinated sulfonamides               | Perfluorooctane sulfonamide                               | FOSA         | 0.5                 | 0.05                  |
|   | N-Methyl perfluorooctane sulfonamide                      | MeFOSA       | 0.5                 | 0.05                  |
|   | N-Ethyl perfluorooctane sulfonamide                       | EtFOSA       | 0.5                 | 0.05                  |
| Perfluorinated sulfonamidoethanols        | N-Methyl perfluorooctane sulfonamidoethanol               | MeFOSE       | 0.5                 | 0.2                   |
|   | N-Ethyl perfluorooctane sulfonamidoethanol                | EtFOSE       | 0.5                 | 0.2                   |
| Perfluorooctane-sulfoamidoacetic acids    | Perfluorooctane sulfonamidoacetic acid                    | FOSAA        | 0.5                 | 0.5                   |
|   | N-Methyl perfluorooctane sulfonamidoacetic acid           | MeFOSAA      | 0.5                 | 0.5                   |
|   | N-Ethyl perfluorooctane sulfonamidoacetic acid            | EtFOSAA      | 0.5                 | 0.5                   |
| Fluorotelomer carboxylic acids            | 2H,2H,3H,3H-perfluorohexanoic acid                        | 3:3 FTCA     | 2.5                 | n.a.                  |
|   | 2H,2H-perfluorooctanoic acid                              | 6:2 FTCA     | 5                   | n.a.                  |
|   | 2H,2H,3H,3H-perfluorooctanoic acid                        | 5:3 FTCA     | 5                   | n.a.                  |
|   | 2H-perfluoro-2-octenoic acid                              | 6:2 FTUCA    | 5                   | n.a.                  |
|   | 2H,2H,3H,3H-perfluorodecanoic acid                        | 7:3 FTCA     | 5                   | n.a.                  |
|   | 2H,2H-perfluorodecanoic acid                              | 8:2 FTCA     | 5                   | n.a.                  |
| Chlorinated perfluoroalkyl sulfonic acids | 2H-perfluoro-2-decenoic acid                              | 8:2 FTUCA    | 0.5                 | n.a.                  |
|   | 9-chlorohexadecafluoro-3-oxanonane-1-sulfonic acid        | 9Cl-PF3ONS   | 0.5                 | n.a.                  |
|   | 11-chloroeicosafluoro-3-oxaundecane-1-sulfonic acid       | 11Cl-PF3OUdS | 0.5                 | n.a.                  |

n.a. = Not Analyzed:

\*Parameterne inkludert i sum av 20 PFAS i Europaparlamentets- og rådsdirektiv (EU) 2020/2184 om kvalitet på vann til human konsum (Drikkevannsdirektivet 2020/2184).